

PEDRO QUEIROZ JUNIOR

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS
SOBRE RESPOSTAS PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS DE CABRAS LEITEIRAS
CONFINADAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

Q3i
2012

Queiroz Junior, Pedro, 1966-

Influência do ambiente térmico da Zona da Mata de Minas Gerais sobre respostas produtivas e fisiológicas de cabras leiteiras confinadas / Pedro Queiroz Junior. – Viçosa, MG, 2012.

52f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Cristina Mattos Veloso.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 45-51.

1. Caprino - Fatores climáticos. 2. Leite - Produção.
3. Stress (Fisiologia). I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.39085

PEDRO QUEIROZ JUNIOR

**INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS
SOBRE RESPOSTAS PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS DE CABRAS LEITEIRAS
CONFINADAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada: 19 de dezembro de 2012.

Prof^a. Simone Koprowski Garcia

Prof^a. Cecília de Fátima Souza

Prof. Ricardo Augusto Mendonça Vieira
(Coorientador)

Prof. Marcelo Teixeira Rodrigues
(Coorientador)

Prof^a Cristina Mattos Veloso
(Orientadora)

Dedico este trabalho a vocês, que sempre me fizeram acreditar na realização dos meus sonhos e trabalharam muito para que eu pudesse realizá-los, meus pais, Laércia e Pedro José.

A vocês, Virgínia, Arthur, Gabriel e Gustavo companheiros no amor, na vida e nos sonhos, que sempre me apóiam nas horas difíceis e compartilham comigo as alegrias.

Dedico

AGRADECIMENTOS

O autor expressa agradecimentos às seguintes instituições e pessoas:

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, em especial aos *Campi* Santa Inês pela iniciativa do Projeto DINTER, e Senhor do Bonfim, pela oportunidade concedida.

À Universidade Federal de Viçosa, como Instituição receptora do Projeto, em especial ao Departamento de Zootecnia, Coordenação do DINTER, Laboratório de Nutrição, Laboratório de Reprodução e Setor de Caprinocultura, Professores, Funcionários e Coordenação de Pós-Graduação, pelo apoio e condução dos trabalhos.

À CAPES-SETEC, pelo apoio financeiro e pela valorização do Ensino Técnico e Tecnológico Profissional.

À Coordenadora e colega, Daniele Matos, pela garra, apoio, compreensão e visão de prosperidade na Educação Profissional.

Ao Coordenador do DINTER na Universidade Federal de Viçosa, Odilon Gomes, pelo apoio.

À professora e orientadora, Cristina Mattos Veloso que em todas as circunstâncias, me orientou, depositou em mim confiança e me apoiou nos momentos mais difíceis. Muito obrigado!

À amiga Cristina Mattos Veloso, a pequena Luísa, ao amigo José Carlos (Cacau) e aos pequenos Ryan e Yago, pelo carinho, atenção e amizade dispensada durante minha estada na cidade de Viçosa. Aqui, fica minha eterna gratidão.

Ao professor e coorientador, Marcelo Teixeira Rodrigues, pela atenção, orientação e ter nos oportunizado trabalhar com as pequenas e produtivas cabras leiteiras.

Ao Professor e coorientador Ricardo Augusto Mendonça Vieira (professor da UENF) pelo apoio, ensinamentos, amizade e pela disponibilidade com que sempre me recebeu na cidade de Campos dos Goytacazes.

Ao amigo Cláudio Borela, pelo apoio, pela amizade e colaboração nos meus trabalhos.

À professora Rita Flávia, pela valiosa orientação e apoio na estruturação dos *kits* meteorológicos.

Ao professor Augusto César de Queiroz, pelo apoio e exemplo de pessoa e profissionalismo.

À amiga Márcia Maria Cândido da Silva, exemplo de coleguismo e dedicação. Muito obrigado por seu apoio.

À amiga Fernanda (Secretaria de Pós-graduação), pelas orientações, dedicação, paciência e disponibilidade.

À Professora Luciana Rennó, pelo apoio no Laboratório de Reprodução.

Ao amigo Anderson Lazarini, pelo apoio, amizade fraternal e exemplo de seriedade.

Ao amigo Leonardo Glória, pelo relevante auxílio, palavras de otimismo e pela amizade sincera.

À família de Leonardo Glória, pelo apoio durante minha estada na cidade de Campos dos Goytacazes.

À equipe do Laboratório de Nutrição, professor Edenio Detmann, Fernando, Monteiro, Mário, Wellington e Plínio pela colaboração e compreensão.

Aos Professores do DINTER: Cristina Mattos Veloso, Mário Paulino, Pedro Veiga, Marcelo Teixeira Rodrigues, Edenio Detmann, Rogério Lana, Aloizio Soares, Odilon Gomes e Giovanni Carvalho, pelos valiosos ensinamentos.

Aos meus colegas de turma: Osvaldo, Ellio, Harley, Genilda, Anselmo, Wilams, José Correia, Jaciara, João e Abdon, Alcione, Evanete, Clêidida pela solidariedade e companheirismo.

À minha sogra, Valdete pelo apoio, orações e dedicação.

Tiago, Vinício e Leonardo Glória, sem vocês tudo seria mais difícil, obrigado pela força, pela doação, amizade, companheirismo, inenarrável ajuda. Tenho certeza de que o caminho de vocês vai, ser sempre, iluminado. Estou escrevendo com lágrimas nos olhos, feliz, emocionado e orgulhoso por ter vocês no meu caminho sempre.

Meu filho Arthur, companheiro de todas as horas, obrigado por sua doação, por ter me acompanhado em parte dessa jornada. Te amo!

Aos amigos (as), companheiros (as) de orientação: Luiz Brito (Canadá) Tadeu (Università Degli Studi di Sassari - Sassari, Italy), João, Marco Aurélio, Tathy, Janmson, Márcília, Pedro Henrique, Camila, Márcia Cândido e Erick, obrigado pelo apoio.

Aos amigos e companheiros de orientação do Laboratório de Reprodução do Capril: Júlio, Carlos e Madriano, pelo apoio, orientações, coleguismo e atenção prestados durante toda a fase do nosso trabalho. Muito obrigado por tudo!

Aos servidores do Setor de Caprinocultura, João, Antônio, Gledston, Paulo, Cláudio, Jaime, Geraldo, Ronaldinho, Zé Vieira, Corujinha e Sr. Manoel, a alegria do capril, muito obrigado por tudo!

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desta pesquisa.

A Deus, por guiar os meus passos e colocar todas essas pessoas no meu caminho.

MUITO OBRIGADO!!!

RESUMO

QUEIROZ JUNIOR, Pedro, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2012. **INFLUÊNCIA DO AMBIENTE TÉRMICO DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS SOBRE RESPOSTAS PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS DE CABRAS LEITEIRAS CONFINADAS.** Orientadora: Cristina Mattos Veloso. Coorientadores: Marcelo Teixeira Rodrigues e Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

Avaliou-se a influência do ambiente térmico da Zona da Mata de Minas Gerais sobre as respostas produtivas e fisiológicas de cabras leiteiras, mantidas em regime de confinamento, durante a estação de outono. Utilizaram-se 194 cabras leiteiras, sendo 108 de primeira ordem de parto, com peso médio de $52,6 \pm 8,9$ kg, e 86 pluríparas, com peso médio de $57,3 \pm 10,3$ kg, distribuídas em 15 baias (± 12 matrizes/baia). Permitiram-se modificações quantitativas nos critérios classificação/baia, ou seja, a cada reagrupamento, houve a formação de um lote. Os lotes se configuram variáveis aleatórias de um sistema de produção dinâmico. A análise das variáveis associadas a medidas tomadas nas distintas categorias foi efetuada com base na combinação de teorias ligadas aos modelos de estrutura multivariada e modelos mistos. Temperatura retal, frequência respiratória e temperatura superficial foram combinadas para obtenção da variável canônica (Z^*) que preservasse a maior variação possível entre elas. O consumo alimentar, a produção de leite e o peso vivo dos animais foram analisados considerando-se a baia como unidade experimental. No consumo de proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e cinzas, não houve diferença significativa entre as categorias. No entanto, para o consumo de matéria seca e de lignina, as diferenças foram significativas ($p < 0,001$). Para ambas as categorias, a produção de leite média, em $\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ decresceu ao longo da estação de outono, mas não houve diferença significativa entre elas. A média de produção diária de leite foi de, aproximadamente, $1,72 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, para ambas as categorias. O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), do ambiente interno foi diferente do ITGU do ambiente externo, com amplitude considerável no início da estação de outono. Nos dois grupos estudados, as cabras mostraram-se sensíveis à elevação do ITGU vespertino em relação ao ITGU matutino. As respostas das cabras pluríparas foram de maior magnitude, com Z^* superior a 200. A análise de Z^* , calculada para ordem de parto e horas do dia, via modelos mistos, mostrou diferenças significativas ($< 0,001$). Em todos animais, as temperaturas retais, nos turnos matutino e vespertino, mantiveram-se entre $38,0$ °C e $40,0$ °C. As cabras primíparas apresentaram valor mínimo de $27,5$ °C e máximo de $35,1$ °C para temperatura superficial, nos turnos matutino e vespertino, respectivamente. As cabras pluríparas apresentaram valor mínimo de $27,0$ °C e máximo de $36,1$ °C, nos turnos matutino e vespertino, respectivamente. A frequência respiratória foi maior nas cabras pluríparas em relação às primíparas, com maior amplitude para as pluríparas no turno vespertino que no turno matutino. Primíparas e pluríparas mostraram-se adaptadas ao clima da Zona da Mata mineira, tendo como resposta valores de temperatura retal dentro dos limites fisiológicos normais, sendo capazes de manter a endotermia, mesmo com as diferenças entre temperaturas nas horas do dia e ao longo da estação de outono.

ABSTRACT

QUEIROZ JUNIOR, Pedro, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, December, 2012. **INFLUENCE OF THERMAL ENVIRONMENT OF ZONA DA MATA MINEIRA ON PRODUCTIVE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF CONFINED DAIRY GOATS**. Advisor: Cristina Mattos Veloso; Co-Advisors: Marcelo Teixeira Rodrigues and Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

It was evaluated the influence of the thermal environment of Zona da Mata of Minas Gerais on productive and physiological responses of dairy goats kept in feedlot during the autumn season. One hundred ninety four dairy goats were used, of which 108 were of first parity order, with an average weight of 52.6 ± 8.9 kg, and 86 were pluriparous, with an average weight of 57.3 ± 10.3 kg, distributed in 15 pens (± 12 goats/pen). Quantitative changes in classification criteria/box were allowed, what means that at each regrouping there was formation of a group of goats. The groups configured random variables of a dynamic production system. The analysis of the variables associated to measures taken in the different categories was made based on a combination of theories linked to the multivariate structure models and mixed models. Rectal temperature, respiratory rate and surface temperature were combined to obtain the canonical variable (Z^*) which preserved the greatest possible variation among them. Feed intake, milk production and body weight of the animals were analyzed considering the pen as experimental unit. To crude protein, ether extract, neutral detergent fiber and ash intake, there was no significant difference between the categories. However, the dry matter and lignin intake differ statistically ($p < .001$) between the two groups. For both categories, the average milk yield in $\text{kg/animal}^{-1}\text{day}^{-1}$ decreased over the autumn season, even with no significant difference between them. The average daily milk production was approximately $1.72 \text{ kg}\cdot\text{animal}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ for both categories. The black globe humidity index (BGHI) of the free stall barn was different from that of the external environment, with considerable range in the early autumn season. In both groups, the goats were sensitive to the elevation of afternoon BGHI compared to that of the morning. The pluriparous goats responses were of greater magnitude, with Z^* greater than 200. The analysis of Z^* , calculated to parity order and hours of the day, via mixed models showed significant differences (<0.001). In all animals, rectal temperatures in the morning and afternoon were between 38.0 °C and 40.0 °C. Primiparous goats showed a minimum value of 27.5 °C and a maximum value of 35.1 °C for surface temperature at morning and afternoon, respectively. Pluriparous goats had minimum of 27.0 °C and maximum of 36.1 °C in the morning and afternoon, respectively. The respiratory rate was higher in pluriparous goats compared to primiparous, with greater amplitude for the pluriparous in the afternoon than in the morning. Primiparous and pluriparous showed to be adapted to Zona da Mata mineira climate, with rectal temperature values within normal physiological range, being able to maintain endothermy, even with the differences of temperature in the daytime hours and along the autumn season.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Caprinocultura leiteira: sistemas de criação	3
2.2 Reagrupamento.....	3
2.3 Consumo de alimentos.....	5
2.4 Estresse por calor	7
2.5 Troca de calor animal – ambiente	8
2.6 Índice de conforto térmico	13
2.7 Reflexos do estresse por calor na produção	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Período e local do experimento.....	18
3.2. Caracterização do ambiente físico do experimento.....	18
3.3 Animais, sistemática de manejo em grupo e reagrupamentos	20
3.4 Alimentação.....	21
3.5 Consumo de matéria seca e análise química da dieta	23
3.6 Pesagem individual das matrizes	23
3.7 Quantificação da produção individual de leite	23
3.8 Variáveis do ambiente térmico	24
3.9 Respostas fisiológicas	26
3.10 Análise estatística	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
7. APÊNDICE	52

1. Introdução

O bioma Mata Atlântica possui relativa variabilidade topográfica ao longo do seu território, e, desta forma, conhecê-lo permite estabelecer um norte para adoção de políticas de gerenciamento e planejamento de atividades agropecuárias. A aptidão de terras para as diversas culturas permeia estudos sobre o ambiente físico com fator de produção em escala ou familiar, onde a caprinocultura pode ganhar ainda mais espaço dentre as explorações de maior tradição (HOTT & CARVALHO, 2009).

A consolidação da caprinocultura leiteira na região Sudeste aconteceu ao longo das últimas cinco décadas, particularmente em regiões com predomínio da Mata Atlântica. Durante este período, os criadores, por meio de importação, investiram em animais especializados em produção de leite, concretizando a mais especializada cadeia de leite caprino do Brasil (FONSECA *et al.*, 2012). Esta região apresenta 17% da produção brasileira de leite de cabra, concentrada nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. A Zona da Mata do estado de Minas Gerais detém, aproximadamente, 20% do rebanho da região Sudeste (FONSECA & BRUSCHI, 2009).

Os elementos climáticos exercem grande influência sobre o desempenho dos animais, atuando como um dos principais agentes seletores para a espécie explorada nos diferentes ambientes, sendo particularmente relevante quando se trata de animais originados de zonas temperadas, introduzidos em regiões tropicais.

Nos trópicos, um dos agentes estressores mais estudados na criação de ruminantes está relacionado com a temperatura elevada do ar, pois afeta diretamente o consumo de alimento, reduzindo a ingestão de matéria seca, com consequente diminuição da produção (LU, 1989; SOUZA *et al.*, 2009).

Com base no cotidiano das explorações atuais, destaca-se a necessidade cada vez maior, de conhecer a respeito dos fatores que interferem no sistema de produção, a exemplo da influência ambiental sobre os aspectos produtivos e fisiológicos, envolvendo grupos de cabras em confinamento. Recomendações técnicas sobre manejo, alimentação e instalações, relacionadas, principalmente às condições ambientais, são pontos importantes que devem ser estudados e

discutidos por todos os proponentes que se engajam na pesquisa e na exploração zootécnica desses pequenos ruminantes, objetivando lucratividade.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do ambiente térmico da Zona da Mata de Minas Gerais sobre as respostas produtivas e fisiológicas de cabras leiteiras, mantidas em regime de confinamento, frente às bruscas oscilações de temperatura da estação de outono.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Caprinocultura leiteira: sistemas de criação

O plantel brasileiro de raças caprinas leiteiras tem evoluído graças aos centros de pesquisa, produtores individuais, empresas privadas e associações/cooperativas que apostam no setor e se engajam em prol do crescimento cada vez maior dessa atividade. Nesse aspecto, acredita-se que a profissionalização do setor é o ponto culminante no desenvolvimento da atividade (RIBEIRO, 1997).

Direcionando para a vertente prática dessa atividade, muito ainda deve ser feito. A falta de organização da cadeia produtiva em outras regiões e a insuficiente aplicação prática de investimentos técnicos adequados tem deixado a desejar, principalmente por ser um segmento de potencial e mercado efetivo aberto (RIBEIRO & RIBEIRO, 2008).

Segundo Krug (2001), os sistemas de criação são classificados como extensivo e intensivo, sendo o intensivo subdividido em: intensivo a pasto, intensivo semi-confinado e intensivo confinado. Estas classificações estão associadas principalmente, ao nível tecnológico aplicado e à produtividade alcançada nos diferentes modelos de criação.

Cada modelo possui características específicas que devem ser avaliadas, determinando medidas e estratégias que levem à diminuição dos custos de produção, observando os diversos setores de atuação que interligados fazem parte desse contexto, a exemplo de instalações, manejo, nutrição, melhoramento genético, sanidade e reprodução (RIBEIRO & RIBEIRO, 2008).

2.2 Reagrupamento

Os mamíferos domésticos, são geralmente, mantidos em grupos. Em condições naturais, o grupo é o resultado de um equilíbrio entre tendências opostas, por exemplo, coesão e dispersão. Assim, os conflitos resultantes de competição por alimento, reprodução e estabelecimento da liderança do grupo são favoráveis às manifestações agressivas, tendendo a dispersar os indivíduos. A intensidade desses fenômenos (coesão e dispersão) varia de acordo com o sistema em que os animais

são criados. Em condições de criação extensiva, os conflitos são pouco frequentes ou até mesmo inexistentes, especialmente por alimentos, enquanto que, no sistema semi-intensivo e intensivo, como as fontes de alimentação são limitadas, os conflitos se estabelecem com maior frequência (BOUISSOU, 1980; RUTTER, 2002).

Uma das principais características reveladas no estudo do comportamento dos ruminantes é que eles apresentam comportamento social, com necessidade de interação, formando grupos e se organizando hierarquicamente. Entretanto nos sistemas de criação convencionais, a formação dos grupos sociais, contrariando muitas vezes, o comportamento natural, é induzida pelo homem, visando à formação de lotes conforme o interesse da criação, embora essa intervenção muitas vezes traga prejuízo nas relações sociais e, até mesmo, econômicas para o criador (RUTTER, 2002; NETO *et al.*, 2009).

As características dos sistemas de criação intensivos podem impedir o comportamento natural dos animais, podendo induzi-los a reações de estresse. Nesses sistemas, as mudanças nos hábitos alimentares, limitações de espaço, reagrupamentos, e o manejo dos animais em épocas de maior sensibilidade, como no desmame ou em estado de prenhez, podem aumentar a competição por recursos nutricionais e levar à instabilidade do grupo (MIRANDA-DE LA LAMA & MATTIELLO, 2010). Os reagrupamentos constantes, durante o período de lactação geram desequilíbrios sociais dos grupos pelo aumento da agressividade, refletindo negativamente na produção leiteira (FERNÁNDEZ *et al.*, 2007; CORRÊA *et al.*, 2010).

Os desequilíbrios sociais surgem com maior veemência nas alterações de composição dos grupos, com a inclusão ou substituição de animais, resultando em alterações no comportamento, maior agitação, maior índice de agressão e menor ingestão, comprometendo o desempenho produtivo, notadamente daqueles com maior nível de exigência ou os de menor porte (KEELING & GONYOU, 2001; CORREA *et al.*, 2010).

É importante conhecer o comportamento social de cabras leiteiras, uma vez que o manejo de reagrupamento entre animais competitivos ou dominantes pode resultar em perda de produtividade (CORRÊA *et al.*, 2010).

2.3 Consumo de alimentos

A alimentação é um requisito prioritário que deve ser tratado com máxima importância nos sistemas de produção, bem como o consumo de alimentos, em quantidade e qualidade, é pré-requisito para alcançar melhor produtividade. Por intermédio dos alimentos, os animais ingerem os nutrientes necessários para sua manutenção e produção (LANA, 2007). Entretanto, os custos de uma boa nutrição são bastante representativos, podendo chegar até 80% do custo total de toda a despesa do sistema produtivo.

O consumo de alimentos pode ser influenciado por diversos fatores, tais como: os ligados ao alimento (forma física do mesmo, idade da forrageira, método de conservação, teor de matéria seca, tamanho do corte, disponibilidade de água, etc.), os fatores ligados ao manejo (disponibilidade de forragem, quantidade oferecida, número de refeições diárias, mudanças bruscas no tipo de alimento, etc.), por fatores relacionados ao próprio animal (idade, sexo, aptidão produtiva e estado fisiológico) e fatores ambientais (interações sociais, temperatura, umidade, etc.) (KEELING & GONYOU, 2001; MORAND-FEHR, 2005; CORREA *et al.*, 2010; ROBERTO & SOUZA, 2011). Quando se pretende maximizar a ingestão de alimentos, deve-se dividir a dieta total em várias refeições diárias, pelo menos manhã e tarde. Esta prática é mais importante quando se alimentam cabras leiteiras coletivamente, pois, neste caso, pode ocorrer competição pelo alimento, principalmente quando o espaço de cocho para o número de animais da baia é insuficiente para que todas as cabras tenham acesso ao cocho ao mesmo tempo. É fundamental que, no cocho, tenha quantidade de alimento que permita que as cabras consumam quantidade suficiente de ração para garantir seus níveis de produção (CHASE *et al.*, 1976; CUNHA, 1999)

Com relação à influência das oscilações bruscas da temperatura ambiental sobre o comportamento animal, as temperaturas elevadas como agente estressor na criação de ruminantes afeta diretamente o consumo de alimento, reduzindo a ingestão de matéria seca, com conseqüente diminuição da produção de leite e outras perdas relacionadas à sanidade e reprodução (LU, 1989). De acordo com Curtis (1983) e Morrison (1983), o estresse calórico pode ser intensificado pela alta

umidade, radiação térmica e pouco movimento do ar. Os efeitos dessa intensificação podem ser negativos, no caso de criações em regime intensivo.

Uma das primeiras respostas negativas ao estresse térmico, na maioria dos animais, é a diminuição do consumo de alimentos. A intensidade da redução parece estar diretamente relacionada com o maior nível de estresse (McDOWELL, 1974).

Segundo Beede & Collier (1986), a redução do consumo, ocorrida próximo ou acima da temperatura crítica do animal, é largamente aceita como a maior influência negativa sobre a produtividade. Sendo esta temperatura crítica dependente da composição da dieta, quando esta for menos digestível, maior será a taxa e a extensão da redução do consumo. Appleman & Delouche (1958), avaliando as respostas de caprinos submetidos a uma elevação da temperatura ambiente de 20 °C para 40 °C, observaram redução do tempo gasto para o consumo de forragem.

Em temperaturas ambientais acima de 25 °C, o grande incremento calórico proporcionado por dietas contendo alto nível de volumoso pode prejudicar a eficiência de utilização deste alimento, quando comparado às dietas com maior proporção de concentrado. A magnitude desta diferença é suficiente para levar em consideração a temperatura ambiente na formulação de rações para ruminantes (MOOSE *et al.*, 1969).

O efeito de dieta proteica e da matéria orgânica degradável no rúmen na produção de leite, em cabras leiteiras com peso médio de 55±5,0 kg e média de produção de 2,5 kg/leite/dia, foi estudado em ambiente com temperaturas entre 25 °C e 36 °C por Arieli *et al.* (2005). Segundo estes autores, o consumo médio de matéria seca foi de 1,3 kg, ou seja, abaixo do estimado pelo AFRC (1993) e AFRC (1998) que é de 1,8 kg/dia. A média de produção de leite foi de 1,86 kg/dia. Diante da dificuldade de prever as razões do baixo consumo, os autores sugerem diversos fatores que podem ter interferido, a exemplo de variações diurnas de temperatura, estágio de lactação (30 dias pós-parto), nível de produção dos animais e, finalmente, uma relação não linear entre consumo e temperatura ambiental.

2.4 Estresse por calor

Os ruminantes são animais endotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura corporal constante, independente das condições ambientais. Para isso, eles realizam troca de calor com o meio ambiente por meio de variações fisiológicas, comportamentais e metabólicas, produzindo calor (para aumentar a temperatura corporal quando a temperatura ambiental diminui) ou perdendo calor para o meio (diminuir a temperatura corporal no estresse por calor). Esses animais possuem temperatura retal normal variando de 38,5 a 39,5 °C, sendo que vários fatores, como idade, sexo, período do dia, estação do ano e ingestão de alimentos são capazes de causar variações normais na temperatura corporal (DUKES & SWENSON, 1996).

O desequilíbrio na endotermia do organismo animal acontece em decorrência das respostas às condições ambientais desfavoráveis, tais como a alta radiação solar, a elevada temperatura do ar atmosférico e a alta umidade relativa do ar (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Nos trópicos, um dos agentes estressores mais estudados na criação de ruminantes está relacionado com a temperatura elevada do ar, pois afeta diretamente o consumo de alimento, reduzindo a ingestão de matéria seca, com consequente diminuição da produção de leite e outras perdas relacionadas à sanidade e reprodução (LU, 1989; SOUZA *et al.*, 2009).

Em adição, o estresse por calor pode ser intensificado pela alta umidade, radiação térmica e pouco movimento do ar. Os efeitos dessa intensificação podem ser negativos, no caso de criações em regime intensivo (MORRISON, 1983).

Dessa forma, a umidade relativa torna-se uma variável importante para o estabelecimento do conforto animal, influenciando significativamente o equilíbrio calórico, principalmente em ambientes quentes e pouco ventilados, nos quais a perda de calor por evaporação é primordial para homeostase térmica (ROBERTSHAW, 2006).

Existem diversas combinações, nas quais valores de temperatura e umidade podem representar condições estressantes ou não, e a determinação exata destes valores é quase impossível de ser realizada, pois varia de acordo com o animal e a condição em que ele se encontra (BARBOSA, 1995).

2.5 Troca de calor animal – ambiente

Entre o animal e o meio, existe uma constante troca de calor. O ambiente térmico externo (temperatura do ar, umidade relativa, ventilação e radiação) varia muito e, quando fora da faixa de termoneutralidade, pode causar alterações significativas na temperatura corporal do animal por meio da variação na produção de calor corporal (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Appleman & Delouche (1958), relataram que o limite de tolerância da temperatura ambiental, para os caprinos está entre 35 °C e 40 °C, sendo que, segundo Dukes & Swenson (1996), a temperatura retal normal dos caprinos varia de 38,5 a 39,5 °C, podendo oscilar de acordo com idade, sexo, período do dia, estação do ano e ingestão de alimentos.

As condições normais de temperatura corporal são estritamente controladas dentro da faixa de conforto térmico pelo centro termorregulador localizado no hipotálamo. Este órgão recebe estímulos de termorreceptores localizados na pele, medula espinhal, órgãos abdominais e grandes veias em resposta aos agentes estressores. A partir do hipotálamo, são transmitidas informações a diversos tecidos responsáveis pela geração ou dissipação de calor corporal. Esse mecanismo de manutenção da temperatura corporal normal, nos animais endotérmicos, é chamado de termorregulação, ou seja, equilíbrio entre ganho e perda de calor (Figura 1) (FUQUAY, 1981; ANDERSSON & JONASSON, 2006).

O calor produzido pelo metabolismo deve atender as exigências de manutenção, além do incremento calórico devido ao esforço físico, crescimento, lactação, gestação e alimentação. Maiores taxas destas atividades resultarão em mais calor metabólico (FUQUAY, 1981).

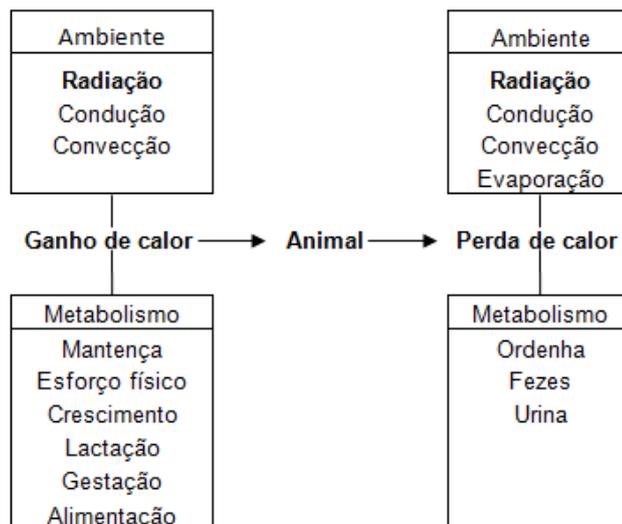


Figura 1 - Representação esquemática do ganho e da perda de calor, que constituem a termorregulação animal. Adaptado de FUQUAY (1981).

Para atender a homeostase térmica, o organismo utiliza dos mecanismos fisiológicos adaptativos ao calor, que incluem vasodilatação periférica, aumento da taxa de produção de suor (taxa de sudorese), da frequência respiratória, da temperatura da pele e dos batimentos cardíacos, bem como redução do metabolismo basal e energético e consequentemente redução no consumo de alimento (RODRIGUES *et al.*, 2010).

A troca de calor entre animal e ambiente pode ocorrer na forma sensível ou latente. Os fluxos de calor causados por variações da temperatura ambiental configuram a troca de calor sensível. Essas formas de transferência de calor ocorrem por condução, convecção e radiação (ROBINSON, 2008).

Na condução, a transferência de calor acontece do centro do organismo até a superfície corporal externa, pelo contato de partículas dos tecidos, ou seja, este mecanismo de termólise exige temperatura diferente entre as superfícies ou substâncias. A ingestão de água fria, ou de outros alimentos ingeridos frios quando em contato com o aparelho digestório, rouba calor do corpo (ROBERTSHAW, 2006). A perda de calor também acontece quando os animais eliminam os produtos de excreção do metabolismo (fezes, urina, leite) para o ambiente (FUQUAY, 1981).

A troca de calor por convecção consiste no aquecimento do ar inspirado no interior do aparelho respiratório, o que rouba calor do organismo. Ela é aumentada

com a aceleração do ritmo respiratório e ocorre em maior proporção com a temperatura ambiente baixa (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Na radiação, a troca de calor acontece por meio de ondas eletromagnéticas. As ondas térmicas são geradas entre dois pontos ou mais, que se encontram em diferentes temperaturas. O animal irradia calor até objetos mais frios e recebe radiação de objetos mais quentes. Animais de cor clara refletem mais calor que animais de cor escura (ROBERTSHAW, 2006; ROBINSON, 2008; BAÊTA & SOUZA, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2010). Entretanto, os animais devem apresentar pele altamente pigmentada para proteção contra a radiação ultravioleta (MAIA *et al.*, 2005). Na Figura 2 estão representados, com maiores detalhes, os processos de troca de calor entre o animal e o ambiente.

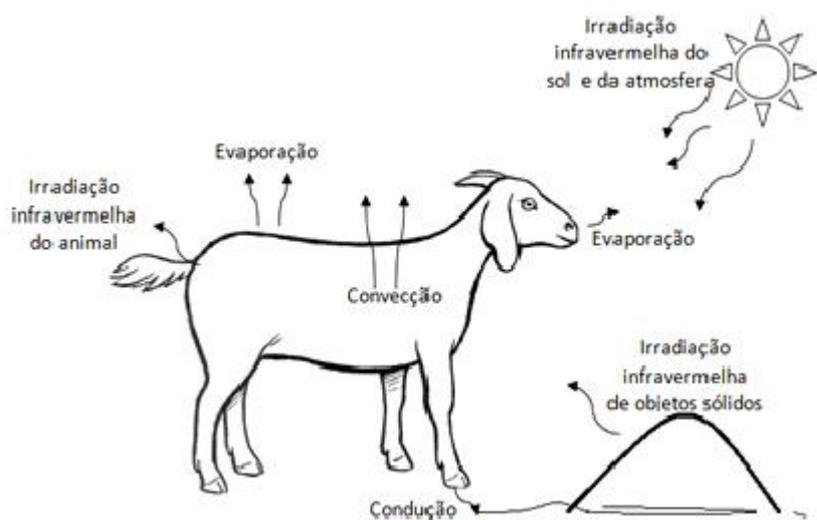


Figura 2 - Mecanismos sensíveis e latentes de troca de calor entre o animal e o ambiente.

Dessa forma, quando um animal endotérmico está exposto ao estresse pelo calor, a resposta inicial é a vasodilatação periférica, que aumenta o fluxo sanguíneo cutâneo e dos membros. Este mecanismo faz com que haja aumento da temperatura superficial e a extensão da temperatura central para as extremidades inferiores, aumentando o gradiente de temperatura entre a pele e o ambiente, concorrendo para mais perda de calor por irradiação e convecção (ROBINSON, 2008).

Com relação às formas latentes, os fluxos de energia acontecem mediante diferenças de pressão de vapor. A pressão de vapor indica a quantidade de vapor d'água contido em um determinado volume de ar (BAÊTA & SOUZA, 2010). Segundo Curtis (1983), a água existente no interior do corpo dos animais desloca-se até a epiderme em proporção dependente do gradiente de pressão de vapor. Em seguida, ocorre a difusão do vapor d'água para o ambiente, a partir da pele e dos pulmões, ou seja, a perda de calor acontecerá na conversão para vapor, tanto do suor quanto da umidade proveniente da respiração. As formas latentes de transferência de calor são a condensação e a evaporação. Essas formas são acionadas quando a temperatura ambiental se aproxima da corporal, situação que diminui a efetividade de ação das formas sensíveis de transferência de calor no processo de homeostase térmica.

Na evaporação, ocorre a eliminação da água através da pele (glândulas sudoríparas - sudorese) e, também, através do ar expirado, com aumento ou não da frequência respiratória. A evaporação, nos climas quentes, é o principal processo de eliminação do excesso de calor corporal e ela é prejudicada pela elevada umidade do ar e favorecida pelos ventos (RODRIGUES *et al.*, 2010).

West (2002) relatou que o mecanismo de evaporação funciona melhor em baixa umidade. Quando a temperatura ambiental se aproxima da temperatura corporal do animal, juntamente com umidade relativa do ar elevada, todos os mecanismos de dissipação de calor do animal tornam-se prejudicados. Por conseguinte, o animal reduz o consumo de alimentos sólidos para diminuir a produção do calor metabólico.

Por outro lado, se o ambiente é quente e muito seco, a evaporação é rápida, podendo causar irritação cutânea, problemas respiratórios e desidratação (MEDEIROS & VIEIRA, 1997; STARLING *et al.*, 2002).

Quando o ar do ambiente está saturado de umidade e na mesma temperatura da superfície animal, não há troca líquida de umidade. Entretanto, se a temperatura superficial do animal estiver mais baixa que a do ar e este próximo da saturação, haverá condensação e a formação de uma espécie de orvalho na superfície do animal (ROBINSON, 2008; BAÊTA & SOUZA, 2010). Dessa forma, de acordo com Robertshaw (2006), Farias *et al.* (2009), Baêta & Souza (2010) e Pereira *et al.* (2011), os mecanismos latentes de troca de calor se constituem nas mais

importantes formas de dissipação de calor, sendo a sudorese mais importante para os grandes animais e a respiração arquejante para as espécies menores, como os cães, caprinos e ovinos.

Oliveira (2007), estudando os mecanismos termorreguladores de cabras da raça Saanen, no Sudeste do Brasil, concluiu que, em altas temperaturas radiantes, a termólise evaporativa nesta raça, tem um incremento de 50,3% nos animais expostos ao sol em relação aos protegidos da radiação solar, tornando-se responsável, em média, por 62,2% da perda térmica total nos animais ao sol, representando a única alternativa possível para a perda de calor quando os animais estão ao sol sob temperatura média radiante acima de 35,6 °C. Contudo, a termólise evaporativa nas cabras Saanen não foi suficiente para proporcionar o equilíbrio térmico ao sol, em temperaturas radiantes acima de 55 °C. Portanto, o fornecimento de sombra aos caprinos que vivem em ambiente tropical é de suma importância, sobretudo porque facilita a eficiência dos mecanismos de troca térmica, além de atenuar o ganho de calor por radiação pela alta carga térmica radiante.

A taxa de sudação (TSU), frequência respiratória (FR) e temperatura retal (TR) de caprinos das raças Saanen e Alpina foram estudadas por Aiura *et al.* (2010), em dois locais do sudeste do Brasil, sendo que um deles em latitude 20°45'45" sul, a 657 m de altitude, apresentando temperatura média de 28,41 °C (local A) e o outro a 20°49'11" a 489 m de altitude e com temperatura média de 25,49 °C (local B). No local A os animais apresentaram TSU 60% maior em relação ao local B e a raça Alpina 15% maior que a Saanen. A FR foi maior no local A nas duas raças observadas, sendo que os da raça Saanen apresentaram maior média (96,69 contra 85,49). Com relação à TR, os animais do local B tiveram as maiores médias, sendo as da raça Saanen maiores que as da raça Alpina (39,69 °C contra 39,44 °C). Os autores interpretaram que, no estudo, as cabras encontraram na sudação uma eficiente via de eliminar o excesso de energia térmica e que as diferenças existentes podem ter sido ocasionadas pelas condições edafoclimáticas de cada localidade. Os mesmos autores complementam que a média de temperatura do ar do local A foi maior, o que diminui a troca por calor sensível (convecção e radiação), intensificando a perda por calor latente.

Pereira *et al.* (2011) estudaram o comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no Nordeste do Brasil, a 7°01'28" de latitude sul e temperaturas

máxima e mínima de 32,9 e 20,8 °C, respectivamente. Para avaliar os efeitos do estresse agudo, os animais foram expostos ao sol por uma hora. As respostas fisiológicas quanto à FR antes do estresse e após o estresse foram em média 77,62 mov./min. contra 111,3 mov./min., mostrando que os animais utilizaram este mecanismo como forma de perder calor e de manter a endotermia tanto antes e, sobretudo após serem submetidos ao estresse térmico. Os autores concluíram que a raça Saanen respondeu ao estresse por calor com aumento significativo da FR apresentando capacidade de manter a endotermia, dessa forma demonstrando certo grau de adaptação.

2.6 Índice de conforto térmico

O Brasil, pelas suas dimensões continentais, possui uma diversificação climática bem ampla, influenciada pela sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo e a dinâmica das massas de ar sobre seu território. Esse último fator assume grande importância, pois atua diretamente sobre a temperatura ambiente e o índice pluviométrico nas diferentes regiões do país (SALLES, 2010).

As atenções dispensadas ao ambiente térmico de criação dos animais de interesse zootécnico tornam-se cada vez mais imprescindíveis, uma vez que, dele, depende o bom desempenho das espécies exploradas. Buffington *et al.* (1981), com o objetivo de avaliar as condições de conforto ambiental para bovinos, em clima tropical e subtropical, desenvolveram o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), que incorporam os efeitos da temperatura do bulbo seco, umidade relativa do ar, radiação solar direta e movimento do ar em um único valor.

O ITGU é o índice que melhor caracteriza o ambiente térmico do animal, pois incorpora, em um único índice, o efeito de quatro elementos distintos (NEVES, 2008). Para o cálculo desse índice é necessário o valor da temperatura de globo negro, que é obtida a partir de um termômetro de bulbo seco, situado no centro de uma esfera oca, de cobre, com diâmetro de 15 cm e espessura de 0,5 mm, pintada externamente com tinta preta fosca. O ITGU é calculado pela equação: $T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08$ onde, T_{gn} = temperatura do globo negro e T_{po} = temperatura de ponto de orvalho (Buffington *et al.*, 1981).

Dentro de ampla faixa de temperatura, podem ser definidas zonas térmicas que proporcionam maior ou menor conforto ao animal. Para Toussaint (1997), as temperaturas de conforto para produção de caprinos leiteiros estão entre 10 °C e 18 °C, com limite máximo de 27 °C, semelhante às recomendações de Smith & Sherman (1994) de que a zona de conforto térmico de caprinos de raças leiteiras especializadas varia de 13 a 21 °C. Entretanto, para Mount (1979), Curtis (1983), Hafez (2004) e Baêta & Souza (2010), a zona de conforto térmico para caprinos adultos é de 20 a 30 °C. Nesses intervalos de temperatura ambiente, ocorre o menor desgaste do animal em relação ao ganho ou perda de calor por estarem dentro de uma faixa de temperatura ambiental adequada (SOUZA *et al.*, 2005).

Em estudos realizados com bovinos, pelo National Weather Service, apud Baêta (1985), são relatados valores de ITGU até 74, de 74 a 78, de 79 a 84 e acima de 84 definem situação de conforto, de alerta, de perigo e de emergência, respectivamente.

Estudos com caprinos nativos criados em regime de confinamento e semi - confinamento no Nordeste do Brasil, demonstraram desconforto térmico, causando alterações nos parâmetros fisiológicos dos animais nos horários de 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas, quando os valores de ITGU alcançaram 81,4, 84,5, 85,9 e 81,7, respectivamente (GOMES, 2006).

Comparando o ITGU de dois grupos genéticos (nativo e europeu) na Região Meio-Norte, nos períodos seco e chuvoso e em diferentes horários, Rocha (2006), encontrou que, no período chuvoso, os valores de ITGU (80,24 e 84,37, para manhã e tarde, respectivamente) de ITGU foram significativamente mais altos ($p < 0,05$) do que no período seco (79,06 e 82,83 para manhã e tarde, respectivamente), exceto para o ITGU no horário de 14-15h (84,35 e 82,9 no período chuvoso e seco, respectivamente), onde não houve diferença significativa. Segundo o autor, o fato pode ser explicado pela influência da umidade relativa do ar, maior no período chuvoso. Indicando o período chuvoso como potencialmente mais estressante.

As oscilações de temperatura do ambiente e a radiação solar alteram as condições fisiológicas dos animais e ocasionam o declínio da produção. Os parâmetros fisiológicos temperatura retal, frequência respiratória e temperatura superficial sofrem influência do turno do dia, uma vez que, à tarde, a temperatura do ar é mais elevada e a radiação solar é, geralmente, mais intensa do que no turno da

manhã, promovendo uma elevação dessas variáveis fisiológicas (ACHARYA *et al.*, 1995; SILVA *et al.*, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2008).

2.7 Reflexos do estresse por calor na produção

A complexidade dos fatores que regulam as trocas de energia ressaltam a importância de se conhecer, cada vez mais, os efeitos ambientais sobre o estresse térmico provocado pelo calor e o desafio pela busca de manter os animais sob condições de bem-estar. Essas considerações enfatizam, ainda mais, a importância de se estabelecer uma relação de equilíbrio entre os índices de estresse térmico, bem-estar animal e produtividade (SILANIKOVE, 2000b).

O estresse por calor acarreta perdas econômicas à produção de várias formas. Afeta o consumo de alimento, reduzindo a ingestão de matéria seca, com consequente diminuição da produção de leite. Este consumo irregular de alimento pode levar, também, a severas interferências nas respostas fisiológicas metabólicas e hormonais (LU, 1989).

Desta forma, o conhecimento das variáveis climáticas, sua interação com os animais e as respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas deve ser prioritário na adequação do sistema de produção, independentemente da atividade a ser explorada. O impacto do ambiente sobre o comportamento animal pode diferir entre espécies, raças e animais (indivíduos) (SILANIKOVE, 2000a).

Em ambiente mediterrâneo, sob temperatura e umidade médias respectivas de $35,3 \pm 0,22$ °C e $66,22 \pm 0,70\%$, Darcan & Guney (2008) estudaram os parâmetros fisiológicos e produtivos de dois grupos experimentais, utilizando cabras de aptidão leiteira. Em um deles (grupo experimental-GE), o ambiente foi climatizado, recebendo aspersão com água e ventilação entre 12:00 h e 13:00 h. O grupo controle (GC) não recebeu climatização. Os resultados de consumo e produção de leite, no GE $0,976,11 \pm 0,11$ kg/dia e $1,097,34 \pm 0,19$ kg/dia contra $0,799,12 \pm 0,12$ kg/dia e $0,865,48 \pm 0,36$ kg/dia do GC, ou seja, para produção de leite, o ganho foi de 21,1%. No horário mais quente do dia, em que o GE recebeu ventilação e aspersão com água, a frequência respiratória foi de $47,32 \pm 1,48$ contra $75,56 \pm 1,83$ para GE e GC, respectivamente. Dessa forma, afirmam que, nas condições ambientais de verão, no clima mediterrâneo, essa estratégia de climatização foi bastante efetiva.

Brasil *et al.* (2000) avaliaram os efeitos do estresse térmico em cabras leiteiras com aproximadamente 20 meses de idade e 39 kg, utilizando câmara climática (tratamento sob estresse) ou não (tratamento sob termoneutralidade). Na câmara climática, a temperatura e umidade médias respectivas foram de $33,84 \pm 0,23$ °C e 66,11% no período diurno (8 às 17h) e $27,19 \pm 0,24$ °C e 75,68% no noturno (17 às 8 h). Os autores verificaram que, nestes animais, houve perda de peso, redução no consumo de matéria seca e duplicação do consumo de água. As cabras consumiram 62,55% menos feno no período diurno e, durante a noite essa diferença caiu para 15,98%. Conseqüentemente, tiveram redução de 3,66% do peso corporal e 5,9% da produção de leite, acompanhada de redução dos seus constituintes (gordura, proteína, lactose e sólidos totais). A temperatura e umidade do ambiente em que permaneceram os animais sob termoneutralidade foram, respectivamente, de $22,82 \pm 0,31$ °C e $76,67 \pm 0,91$ % no período diurno e de $22,25 \pm 0,31$ °C e $77,73 \pm 0,70$ % no período noturno.

Toussaint (1997) esclareceu que a produção de leite é afetada negativamente porque, ao tempo em que ocorre a diminuição da ingestão de alimentos e conseqüente redução da taxa de ruminação, a circulação sanguínea periférica aumenta, provocando diminuição do fluxo de sangue nos órgãos internos, levando à diminuição do transporte de nutrientes para produção de leite.

Na condição de estresse por calor, é esperada a diminuição do consumo voluntário, podendo ser considerado um mecanismo de proteção contra a hipertermia ou um comportamento adaptativo a essa condição. Uma vez que o incremento calórico de atividades voluntárias, fermentação ruminal, digestão, absorção dos nutrientes e metabolismo é reduzido pelo baixo consumo, menos calor precisa ser dissipado pelos animais (APPLEMAN & DELOUCHE, 1958; LU, 1989). Animais em crescimento e em lactação apresentam taxa metabólica mais elevada e são mais sensíveis ao calor (BRASIL *et al.*, 2000). Em ambientes extremamente quentes os animais podem parar completamente de se alimentar. A 40 °C, os animais aparentemente foram além dos limites de tolerância (APPLEMAN & DELOUCHE, 1958).

Em resumo, os animais tentam neutralizar os efeitos negativos do estresse térmico por meio de processos físicos, químicos e fisiológicos, na busca pelo equilíbrio térmico. Na maioria das vezes, esses ajustamentos envolvem a dissipação

de calor mediante redução de perda de água através das fezes e urina, aumento da sudorese, elevação de frequência respiratória e batimentos cardíacos, redução da produção de calor metabólico pela redução do consumo e, conseqüentemente, diminuição da produção (SILANIKOVE, 2000a).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Período e local do experimento

O período experimental foi de 14 semanas, com início no dia 20 de março e término no dia 25 de junho de 2012, compreendendo a estação de outono no Sudeste do Brasil. O local de realização do trabalho foi o Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa-MG.

A cidade de Viçosa está localizada na Microbacia do Rio Turvo Sujo, afluente do Rio Piranga, Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. O clima predominante é o tropical de altitude do tipo do tipo Cwb (inverno seco e verão chuvoso), pela classificação de Köppen. Seu clima caracteriza-se, também, por apresentar bruscas oscilações e, em algumas épocas do ano, as variações de sensação térmica de um dia chegam a serem compatíveis com as quatro estações do ano. Possui temperatura média anual de 18,5 °C, sendo a média das mínimas de 8,2 °C e a média das máximas de 28,5 °C. O índice pluviométrico médio anual da região é de 1.203 mm, com umidade relativa média do ar de 80%.

A instalação experimental foi construída na orientação geográfica de pontos colaterais noroeste/sudeste e está localizada a 20°46'19" de latitude S e 42°51'12" de longitude W, com altitude de 707 m, utilizando-se o sistema de referência geodésico Datum Planimétrico Horizontal SAD 69 Brazil/IBGE.

3.2. Caracterização do ambiente físico do experimento

As instalações nas quais o estudo foi desenvolvido fazem parte da área de produção de leite do Setor de Caprinocultura Leiteira do Departamento de Zootecnia da UFV, composta por um galpão de estabulação livre com 1.020 m² (17 m de largura x 60 m de comprimento) com capacidade para abrigar 300 matrizes em lactação na sua capacidade máxima (15 matrizes/baia) e 240 matrizes (12 matrizes/baia) na sua capacidade média, distribuídas em suas 20 baias cobertas, com dimensões de 5,75 metros x 5,25 metros de largura e profundidade, respectivamente, sendo interligadas com os solários pelo corredor lateral de manejo

(Figura 3). Os solários possuem as mesmas dimensões das baias.

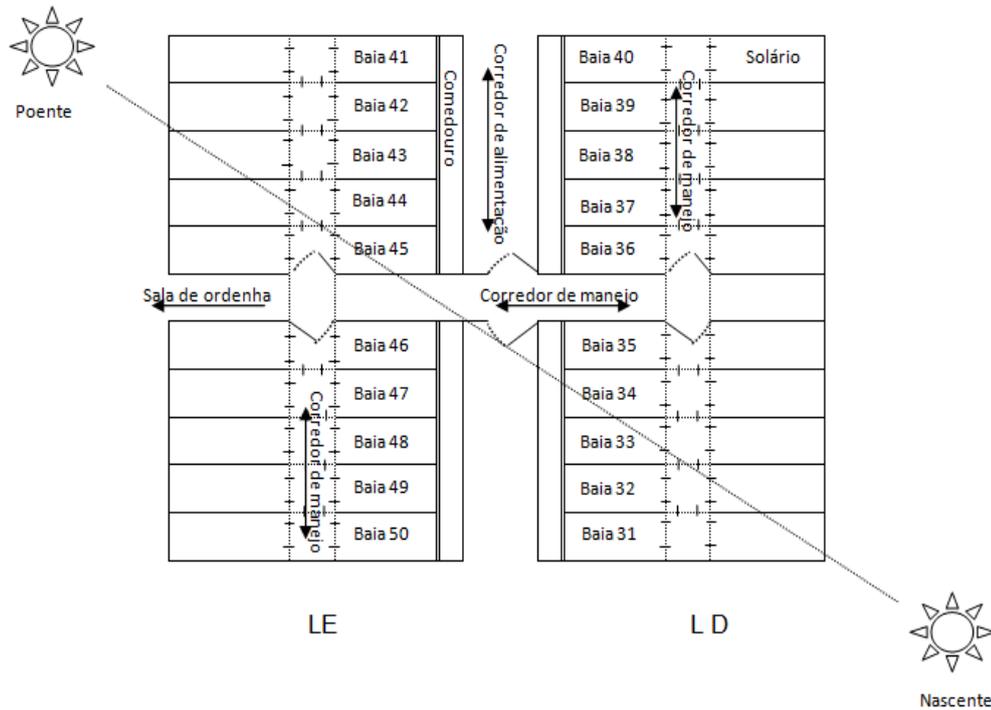


Figura 3 - Representação esquemática da planta baixa do galpão com orientação do nascente e do poente em relação ao galpão. Onde: LD (lado direito-nascente) e LE (lado esquerdo-poente).

O pé direito é de 3,45 m, cobertura em telha de amianto e beiral de 1,54 m. Os fechamentos laterais e as divisórias das baias, com 1,20 m de altura, foram construídos na forma de grades confeccionadas em vergalhão 3/8". O corredor de manejo alimentar possui 2,4 m de largura por 60 metros de comprimento, dividindo toda a instalação ao meio (Figuras 3 e 4).

Os comedouros, confeccionados em cimento e revestidos de cerâmica, possuem 5,75 m lineares, equivalente à largura das baias. Dentro de cada baia, junto e paralelamente ao comedouro, existe uma plataforma de concreto (1,0 m x 5,75 m) onde os animais se posicionam para se alimentar com maior comodidade. Os bebedouros automáticos de alumínio, com boias, estão posicionados no canto direito de cada baia, a uma altura aproximada de 70 cm do piso.

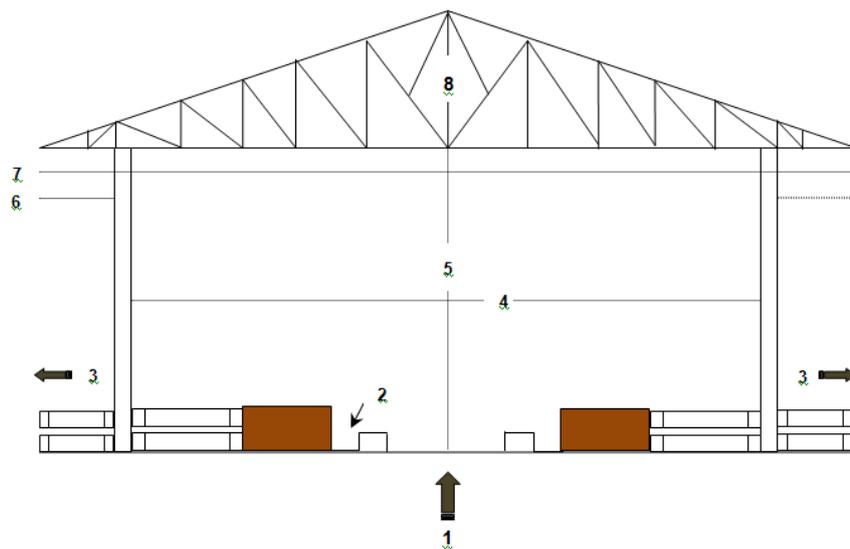


Figura 4 - Corte transversal do galpão: 1. corredor de manejo alimentar; 2. comedouro; 3. orientação para os solários; 4. largura sem beiral; 5. pé direito; 6. largura do beiral; 7. largura da cobertura; 8. altura da tesoura central da cobertura.

3.3 Animais, sistemática de manejo em grupo e reagrupamento

Durante o período experimental, foram utilizadas, no total, 194 cabras leiteiras, sendo que, destas, 108 foram de primeira ordem de parto (primíparas – OP1), com peso médio e desvio padrão de $52,6 \pm 8,9$ kg e 86 cabras pluríparas, sendo, 25 cabras da 2ª ordem de parto, 25 cabras da 3ª ordem de parto, 16 cabras da 4ª ordem de parto, 10 cabras da 5ª ordem de parto, seis cabras da 6ª ordem de parto, três cabras da 7ª ordem de parto e uma cabra na 8ª ordem de parto (pluríparas – OP2), com peso médio e desvio padrão de $57,3 \pm 10,3$ kg. As cabras foram distribuídas em 15 baias adensadas com, no máximo, 12 matrizes. As baias foram classificadas e definidas para alocar as matrizes de acordo com a ordem de parto e a produção leiteira individual (produção baixa: $>0,400$ kg a $<1,5$; produção média: $\geq 1,5$ a $<2,5$ kg; produção alta: $\geq 2,5$ kg).

A classificação produtiva de cada fêmea foi determinada mediante a aquisição de dados de, no mínimo, duas pesagens semanais anteriores ao início do experimento, sendo sua posição, em cada baia, dependente da classificação produtiva. Dessa forma, foram formados os grupos de baixa, média e alta produção, a serem destinados às suas respectivas baias.

A produção individual de cada cabra foi analisada uma vez por semana. Após analisar duas pesagens consecutivas de cada fêmea em produção, novos lotes foram formados ou não, buscando aliar o nível de produção individual com a classificação da baia, por exemplo: as cabras que se encontravam em nível de produção baixo eram destinadas as baias classificadas como baixa produção e assim por diante. Seguindo a rotina do manejo estabelecido foi possível haver modificações quantitativas nos critérios classificação/baia, ou seja, durante todo período experimental, foi possível a entrada e saída de uma ou mais cabras de uma baia para outra, assim como a formação de novos grupos ou extinção de outros, ou seja, a cada modificação necessária, houve a formação de um lote ou novos lotes a partir dos reagrupamentos.

Buscou-se não interferir nas práticas de manejo e posicionamento dos grupos de cabras primíparas (OP1) e pluríparas (OP2) nas baias, ou seja, as baias do lado direito (LD - nascente) estavam ocupadas pelas cabras de OP1, e as baias do lado esquerdo (LE – poente) ocupadas pelas cabras de OP2 (Figura 3).

Em razão da quantidade de cabras em lactação e de suas características genéticas de produção, durante o período experimental, foram utilizadas oito baias para primíparas (uma baia para alta produção, quatro baias para média produção e três baias para baixa produção) e sete baias para pluríparas (uma baia para alta produção, três baias para média produção e três baias para baixa produção), sendo que, no caso das pluríparas, a divisão dos grupos de baixa, média e alta produção foi estabelecida pelo potencial produtivo de cada cabra, em cada período avaliado.

3.4 Alimentação

Todos os grupos receberam a mesma dieta, composta por água *ad libitum*, silagem de milho e concentrado fornecidos separadamente (Tabela 1). No entanto, em razão da classificação das cabras e baias por produção, as quantidades de concentrado foram estabelecidas em: 1,0 kg/cab/dia, 1,5 kg/cab/dia e 2,0 kg/cab/dia para as cabras de baixa, média e alta produção respectivamente.

A composição química dos ingredientes contidos na dieta ofertada aos animais, durante o período experimental, é encontrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química dos alimentos utilizados na dieta experimental

Item (g.kg ⁻¹)	Alimento	
	Silagem de milho	Mistura concentrada
	Composição	
MS	276,69	907,79
PB	62,18	141,84
EE	31,95	44,98
aFDN _{mo}	478,02	100,81
Lignina	49,84	19,64
Cinzas	45,03	64,18

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CHOT = carboidratos totais, CNF = carboidratos não fibrosos, aFDN_{mo} = matéria orgânica fibrosa obtida com amilase e sulfato de sódio.

O concentrado foi formulado (Tabela 2) para atender as exigências de cabras em lactação, e foi distribuído nos comedouros quatro vezes ao dia (às 7:30, 10:30, 13:30 e 16:30 horas).

Tabela 2 - Ingredientes do concentrado utilizado na dieta experimental

Ingrediente	Quantidade (100 kg)
Fubá de milho	67,5
Farelo de soja	27,5
Sal comum	1,65
Fosfato bicálcico	0,91
Calcário calcítico	0,90
Bicarbonato de sódio	0,60
Premix bovino ¹	0,02
Mistura ureia/sulfato de amônia (9:1)	0,8
Suplemento vitamínico	0,1
Suplemento mineral	0,02

¹Premix bovino: 0,48% de sulfato de cobre; 2,67% de sulfato de zinco; 0,02% de sulfato de cobalto; 0,0125% de iodato de potássio; 0,006% de selenito de sódio.

A silagem de milho foi fornecida duas vezes ao dia (às 7:30 e 14:00 horas) para consumo *ad libitum*. O consumo voluntário foi calculado pela diferença entre a quantidade de alimento oferecido e as sobras. Para tanto, os alimentos fornecidos e as sobras de cada baia foram colhidas e pesadas diariamente, sendo ajustadas para corresponderem a 10 e 20% do total oferecido por baia.

Para análise do material consumido pelo grupo, as sobras de cada baia foram colhidas uma vez por semana, pesadas e amostradas em 10% do seu peso, durante todo o período experimental (14 semanas). Da mesma forma, amostras do alimento fornecido (silagem de milho e concentrado) foram colhidas semanalmente.

3.5 Consumo de matéria seca e análise química da dieta

O consumo de matéria seca (CMS) foi obtido por meio da diferença entre a quantidade de matéria seca fornecida e as sobras. As amostras foram colhidas semanalmente para posterior análise.

As amostras foram fracionadas e mantidas em estufa com ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. Em seguida, foram processadas em moinho tipo Wiley providos de peneiras com crivos de 1 mm e utilizadas para determinação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), Fibra em detergente neutro (aFDN_{mo}), e matéria mineral (MM). As avaliações das concentrações de fibra em detergente neutro (aFDN_{mo}) seguiram os protocolos sugeridos por Mertens (2002), com uso de amilase termoestável (Termamyl 120 L) e de sulfito de sódio. Para determinação de lignina em detergente ácido (LDA) foi utilizada a técnica descrita por Van Soest (1965). Foram analisadas as concentrações de MS, PB, EE e MM, conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002).

3.6 Pesagem individual das matrizes

As pesagens dos animais foram realizadas uma vez por quinzena, sempre pela manhã após a ordenha e antes da primeira refeição do dia. Para tal procedimento foi utilizada uma balança manual, específica para médios animais, dotada de grade de contenção e com capacidade de até 500 kg, previamente aferida e regulada a cada dez pesagens.

O objetivo da pesagem foi avaliar a conduta nutricional para manutenção e produção, assim como obter a massa de cada cabra/lote/baia a fim de validar os níveis das dietas experimentais.

3.7 Quantificação da produção individual de leite

Diariamente, as cabras foram ordenhadas às 6:00 e 14:00 horas. Entretanto, para fins de diagnóstico da produção de cada cabra/baia, a pesagem do leite foi realizada uma vez por semana utilizando-se copos medidores acoplados à ordenha mecânica.

3.8 Variáveis do ambiente térmico

Para monitoramento das temperaturas ambientais, foram montados três *kits* meteorológicos, compostos, cada um de: um termômetro de globo negro - TGN (esfera oca, de cobre, com 0,15 m de diâmetro e 0,0005 m de espessura, pintada externamente com tinta preta fosca, contendo no seu interior o elemento sensor constituído por um termômetro de mercúrio, em vidro, com resolução de 1 °C), um termo-higrômetro (INCOTERM[®], Porto Alegre, Brasil), escala: -10 a +50:1 °C, composto de um termômetro de bulbo seco e um termômetro de bulbo úmido, em vidro, com sensores de mercúrio e resolução de 1 °C, para obter as temperaturas de bulbo seco (T_{b_s}) e bulbo úmido (T_{b_u}) e um termômetro de máxima e mínima (INCOTERM[®], Porto Alegre, Brasil), escala -38 a +50 °C:1 °C, com precisão de ± 1 °C para obter a temperatura máxima (T_{max}) a temperatura mínima (T_{min}).

Para captação dos dados climáticos do ambiente externo (Figura 5) e ambiente interno (Figura 6), os *kits* foram montados nas seguintes disposições: um *kit* próximo ao galpão de estabulação livre, sendo os termômetros de máxima e mínima e termo-higrômetro dentro de um abrigo meteorológico, e o de globo negro nas proximidades do abrigo (raio de 1,0 m), a 1,5 m de altura do solo.



Figura 5 - Abrigo meteorológico com os instrumentos de medição das variáveis climáticas no ambiente externo.

Os *kits* que caracterizaram o ambiente interno foram dispostos nas baias 36 e 46, afixados e protegidos por grades de contenção, a uma altura de 0,5 metro do piso (meia altura das cabras) (Figura 6). Essa posição foi determinada em virtude das baias estarem localizadas no centro do galpão e do LD (baia 36 - nascente) e LE (baia 46 - poente) do mesmo.



Figura 6 - Disposição dos *kits* meteorológicos no interior das baias

Os dados de temperatura dos três *kits*, com relação aos termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e globo negro foram contabilizados três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) em cinco coletas diárias (7:00, 9:30, 12:00, 14:30 e 17:00 horas) e os dados de temperatura máxima e mínima, diariamente, às 17:00 horas, objetivando-se calcular os índices de conforto térmico ambiental em relação às condições do meio em que os animais permaneciam.

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) considera em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação e da velocidade do vento (BUFFINGTON *et al.*, 1981). Esse índice é utilizado para avaliar as condições de conforto animal em clima tropical e subtropical, sendo obtido por meio da seguinte expressão:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08 \quad (1)$$

em que:

T_{gn} = temperatura de globo negro, K; e

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, K.

A umidade relativa do ar é outro elemento climático que auxilia na determinação do conforto térmico do ambiente e pode ser determinada por meio da equação:

$$UR = (e/es) \times 100 \quad (2)$$

em que:

UR = umidade relativa do ar, em %

e = pressão real de vapor d'água na atmosfera, em hPa; e

es = pressão de saturação do vapor d'água, em hPa.

3.9 Respostas fisiológicas

A aferição da temperatura superficial (TS), temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) das matrizes foi realizada por amostragem (20% das fêmeas de cada baía), duas vezes por semana (segunda e sexta-feira), pela manhã, às 9:00 horas, e à tarde, às 15:00 horas. A TS foi a somatória das médias de temperatura, aferidas com termômetro de infravermelho ST – 500 (INCOTERM®, Porto Alegre, Brasil), com precisão $\pm 2\%$ de leitura ou ± 2 °C para faixa de medição entre 0 °C a 260 °C em seis pontos distintos: chanfro (T_C), lateral média esquerda do pescoço (T_{Imp}), lombo (T_L), flanco esquerdo (T_F), úbere (T_U) e patela esquerda (T_P).

A TR foi aferida por meio de termômetro digital com haste flexível e sonorizador (INCOTERM®, Porto Alegre, Brasil). A FR foi mensurada utilizando-se um cronômetro digital e estetoscópio, auscultando e quantificando os movimentos de inspiração durante 20 s. Este valor foi, então, multiplicado por três, obtendo-se, a quantidade de movimentos por minuto.

3.10 Análise estatística

A análise das variáveis associadas a medidas tomadas nas cabras primíparas e pluríparas foi efetuada com base na combinação de teorias ligadas aos modelos de estrutura multivariada e modelos mistos. Num primeiro momento, as variáveis temperatura retal, frequência respiratória e temperatura média da superfície da pele foram combinadas por meio de análise multivariada para obtenção da variável

canônica que preservasse a maior variação possível dessas três variáveis combinadas. A utilização da variável canônica permite capturar o efeito simultâneo de características originais. E também pode capturar variações não percebidas quando do uso de características originais isoladamente (KHATTREE & NAIK, 2000). Assim, a análise foi realizada com base no ajuste do seguinte modelo às variáveis:

$$Y = X\beta + E \quad (3)$$

no qual Y é a matriz das observações de dimensão equivalente a $n \times p$, isto é, n observações e p variáveis; X é a matriz de incidência do delineamento, cuja dimensão é $n \times k$, ou seja, n observações por k parâmetros; β , de dimensão $k \times p$, corresponde à matriz de parâmetros; e E , com a mesma dimensão de Y , $n \times p$, representa a matriz dos erros aleatórios, supostos independentes dentro de cada variável que compõe Y , mas com distribuição multinormal. Os efeitos testados foram: ordem de parto (fixo); animal dentro da ordem de parto (aleatório); efeito de semana (fixo); efeito de hora (fixo); e as respectivas interações entre ordem de parto vs. semana, ordem de parto vs. hora, semana vs. hora e ordem de parto vs. semana vs. hora. A variável canônica com maior proporção da variação original contida nos dados aos quais foi ajustado o modelo da Eq. (3) apresentou a seguinte forma geral:

$$Z^* = c_1 T_r + c_2 FR + c_3 T_s \quad (4)$$

nas quais os diferentes c_i correspondem aos coeficientes canônicos, e Z^* a primeira variável canônica para as combinações entre T_r , FR e T_s . O ajuste da Eq. (1) foi efetuado por meio do procedimento PROC GLM do programa SAS (SAS System Inc., v.9).

A variável canônica obtida foi analisada de forma univariada por meio do seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + a_{j(i)} + \beta_k + \gamma_l + \alpha\beta_{ik} + \alpha\gamma_{il} + \beta\gamma_{kl} + \alpha\beta\gamma_{ikl} + e_{ijkl} \quad (5)$$

no qual Y_{ijkl} corresponde ao valor da variável canônica computado para o j -ésimo animal da i -ésima ordem de parto na l -ésima hora em meio a k -ésima semana. Efeitos fixos são representados por letras gregas e efeitos aleatórios ou variáveis aleatórias são representados por letras do alfabeto latino. Assim, μ corresponde à média geral; α_i corresponde à ordem de parto; $a_{j(i)}$, animal dentro da ordem de parto; β_k efeito de semana; γ_l efeito de hora; $\alpha\beta_{ik}$ interação entre ordem de parto vs. semana; $\alpha\gamma_{il}$ interação entre ordem de parto vs. hora; $\beta\gamma_{kl}$ interação entre semana

vs. hora; $\alpha\beta\gamma_{ikl}$ interação entre ordem de parto vs. semana vs. hora; e e_{ijkl} representa o erro aleatório, suposto normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ^2 (SEARLE, 1971). Para o ajuste deste modelo, foram testadas as seguintes estruturas de variância e covariância: componentes de variância, simetria composta com correlação constante entre as medidas repetidas no tempo; correlações auto-regressivas entre as medidas repetidas no tempo; e a estrutura irrestrita de variâncias e covariâncias. O ajuste do modelo foi efetuado por meio do procedimento mixed (The Mixed procedure, SAS System Inc., v.9) e a investigação da qualidade de ajuste dos diferentes modelos de variâncias e covariâncias efetuada segundo Vieira *et al.* (2012).

O consumo alimentar, a produção de leite e o peso vivo dos animais foram analisados considerando-se a baía como a unidade experimental, isto é, essas variáveis foram estimadas para cada baía, sendo apresentado um consumo médio diário de matéria seca e de nutrientes por animal escalonado para a massa corporal (g/d/kg), a produção de leite média por animal (kg/d), e o peso médio por animal para cada baía (kg). Assim, o modelo estatístico foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_{j(i)} + \beta_k + \alpha\beta_{ik} + e_{ijk} \quad (6)$$

no qual Y_{ijk} representa a medida tomada no j-ésimo animal, segundo a i-ésima ordem de parto, durante a k-ésima semana ao longo do experimento. Na Eq. (6), μ corresponde à média geral; α_i corresponde à ordem de parto; $a_{j(i)}$ representa animal dentro da ordem de parto; β_k o efeito de semana; $\alpha\beta_{ik}$ interação entre ordem de parto vs. semana; e e_{ijkl} o erro aleatório suposto normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ^2 (SEARLE, 1971). O ajuste do modelo e a investigação das estruturas de variância e covariância foram efetuados da mesma forma descrita anteriormente.

4. Resultados e Discussão

Para o consumo de PB, EE, aFDN_{mo} e cinzas, não houve diferença significativa entre as categorias de cabras primíparas (OP1) e pluríparas (OP2). No entanto, o consumo de matéria seca (CMS) e lignina diferiram estatisticamente ($p < 0,001$) entre os dois grupos. Dessa forma, foram realizadas duas regressões lineares, uma para cada um dos referidos grupos, (Figuras 7a, 7b e 8). As equações estimadas foram de ordem 3 (cúbica). Este comportamento observado pode ter sido em razão da utilização de três silos diferentes ao longo do período experimental: o primeiro silo já estava sendo utilizado no sistema de produção, o segundo foi utilizado a partir da quarta semana do experimento e a terceira silagem foi ofertada a partir da oitava semana experimental.

Apesar de trabalhos (Lima, 2010; Gomes, 2011) relatarem o maior consumo para cabras de OP2 em relação às de OP1, em razão da maior capacidade de ingestão conferida aos animais adultos (OP2), explicada pelo avançado desenvolvimento gastrintestinal, ou denominado fator físico de limitação, e pela diferença de peso entre as ordens de parto. Neste experimento, as cabras de OP1 possuíram médias de CMS superiores às de OP2. O fato pode estar relacionado à idade das cabras de OP2, na ocasião, ser muito avançada e ao estágio de lactação em que se encontrava a maioria delas, acima de 120 dias de produção. Outro fato ocorrido, que pode ter influenciado esses resultados, foi a maior renovação das cabras de OP1. Assim, as cabras de OP2 que permaneciam no sistema por mais tempo, encontravam-se em final de lactação. Isto é explicado em razão das OP2 apresentarem índices de fertilidade mais baixos, enquanto que as de OP1 apresentaram ciclos produtivos e reprodutivos mais curtos, havendo assim maior renovação do plantel desta categoria.

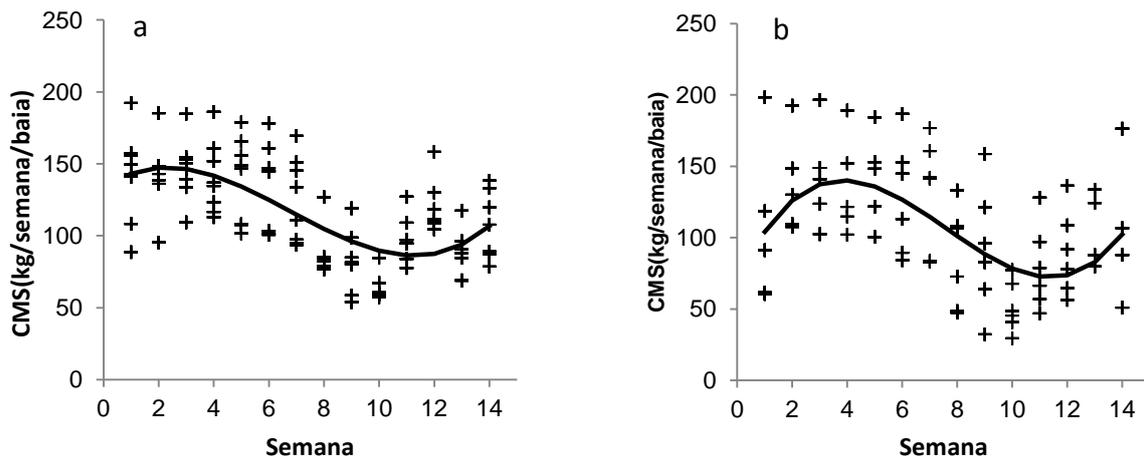


Figura 7 - Consumo semanal de matéria seca de cabras primíparas (a) e pluríparas (b) ao longo do período experimental.

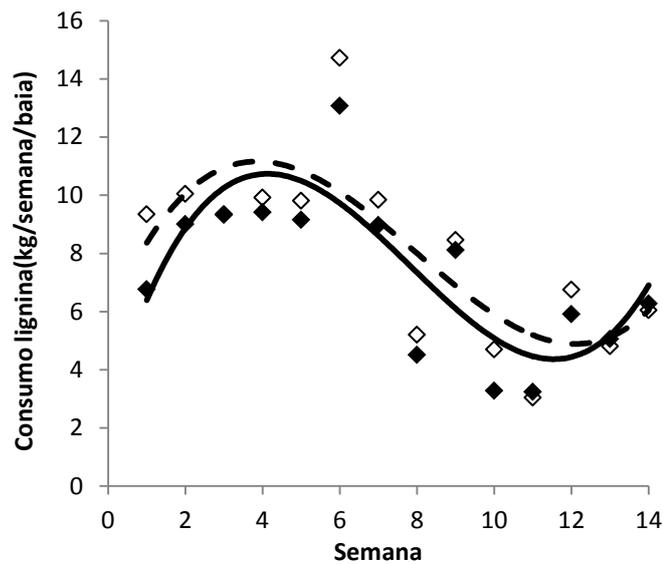


Figura 8 - Consumo médio de lignina de cabras leiteiras primíparas (---◇) e pluríparas (—◆) durante a estação de outono.

Para ambas as categorias (OP1 e OP2), a produção de leite média em $\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ decresceu ao longo da estação de outono, mas não houve diferença significativa entre as categorias (Figura 9). Tal fato pode ser devido à persistência de lactação de ambas as categorias ter sido influenciada pela dinâmica de manejo dos constantes reagrupamentos entre as baias. Corroborando com o fato

encontrado, Fernández *et al.* (2006) e Correa *et al.* (2010), estudando a média diária de produção de leite em cabras leiteiras reagrupadas periodicamente, encontraram, redução significativa da produção em decorrência de fatores sociais em razão do aumento da agressividade e elevação do estresse, reduzindo, assim, o CMS e a produção de leite. Outra possibilidade é que entre as cabras de OP2, estavam fêmeas com ordem de parição superior à quarta ordem de parto, ou seja, em estágio final da vida produtiva e possivelmente mais sensíveis ao manejo em grupo.

Apesar de essas condições serem inerentes ao sistema de produção avaliado, Silva *et al.* (2005) e Mundim *et al.* (2007) encontraram maior produção para cabras pluríparas. Isto pode ser explicado pelo fato de que cabras pluríparas apresentam a glândula mamária mais desenvolvida em relação a cabras primíparas, com maior desenvolvimento do parênquima e dos ductos secretores (SQUIRES, 2003).

A produção média diária, durante todo o período experimental, foi de, aproximadamente, $1,72 \text{ kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, para OP1 e OP2. Esse resultado também está de acordo com os obtidos por Brasil *et al.* (2000), ao avaliarem a produção de leite de cabras Alpinas, sob condições termoneutras.

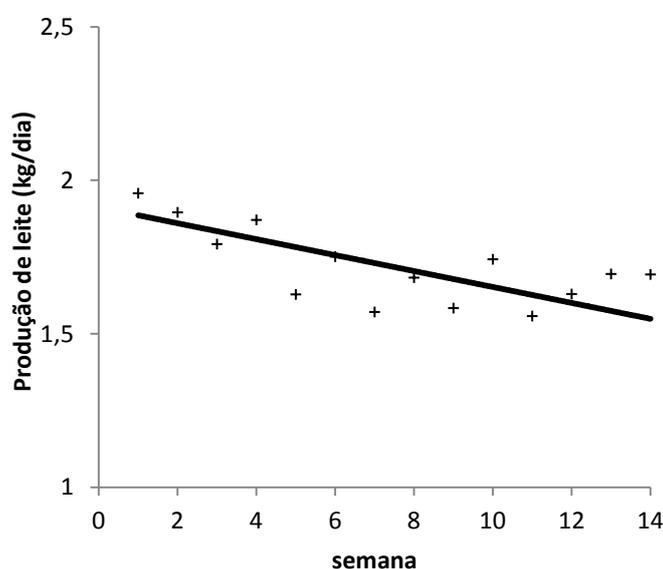


Figura 9 - Produção média de leite das cabras primíparas e pluríparas durante a estação de outono.

Com relação à avaliação dos pesos entre as cabras de OP1 e OP2 ao longo do experimento, não houve diferença estatística ($p < 0,001$). Observou-se, inicialmente, um aumento no ganho do peso até a quarta quinzena (média 54,2 kg para 56,1 kg), seguido de redução até a última quinzena (52,8 kg) (Figura 10). Esses resultados podem estar relacionados ao baixo CMS a partir da quarta semana, quando houve mudança da silagem inicial. Outro fator que, possivelmente, contribuiu para esse resultado foram os periódicos reagrupamentos, como explicado anteriormente.

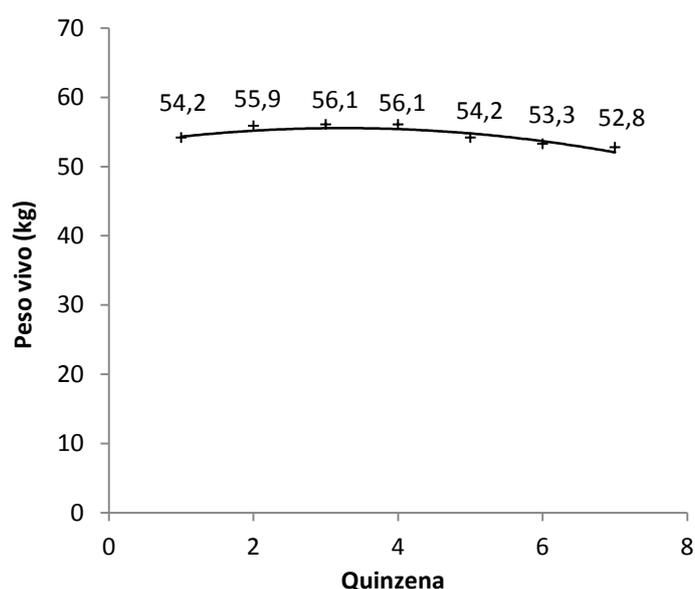


Figura 10 - Peso vivo de cabras primíparas e pluríparas ao longo das semanas experimentais.

Com relação às temperaturas mínima (T_{min}) e máxima (T_{max}), registradas ao longo da estação de outono no local do experimento, foi observado que, ao longo das semanas, ocorreu redução das T_{min} e T_{max} (Figura 11), embora com bastante oscilação ao longo da estação. À medida que se aproximou o inverno, essas oscilações reduziram.

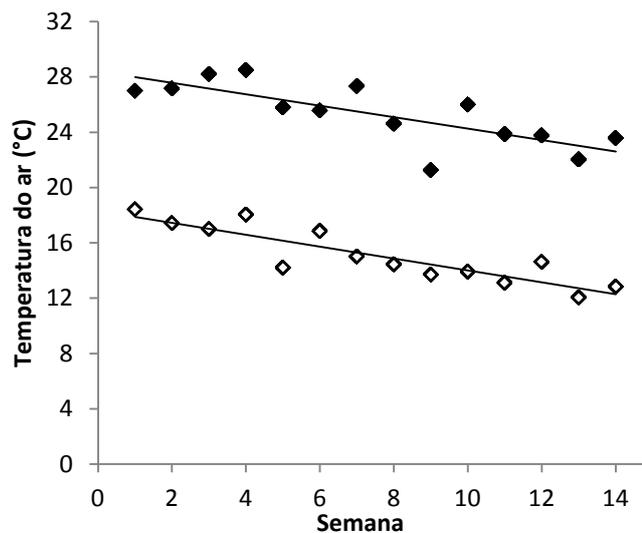


Figura 11 - Temperatura do ar mínima (◇) e máxima (◆), ao longo da estação de outono.

Durante a estação climática observada, a T_{\min} e a T_{\max} encontradas foram de 12,1 e 28,5 °C, respectivamente. Para Toussaint (1997), as temperaturas de conforto para produção de caprinos leiteiros estão entre 10 °C e 18 °C, com limite máximo de 27°C, semelhante às recomendações de Smith e Sherman (1994) de que, a zona de conforto térmico de caprinos de raças leiteiras especializadas varia de 13 a 21 °C. Entretanto, para Mount (1979), Curtis (1983) e Hafez (2004), a zona de conforto térmico para caprinos adultos é de 20 a 30 °C.

A variável canônica (Z^*) é o resultado da combinação linear entre as variáveis TR, TS e FR, que são altamente correlacionadas, obtida pela equação $Z^* = 2,3652*FR - 0,2166*TR - 0,1577*TS$. A análise da variável canônica, calculada para OP e horas do dia, via modelos mistos, mostrou diferenças significativas (<0,001).

A variável canônica (Z^*) em relação as temperaturas mínima e máxima do ambiente externo em relação as cabras de OP1 e OP2 pode ser observada na Figura 12a, b, c e d, respectivamente. Observo-se que os parâmetros fisiológicos estudados, tanto de cabras de OP1, quanto de cabras de OP2, representados pela Z^* , em relação as temperaturas mínimas (Figura 12a e 12c) e máximas (Figura 12b e 12d), diferiram entre si, com maior intensidade para os horários de temperatura máxima. Entretanto, a medida em que se aproximava o inverno, a Z^* tendeu a diminuir em razão da diminuição das temperaturas ambientais externas. Outro fato observado, com relação ao comportamento da Z^* , especificamente direcionado as

cabras de OP2, foi a maior concentração destes animais manifestando reações fisiológicas mais intensas, $Z^* = 250$, (Figura 12d) as temperaturas máximas ambientais em relação as de OP1(Figura 12b). Isto pode ser explicado pela localização das baias que abrigavam essa categoria nas instalações em relação ao sol, já que, estavam dispostas ao poente.

Da mesma forma, o comportamento entre as cabras de OP1 e OP2, foram diferentes em relação ao Z^* versus temperatura mínima do ambiente externo. Maior concentração de cabras de OP2 com $Z^* =$ ou > 150 , foi observada (Figura 12c)

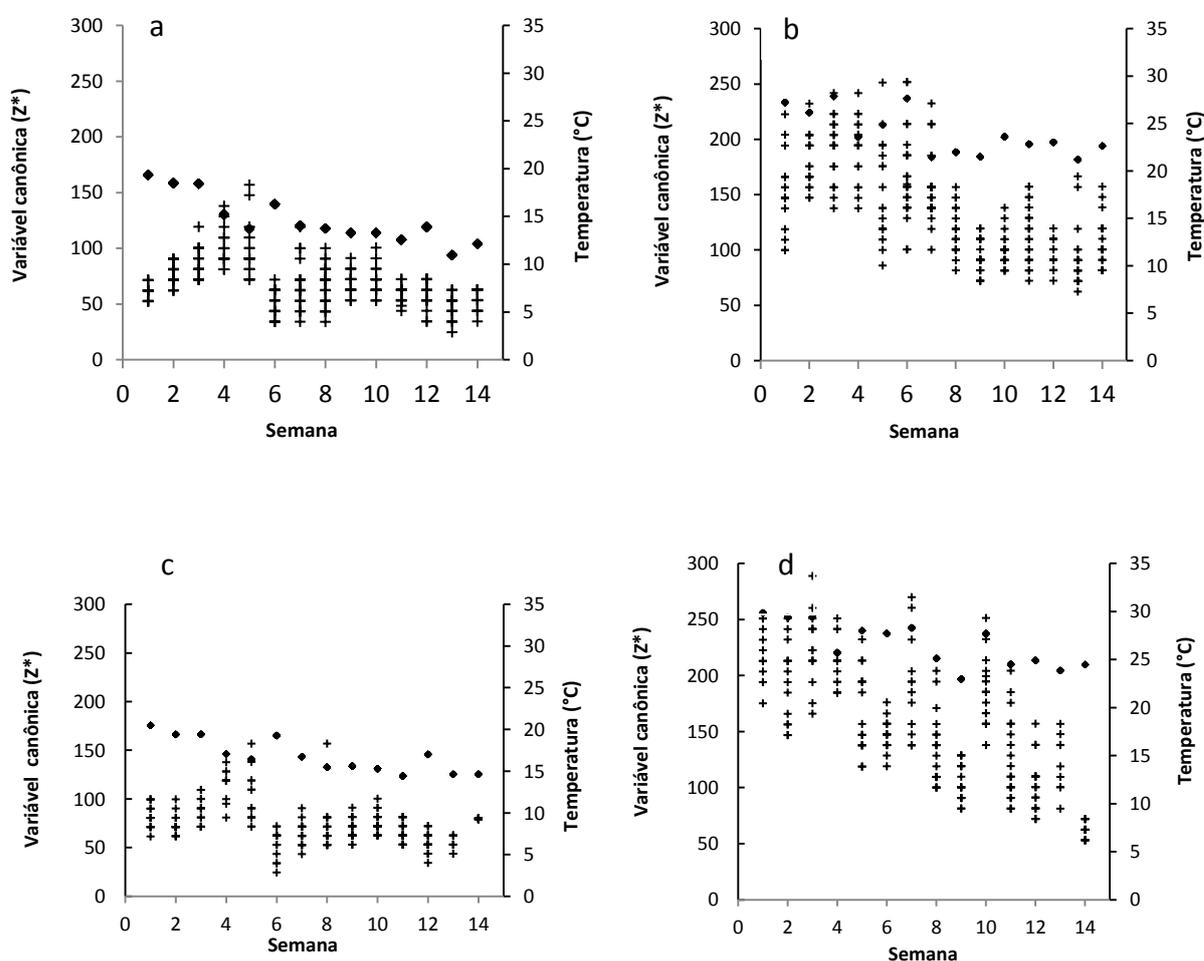


Figura 12 - Variável canônica (Z^*) de primíparas em relação à temperatura mínima (a) e máxima (b), Variável canônica (Z) de pluríparas em relação à temperatura mínima (c) e máxima (d) ao longo das semanas.

O ambiente térmico caracterizado pelo ITGU, no interior do galpão, foi diferente do ITGU do ambiente externo, com amplitude considerável no início da estação de outono, diminuindo à medida que se aproximou o inverno (Figura 13).

O meio ambiente inclui todos os fatores externos que interagem com os animais, dentre esses, os climáticos, representados pela temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação, cujo efeito combinado pode ser quantificado pelo ITGU, que afeta diretamente o animal. Condições térmico-ambientais diferentes daquelas consideradas termoneutras podem comprometer o desempenho animal (BAËTA & SOUZA, 2010).

Os índices de conforto térmico foram desenvolvidos para caracterizar ou quantificar as zonas de termoneutralidade, adequadas às diferentes espécies animais, apresentando, em uma única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico que circunda o animal, como o estresse que o ambiente lhe possa causar. No desenvolvimento de um índice de conforto térmico, são levados em conta os fatores meteorológicos relevantes para a criação de certo animal e ressalta-se o peso que cada fator possui dentro desse índice, conforme sua importância, relativa também ao animal (PERISSINOTO *et al.*, 2005).

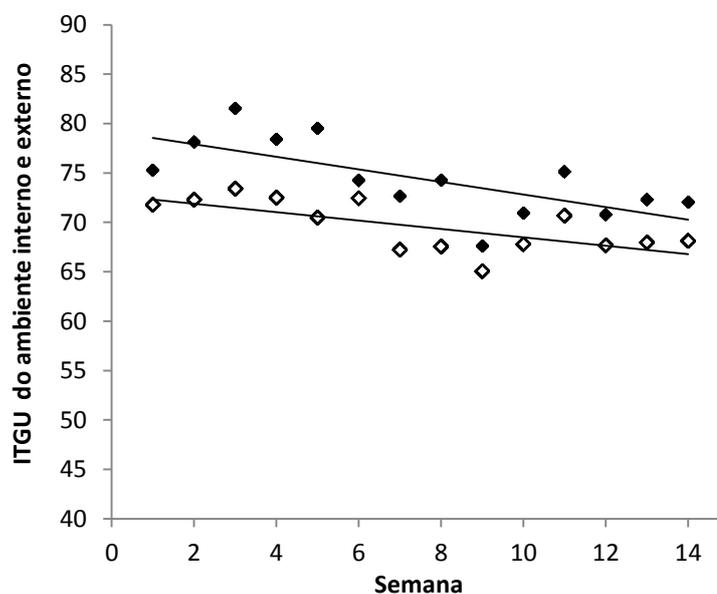


Figura 13 - ITGU do ambiente interno (◇) e externo (♦) ao longo da estação de outono.

A variável canônica (Z^*) em relação ao ambiente de cabras de OP1 e OP2, nos turnos matutino e vespertino pode ser observada na Figura 14a, b, c e d, respectivamente. Fisiologicamente as fêmeas em lactação mantiveram-se em níveis de maior conforto térmico pela manhã do que à tarde, haja vista a elevação da Z^* em relação ao ITGU vespertino. Esse resultado pode ser explicado, principalmente, pelo aumento da FR, da TR e TS em resposta ao ambiente, com maiores picos de temperatura e umidade, já que as maiores temperaturas observadas são no turno vespertino.

Nos dois grupos estudados, as cabras mostraram-se mais sensíveis à elevação do ITGU vespertino em relação ao ITGU matutino no interior das instalações, mostrando uma condição térmica acima da recomendada, em que as cabras estavam em situação de risco ($ITGU \geq 74$). No entanto, as respostas das cabras de OP2 foram de maior magnitude, com Z^* superior a 200. Este resultado pode estar relacionado à posição do galpão em relação ao sol, sendo que as baias das cabras de OP2 ficaram mais expostas à radiação solar, já que este foi construído na orientação geográfica de pontos colaterais noroeste/sudeste em relação ao norte verdadeiro (Figura 3), devido às condições topográficas do Setor de Caprinocultura.

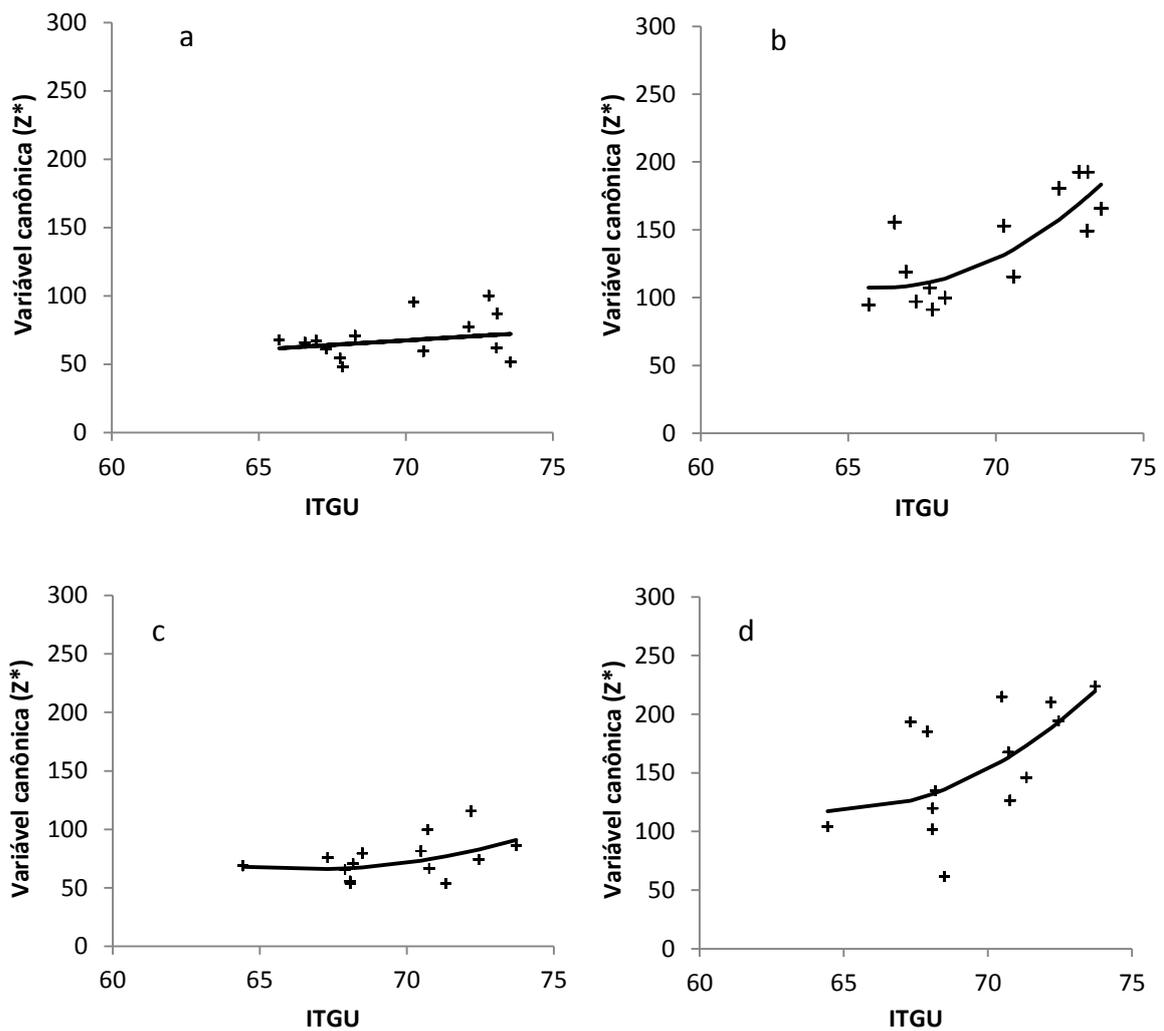


Figura 14 - Z^* em relação ao ITGU de cabras primíparas no turno matutino (a), Z^* em relação ao ITGU de cabras primíparas no turno vespertino (b), Z^* em relação ao ITGU de cabras pluríparas no turno matutino (c) e Z^* em relação ao ITGU de cabras pluríparas no turno vespertino, ao longo do período experimental (d).

A diferença do ambiente térmico interno em relação ao externo ocorre, principalmente, em virtude da presença de cobertura, que reduz a incidência de radiação e faz diminuir a temperatura e a magnitude das trocas de calor e, em consequência, dos valores de ITGU. Os valores máximos de ITGU ocorreram no intervalo de 12:00 às 14:30 h, sendo, em média, de 73 no interior do galpão e de 81 no ambiente externo (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de umidade relativa do ar (%) e ITGU do ambiente externo, com seus respectivos valores de desvio padrão (DP) nos distintos horários do dia, durante a estação de outono

Horário	Umidade relativa (%)	DP	ITGU	DP
7:00	93,41	3,93	69,1	2,6
9:30	87,26	5,45	77,3	10,4
12:00	77,62	15,39	79,2	6,0
14:30	71,38	11,62	77,7	11,7
17:00	75,10	10,55	73,1	6,3
Média	81,0	9,4	75,3	7,4

Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios observados da umidade relativa do ar (UR), em %, para os distintos horários do dia, assim como os valores de ITGU, com seus respectivos valores de desvio-padrão no ambiente externo. Durante toda a estação de outono, a média verificada para a UR foi de $81,0 \pm 9,4$, chegando a valores bastante elevados, $93,41 \pm 3,93$, no horário de 7:00 h. À medida que as horas do dia passavam, a umidade do ar diminuía, porém o desvio padrão aumentava. A mesma situação aconteceu para o ITGU, principalmente nos horários de 12:00 e 14:30 h.

Quando o ar do ambiente está saturado de umidade e na mesma temperatura da superfície animal, não há troca líquida de umidade. Entretanto, se a temperatura superficial do animal estiver mais baixa que a do ar e este próximo da saturação, haverá condensação e a formação de uma espécie de orvalho na superfície do animal (ROBINSON, 2008; BAÊTA & SOUZA, 2010). Dessa forma, de acordo com Robertshaw (2006), Farias *et al.* (2009), Baêta & Souza (2010) e Pereira *et al.* (2011), os mecanismos latentes de troca de calor constituem-se nas mais importantes formas de dissipação de calor, sendo a sudorese mais importante para os grandes animais e a respiração arquejante para as espécies menores, como cães, caprinos e ovinos.

Entretanto, com relação ao ITGU no ambiente interno, estes foram mantidos em níveis mais confortáveis, mostrando que as instalações foram capazes de amenizar as altas temperaturas ambientais.

Na Tabela 4, estão apresentados os valores médios observados da umidade relativa do ar (UR), em %, para os distintos horários do dia, assim como os valores de ITGU, com seus respectivos valores de desvio-padrão no ambiente interno. Durante toda a estação de outono, a média verificada para a UR foi de $84,2 \pm 9,8$,

chegando a valores bastante elevados (97,7±4,3), no horário de 7:00 h em relação aos valores observados no ambiente externo.

Tabela 4 - Valores médios de umidade relativa do ar (%) e ITGU do ambiente interno, com seus respectivos valores de desvio padrão (DP) nos distintos horários do dia, durante a estação de outono

Horário	Umidade relativa (%)	DP	ITGU	DP
7:00	97,7	4,3	64,3	3,5
9:30	87,7	10,4	69,4	3,6
12:00	78,8	9,2	71,0	3,4
14:30	74,6	11,3	72,2	3,4
17:00	82,0	13,7	71,1	3,8
Média	84,2	9,8	69,6	3,5

À medida que as horas do dia passavam, a umidade do ar diminuía, porém o desvio padrão aumentava. A alta umidade observada no ambiente interno pode estar relacionada à arquitetura das baias. Pisos com melhor drenagem facilita a evaporação da urina, tornando o ambiente mais seco e confortável. No entanto, com relação ao ITGU, este indicou maior conforto para as fêmeas antes do meio dia em relação aos horários de 12:00, 14:30 e 17:00 horas, em que segundo o National Weather Service, apud Baêta (1985), valores de ITGU de 74 a 78 determina situação de alerta, como observado, neste experimento. O ITGU no ambiente interno foi semelhante nos três horários da tarde, 12:00, 14:30 e 17:00 h.

Observa-se, nas Figuras 15 e 16, respectivamente, a TR, TS, FR e Z* de cabras primíparas e pluríparas, avaliadas nos turnos matutino e vespertino ao longo das semanas da estação de outono, que a partir da quarta semana, foram observados decréscimos mais acentuados na TS e FR, o que reflete na redução da variável canônica ao longo da estação de outono e a medida em que se aproximou o inverno. Em todos animais estudados, as TR nos turnos matutino e vespertino mantiveram-se entre 38 °C e 40 °C, observando maior concentração no intervalo entre 38,5 e 39,0 °C (Figuras 15a e 16a). Índices considerados normais por Dukes & Swenson (1996), com variação entre 38,5 e 39,5 °C, em caprinos adultos. Nesse contexto, os animais foram capazes de manter a endotermia frente às bruscas oscilações de temperatura, comuns entre os dias e entre os turnos de cada dia, durante o outono, na Zona da Mata de Minas Gerais.

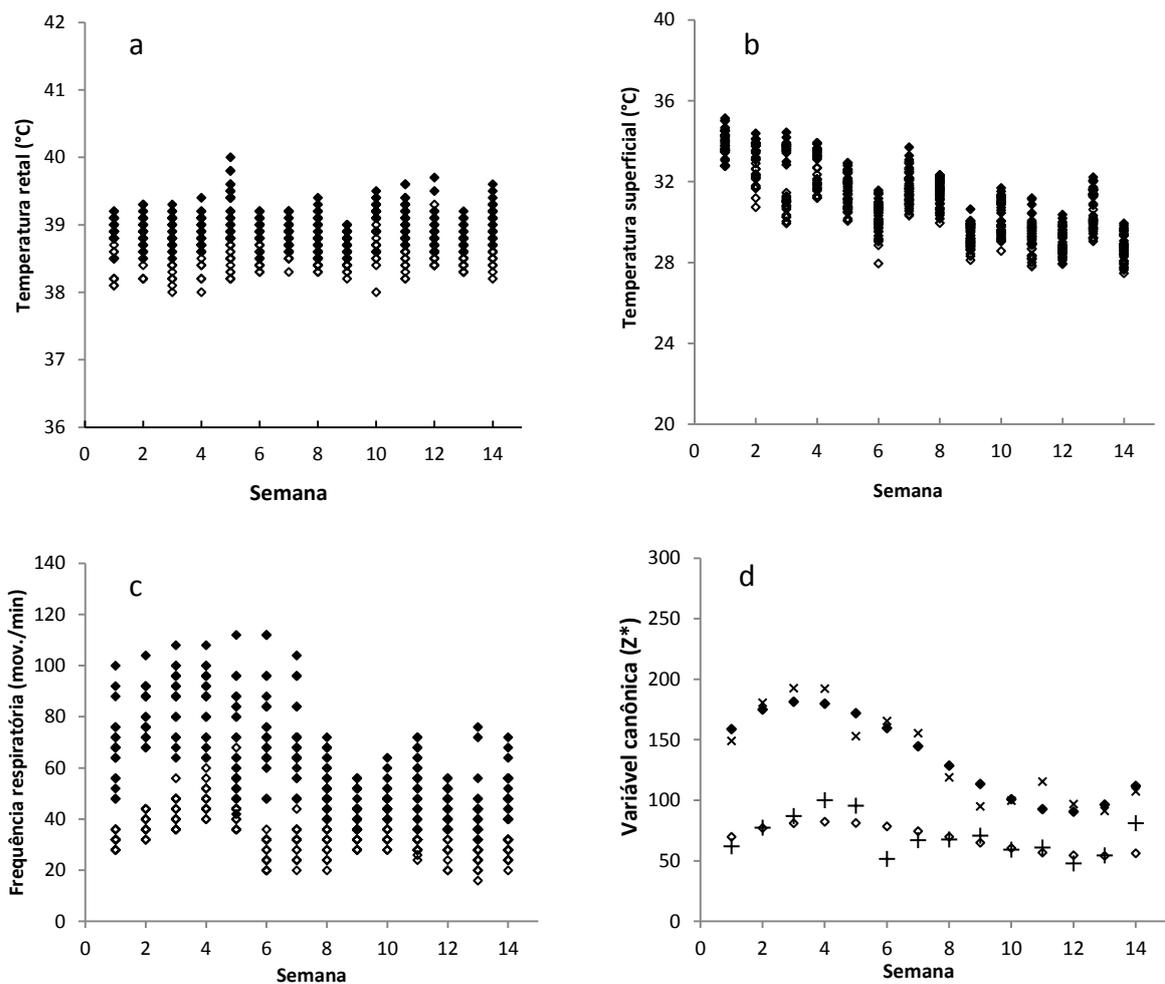


Figura 15 - Temperatura retal (a), temperatura superficial (b), frequência respiratória (c) e variável canônica (Z^*) (d) de cabras primíparas, avaliadas nos turnos matutino (\diamond) e vespertino (\blacklozenge) ao longo das semanas da estação de outono.

Apenas em três cabras ($n^{\circ}4473$ da baía 32, com 40°C ; $n^{\circ}4455$ da baía 36, com $39,8^{\circ}\text{C}$ e $n^{\circ}4372$ da baía 34, com $39,8^{\circ}\text{C}$) as TR ultrapassaram a média geral. No entanto, para Baccari *et al.* (1997), temperaturas entre $38,5$ e 40°C ainda são consideradas normais para caprinos adultos. Um aumento da TR significa que o animal está estocando calor e, se este não é dissipado, o estresse por calor se manifesta (BAËTA & SOUZA, 2010). A manutenção da temperatura é determinada pelo equilíbrio entre a perda e o ganho de calor, sendo a TR a referência fisiológica mais efetiva para precisar a termorregulação (SILVA *et al.*, 2006a).

As cabras de OP1 apresentaram valores mínimo de $27,5^{\circ}\text{C}$ e máximo de $35,1^{\circ}\text{C}$ para TS, nos turnos matutino e vespertino, respectivamente (Figura 15b). Já as cabras de OP2 apresentaram valores, mínimo de $27,0^{\circ}\text{C}$ e máximo de $36,1^{\circ}\text{C}$, nos

turnos matutino e vespertino, respectivamente (Figura 16b). Os valores de TS, no turno vespertino, foram superiores aos relatados por Silva *et al.* (2006b) e Souza *et al.* (2008a) nos quais obtiveram temperaturas máximas no turno vespertino de 31,67 °C e 33,3 °C, respectivamente. Estes autores avaliaram parâmetros fisiológicos de caprinos em manejo intensivo, em regiões de temperaturas mínimas de 20,8 °C e 22 °C e máximas de 32,9 e 35 °C, respectivamente.

Segundo Baêta & Souza (2010), a condução térmica tem grande importância no processo de dissipação de calor, desde o núcleo central até a superfície exterior do animal, bem como da superfície ao meio que o rodeia. Essa energia, sob forma de calor, gerada no núcleo corporal, pode fluir para a superfície do corpo, caso seja verificado um gradiente térmico interno entre as partes. A radiação e a convecção são, também, importantes nesse processo, desde que a TS supere a do meio. Caso a temperatura do ar se eleve, o gradiente térmico entre a superfície e o meio decresce. Como consequência, a TS tende a elevar-se, reduzindo o gradiente térmico entre o núcleo central e a pele, implicando em diminuição de perda de calor por esses meios (perda de calor sensível) e aumentando por meio da evaporação (perda de calor insensível).

A FR observada foi maior nas cabras de OP2 em relação às de OP1, com, naturalmente, maiores amplitudes para as de OP2 no turno vespertino que no turno matutino (Figura 16c). Reforçando essas evidências e contribuindo para tal resultado, pôde-se observar, no decorrer do experimento, valores médios de ITGU de $79,2 \pm 6,0$ e $77,7 \pm 11,7$, nos horários de 12:00 e 14:30 horas, respectivamente (Tabela 3).

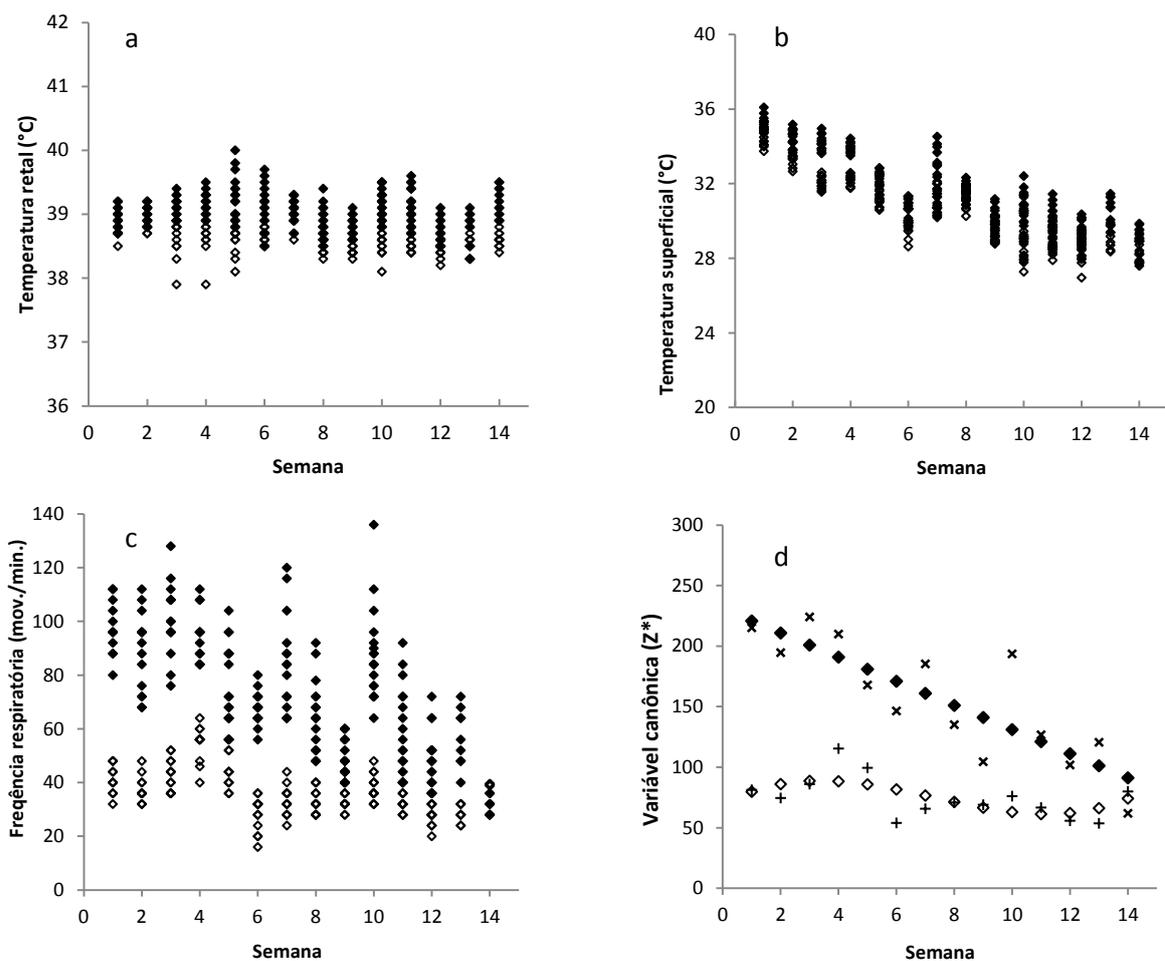


Figura 16 -Temperatura retal (a), temperatura superficial (b), frequência respiratória (c) e variável canônica (Z^*) (d) de cabras pluríparas, avaliadas nos turnos matutino (\diamond) e vespertino (\blacklozenge), ao longo das semanas da estação de outono.

Observou-se maior concentração de cabras de OP1 com amplitude de FR, no turno vespertino entre 40 e 110 mov./min., até a sétima semana. A partir da oitava semana, essa amplitude passou a se estabelecer entre 35 e 80 mov./min. Esses resultados estão altamente correlacionados com a temperatura ambiental observada (Figura 12). Por outro lado, no turno matutino, a FR das cabras se manteve-se uniforme durante toda a estação avaliada, 18 a 40 mov./min, como consequência das menores temperaturas observadas, sendo assim, em conformidade com as recomendações de conforto térmico já relatadas.

Com relação às cabras de OP2, no turno vespertino, os resultados de FR observados foram mais dispersos ao longo da estação, com oscilações entre 40 e 140 mov./min., decrescendo ao longo das semanas (Figura 16c). No entanto, foram

observados dois picos de FR, um na sétima e outro na 10ª semana, que são explicados por eventos de temperaturas ambientais mais elevadas nas semanas equivalentes (figura 12d), refletidos somente nas pluríparas em razão da posição das baias em relação ao sol. Os resultados de FR, no turno matutino, para as cabras de OP2 foram semelhantes aos das de OP1, porém, com maior número de cabras com FR oscilando entre 20 e 50 mov./min. (Figuras 15c e 16c). Esses resultados mostram os reflexos da posição do galpão em relação ao norte verdadeiro, em que o lado oeste é, em maior parte, atingido pela radiação solar e, principalmente, dos dados de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e temperaturas mínimas e temperaturas máximas (Figura 12), colhidos ao longo da estação de outono.

Animais endotérmicos utilizam recursos de dissipação de calor a exemplo da FR, para equilibrar a temperatura corporal e manter a homeostase térmica. Assim, se for observada uma FR alta, e o animal for eficiente em eliminar o calor, poderá não ocorrer estresse por calor (SOUZA *et al.*, 2005; MARAI *et al.*, 2006).

A FR e TR de cabras leiteiras (Saanen e Alpina) foram estudadas por Aiura *et al.* (2010), em dois locais do Sudeste do Brasil, sendo que um deles em latitude 20°45'45" sul, a 657 m de altitude apresentando temperatura média 28,41 °C (local A) e o outro a 20°49'11" sul, a 489 de altitude e com temperatura média de 25,49 °C (local B). A FR foi maior no local A, nas duas raças observadas, sendo que as cabras da raça Saanen apresentaram maior média (96,69 contra 85,49). Com relação à TR, os animais do local B tiveram as maiores médias, tendo a raça Saanen apresentado maior TR que a da raça Alpina (39,69 °C contra 39,44 °C). Os autores relataram que a média de temperatura do ar do local A foi maior, o que diminuiu a troca por calor sensível (convecção e radiação), intensificando a perda por calor latente.

5. Conclusão

No galpão de estabulação livre, os parâmetros de conforto ambiental, elevados a partir do meio dia, caracterizam uma situação de desconforto térmico, principalmente para as cabras pluríparas.

A produção de leite, tanto de cabras primíparas quanto de pluríparas, decresce nas condições ambientais de outono, prevalentes na Zona da Mata mineira.

Cabras primíparas e pluríparas mostram-se adaptadas ao clima da Zona da Mata mineira, apresentando, como resposta, valores de temperatura retal dentro dos limites fisiológicos normais, sendo capazes de manter a endotermia, mesmo com a diferença de temperatura nas horas do dia e no transcorrer da estação de outono.

6. Referências bibliográficas

ACHARYA, R. M.; GUPTA, U. D.; SEHGAL, J. P.; SINGH, M. Coat characteristics of goat in relation to heat tolerance in the hot tropics. **Small Ruminant Research**, v. 18, p. 245-248, 1995.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients, Report 10. The nutrition of goats. Aberdeen: **Agricultural Food Research Council**, v.67, n.11, 1998.

AIURA, A. L. O, AIURA, F. S, SILVA , R. G. Repostas termorreguladoras de cabras Saanen e Pardo Alpina em ambiente tropical. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 605-608, 2010.

ANDERSSON, B. E.; JONASSON H. **Regulação da temperatura e fisiologia ambiental**. **DUKES. Fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, 946p, 2006.

APPLEMAN, R. D., DELOUCHE, J. C. Behavioral, physiological and biochemical responses of goats to temperature, 0 °C to 40 °C. **Journal Animal Science**., v.17, p.326-335, 1958.

ARIELI, A. et al. Effect of dietary protein and rumen degradable organic matter on milk production and efficiency in heat-stressed goats. **Livestock Production Science**. 96, 215-23, 2005.

BACCARI JR., BRASIL, L. H. A., TEODORO, S. M. Thermoregulatory responses of Alpine goats during thermal stress. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT. **Proceedings...** Minneapolis: Amer. Soc. Agric. Engrs. p.789-94, 1997.

BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. 1985. 218 f. Tese (Ph.D - Thesis in Agricultural Engineering-Structures and Environment) - University Of Missouri, Columbia, Estados Unidos, 1985.

BAÊTA, F. C., SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 246p, 2010.

BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G. da. Índice de conforto térmico. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.52, n.1, p. 29-35, 1995.

BEEDE, D. K. and R. J. COLLIER. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. **Journal Animal Science**. 62: 543-554, 1986.

BRASIL, L. H. A.; WECHESLER, S. W.; BACCARI, W. J.; GONÇALVES, H. C.; BONASSI, I. A. Efeitos do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n.6 Viçosa, Nov/Dez, 2000.

BOUISSOU, M. F. Social relationships in domestic cattle under modern management techniques. **Bolletino di zoologia**. 47, 343–353. 1980.

BUFFINGTON, D. E., COLLASSO-AROCHO, A., CANTON, G. H., PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CHASE, L. J. *et al.* Feeding behavior of steers fed a complete mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n. 11, p. 1923-1928, 1976.

COELHO, L. A.; SASA, A.; BICUDO, S. D.; BALIEIRO, J. C. C. Concentrações plasmáticas de testosterona, triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) em bodes submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 60 n.6 Belo Horizonte Dec. 2008.

CORRÊA, C. M.; ZANELA, M. B.; SCHMIDT, V. Comportamento social de cabras em lactação após reagrupamento. **Acta scientiae Veterinariae**. 38(4): 425-428, 2010.

CUNHA, M. G. G. 1999. Nutrição e Manejo Alimentar de Caprinos Leiteiros. In: SOUSA, W.H; SANTOS, E.S. 1999. **Criação de Caprinos Leiteiros: uma alternativa para o semi-árido**. João Pessoa: EMEPA-PB, 1999. 207 p.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. AMES: The Iowa State University, 409p. 1983.

DARCAN, N.; GÜNEY, O. Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate. **Small Ruminant Research**. Vol.74, 212-215, 2008.

DUKES, H. H.; SWENSON, H. J. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Afiliada. 856p. 1996.

FARIAS, D. A. *et al.* Respostas termorreguladoras de caprinos e ovinos criados na região Semi-árida do nordeste durante a época chuvosa. In: Zootec 2009. **Anais... Águas de Lindóia/SP, FZEA / USP - ABZ**.

FERNÁNDEZ M. A.; ALVAREZ L. & ZARCO L. Reagrouping in lactating goat increases aggression and decreases milk production. **Small Ruminant Research**. 70(2-3): 228-232, 2006.

FONSECA, J. F.; BRUSCHI, J. H. A caprinocultura leiteira no Brasil - Uma visão histórica. In: FONSECA, Jéferson Ferreira da; BRUSCHI, José Henrique (Comp.). **Produção de caprinos na região da Mata Atlântica**. Sobral, Embrapa Caprinos, Cap. 1, p. 15-24. 2009.

FONSECA, J. F. *et al.* Anais do IX Workshop sobre produção de caprinos na região da Mata Atlântica. **Anais...** Juiz de Fora, Embrapa Gado de Leite, 100 p. 2012.

FONSECA, J. F.; BRUSCHI, J. H. Caprinocultura na mata atlântica: topografia como fator de tomada de decisão. In: HOTT, Marcos Cicarini; CARVALHO, Glauco Rodrigues (Comp.). **Produção de caprinos na região da Mata Atlântica**. Sobral, Embrapa Caprinos, Cap. 2, p. 25-35. 2009.

FRASER, A. F.; BROOM, D. M. **Farm animal behaviour and welfare**. Baillière Tindall, London, 437p. 1990.

FUQUAY, J. W. Heat stress as it affects animal production. **Journal of Animal Science**, n. 52, p. 164-174, 1981.

GOMES, C. A. V. **Efeito do ambiente e de níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó**. 2006. 63 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

GOMES, L. C. G. **Uso de levedura seca na alimentação de cabras saanen, primíparas e múltiparas, em lactação**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

HAFEZ, E. S. E. **Reprodução animal**. 7. ed. São Paulo: Manole Ltda. 2004.

KEELING, L. J. GONYOU, H. W. **Social behaviour in farm animals**. Oxon: CAB international, 406p. 2001.

KHATTREE, R.; NAIK, D. N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary, NC: SAS Institute, 2000. 588p.

KRUG, E. E. B. **Sistemas de produção de leite: Identificação de “benchmarking”**. Porto Alegre: Palloti, 256 p. 2001.

LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**, 2. ed. Viçosa: Suprema Gráfica. 344p. 2007.

LIMA, L. S. **Produção de leite de cabra e fermentação ruminal utilizando rações com levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*)**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

LU, C. D. Effects of heat stress on Goat Production. **Small Ruminant Research**. 2: 151-162, 1989.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E. A. Environmental and genetic variation of the effective radiative properties of the coat of Holstein cows under tropical conditions. **Livestock Production Science**, v.92, p.307-315, 2005.

MARAI, I. F. M.; EL-DARAWANY, A. A.; ABOU-FANDOUD, E. I.; ABDEL-HAFEZ, M. A. M. Tunica dartos index as a parameter for measurement of adaptability of rams to subtropical conditions of Egypt. **Animal Science Journal (Japan)**, v.77, n.5, p.487-494, 2006.

McDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. Zaragoza: Acribia, Zaragoza, 1974. 692p.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. UFRJ. 1997. Disponível em: <http://www.iz.ufrj.br/zootecnia_draa/Biblioteca>. Acesso em: 31 de julho de 2012.

MEDEIROS, L. F. D.; VIERIRA, D. H.; OLIVEIRA, C. A.; MELLO, M. R. B.; LOPES, P. R. B.; SCHERER, P. O.; FERREIRA, M. C. M. Reações fisiológicas de caprinos das raças Anglo-nubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e em ambiente parcialmente sombreado. **Boletim de Industrial Animal**. Nova Odessa, v. 65, n. 1, p. 7-14, 2008.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

MIRANDA-DE LA LAMA, G. C. & MATTIELLO, S. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. **Small Ruminant Research**, v. 90, p.1–10, 2010.

MOOSE, M. G.;ROSS, C. V.;PFANDER, W. H. Nutritional and environmental relationships with lambs. **Journal Animal Science**, v.29, p619-627., 1969.

MORAND-FEHR, P. Recent developments in goat nutrition and application: A review. **Small Ruminant Research**, v.60, p.25–43, 2005.

MORRISON, S. R. Ruminant heat stress: effect on production and means of alleviation. **Journal Animal Science**, v.57, n.6, p.1594-1600, 1983.

MOUNT, L.E. **The assesment of thermal environment**. London: Arnold, 333p. 1979.

MUNDIM, A. V.; COSTA, A. S.; MUNDIM, S. A. P. et al.. Influência da ordem e estádios da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, v.59, n.2, p.306-312, 2007.

NETO, J. G.; TEIXEIRA, F. A.; NASCIMENTO, P. V. N.; MARQUES, J. A. Comportamento social dos ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, nº 4, p.1039-1055 julho/agosto, 2009.

NEVES, M. L. M. W. **Índices de conforto térmico para ovinos Santa Inês de diferentes cores de pelame em condições de pastejo**. 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado em zootecnia – Área: produção animal). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

OLIVEIRA, A. L. **Mecanismos termorreguladores de cabras da raça Saanen**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal, São Paulo, 2007.

PANDORFI, H. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: suinocultura de precisão**. 2005. 98 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PEREIRA, G. M.; SOUZA, B. B.; SANTOS, F. O. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no Semiárido paraibano. **Revista Verde**. v.6, n.1, p. 83-88, 2011.

PERISSIONOTO, M.; MOURA, D. J.; SILVA, I. J. O.; MATARAZZO, S. V. Influência do ambiente no consumo de água de bebida de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.289-294, 2005.

RIBEIRO, S. D. A. **Caprinocultura: Criação Racional de Caprinos**. 1. ed., São Paulo: Nobel, 1997. 317p.

RIBEIRO, S. D. A.; RIBEIRO, A. C. Uma visão da caprinocultura de 2007. **Jornal Cabras e Ovelhas**, v.2, n.3, p.8-11, 2008.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Fatores ambientais, nutricionais e de manejo e índices de conforto térmico na produção de ruminantes no semiárido. **Revista Verde** v.6, n.2, p.08 -13. 2011.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. Cap. 55 In: REECE, W. O. (Ed.). Dukes: **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p.897-908, 2006.

ROBINSON, N. E. Homeostase – Termorregulação. In: Cunningham, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 550-560, 2008.

ROCHA, R. R. C. **Termorregulação e adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul ao Meio-Norte do Brasil**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí, 2006.

RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.7, n.2, p.1197 – 1211, 2010.

RUTTER, S. M. **Behaviour of sheep and goats**. In P. Jensen (ed.) The ethology of domestic animals. An Introductory Text. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 145-158. 2002.

SALLES, M. G. F. **Parâmetros fisiológicos e reprodutivos de machos caprinos Saanen criados em clima tropical**. 2010. 168 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual do Ceará, Ceará, 2010.

SEARLE, S. R. **Linear models**. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971, 532p.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**. v.67, n° 1-2, p.1-18, 2000a.

SILANIKOVE, N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. **Small Ruminant Research**. v.35, n° 3, p.181–193, 2000b.

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A. Avaliação da adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p.516-521, maio/jun. 2006a.

SILVA, F. F; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H. *et al.* Abordagem Bayesiana da curva de lactação de cabras Saanen de primeira e segunda ordem de parto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.40, n.1, p.27-33, 2005.

SILVA, G. A. *et al.* Efeito da época do ano e período do dia sobre parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 903-909, 2006b.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SMITH, M. C.; SHERMAN, D. M. **Goat medicine**. Philadelphia: Lea&Febiger, 1994. 620p.

SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; CEZAR, M. F.; SOUZA, W. H.; SANTOS, J. R. S.; BENICIO, T. M. A. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semiárido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.

SOUZA, E. D. *et al.* Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semiárido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 177-184, 2005.

SOUZA, B. B., SILVA NETO, F. L.; PORTO, M. L. Efeito do clima e da dieta sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de cabras da raça Saanen em confinamento no sertão paraibano. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa, 2009.

SQUIRES, E. J. **Endocrine effects on animal products**. In. Applied animal endocrinology. 1. ed. Guelph: Canada, 2003. p.124-152.

STARLING, J. M. C. *et al.* Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2070-2077, 2002.

TOUSSAINT, G. The housing of milk goats. **Livestock Production Science**. 49: 151-164, 1997.

VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **Journal Animal Science**. v.24, n.3, p.834-844, 1965.

VIEIRA, R. A. M., CAMPOS, P. R. S. S., COELHO DA SILVA, J. F. *et al.* Heterogeneity of the digestible insoluble fiber of selected forages in situ. **Animal Feed Science and Technology**. v.171, p.154-166, 2012.

WEST, J. W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. In: Tri-state dairy nutrition conference, 2002, Fort Wayne. **Proceedings...** Fort Wayne: Eastridge, M.D. p.1-9, 2002.

7. Apêndice

APÊNCICE A - Respostas fisiológicas de cabras primíparas nos turnos matutino e vespertino, em função da temperatura ambiental ao longo das semanas

Variável	Primíparas													
	Semana													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Turno matutino (9:00 h)														
TR	38,6±0,3	38,7±0,3	38,5±0,3	38,6±0,2	38,6±0,2	38,6±0,2	38,7±0,2	38,6±0,2	38,5±0,1	38,7±0,3	38,6±0,3	38,7±0,3	38,5±0,1	38,6±0,2
FR	32,0±2,9	38,0±4,2	42,0±5,7	48,0±6,9	46,0±9,5	27,0±5,0	33,0±8,6	34,0±7,2	34,0±4,4	35,0±5,5	30,0±3,3	31,0±5,4	25,0±4,3	28,0±3,6
TS	33,6±0,5	32,1±0,6	30,8±0,4	31,9±0,5	31,0±0,6	30,1±0,8	31,2±0,5	31,4±0,7	28,9±0,3	29,4±0,3	28,7±0,6	28,7±0,5	29,9±0,6	28,2±0,4
Turno vespertino (15:00 h)														
TR	38,9±0,2	38,9±0,2	39,0±0,2	39,0±0,2	39,3±0,3	38,5±2,1	38,9±0,2	38,9±0,2	38,8±0,1	39,1±0,2	39,1±0,3	38,9±0,3	38,9±0,2	39,1±0,2
FR	69,0±14,4	82,0±9,9	87,0±12,2	87,0±12,2	70,0±18,5	76,0±16,7	71,0±13,1	56,0±8,8	46,0±6,3	48,0±6,3	54,0±11,0	46,0±5,7	44,0±11,3	51,0±9,1
TS	34,1±0,7	33,7±0,4	33,7±0,4	33,5±0,2	32,0±0,7	30,4±0,7	32,3±0,7	31,7±0,6	29,8±0,3	31,0±0,4	29,8±0,7	29,4±0,6	31,5±0,4	29,2±0,4

TR = Temperatura retal (°C); FR= Frequência respiratória (mov./min.); TS= Temperatura superficial (°C)

APÊNCICE B- Respostas fisiológicas de cabras pluríparas nos turnos matutino e vespertino, em função da temperatura ambiental ao longo das semanas

Variável	Pluríparas													
	Semana													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Turno matutino (9:00 h)														
TR	38,8±0,2	38,9±0,2	38,7±0,3	38,7±0,3	38,7±0,2	38,7±0,1	39,0±0,2	38,6±0,2	38,5±0,1	38,7±0,3	38,6±0,2	38,5±0,2	38,5±0,2	38,6±0,1
FR	41,0±0,4	37,0±4,6	42,0±6,0	55,0±6,4	48,0±10,5	29,0±6,0	33,0±5,2	35,0±10,0	34,0±4,4	37,0±4,6	34,0±4,4	29,0±4,2	28,0±3,1	39,0±0,2
TS	34,5±0,4	33,4±0,4	32,1±0,3	32,2±0,3	31,2±0,3	29,9±0,7	31,2±0,9	31,3±0,5	29,3±0,4	28,7±0,7	28,9±0,6	28,6±0,7	29,3±0,6	28,1±0,4
Turno vespertino (15:00 h)														
TR	38,9±0,2	39,0±0,1	39,1±0,1	39,2±0,2	39,3±0,4	39,1±0,3	39,1±0,2	38,8±0,2	38,8±0,1	39,2±0,2	39,2±0,3	38,7±0,2	38,8±0,3	39,2±0,2
FR	98,0±10,0	88,0±15,0	101,0±14	95,0±9,6	77,0±15,7	68,0±6,1	84,0±18,1	63,0±13,4	50,0±6,9	87,0±17,1	59,0±15,8	48,0±10,3	58,0±10,7	32,0±3,2
TS	35,3±0,4	34,6±0,4	34,2±0,4	33,9±0,3	32,4±0,3	30,6±0,5	32,4±1,2	31,6±0,3	30,2±0,4	30,9±0,7	30,1±0,6	29,3±0,6	30,8±0,7	29,3±0,3

TR= Temperatura retal (°C); FR= Frequência respiratória (mov./min.); TS= Temperatura superficial (°C)