



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**AGRÍCOLA**

**IZAAC DAMASCENO PEQUENO**

**INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS,  
MODELAGEM E CENÁRIOS CLIMÁTICOS DA PRODUÇÃO  
DE LEITE DE CABRAS NO NORDESTE DO BRASIL**

**JUAZEIRO – BA**

**2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA**

IZAAC DAMASCENO PEQUENO

**INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS,  
MODELAGEM E CENÁRIOS CLIMÁTICOS DA PRODUÇÃO DE  
LEITE DE CABRAS NO NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito da obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Sílvia Helena N. Turco

Co-orientador: Prof.<sup>o</sup>. Dr.<sup>o</sup>. Thieres George Freire da Silva

JUAZEIRO – BA

2013

P425 Pequeno, Izaac Damasceno.  
i Influência das variáveis meteorológicas,  
modelagem e cenários climáticos da produção de  
leite de cabras no Nordeste do Brasil / Izaac  
Damasceno Pequeno. -- Juazeiro, 2013.

80f. : il. 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -  
Universidade Federal do Vale do São Francisco,  
Campus Juazeiro-BA, 2013.

Orientador (a): Prof.(a) Dra. Sílvia Helena  
Nogueira Turco

1. Meteorologia agrícola. 2. Produção de leite. 3.  
Caprinos. 4. Mudanças climáticas. I. Título. II. Turco,  
Sílvia Helena Nogueira. III. Universidade Federal do  
Vale do São Francisco

CDD 630.2515

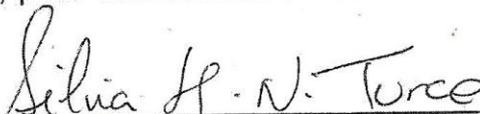
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

IZAAC DAMASCENO PEQUENO

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS, MODELAGEM E  
CENÁRIOS CLIMÁTICOS DA PRODUÇÃO DE LEITE DE CABRAS NO  
NORDESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre  
em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvia Helena Nogueira Turco (Orientadora)  
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF



Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Thieres George Freire da Silva (Co-orientador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE



Dr<sup>o</sup>. Olivardo Facó  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Anamaria Cândido Ribeiro  
Centro Regional Universitário Espírito Santo do Pinhal - UNIPINHAL

Juazeiro, 12 de Agosto de 2013.

Dedico a quem mais se dedicou por mim:  
a Jesus, a minha esposa (Deise), a toda  
minha família e a você que acreditou que  
Izaac Pequeno chegaria até aqui.

## AGRADECIMENTOS

A meu Deus, Senhor do tempo e das circunstâncias, que por várias vezes fez o tempo parar, permitindo que, em meio à correria, eu concluísse esse curso.

A minha querida Esposa (Deise Pequeno), pelo apoio e paciência em me dividir com as atividades do mestrado.

Aos meus pais (Carlos e Zilfa), que muitos filhos queriam sentir o amor e apoio que eles me fornecem.

A meus irmãos (Saane e Samuel), pelas orações, torcidas e apoio em tudo quanto tenho conquistado.

A meus orientadores (Sílvia Turco e Thieres Silva), que não mediram esforços para permitir que eu tivesse o máximo de aproveitamento durante os dois anos do curso.

Aos meus colegas e toda coordenação do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola pelo companheirismo e oportunidade.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para que hoje eu estivesse agora escrevendo esses agradecimentos.

Quem abriu para a inundação um leito, e um caminho para os relâmpagos dos trovões; Para chover sobre a terra, onde não há ninguém; Para fartar a terra deserta e assolada, e para fazer crescer os renovos da erva? A chuva porventura tem pai? Ou quem gerou as gotas do orvalho? De que ventre procedeu o gelo? E quem gerou a geada do céu? Quem pôs a sabedoria no íntimo, ou quem deu à mente o entendimento?

***Perguntas de Deus a Jó.***

PEQUENO, I. D. et al. **Influência das variáveis meteorológicas, modelagem e cenários climáticos da produção de leite de cabras no Nordeste do Brasil**. 2013. 80f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro/BA, 2013.

## RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência das variáveis meteorológicas, elaborar um modelo matemático e realizar o zoneamento bioclimático, para cenários atuais e futuros da produção de leite, durante o período de pico, das raças Saanen e Anglonubiana no Nordeste do Brasil. O banco de dados utilizado para avaliar a influência das variáveis meteorológicas sobre a produção de leite é composto por dados de 14 anos de controle leiteiro de 583 matrizes das raças Saanen e Anglonubiana. As variáveis meteorológicas utilizadas para avaliação da influência do clima sobre a produção de leite foram: precipitação (Prec), temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tn), umidade relativa média (URm), fotoperíodo (N), radiação solar (Q), radiação global (Rg), índice de temperatura e umidade (ITU), Temperatura de globo negro (Tg), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e déficit de pressão de vapor (DPV). Para elaboração dos modelos matemáticos, foi utilizado a temperatura máxima (Tmax). O modelo sigmoidal foi utilizado para a raça Saanen e o potencial para Anglonubiana. Os dados históricos da Tmax foram originados ou estimados a partir de dados de 1857 postos de observação distribuídos por toda área do Nordeste. As projeções da produção de leite, para cenários de mudanças climáticas, foram realizadas com base nos cenários B2 e A2 do IPCC. As variáveis que apresentaram contribuição significativa na produção de leite da raça Saanen foram: Prec, Tx, Rg e URm e para Anglonubiana: Prec, Tx e URm. A temperatura máxima foi a variável com maior influência sobre a produção de leite na fase de pico de ambas as raças. Modelos apenas com a temperatura máxima foram os que apresentaram melhores respostas às condições reais. Em geral, os mapas, nos cenários atual e futuros, mostraram que Maranhão e Piauí foram os estados com maior limitação para produção de leite de Saanen e Anglonubiana, enquanto que, Agreste de Pernambuco, Chapada Diamantina, Sudoeste e Extremo Sul da Bahia, foram as regiões a apresentar maior potencial a exploração da atividade. O impacto da inclusão dos cenários de aumento de temperatura B2 e A2 do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões do IPCC foi evidenciado nas duas raças, sendo maior pra raça Saanen.

**Palavras chave:** análise de trilha, bem-estar, estresse, mudanças climáticas.

PEQUENO, I. D. et al. **Influence of meteorological variables, modeling and climate scenarios of milk production of goats in Northeastern Brazil.** 2013. 80f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro/BA, 2013.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of meteorological variables, develop a mathematical model and realize the bioclimatic zoning, to current and future scenarios of milk production during the peak period of breed Saanen and Anglonubiana in Northeastern Brazil. The database used to evaluate the influence of meteorological variables on the production of milk is composed of data from 14 years of dairy control of 583 arrays of Saanen and Anglonubiana. The meteorological variables used for evaluation were : Rainfall (Ra), average temperature (Ta), maximum temperature (Tx), minimum temperature (Tn), average relative humidity (UR), photoperiod (N), solar radiation (Q), global radiation (Rg), temperature and humidity index (THI), black globe temperature (BGT), index of black globe temperature and humidity (IBGT) and vapor pressure deficit (VPD). For elaboration of mathematical models was used the maximum temperature (Tx). The sigmoidal model was used for Saanen and the potential for Anglonubiana. Historical data of Tx were originated or estimated from data of 1857 observation posts spread throughout the Northeast area. Projections of milk production to climate change scenarios , were based on scenario A2 and B2 of IPCC. The variables that showed significant contribution in milk production of Saanen were: Ra, Tx , Rg and UR and to Anglonubiana: Ra, Tx and UR. The maximum temperature was the variable with the greatest influence on milk production during the peak phase of both races. In general , the maps in the current and future scenarios , showed that Maranhão and Piauí were the states with the greatest limitation to milk production of Saanen and Anglonubiana whereas, Agreste of Pernambuco, Chapada Diamantina and Southwest and Southern Bahia were the regions to have higher potential in the activity exploration. The impact of the inclusion of temperature increase scenarios A2 and B2 of the Special Report on Emission Scenarios of the IPCC was evidenced in both breeds, being higher for Saanen.

**Keywords:** path analysis, welfare, stress, climate change

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	9
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1	Caprinocultura .....	11
2.2	Produtividade da caprinocultura leiteira .....	12
2.3	Raças Saanen e Anglonubiana .....	14
2.4	Bioclimatologia e bem estar animal.....	15
2.5	Variáveis e índices utilizados em Zoneamento Bioclimático .....	17
2.6	Zoneamento Bioclimático .....	18
2.7	Multicolinearidade e análise trilha .....	20
2.8	Modelagem matemática.....	222
2.9	Adaptação e mudanças de climáticas .....	23
3.	OBJETIVO GERAL .....	277
3.1	Objetivos específicos .....	277
4.	CAPÍTULO 1: (INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A PRODUÇÃO DE LEITE, DURANTE O PICO DE LACTAÇÃO, DE DUAS RAÇAS CAPRINAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO).....	289
5.	CAPÍTULO 2: (ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA CAPRINOS LEITEIROS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL).....	489
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

## 1. INTRODUÇÃO

O recente período de estiagem enfrentado pela população do semiárido nordestino nos últimos anos tem mostrado a fragilidade das criações de animais de grande porte em condições extensiva e levanta a questão acerca da criação de pequenos ruminantes. Segundo dados do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2012) no Nordeste os rebanhos em 2012 foram reduzidos em 30%, mais de 50% dos municípios decretaram situação de emergência e a maioria dos reservatórios secou em razão da seca na região.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, o rebanho de caprinos no semiárido do Nordeste estava em 8,5 milhões de cabeça, o que representa 91% do efetivo nacional, onde a Bahia, com (33,4%) é detentora do maior rebanho de caprinos, seguido por Pernambuco (20,4%), Piauí (16,1%) e Ceará (12%), sendo estes estados responsáveis por 82,2% do efetivo do semiárido (LIMA et al., 2012).

Lima et al., (2012) cita a boa adaptação da caprinocultura ao clima do semiárido, como principal responsável por 85,15% do rebanho se encontrar nessa região, além disso, dos 50 municípios com maior rebanho, apenas Batalha (PI) e Granja (CE) não estão localizados no semiárido, sendo Casa Nova (BA), Juazeiro (BA) e Floresta (PE) os municípios com maiores rebanhos.

Apesar de numericamente expressivo, ocupando a 11ª colocação no mundo, os rebanhos no Brasil destinados a produção leiteira ainda são modestos, o que deixa o Brasil com apenas 1,38% de todo leite produzido no planeta (FAO, 2008).

Além da foco na produção de carne, a baixa produtividade da caprinocultura leiteira no Brasil se deve, a assistência técnica deficitária, a escolha de raças inadequadas às condições ambientes e ao regime de manejo extensivo. Necessitando assim, para o estabelecimento de um sistema de criação economicamente viável, de melhoria nos plantéis, através da exploração de raças caprinas com boas características produtivas (GONÇALVES et al., 2008), seleção de raças adequadas às condições edafoclimáticas da região (BARBOSA et al., 2001), dieta alimentar adequada e condições climáticas favoráveis.

Apesar das limitações, o agronegócio envolvendo a caprinocultura tem assegurado a sobrevivência de um grande contingente de pessoas. O constante aprimoramento do conhecimento entre as relações animal e clima, pode levar a avanços significativos na bioclimatologia animal, visando o bem-estar dos animais e, conseqüentemente, o aumento de produtividade (MOURA, 2009). Já a falta do conhecimento sobre os efeitos das condições climáticas sobre produção animal pode ocasionar redução no desempenho produtivo e reprodutivo dos mesmos.

Um dos maiores desafios a ser considerado para o aumento da eficiência produtiva animal, nas zonas áridas e semiáridas dos países tropicais e/ou subtropicais, é a redução dos efeitos das diferentes variáveis climáticas. Logo, a utilização do zoneamento bioclimático, como instrumento para caracterizar a influência do clima sobre as características fisiológicas de diferentes espécies e raças de animais, torna-se essencial para o aumento da produtividade e bem-estar dos animais.

A principal ferramenta utilizada em zoneamentos agroclimáticos é a modelagem matemática, que através dos parâmetros fornecidos, permite gerar modelos de produção que estimam, por exemplo, a produção de leite. Os modelos mais utilizados em estudos de zoneamento bioclimáticos são os não-lineares ou mecanísticos, por permitir obter uma relação teórica entre as variáveis de interesse a partir de suposições e não apenas uma descrição empírica do fenômeno estudado (SEBER, 1989).

Atualmente parte da comunidade científica tem concentrado esforço em estudos de modelos que preveem cenários futuros de produção. No centro destas discussões, como principal motivador, estão as mudanças climáticas e suas conseqüências sobre o ser humano, animais e culturas. Neste sentido o IPCC, através do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES), publicou em 2000, diferentes cenários futuros de mudanças climáticas, onde propõe diversos cenários (A1, A2, B1 e B2) (MARENGO; SOARES, 2003) que tem sido utilizado por diversos autores (ASSAD et al.; SILVA et al., 2004, 2009), principalmente quando se busca entender ou prever os impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição e produção de culturas agrícolas ou animais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caprinocultura

A caprinocultura no Nordeste do Brasil, além de importante fonte de renda e alimentação, tem para as famílias dessa região um caráter cultural, o que contribui de forma significativa para a fixação do homem no campo e torna essa atividade tão representativa.

As últimas décadas da caprinocultura foram marcadas por transformações radicais nos diversos elos de suas cadeias produtivas, graças à notória expansão dos mercados interno e externo, o que levou a um crescimento vertiginoso da exploração de pequenos ruminantes na região, transformando assim, o cenário dos atuais sistemas produtivos (LEITE, 2004).

A forma extensiva de produção de caprinos tem favorecido o aumento substancial do seu contingente populacional, além disso, a forte competição existente entre os mercados produtores tem provocado uma busca incessante por novos conhecimentos técnicos e gerenciais (LEITE, 2004).

O Nordeste é a região com maior rebanho caprino do Brasil com 8,5 milhões de cabeça (LIMA et al., 2012), abrangendo uma área de 166,2 milhões de hectares, dos quais 95,2 milhões (57 %) estão inseridos na região semiárida, com cerca de 50% do rebanho localizado em propriedades com menos de 30 ha (VASCONCELOS; VIEIRA, 2002).

No Nordeste, os principais centros produtores concentram seus sistemas de criação no modelo extensivo, destacando-se por serem os principais produtores de caprinos, as microrregiões geográficas de Casa Nova (BA), Juazeiro (BA), Floresta (PE), Curaçá (BA), Sertânia (PE), Uauá (BA) e Petrolina (PE) (LIMA et al., 2012).

Em estudo realizado na bacia leiteira da microrregião de Mossoró/RN, Lopes et al. (2008) observaram que em 78,57% das propriedades estudadas adotam a criação em regime extensivo e 21,42% das propriedades adotam a criação em regime semi confinado.

Dos cinco maiores produtores de leite de cabras do Brasil (Bahia, Paraíba, Minas Gerais, Rio Grande no Norte e Piauí), nesta ordem, apenas Minas Gerais não pertence à região Nordeste no Brasil (IBGE, 2006). Ainda segundo dados do censo agropecuário de 2006, a Bahia apesar de ser o maior produtor de leite de cabra do Brasil, apenas 41% do leite produzido é destinado a comercialização. Sendo o Rio Grande do Norte (86%) e a Paraíba (83%), os estados com maior percentual de leite produzido destinados a venda, e Maranhão (25%) e Piauí (33%) os estados do Nordeste com menor percentual de venda do leite produzido.

Identificar regiões que realmente apresentem potencial para exploração da caprinocultura leiteira é um desafio a ser enfrentado apesar de que pesquisadores Ferreira e Trigueiro (1998) tem afirmado que a região semiárida do Nordeste possui condições apropriadas para o desenvolvimento da caprinocultura leiteira, tomando como base para a afirmação, o fato que na última década houve considerável crescimento impulsionado principalmente pela importação de animais puros, que tem elevado o desempenho produtivo do rebanho.

Além do crescimento da produção é necessário que o fator climático também seja levado em consideração, uma vez que as condições climáticas do semiárido apresentam condições limitantes aos animais principalmente devido às altas temperaturas.

## **2.2 Produtividade da caprinocultura leiteira**

Com cerca de 75% de todo leite produzido, a região Nordeste apresenta a maior produção de leite de caprino do Brasil, porém apesar do expressivo rebanho e da produção de leite seus índices de produtividade deixam a desejar frente ao potencial do rebanho (IBGE 2006).

A baixa produtividade de leite dos caprinos no Nordeste está associada dentre outros, às condições climáticas da região e ao fato de que o rebanho de caprinos no Nordeste é composto em sua maioria por animais nativos e Sem Raça Definida (SRD) (SILVA; ARAUJO, 2000), que apresentam notável rusticidade e baixa produção de leite e carne (SILVA et al., 1993), além

disso, existe o fato que no nordeste há maior prioridade na produção de carne em detrimento da produção de leite.

Os rebanhos de caprinos nativos e Sem Raça Definida (SRD) constituem, com cerca de 70%, o maior grupo populacional no Nordeste do Brasil (SILVA; LOBO, 2004). Ainda segundo os autores, esses animais apresentam alta tolerância ao ambiente semiárido, em contrapartida a produção de leite é em média 550 g/cabeça/dia, num período de lactação de 150 dias, o que é considerada baixa.

Os índices zootécnicos de referência apresentados por Ribeiro (1997), para animais especializados na produção de leite, apontam que a produção deve ser correspondente a 12 vezes o peso do animal, o que representa uma produção, por animal, de 720 kg de leite em 10 meses de lactação, admitindo uma cabra com 60 kg. Para sistemas confinados Borges e Bresslau (2002) afirmam que há uma concordância entre especialistas de que o nível mínimo de 700 kg de leite por lactação deva ser exigido para um sistema de confinamento de caprinos leiteiros seja economicamente viável.

Os valores obtidos por Gonçalves (1996) estão bem próximos dos estimados por Ribeiro (1997), quando avaliou oito propriedades na região Sudeste do Brasil que exploravam, predominantemente, animais das raças Saanen, Alpina e Toggenburg, observando uma produção média por lactação de  $635,3 \pm 39,7$  kg de leite, sendo o período médio de lactação de  $236,19 \pm 9,63$  dias, o que resulta em uma produção média diária de 2,69 litros. Também na região Sudeste, em rebanhos confinados das raças Saanen e Alpina, Lemos Neto e Almeida (1993) observaram uma média diária de 1,2 kg de produção de leite por cabra em lactação. Estes registros deixam claro o grande potencial a ser explorado pela região Nordeste na produção de leite.

Para condições climáticas do semiárido nordestino, com cabras mistas Alpina x Nativa, Silva e Lobo (2004) observou produção de leite de até 168 kg, num período de lactação de 150 dias. O índice foi alcançado com a escolha de cabras que apresentem produção média em torno de 0,94 kg/leite/dia, na primeira lactação, sendo descartadas as fêmeas com idade superior a sete anos e produção média de leite abaixo de 0,70 kg/dia (SILVA; LOBO, 2004).

### 2.3 Raças Saanen e Anglonubiana

Buscando o aumento da produtividade, caprinos de raças exóticas têm sido importados para o semiárido nordestino (SANTOS et al., 2005). Essa alternativa foi apontada por Ferreira e Trigueiro (1998), como um recurso viável para solucionar a baixa produtividade dos atuais rebanhos caprinos do semiárido nordestino.

Diferentes raças de caprinos, oriundas principalmente da África e Europa, foram introduzidas na região Nordeste, como exemplo das raças Saanen de aptidão leiteira e Anglonubiana de aptidão mista (carne e leite).

A raça Anglonubiana, originária da Inglaterra e criada a partir do cruzamento de bodes da Núbia com cabras inglesas (SANTOS et al., 2005), foi introduzida no Brasil com o objetivo de originar rebanhos com aptidão para a produção de carne e leite. A escolha pela raça foi ainda motivada pela maior rusticidade quando comparadas com outras raças de aptidão leiteira, só após, buscando-se criações mais especializadas, foram introduzidas as raças Saanen e Pardo Alpina, raças de pura aptidão leiteira (SANTOS et al., 2005).

Os animais da raça Saanen apresentam uma alta capacidade adaptativa, sendo produtivos nas mais diversas condições de ambiente (PARENTE et al., 2005), o que garante a sua ocorrência em quase todas as regiões do mundo (CUNHA et al., 1997), esta raça, de origem suíça, apresenta pelagem branca, pelos curtos e finos, pele rosada e aberturas naturais amarelas (JARDIM, 1987) e é apontada como a de maior produção de leite (RIBEIRO, 1997).

Com base em dados de cinco anos de controle leiteiro no município de Sobral-CE, localizado na região semiárida do Nordeste, Araujo e Eloy (1998) verificaram a ocorrência de uma média de produção de leite de 1.078 g/dia e 1.327g/dia para as raças Anglonubiana e Saanen respectivamente.

Embora estas raças venham sendo explorada na região semiárida por diversos criadores, Pereira (2008) menciona a necessidade de estudos que comprovem sua viabilidade neste ambiente climático específico, pois apesar da rusticidade dos caprinos, esses animais quando expostos às regiões

quentes como o Nordeste brasileiro, que apresentam condições adversas de temperaturas, umidades e radiação, sofrem significativas alterações no seu comportamento fisiológico.

## **2.4 Bioclimatologia e bem estar animal**

Buscando atender o mercado consumidor, a produção deve ser sempre suficiente e constante ao longo do ano, assim sendo, para conseguir elevar a produtividade de carne e leite Albuquerque (2006) recomenda produção com adequado planejamento das instalações e monitoramento nutricional, sanitário, genético e reprodutivo. Todavia a preocupação com o bem-estar dos animais tem si tornado uma tendência atual de todas as comunidades consumidoras, levando assim, a uma adequação nos sistemas de produção existentes.

De forma simplificada define-se bem-estar animal como aquilo que é bom para os animais (AZEVEDO et al., 2005) e em geral o Comitê de Bem-Estar de Animais de Produção (Farm Animal Welfare Committe) em 1993, definiu, com base em alguns aspectos bem consolidados, ou seja, “cinco necessidades animais” o significado de bem estar animal como sendo:

- 1) Liberdade fisiológica: ausência de fome e sede;
- 2) Liberdade sanitária: ausência de enfermidades;
- 3) Liberdade comportamental: possibilidade de expressar os comportamentos normais da espécie;
- 4) Liberdade psicológica: ausência de medo e de ansiedade;
- 5) Liberdade ambiental: edificações adequadas à espécie.

Dados e estudos sobre bem estar animal apresentados na literatura nacional são resultados, em grande parte, de experiências de produtores e não apenas dados de pesquisas científicas. A necessidade de informações sobre conforto animal tem levado produtores e pesquisadores a utilizarem dados científicos de outros países que por sua vez possuem sistema de produção, raças, alimentação, condições climáticas, totalmente diferentes das encontradas no Nordeste do Brasil.

A avaliação do bem estar animal é feito através de indicadores fisiológicos (endócrinos, nervosos e imunológicos) e comportamentais de estresse (RUSHEN,

2000), acreditando-se que na medida em que o estresse aumenta o bem-estar diminui, (AZEVEDO et al., 2005). Na prática, o comportamento do animal é o principal indicativo de que o animal está em uma situação de conforto e, portanto, de bem-estar. Se um animal manifesta um comportamento anormal para sua espécie ou mesmo um comportamento estereotipado (repetitivo), considera-se ausência de bem-estar animal (AZEVEDO et al., 2005).

O estresse térmico ocorre em função dos efeitos da temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, vento e intensidade/duração do agente estressor, podendo resultar em decréscimo na produção de carne e leite, além de distúrbios reprodutivos (TURCO et al.; SOUZA JR. et al., 2004, 2008).

Segundo Hopkins et al., (1978) o estresse térmico tem sido reconhecido como um fator limitante da produção animal nos trópicos. Portanto, há uma necessidade de se conhecer tolerância e a capacidade de adaptação das raças, como forma de embasamento técnico para exploração animal em uma determinada região (MONTAY et al., 1991).

Silva (2005) cita que em temperaturas críticas, entre 35°C e 40°C, os caprinos reduzem a sua eficiência bioenergética prejudicando o seu desempenho produtivo, em decorrência do estresse térmico. Portanto, o estresse constitui-se do resultado de efeitos ambientais que agem continuamente sobre os animais rompendo o equilíbrio homeostático, provocando uma nova adaptação que pode ser prejudicial ou vantajosa ao interesse do homem (STOTT, 1981).

Para reduzir os efeitos do estresse térmico sobre os animais algumas estratégias de manejo ambiental podem ser utilizadas, dentre elas o controle de fatores climáticos em instalações zootécnicas, principalmente as temperaturas ambientes, que leva ao desconforto térmico (NÄÄS, 1999) ou mudanças no manejo a fim de se evitar as horas mais quentes do dia. Neste sentido, Turco et al., (2007), verificaram em estudo com ovinos em pastagem irrigada de capim-aruaana, uma redução da frequência de pastejo e aumento da frequência respiratória, nos horários mais quentes do dia para as condições climáticas do semiárido nordestino. Analisando respostas termorreguladoras de cabras Saanen e Parda Alpina em ambiente tropical, Aiura et al (2010), observaram valores de frequência respiratória acima do normal durante todo período experimental em decorrência das condições climáticas.

Os fatores climáticos existentes dentro dos sistemas de criação, também atuam de forma direta e indireta sobre a produtividade e o bem-estar destes animais. Dessa forma, o estabelecimento de um sistema de criação voltada ao bem-estar animal e economicamente viável em uma determinada região, requer o conhecimento das variáveis climáticas, sua interação com os animais e as respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas destes às condições ambientais locais, adequando assim o sistema de produção aos objetivos da atividade (BARBOSA et al.; NEIVA, 1995, 2004).

## **2.5 Variáveis e índices utilizados em Zoneamento Bioclimático**

Para expressar todo seu potencial genético produtivo, caprinos devem contar com condições meteorológicas ideais. A faixa de termoneutralidade (TN) é a faixa de temperatura ambiente efetiva na qual o animal se encontra em conforto térmico, isto é, não sofre estresse pelo frio ou estresse pelo calor (Mc Dowell, 1974). Dentro da TN ou de conforto térmico o custo fisiológico é mínimo, ou seja, a retenção de energia da dieta é máxima, a temperatura corporal e o apetite são normais, o que resulta em condições ótimas de produção (Mc Dowell, 1974).

Em condições de termoneutralidade, a energia gasta pelos animais para manter sua temperatura comporal em níveis normais, ocorre a um nível mínimo e assim, a energia do organismo pode ser direcionada para processos produtivos, evitando desta forma o deslocamento de energia para manter o equilíbrio fisiológico (BACCARI, 1996). Na TN a frequência respiratória também é normal e não ocorre sudorese, apenas a difusão de água através da pele (CURTIS; BACCARI, 1981, 1996).

Baccari (1996) cita os limites da zona de termoneutralidade em temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS). Abaixo da TCI os animais entram em estresse por frio e acima de TCS sofre estresse por calor Baccari (1996). Quando submetidos a condições de estresse pelo frio os animais consomem mais alimentos para produzir calor interno, resultando em um aumento das taxas metabólicas, diferentemente, quando colocados sob estresse pelo calor, os animais diminuem a ingestão de alimento e conseqüentemente suas taxas metabólicas,

como forma de reduzir a produção interna de calor e, além disso, para manter a temperatura corporal em níveis normais, irão dissipar calor para o ambiente (Turco et al., 2011).

Acerca das temperaturas de conforto Fuquay (1981), afirma que para a maioria das espécies ela está em torno de 24 e 27°C, sendo dependente do grau de aclimação, nível de produção, estado de prenhes, movimento do ar e umidade relativa. Lu (1989) cita, para caprinos ou ovinos deslanados, valores TCS variando de 25 a 30°C, enquanto que Baêta e Souza (1997) registram, para animais adultos, valores de termoneutralidade entre 20°C e 30°C e para cordeiros recém-nascidos entre 24 e 26,5 °C.

Em 1923 Houghton e Yaglou (1923) iniciaram o estudo acerca de índices térmicos, onde utilizaram humanos para comparar sensações térmicas instantâneas obtendo o Índice de Temperatura Efetiva (ITE).

Desenvolvido por Thom (1959) como um índice de conforto térmico também para humanos, o índice de temperatura e umidade (ITU) é muito utilizado por combinar em um único valor, os efeitos da temperatura e da umidade relativa do ar. Utilizado para humanos o ITU foi posteriormente utilizado para descrever o conforto térmico de animais, desde que Johnson et al., (1962) e Cargill e Stewart (1966) observaram quedas significativas na produção de leite de vacas, associadas ao aumento no valor de ITU. Da mesma forma, Hahn (1985) também encontrou queda na produção de leite associada ao valor de ITU.

Em estudos recentes com caprinos em clima tropical Salles et al. (2009) avaliou a influência de fatores climáticos sobre as respostas fisiológicas dos reprodutores Saanen, observando, independente da época do ano, desconforto ambiental para os animais, com o aumento no valor de ITU.

## **2.6 Zoneamento Bioclimático**

O clima é um dos principais fatores que atua interferindo de forma direta e indireta sobre a vida dos animais, podendo ser favorável ou não a sua sobrevivência, portanto, a capacidade dos animais em se adaptar a um determinado ambiente depende de um conjunto de ajustes fisiológicos (SILVA, 2006). Os fatores

climáticos, então, apresentam-se como importantes variáveis responsáveis pelo aumento da eficiência da produção, e conseqüentemente, o zoneamento bioclimático, como fundamental recurso zootécnico para, adequada distribuição dos animais e aumento da produção.

O zoneamento bioclimático é uma ferramenta utilizada para o fornecimento de informações relevantes à identificação de regiões com potenciais de exploração de uma determinada atividade produtiva, bem como aquelas com risco climático para a atividade. Assim a expansão de áreas para a produção animal tem que ser realizada levando em consideração, o conhecimento das condições climáticas da região em estudo, a fim de se evitar o insucesso da atividade. Além disso, estes estudos são essenciais para a concessão de crédito aos produtores e no auxílio à tomada de decisão em sistemas de produção.

Para a realização zoneamento bioclimático é necessário, para o caso em estudo, identificar as variáveis que mais influenciam na produção de leite de caprinos Saanen e Anglonubiana e assim combiná-los com os dados climáticos da Região a ser zoneada.

Dentre os principais índices e variáveis meteorológicas: Precipitação (Prec), temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tx), temperatura mínima (Tn), umidade relativa média (URm), fotoperíodo (N), radiação solar (Q), radiação global (Rg), índice de temperatura e umidade (ITU), Temperatura de globo negro (TG), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e déficit de pressão de vapor (DPV), mensuráveis e desenvolvidos para predizer o nível de conforto ou desconforto térmico animal, destaca-se o ITGU que é um dos mais utilizados por envolver os efeitos da radiação solar ou radiação de ondas longas emitida no interior das instalações, temperatura e umidade relativa (BUFFINGTON et al., 1977).

Apesar da ampla utilização, o ITGU apresenta a limitação da dificuldade da obtenção de algumas variáveis, principalmente por pequenos produtores. Assim a opção pela utilização de índices mais simples, como ITU, tem sido tomada por envolver apenas informações meteorológicas normalmente disponíveis em estações meteorológicas e em bancos de dados obtidos a partir de imagens de satélite.

O índice de temperatura e umidade relativa do ar, desenvolvido inicialmente por Thom (1959), por necessitar apenas dos valores dessas duas variáveis climáticas e caracterizar o conforto ou desconforto térmico dos animais, tem sido bastante utilizado em pesquisas de avaliação do risco climático (ZOLNIER et al.,

BROWN-BRANDL et al., 1993, 2005) e na realização de estudos em escala macroclimática, principalmente, por não possuir, em alguns tipos de instalações, diferenças significativas em relação aos valores do ITGU para as condições de sombreamento (BUFFINGTON et al., 1979).

O zoneamento bioclimático não se limita a utilização de índices térmicos já existentes podendo ser realizado através de análises, a estimativa de novos índices ou adequação de índices já existentes, ou até mesmo utilizar variáveis simples a depender das variáveis que realmente interfiram na produtividade ou fisiologia do animal e/ou do melhor ajuste do modelo às condições reais de campo.

Exemplo de êxito em trabalhos de zoneamento bioclimático no Brasil pode ser observado nos estudos de Turco et al., (2006), que realizaram o zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia, apresentando o declínio da produção de leite em condições estressante. Também para vacas leiteiras Silva et al., (2009), identificaram as regiões com potencial para produção de leite e possíveis impactos das mudanças no clima sobre a produção animal. Para região Sul do Brasil pode-se apontar o trabalho desenvolvido por Barbosa et al., (2001), que realizaram o zoneamento bioclimático da ovinocultura no estado do Paraná.

O volume de trabalhos sobre zoneamento bioclimático de pequenos ruminantes ainda é pequeno, existindo poucos ou nenhum trabalho para caprinos no Nordeste do Brasil, dificultando a tomada de decisões por parte de produtores técnicos ou instituições bancárias.

## **2.7 Multicolinearidade e análise trilha**

Estudo envolvendo matrizes de correlação e análise de trilha forma desenvolvidos originalmente por geneticistas buscando conhecer o controle genético de um caráter e/ou o potencial de uma população para programas de seleção e melhoramento genético através da estimativa dos componentes de variabilidade existente nas populações, devido às diferenças genéticas (RAMALHO et al., 2004). O foco destes estudos está na avaliação das proporções de contribuição de fatores diretos e indiretos sobre o fator

avaliado, bem como, o quanto um caráter influencia na expressão de outros, sendo assim possível mensurar o grau de correlação existente entre eles.

Segundo Cruz e Regazzi (1994), as correlações utilizadas em melhoramento genético são apenas genéticas, pois envolvem associações de natureza herdável, diferente das fenotípicas que podem ser resultantes de causa genéticas e ambientais. Além disso, como os coeficientes são combinações lineares das observações, pela teoria estatística demonstra-se que a distribuição amostral dos coeficientes de regressão segue uma distribuição  $t$  (SEBER; WILD, 1989). O Teste  $t$  permite, além de selecionar as variáveis independentes (explicativas) que são significativas para o modelo, eliminar as variáveis que tem pouca ou nenhuma contribuição na variabilidade da variável dependente.

O diagnóstico do grau de multicolinearidade da matriz de correlações, entre as variáveis independentes do modelo de regressão é realizado, quando as observações amostrais das variáveis explicativas, ou suas combinações lineares, são correlacionadas (CRUZ, 2001). De acordo com CARVALHO (1995), quando há ocorrência de multicolinearidade, as variâncias associadas aos estimadores dos coeficientes de trilha podem atingir valores excessivos, tornando-os pouco confiáveis ou sem nenhuma coerência com o fenômeno estudado.

Visando diagnosticar o grau de multicolinearidade da matriz de correlação Montgomery e Peck (1981) estabeleceu um critério com base no número de condições, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação, determinando que, quando o número de condições é menor que 100, a multicolinearidade é fraca, quando se encontra entre 100 e 1.000, é de moderada a forte e quando é maior que 1.000 é severa, sendo eliminadas da análise de trilha as variáveis que contribuíram para um nível de multicolinearidade moderado a severo.

Segundo Pelúzio (1998) o ambiente torna-se causa de correlação quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais, onde valores positivos indicam benefícios ou prejuízos aos caracteres correlacionados e valores negativos o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro.

Apesar da grande utilidade na caracterização da magnitude das influências dos fatores na determinação de caracteres complexos, os coeficientes de correlação não descrevem precisamente a exata importância dos efeitos diretos e indiretos destes fatores (CRUZ; REGAZZI, 1994). Assim os estudos realizados através da análise de trilha, desenvolvido por Wright (1921) e detalhada por Li (1975), permitem o desdobramento do coeficiente de correlação em efeitos diretos e indiretos.

O sucesso da utilização do coeficiente de trilha reside no fato de ser um método que analisa um sistema de múltiplas variáveis, relacionadas de modo linear e inclui todos os fatores básicos (causas) e suas variáveis resultantes (efeitos) Li (1956). Atualmente a importância dos estudos das relações existentes entre caracteres tem sido visualizada por vários pesquisadores nas mais diversas áreas (LUZ; RIOS; VIDAL, 2011, 2012, 2012), que buscam entender como diversos fatores interagem entre si.

## **2.8 Modelagem matemática**

Estabelecer parâmetros da produção de leite foi apontado por Wood (1980) como determinante em manejo nutricional e reprodutivo de animais em lactação. Em 1967 Wood propôs um modelo, que até hoje é mais adotado em estudos de curva de lactação, pois permite, com apenas três parâmetros, estimar a produção máxima, tempo para se atingir essa produção e persistência (WOOD, 1967).

Os modelos matemáticos são em resumo, um sistema de equações cuja solução, representa as respostas do processo para o correspondente conjunto de entradas específicas fornecidas (DENN, 1986).

Existem diferentes modelos matemáticos para o estudo da curva de lactação. Entretanto, os parâmetros utilizados nesses modelos nem sempre se ajustam adequadamente, uma vez que, os fatores podem influenciar diferentemente a depender de fatores biológicos, fisiológicos e ambientais.

Os modelos empíricos são caracterizados por não possuírem nenhuma base fenomenológica do sistema a ser modelado, sendo apenas resultado da

aplicação de métodos matemáticos, como técnicas de regressão linear e não linear, porém capazes de representar a relação entre as variáveis de entrada e saída de um processo (DENN, 1986). Por sua vez, os modelos semi-empíricos, possuem forma estabelecida através do conhecimento básico do processo e de alguns parâmetros desconhecidos, determinados com base em dados de análises ou experimentos (FACCHIN 2005).

Quanto ao nível de conhecimento contido, os modelos matemáticos são classificados em modelos complexos (*white-box*) quando são baseados em relações fundamentais e leis físico-químicas e em modelos multivariável (*black-box*), que são obtidos através de técnicas de análise, como regressão multivariável e redes de neurais (FACCHIN, 2005).

Os modelos podem ser divididos ainda em lineares e não lineares. Nos modelos lineares a partir de um conjunto de observações, busca-se o modelo que melhor explique a relação existindo solução única e analítica de estimação dos parâmetros (MAZUCHELI, 2002).

Os modelos não-lineares ou mecanísticos permite obter uma relação teórica entre as variáveis de interesse a partir de suposições e não apenas uma descrição empírica do fenômeno estudado (SEBER; WILD, 1989). Além disto, os modelos não lineares, com um número reduzido de parâmetros, geralmente fornecem um bom ajuste quando comparado aos modelos lineares (SEBER; WILD, 1989). Como exemplo de modelos não-lineares tem-se os modelos exponencial, potencial, logístico e Gauss-Newton.

## **2.9 Adaptação e mudanças de climáticas**

Garantir o sucesso de qualquer sistema produtivo passa pelo planejamento, a longo prazo, dos planteis através da escolha adequada das raças, sistema de produção, instalações e local para exploração. Em todas estas escolhas o clima deve ser cuidadosamente considerado. Diante de cenários de mudanças climáticas a adaptação dos animais às novas condições torna-se essencial para manutenção, em alto nível da produtividade das atividades.

Para Baccari Jr. (1990) a maior parte das avaliações de adaptabilidade dos animais em ambientes quentes está incluída em duas classes: adaptabilidade fisiológica, que descreve a tolerância do animal em um ambiente quente mediante, principalmente, a modificações no seu equilíbrio térmico e adaptabilidade de rendimento, que descreve as modificações da produtividade animal experimentadas em um ambiente com temperaturas elevadas.

De acordo com McDowel (1989) a adaptação fisiológica é determinada principalmente por alterações do equilíbrio térmico e da adaptabilidade que descreve determinadas modificações no desempenho quando o animal é submetido a altas temperaturas. A capacidade de ganho de peso e rendimento de carcaça não podem ser os únicos fatores considerados na avaliação de uma raça ou grupo genético, mas também, a eficiência produtiva, adaptabilidade, prolificidade e taxa de sobrevivência (OLIVIER, 2000).

A capacidade de adaptação de caprinos leiteiros no semiárido do Nordeste não deve ser considerada apenas para condições de aumentos de temperaturas ocasionada por fatores antrópicos, mas para qualquer condição de mudança sazonal, de aumento ou diminuição de temperaturas, bem como a períodos extensos de estiagem ou chuva, que possam interferir na fisiologia do animal.

Em estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na produção leiteira no estado de Pernambuco Silva et al. (2009) constatou que, a depender da região em estudo, os animais podem apresentar respostas fisiológicas diferentes, assim sendo, os autores recomendam estudos a cerca de projeções de aumento de temperatura como alternativa para auxiliar produtores e o governo no levantamento da vulnerabilidade do sistema de produção leiteiro e no estabelecimento de técnicas de mitigação e adaptação dos rebanhos às novas condições. O estudo dos impactos do aumento da temperatura pode ainda, contribuir na definição de técnicas de melhoramento e de manejo e ações políticas de seguridade rural e concessão de crédito aos produtores, a fim de se garantir a exploração da atividade leiteira a longo prazo (SILVA et al., 2009).

Dados científicos sobre a possibilidade de mudança de clima em nível mundial vêm despertando, desde a década de 1980, um interesse crescente no público e na comunidade científica em geral (MARENGO; SOARES, 2003), desde que, com o objetivo de tratar de assuntos referentes à mudanças no clima, a OMM (Organização Meteorológica Mundial) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceram, em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (MARENGO; SOARES, 2003).

Estudos acerca dos impactos das mudanças climáticas globais sobre atividades agropecuárias têm sido realizado por diversos pesquisadores de diferentes áreas visando entender a influência do clima sobre as atividades, dentre eles destacam-se por serem realizados na região Nordeste do Brasil os estudos de Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima (MARENGO, 2008) e impactos das mudanças climáticas sobre a produção leiteira (SILVA et al.; SILVA et al., 2009, 2010)

Os cenários futuros apresentados pelo IPCC foram realizados com base nas projeções climáticas decorrente de causas antropogênica. Os cenários do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões SRES, publicados em 2000 mostram diferentes cenários futuros de mudanças climáticas, denominados de A1, A2, B1 e B2 os quais estão disponibilizados no IPCC/DDC da CRU-University of East Anglia (MARENGO; SOARES, 2003). Os autores descrevem ainda estes cenários da seguinte forma:

O cenário A1 é caracterizado por um mundo futuro com globalização dominante, rápido crescimento econômico, pequeno crescimento populacional e rápido desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, podendo ainda ser dividido em três cenários: A1, A1F (máximo uso de combustível fóssil) e A1T (mínimo uso de combustível fóssil), sendo estes os cenários mais pessimistas.

O cenário A2 descreve um futuro heterogêneo onde a regionalização é dominante, com fortalecimento de identidades culturais regionais, com ênfase em valores da família e tradições locais, crescimento populacional alto e menor preocupação em relação ao desenvolvimento econômico rápido.

O cenário B1 descreve rápida mudança na estrutura econômica mundial, com introdução de tecnologias limpas, ênfase em soluções globais

de sustentabilidade ambiental e social e esforços combinados para o desenvolvimento de tecnologia rápida.

E o cenário B2 descreve um mundo com ênfase em soluções locais para sustentabilidade econômica, social e ambiental, mudança tecnológica mais diversa, com forte ênfase nas iniciativas comunitárias e inovação social.

### **3. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência das variáveis meteorológicas, modelagem e cenários climáticos da produção de leite de cabras no Nordeste do Brasil.

#### **3.1 Objetivos específicos**

Avaliar a influência das variáveis meteorológicas sobre a produção de leite, durante a fase pico de lactação, de duas raças caprinas no semiárido do Nordeste.

Elaborar de um modelo matemático para a estimativa da produção de leite em função das variáveis meteorológicas.

Delimitar as áreas do Nordeste brasileiro para a criação de caprinos leiteiros.

Projetar cenários futuros de produção de leite de raças leiteiras frente a cenários de mudanças climáticas.

#### 4. CAPÍTULO 1

### INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A PRODUÇÃO DE LEITE, DURANTE O PICO DE LACTAÇÃO, DE DUAS RAÇAS CAPRINAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.

**RESUMO:** Objetivou-se com este estudo avaliar a contribuição das variáveis meteorológicas sobre a produção de leite, durante a fase de pico, de duas raças caprinas no semiárido do Nordeste. O controle leiteiro foi realizado a cada 14 dias, durante os anos de 1998 e 2011 em 583 matrizes das raças Saanen e Anglonubiana. As variáveis meteorológicas utilizadas para avaliação foram: precipitação (Prec), temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tx), temperatura mínima (Tn), umidade relativa média (URm), fotoperíodo (N), radiação solar (Q), radiação global (Rg), índice de temperatura e umidade (ITU), Temperatura de globo negro (TG), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e déficit de pressão de vapor (DPV). As análises estatísticas foram feitas através da correlação linear de Pearson, testes de multicolinearidade e análise de trilha. A temperatura máxima foi a variável meteorológica que apresentou maior contribuição para a variabilidade da produtividade de leite das raças Saanen e Anglonubiana. Os índices ITU e ITGU utilizados, não se mostraram adequados para quantificar estresses em caprinos Saanen e Anglonubiana no semiárido brasileiro.

**Palavras-chaves:** Ambiência animal, análise de trilha, bem-estar, estresse.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL VARIABLES ON MILK PRODUCTION  
DURING THE PEAK OF LACTATION, OF TWO BREEDS OF GOATS IN BRAZILIAN  
SEMIARID

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the contribution of meteorological variables on milk production during the peak of lactation in two breeds of goats in semiarid Northeast. The Milk testing was realized every 14 days during the years 1998 and 2011 in 583 arrays of Saanen and Anglonubiana. The meteorological variables used for evaluation were: Rainfall (Ra), average temperature (Tm), maximum temperature (Tx), minimum temperature (Tn), relative humidity (UR), photoperiod (N), solar radiation (Q), radiation global (Rg), temperature and humidity index (THI), black globe temperature (TG), index of black globe temperature and humidity (IBGT) and vapor pressure deficit (VPD). Statistical analyzes were done using the Pearson linear correlation, multicolinearidade tests and path analysis. The maximum temperature was the meteorological variable with the highest contribution to the variability of milk yield of Saanen and Anglonubiana. The indexes THI and IBGT used, not were adequate to quantify stress in Saanen goats and Anglonubiana the Brazilian semiarid.

**Keywords:** Ambience animal, path analysis, wellness, stress.

## INTRODUÇÃO

Importante fonte de alimentação e renda em comunidades rurais e centros urbanos do Nordeste do Brasil, a caprinocultura leiteira na região, apesar dos fortes avanços, ainda necessita de aprimoramento nas tecnologias de manejo e condições adequadas para a criação sustentável desses animais, o que tem acarretado em uma produtividade abaixo do real potencial dos rebanhos e conseqüentemente apresentando-se como um entrave à exploração econômica da atividade no Nordeste.

O início da exploração de caprinos no Nordeste do Brasil se deu em 1535 com a colonização do Brasil pelos portugueses (SUASSUNA, 2003) e até os dias atuais é uma das principais atividades agropecuária da região. Segundo dados do IBGE, divulgados pela Pesquisa Pecuária Municipal 2010, o rebanho de caprinos no semiárido do Nordeste estava em 8,5 milhões de cabeças, o que representa 91% do efetivo nacional (LIMA et al., 2012).

Apesar da importância e representatividade, o rebanho do Nordeste, devido o foco na produção de carne, possui baixa produção de leite, tendo ainda como causa, a genética dos animais, que na sua maioria, são caprinos nativos e Sem Raça Definida (SRD) (FERNANDES et al., 1985) que, apesar de rústicos, possuem baixa produção de leite (SILVA et al., 1993).

A busca por alternativas que aumentem a produtividade e reduzam os custos da produção tem sido realizada por produtores que, tentando contornar as baixas produtividades dos rebanhos, tem lançado mão de métodos como a introdução de animais exóticos com alta produção de leite que, combinados com animais SRD, resultem em animais resistentes com bons níveis de produção.

Raças especializadas na produção de leite como a Saanen e de aptidão mista (carne e leite) como Anglonubiana têm sido constantemente introduzidas em propriedades do Nordeste. A raça Saanen, originária da Suíça, do Vale de Saanen (SILVA, 2003) e Anglonubiana originária da Inglaterra, criada a partir do cruzamento

de bodes da Núbia com cabras inglesas (SANTOS et al., 2005) destacam-se pelas altas produções de leite.

A capacidade de novas raças se adaptarem a um determinado ambiente depende de um conjunto de ajustes fisiológicos, que irão promover o bem-estar do animal. Neste tocante, as condições climáticas agem direta e indiretamente sobre o comportamento dos animais, favorecendo ou não o seu desempenho produtivo.

Apesar de não haver estudos conclusivos, acredita-se que a região semiárida do Nordeste apresenta condições apropriadas para o desenvolvimento da caprinocultura leiteira (PEREIRA et al. 2011). Entretanto, quando expostos a condições de altas temperaturas, umidade relativa e radiação, esses animais modificam o comportamento fisiológico, apresentando aumentos na frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura retal, conseqüentemente reduzem a ingestão de alimentos o que resulta na redução da produtividade (TURCO et al., 2004).

Assim, o conhecimento dos níveis de correlação existentes entre as variáveis meteorológicas e a produção de leite pode ser primordial para o avanço na exploração da caprinocultura leiteira na região, uma vez que a demonstração dos reais fatores que interferem positiva e negativamente na produção do leite pode servir de norte para um novo modelo de exploração da atividade a nível nacional.

Buscando melhor entender a associação entre caracteres ou variáveis de um estudo, WRIGHT (1921) sugeriu um método denominado análise de trilha (*path analysis*) que desdobra correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos de cada caráter sobre uma variável principal. Segundo CRUZ & REGAZZI (1997), a análise de trilha é realizada pelo conhecimento prévio do pesquisador de sua importância e de possíveis inter-relações expressas em diagramas de trilha. O sucesso dessa análise reside basicamente na formulação do relacionamento de causa-efeito entre os caracteres.

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência das variáveis meteorológicas sobre a produção de leite, durante a fase de pico de lactação, de duas raças caprinas no semiárido do Nordeste.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados 17.792 registros de produção de leite de cabras das raças Saanen e Anglonubiana, obtidas pelo controle leiteiro realizado pelos técnicos no plantel da EMBRAPA Caprinos e Ovinos localizada no município de Sobral no estado Ceará. Sobral está inserido na região semiárida da caatinga apresentado, segundo a classificação de Köppen, clima do tipo BShw' com estação chuvosa de janeiro a maio e precipitação média de 759 mm/ano.

O controle leiteiro foi conduzido com cabras Saanen e Anglonubiana criadas em regime de semi-confinamento durante o período chuvoso e confinados durante o período seco. O controle leiteiro foi realizado a cada 14 dias, durante os anos de 1998 e 2011. Durante o período foram coletados dados de 583 matrizes, sendo descartadas as matrizes que apresentaram baixa produtividade ou doenças durante o período de lactação.

O banco de dados utilizado é composto por um montante de 14 anos de coletas reunindo informações sobre as características gerais dos animais como: raça, peso e idade do animal, data do controle leiteiro, número de ordenhas, dias em lactação e produção de leite por ordenha. Para o processo de análise, após a triagem dos dados, foi necessária a realização do agrupamento dos dados de produção leiteira de matrizes até a 3<sup>a</sup> (terceira) parição, com produção inicial de leite acima de um litro por dia, com menos de 50 quilos e matrizes com período total de lactação maior que 50 e menor que 200 dias.

Buscando avaliar apenas o efeito das variáveis meteorológicas sobre a produção de leite (PL) de Cabras Saanen e Anglonubiana do Nordeste, as análises foram realizadas somente com dados de

produção de leite do período de pico, excluindo assim, os efeitos da curva de lactação dos animais sobre produção diária de leite.

As variáveis meteorológicas utilizadas para avaliação foram: Precipitação (Prec), temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tx), temperatura mínima (Tn), umidade relativa média (URm), fotoperíodo (N), radiação solar (Q), radiação global (Rg), índice de temperatura e umidade (ITU), Temperatura de globo negro (TG), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e déficit de pressão de vapor (DPV).

Os dados meteorológicos utilizados são oriundos da Estação meteorológica convencional de Sobral – CE, localizada na área experimental da EMBRAPA Caprinos e Ovinos de Sobral e foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) referentes às séries históricas da rede de estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O fato da estação meteorológica convencional estar localizada dentro da Embrapa caprinos e ovinos, de onde são originados os dados do controle leiteiro utilizados na análise, permitiu uma maior consistência nos resultados e segurança na extrapolação para toda região Semiárida.

A variável (ITU) foi estimada por meio da equação proposta por THOM (1959):

$$ITU = Tbs + 0,36Tpo + 41,5 \quad (1)$$

Em que,

ITU, valor adimensional;

tbs = temperatura média do ar, em °C;

tpo = temperatura do ponto de orvalho, em °C, que será calculada por meio das seguintes

expressões citadas por VIANELLO & ALVES (2000):

$$t_{po} = \frac{186,4905 - 237,3 \log_{10} e}{\log_{10} e - 8,2859} \quad (2)$$

$$e = es \frac{UR}{100} \quad (3)$$

Em que,

e = pressão parcial de vapor d'água no ar, em hPa;

UR = umidade relativa do ar, em %;

$e_s$  = pressão de saturação de vapor d'água no ar, em hPa, que foi calculado por meio da seguinte equação de Tetens, apresentada por BERRY et al. (1945):

$$e_s = 6,1078 \cdot 10^{\left(\frac{7,5 t}{237,3 + t}\right)} \quad (4)$$

A variável ( $T_g$ ) foi obtida por meio das equações propostas por TURCO et al. (2008):

$$BGTd = [1.360 T_{air\ d} - 2.358] * [0.075 \ln(R_s) - 0.562] \quad (5)$$

$$BGTn = [0.942 T_{air\ n}] \quad (6)$$

Em que,

BGTd = Temperatura de globo para o período diurno;

BGTn = Temperatura de globo para o período noturno;

$T_{air\ d}$  = Temperatura do ar durante o dia;

$T_{air\ n}$  = Temperatura do ar durante a noite;

$\ln(R_s)$  = Radiação solar.

O ITGU foi calculado, utilizando-se a equação seguinte proposta por BUFFINGTON et al. (1977):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08 \quad (7)$$

Em que,

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

$T_{po}$  = temperatura do ponto de orvalho, K, calculada por meio da equação (2) proposta por

VIANELLO & ALVES (2000):

O DPV foi obtido através da equação proposta por PENMAN (1948):

$$\Delta e = e_s - e \quad (8)$$

Em que:

$\Delta e$  = déficit de pressão de vapor, em hPa;

$e_s$  = pressão de saturação de vapor d'água no ar, em hPa (equação 4);

$e$  = pressão parcial de vapor d'água no ar, em hPa (equação 3).

Anterior às análises finais, os dados foram submetidos a uma pré-análise, através do software Microsoft Excel e do aplicativo estatístico-computacional Genes (CRUZ, 2001) com o objetivo de se obter a melhor resposta das variáveis climáticas sobre a produção de leite, uma vez que, as características dos animais (ordem de parição, dias em lactação, idade e peso), dos dados meteorológicos (dados perdidos) e dos dados do controle leiteiro (dados perdidos, erros de coletas) precisaram ser considerados a fim de se obter resultados confiáveis.

Após a pré-análise dos dados foi determinada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre a produção de leite (variável básica) e as 12 variáveis meteorológicas (variáveis primárias ou explicativas). Sobre a matriz dos coeficientes de correlação entre as variáveis, procedeu-se o diagnóstico da multicolinearidade visando eliminar as variáveis causadoras de multicolinearidade, dando preferência para a eliminação, às características em que o efeito não foi significativo a 5% e àquelas já explicadas pelas demais variáveis. Método esse utilizado por RIOS et al. (2012) em estudos com carotenóides em milho e por CABRAL et al., (2011) em estudo do rendimento de feijão *Phaseolus vulgaris* L. e seus componentes. Tal procedimento é realizado, uma vez que, forte correlação ou multicolinearidade entre as variáveis, pode ocasionar erros no desenvolvimento das análises e do modelo.

O diagnóstico do grau de multicolinearidade da matriz de correlações, entre as variáveis independentes do modelo de regressão (CRUZ, 2001), foi estabelecido com base em seu número de condições, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação conforme critério de MONTGOMERY & PECK (1981), que determinou que, quando o número de condições é menor que 100, a multicolinearidade é fraca, quando se encontra entre 100 e 1.000, é de moderada

a forte e quando é maior que 1.000 é severa, sendo eliminadas da análise de trilha as variáveis que contribuíram para um nível de multicolinearidade moderado a severo.

Posteriormente, buscando entender os efeitos das variáveis climáticas sobre a produção de leite, as correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos por meio da análise de trilha ("path analysis"), proposta por WRIGHT (1921).

Para análise e processamento dos dados foi utilizado o aplicativo estatístico-computacional GENES (CRUZ, 2001), onde foram realizadas as análises estatísticas das matrizes de correlação de Pearson, multicolinearidade e análises de trilha.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Das variáveis meteorológicas estudadas apresentadas nas tabelas 1 e 2, pode ser observado que apresentaram influência significativas (nível de significância de 5 %,  $P < 0,05$ ) para variabilidade da produção de leite de cabras da raça Saanen: precipitação (Prec), temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tx), umidade relativa média (URm), radiação global (Rg), índice de temperatura e umidade (ITU), temperatura de globo negro (Tg), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e déficit de pressão de vapor (DPV) (Tabela 1) e para Anglonubiana: precipitação (Prec), temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tx), umidade relativa média (URm), temperatura de globo negro (TG) e déficit de pressão de vapor (DPV) (Tabela 2).

TABELA 1. Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de leite de cabras Saanen e 12 variáveis meteorológicas.

Variáveis	X	Y	Cov (X,Y)	Correlação	Probabilidade (%)
PL x Prec	0,51	7,79	1,11	0,56	**0,39
PL x Tm	0,51	0,87	-0,51	-0,77	**<0,01
PL x Tx	0,51	3,73	-1,16	-0,84	**<0,01
PL x Tn	0,51	0,48	0,07	0,14	50,20
PL x URm	0,51	106,37	5,20	0,70	**0,01
PL x N	0,51	0,02	-0,01	-0,08	71,05
PL x Q	0,51	1,84	-0,02	-0,02	93,14
PL x Rg	0,51	3,04	-0,92	-0,74	**<0,01
PL x ITU	0,51	0,20	-0,18	-0,58	**0,26
PL x Tg	0,51	1,30	-0,66	-0,81	**<0,01
PL x ITGU	0,51	0,38	-0,33	-0,74	**<0,01
PL x DPV	0,51	2,12	-0,74	-0,71	**<0,01

\*\* : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

X e Y: desvios médios

Cov (X,Y): covariância de X e Y.

TABELA 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de leite de cabras Anglonubiana e 12 variáveis meteorológicas.

Variáveis	X	Y	Cov (X,Y)	Correlação	Probabilidade (%)
PL x Prec	0,10	209,93	10,13	0,72	** 0,04
PL x Tm	0,10	0,75	-0,20	-0,74	** 0,02
PL x Tx	0,10	38,27	-0,47	-0,78	** ,01
PL x Tn	0,10	1,36	0,10	0,28	235,43
PL x URm	0,10	127,30	26,73	0,77	** ,01
PL x N	0,10	0,02	-0,01	-0,26	259,27
PL x Q	0,10	41,95	0,01	0,01	957,89
PL x Rg	0,10	43,54	-0,26	-0,40	84,71
PL x ITU	0,10	0,45	-0,02	-0,12	622,73
PL x Tg	0,10	10,01	-0,21	-0,70	** ,10
PL x ITGU	0,10	0,49	-0,05	-0,23	652,03
PL x DPV	0,10	23,63	-0,37	-0,78	** ,01

\*\* : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

X e Y: desvios médios

Cov (X,Y): covariância de X e Y.

As correlações positivas de Person entre a produção de leite e as variáveis Prec e URm, para as raças Saanen e Anglonubiana, apresentadas nas tabelas (1 e 2) indicam aumento na produção de leite durante os períodos mais chuvosos (figura 1). Já os valores negativos das correlações demonstram que, com o aumento das variáveis: Tm, Tmax, Rg, ITU, Tg, ITU e DPV para Saanen e Tm, Tx, Tg e DPV para Anglonubiana, ocorre uma diminuição da produção de leite. BRASIL et al. (2000) em estudos com cabras Alpinas expostas a ambiente termoneutro e estressante em câmaras climáticas, cita a associação de variáveis (Temperatura 33°C e UR 70%), como principal responsável pela menor produção de leite em ambiente estressante.

No conjunto das variáveis que apresentaram significativas contribuições negativas e positivas para produção de leite de Cabras Saanen (Prec, Tm, Tx, URm, Rg, ITU, Tg, ITGU e DPV) e Anglonubiana (Prec, Tm, Tx, URm, Rg, Tg e DPV), houve forte correlação entre elas, ou seja, uma variável sendo explicada e/ou influenciada por uma ou mais variáveis do conjunto. Buscando evitar fontes de erro ou incoerências nos resultados procedeu-se o diagnóstico de multicolinearidade, que avaliou a existência de inter-relação entre as variáveis estudadas (variáveis independentes). Como resultado da análise restaram para a raça Saanen: (Prec), (Tx), (Rg) e (URm) e para Anglonubiana: (Prec), (Tx) e (URm) (Figura 1 e Tabela 3). Esta avaliação é fundamental para que tenha uma estimativa segura e gere uma interpretação apropriada, quando se avalia a associação entre os caracteres (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Com exceção da radiação global que foi significativa apenas para a raça Saanen, os resultados apresentados nos gráficos da figura 1, demonstram respostas fisiológicas semelhantes para ambas as raças, onde aumentos na temperatura máxima promoveu decréscimo da produção de leite no período de pico e acréscimo de produção quando submetidos a aumentos de precipitação e umidade relativa média.

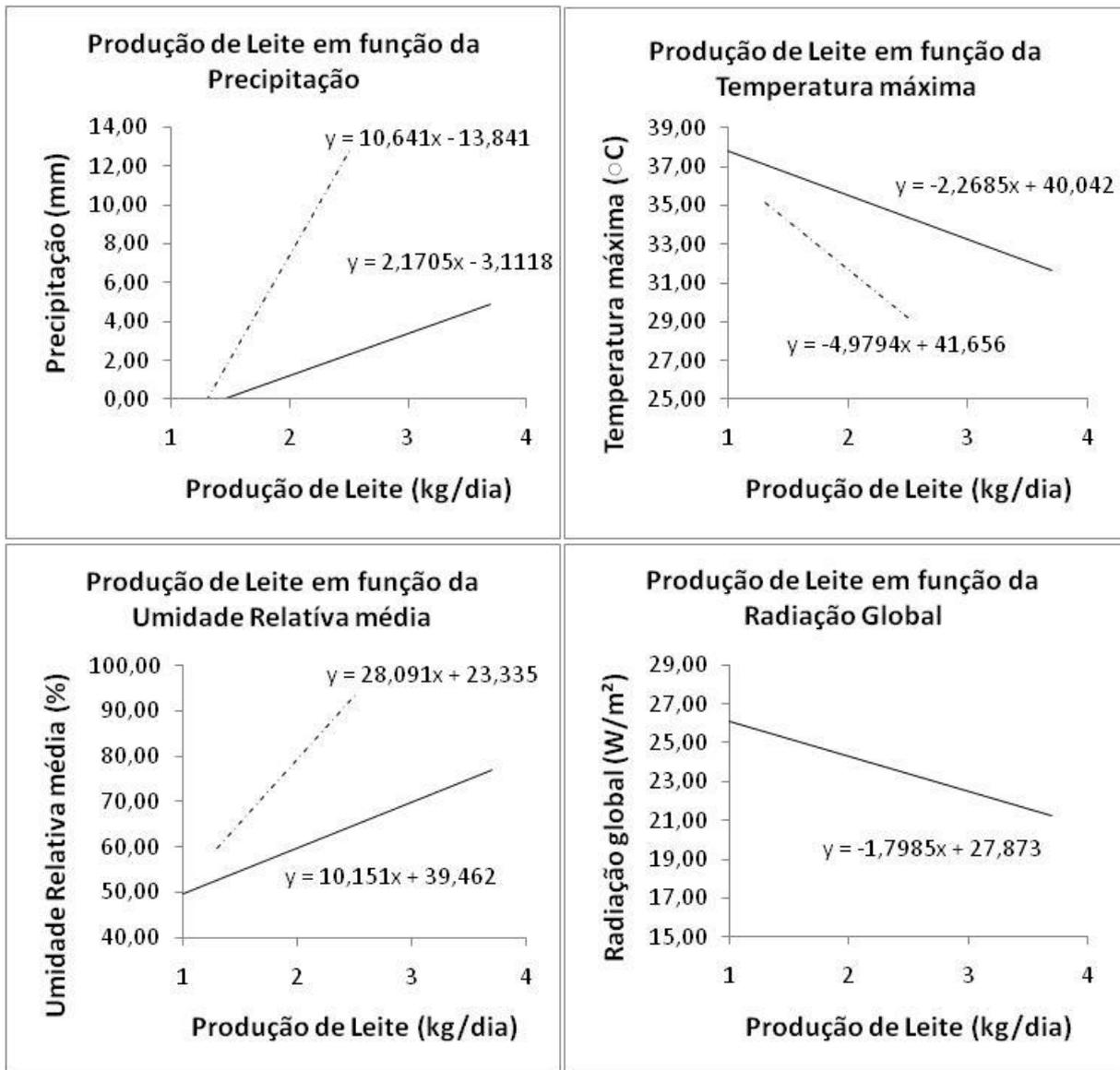


FIGURA 1 – Gráficos da produção de leite, durante o período de pico, em função da precipitação, temperatura máxima, umidade relativa e radiação global, para as raças Saanen (—) e Anglonubiana (-.-.-.-.).

O uso de índices desenvolvidos originalmente para humanos e bovinos, comumente utilizado para quantificar condições de estresse em caprinos como ITU proposta por THOM (1959) e ITGU proposto por BUFFINGTON et al. (1977) não se mostrou adequado para quantificar estresse em caprinos, não mostrando contribuição significativa da sua variação sobre a produção de leite de cabras Anglonubiana (Tabelas 2) e apresentando para Saanen alto grau de multicolinearidade, ou seja, inter-relação com outras variáveis

(Tabelas 1 e 3). Isso ocorreu, uma vez que, diferentemente dos estudos desenvolvidos com bovinos por THOM (1959) e BUFFINGTON et al. (1977) o aumento da (URm) implicou no aumento da produtividade.

Em análise aos desdobramentos dos coeficientes de correlação, em efeitos diretos e indiretos, resultantes da análise de trilha (Tabela 3) é possível verificar que a produção de leite das raças Saanen e Anglonubiana sofreu maior influência da temperatura máxima.

TABELA 3. Desdobramento das correlações dos efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas: precipitação, temperatura máxima, umidade relativa média e radiação global, sobre a produção de leite de cabras Saanen e Anglonubiana.

VARIÁVEL METEOROLÓGICA	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	
	SAANEN	ANGLONUBIANA
<b>Precipitação</b>		
Efeito direto sobre a produção de leite	-0,12	0,38
Efeito indireto via temperatura máxima	1,16	0,58
Efeito indireto via umidade relativa média	-0,41	-0,25
Efeito indireto via radiação global	-0,03	
<b>Total</b>	0,61	0,72
<b>Temperatura máxima</b>		
Efeito direto sobre a produção de leite	-1,52	-0,79
Efeito indireto via precipitação	0,09	-0,28
Efeito indireto via umidade relativa média	0,49	0,29
Efeito indireto via radiação global	0,04	
<b>Total</b>	-0,90	-0,78
<b>Umidade relativa média</b>		
Efeito direto sobre a produção de leite	-0,52	-0,30
Efeito indireto via precipitação	-0,91	0,31
Efeito indireto via temperatura máxima	1,45	0,75
Efeito indireto via radiação global	-0,27	
<b>Total</b>	0,81	0,77
<b>Radiação global</b>		
Efeito direto sobre a produção de leite	0,47	
Efeito indireto via precipitação	0,71	
Efeito indireto via umidade temperatura máxima	-1,16	
Efeito indireto via umidade relativa média	0,07	
<b>Total</b>	-0,74	
Coefficiente de determinação	0,80	0,66
Efeito da variável residual	0,45	0,58

As correlações positivas totais de (0,61) e (0,72) da influência da precipitação sobre a produção de leite de cabras Saanen e Anglonubiana indicaram ainda que maiores índices de pluviosidade representaram maior produção de leite (Tabela 3). Em regiões com umidade relativa baixa, a precipitação favorecerá o aumento da umidade relativa do ar e conseqüentemente proporcionará o efeito do resfriamento do ambiente onde se verifica uma tendência positiva da produção de leite em função da chuva, também observado por (LALONI et al., 2004) em estudos com vacas em pastoreio. Assim sendo a utilização do resfriamento adiabático artificial pode então ser uma alternativa a ser testada com o objetivo de se obter incremento de produtividade de leite caprino Saanen e Anglonubiana.

Apesar da precipitação proporcionar ganhos de produtividade, o efeito direto da pluviosidade sobre a produção de leite de cabras Saanen apresentou valor pequeno e negativo (-0,12) diferentemente das cabras Anglonubiana que apresentou o valor de (0,38), significando uma maior tolerância das cabras Anglonubiana às precipitações.

Em ambas as raças o aumento da temperatura máxima representou um decréscimo na produção de leite com respectivos coeficientes de correlação total de (-0,90) e (-0,78) para Saanen e Anglonubiana. A temperatura máxima foi também a variável que apresentou maior contribuição direta sobre a produção de leite com (-1,52) para Saanen e (-0,79) Anglonubiana (Tabela 3). De acordo com SILVA, et al. (2010), quando ocorre uma elevação acentuada na temperatura do ar, animais utilizam-se de mecanismos termorregulatórios, aumentando, por exemplo, a perda de calor na forma insensível através da sudorese e respiração. Nestas situações, quando a termogênese é maior que a termólise pelos animais, todas as fontes que geram calor endógeno são inibidas, principalmente o consumo de alimento e o metabolismo (SOUZA et al., 2008a).

Pode-se observar pelos dados apresentados na tabela 3 a sensibilidade de ambas raças às altas temperaturas. A sensibilidade de pequenos ruminantes a ambientes estressantes já havia sido comprovada em estudos sobre respostas fisiológicas de: caprinos

e ovinos em confinamento a céu aberto de TURCO et al. (2004) e caprinos de diferentes grupos genéticos SOUZA et al. (2008b) em condições climáticas do semiárido do Nordeste, onde foi demonstrada uma forte tendência de perda de produtividade com o aumento da temperatura máxima. MEDEIROS et al. (2008) estudando as reações fisiológicas de caprinos das raças Anglonubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e em ambiente parcialmente sombreado, observaram também, a forte influência da temperatura sobre a produtividade desses animais, revelando ainda maior sensibilidade de cabras Saanen ao estresse térmico. Porém em estudos com animais Saanen, PEREIRA et al. (2011) observou que quando estes foram submetidos a temperaturas acima da faixa considerada limite (20 a 30 °C) por BAÊTA & SOUZA (1997), os animais apresentaram uma elevada capacidade de dissipação de calor, mantendo-se dentro da normalidade as temperaturas retais, antes e depois do estresse calórico.

Constantemente apontada com uma variável responsável pelo decréscimo na produção de leite (TURCO et al, 2004; SOUZA Jr. et al., 2008) o aumento da Umidade Relativa média (URm) representou aumento de produtividade de leite com coeficiente de correlação para raças Saanen e Anglonubiana de (0,81 e 0,77), respectivamente (Tabela 2).

Apesar de apresentar altos índices de correlação total, a influência da contribuição direta da Umidade Relativa sobre a produção de leite é negativa, sendo -0,52 para Saanen e -0,30 para Anglonubiana. O aumento da umidade relativa pode provocar dificuldade do animal em perder calor corporal, pois a perda de calor pela evaporação da água dos pulmões (aumento da frequência respiratória) e pela sudorese são sensivelmente diminuídos pelo aumento da umidade relativa do ar no ambiente animal (BRASIL et al. 2000). Já a explicação para influencia positiva da umidade relativa do ar sobre as raças na temperatura máxima é que em regiões semiáridas o aumento da umidade relativa esta quase sempre associado a altos índices de pluviosidade e conseqüentemente uma redução das temperaturas máximas, sendo assim a influência indireta da temperatura máxima,

sobre a produção de leite, (1,45) para Saanen e (0,75) para Anglonubiana é, para essa variável, a principal responsável pelo aumento da produtividade.

A radiação global influenciou na variabilidade da produção de leite apenas para cabras Saanen (-0,74). A maior sensibilidade da raça Saanen à radiação global, em comparação a raça Anglonubiana, foi também observada por MEDEIROS et al. (2008) que observou que cabras Saanen apresentaram frequência respiratória mais elevada do que Anglonubiana, principalmente quando expostos à radiação solar. A raça Anglonubiana apresenta características morfológicas que lhe favorece em relação a cabras Saanen como: uma menor média de espessura da capa do pelame, menor número de pêlos por unidade de área, menor comprimento médio dos pêlos, menor densidade da massa de pêlos e menor ângulo de inclinação dos pelos (MEDEIROS et al., 2008).

Os efeitos de ambientes quentes sobre a produção de leite de cabras foi também evidenciada por Brasil et al., (2000) em estudos com cabras alpinas de alta produção (2,5 kg/dia), onde as altas temperaturas efetivas e radiação solar simulada ocasionaram aos animais estresse térmico, redução na ingestão de alimentos, aumento no consumo de água, perda de peso e declínio significativo na produção de leite e seus componentes

## **CONCLUSÕES**

As variáveis meteorológicas apresentaram uma significativa contribuição para a variabilidade da produtividade de leite das raças Saanen e Anglonubiana no semiárido brasileiro, sendo a temperatura máxima, aquela com maiores efeitos direto e indireto, de modo que o seu aumento induziu a redução da produção diária de leite dos animais.

O uso dos índices ITU e ITGU proposta por THOM (1959) e BUFFINGTON et al. (1977) não se mostraram adequados para quantificar o estresse em cabras Saanen e Anglonubiana no semiárido do Nordeste.

**REFERÊNCIAS**

- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. *Ambiência em edificações rurais conforto térmico*. Viçosa, UFV. Universidade de Viçosa. 1997. 246p.
- BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S.; RIBAS, NEWTON POHL. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça holandesa durante o verão. *Rev. Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 26, n. 1, p.115-122, 2004.
- BERRY, I. L.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. *Transactions of the ASAE*, v.3, p.329-331, 1964.
- BRASIL, L. H. A.; WECHESLER, F. S.; BACCARI JR, F.; 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*, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1632-1641, 2000.
- BUFFINGTON, C. S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. *Black globe humidity comfort index for dairy cows*. St. Joseph: ASAE, 19p. 1977.
- CABRAL, P.D.S. SOARES, T. C. B.; LIMA, A. B. P.; SOARES, Y. J. B.; SILVA, J. A. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 1, p. 132-138, jan-mar, 2011.
- CRUZ, C.D. *Programa genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p. 2001.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas*. Viçosa: UFV, 585p. 2003.
- CRUZ, C.D; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*, 2 ed. Viçosa: UFV, 390p. 1997.

- FERNANDES, A.A.O.; MACHADO, F.H.F.; FIGUEIREDO, E.A.P.; SHELTON, M.; Pant, K. P.. Efeito do cruzamento sobre o crescimento de caprinos no Ceará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 20(1):109-114, 1985.
- LALONI, L. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M.; PEREIRA, D. F.; PINHEIRO, M. G.. Índice de previsão de produção de leite para vacas Jersey. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal. 24, n.2, 2004.
- LIMA, L. D., Monte, K. A., Militão, V. B. *Nordeste em mapas 2012*. Fortaleza. Banco do Nordeste, 2012.
- MEDEIROS, L.F.D.; VIEIRA, 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 Anglonubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e em ambiente parcialmente sombreado. *Boletim de Indústria Animal*. v.65, n.1, p.07-14, 2008.
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. *Introduction to linear regression analysis*. New York: John Wiley & Sons, 504p. 1981.
- PEREIRA, G. M.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. M. A.; ROBERTO, J. V. B.; SILVA, C. M. B. A. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no semiárido paraibano. *Revista Verde*, v.6, n.1, p. 83 – 88, 2011.
- RIOS, S.A.; BOREM, A.; GUIMARÃES, P. E. O.; PAES, M. C. D. Análise de trilha para carotenóides em milho. *Revista Ceres*. vol.59, n.3, pp. 368-373. 2012.
- SANTOS, F.C.B.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P.; CEZAR, M.F.; PIMENTA FILHO, E.C.; ACOSTA, A.A.A.; SANTOS, J.R.S. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semiárido do Nordeste brasileiro. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, n.1, p.142-149, 2005.
- SILVA, E.M.N.; SOUZA B.B.; SOUSA O. B.; SILVA G.A.; FREITAS M.M.S. 2010. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. *Revista Caatinga*, Mossoró, 23(2):142-148.

SILVA, F.L.R.; FIGUEIREDO, E.A.P.; SIMPLÍCIO, A.A.; BARBIERE, M. E.; ARRUDA, F.A.V.. Parâmetros genéticos e fenotípicos para pesos de caprinos nativos e exóticos criados no Nordeste do Brasil, na fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 22(2): 350-359. 1993.

SILVA, R. A. *Caprinocultura-Mundo, Brasil e Paraná*. Governo do Estado do Paraná. Paraná, 2003.

SOUSA JR, S. C.; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M.; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M.. Características Termorreguladoras de Caprinos, Ovinos e Bovinos em Diferentes Épocas do Ano em Região Semi-Árida. *Revista Científica de Produção Animal*. v.10, n.2, p.127-137, 2008.

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 semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.275-280, 2008a.

SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; SILVA, R. M. N.; CEZAR, M. F.; SANTOS, J. R. S.; SILVA, G. A. Respostas fisiológicas de caprinos de diferentes grupos genéticos no semi-árido paraibano. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p. 314-320, 2008b.

SUASSUNA, J. *Caprinos numa Pecuária necessária no Semiárido nordestino*. 2003. Disponível em:< <http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/cabra.html>>, Acesso em 04 de abril de 2013.

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

TURCO, S.H.N.; ARAÚJO, G.G.L.; BADE, P.L.; SANTOS, L. F. C.; SILVA, T. G. F.. *Respostas Fisiológicas de caprinos e ovinos em confinamento a céu aberto, nas condições climáticas do semi-árido nordestino*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA,41, 2004, Campo Grande, Anais..., Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

TURCO, S.H.N. SILVA, T. G. F. DA; OLIVEIRA, G. M. DE; LEITÃO, M. M. V. B. R.; MOURA, M. S. B. DE; PINHEIRO, C.; PADILHA, C. V. S.. *Estimating black globe temperature based on meteorological data*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING; BRAZILIAN CONGRESS OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37.; INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM - ILES, 8., 2008, Foz do Iguaçu. Technology for all: sharing the knowledge for development: Proceedings... Foz do Iguaçu: SBEA, 1 CDROM. 2008.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV, 2000. 448p.

WRIGHT, S. Correlation and causation. *Journal Agriculture Research*, Collingwood, v.20, p.557-585, 1921.

## 5. CAPÍTULO 2

### ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA CAPRINOS LEITEIROS NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo estabelecer o zoneamento bioclimático da produção de leite de cabras Saanen e Anglonubiana, durante o período de pico no Nordeste do Brasil e quantificar os impactos das variações climáticas resultantes da inclusão dos cenários A2 e B2 do IPCC. A Tmax foi variável utilizada na elaboração dos modelos, sendo o modelo sigmoidal utilizado para a raça Saanen e potencial para Anglonubiana. Os dados históricos da Tmax foram originados ou estimados a partir de dados de 1857 postos de observação do Nordeste. As projeções futuras da produção de leite foram realizadas com base nos cenários B2 e A2 do IPCC. A espacialização da produção de leite foi dividida em quatro categorias (0-1,0; 1,0-2,0; 2,0-3,0 e 3,0-4,0Kg/dia). Para geração dos modelos e mapas dos cenários atual, B2 e A2, foram utilizados os programas Sigmaplot V.10 e ArcGIS 9.3 respectivamente. Maranhão e Piauí foram os estados a apresentar maior limitação a produção de leite de Saanen e Anglonubiana, enquanto que, Agreste de Pernambuco Chapada Diamantina, e Sudoeste e Extremo Sul da Bahia foram as regiões a apresentar maior potencial a exploração da atividade.

**Palavras-chaves:** Ambiência animal, estresse, modelagem, mudanças climáticas.

*Artigo conforme modelo da revista Engenharia Agrícola*

## **BIOCLIMATIC ZONING FOR DAIRY GOATS IN THE REGION NORTHEAST OF BRAZIL**

**ABSTRACT:** The present study aimed to establish the bioclimatic mapping of milk production of goats Saanen and Anglonubiana, during the period of peak in Northeast Brazil and quantify the impacts of climate variations resulting from the inclusion of scenarios A2 and B2 of IPCC. The Tx was the variable used in the elaboration of the models, being the sigmoidal model used for Saanen and potential for Anglonubiana. The historical data of Tx were originated or estimated from data of 1857 observation posts of Northeast. The future projections of milk production were based on scenario A2 and B2 IPCC. The spatialization of milk production was divided into four categories (0-1.0, 1.0-2.0, 2.0-3.0 and 3.0-4.0 kg/day). To develop the model and maps of current scenarios, A2 and B2, were used software Sigmaplot and ArcGIS respectively. Maranhão and Piauí were the states to had higher limitation in the milk production of Saanen goats and Anglonubiana, whereas, Agreste of Pernambuco, Chapada Diamantina and Southwest and Southern Bahia were the regions to have higher potential in the activity exploration.the activity.

**Keywords:** Ambience animal, stress, modeling, climate change.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável de qualquer atividade produtiva passa obrigatoriamente pelo planejamento de suas ações. Nesta linha, o zoneamento bioclimático apresenta-se como importante ferramenta a ser utilizada na etapa de escolha das áreas a serem exploradas, identificando regiões com potencialidade para exploração de uma determinada atividade produtiva, bem como aquelas com risco climático para a atividade. Assim a expansão de áreas para a produção animal deve ser realizada levando em consideração o conhecimento das condições climáticas da região em estudo, a fim de se evitar o insucesso da atividade.

As variáveis climáticas são constantemente apontadas como um dos principais fatores responsáveis pelos níveis de produção de atividades agrícolas, assim o conhecimento da influência do clima sobre a produtividade animal tem sido alvo de estudo de vários pesquisadores (TURCO et al., 2006; SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2009), isso porque o conhecimento das condições climáticas é estratégico para determinação de manejos produtivos, escolha de raças, instalações e controle de doenças.

O zoneamento bioclimático para caprinocultura leiteira na região Nordeste, que possui maior rebanho caprino do Brasil, representa um importante avanço para a atividade, uma vez que, a região possui alta incidência de radiação solar e altas temperaturas, impondo durante praticamente todos os meses do ano, situações de desconforto térmico aos animais. Este fato obriga aos animais utilizarem mecanismos fisiológicos, que, embora permitam a termorregulação aos animais, podem trazer reflexos negativos à saúde, às funções produtivas e ao bem-estar dos mesmos (FAÇANHA et al., 2009).

Assim a identificação das áreas com potencial para desenvolvimento da atividade favorece a estabelecimento de criações em condições climáticas favoráveis, que aliada a um adequado manejo, permitirá ao animal expressar o seu máximo potencial genético.

Na tentativa de estabelecer critérios para a classificação dos diferentes ambientes que os animais ou seres humanos estão submetidos, foram desenvolvidos os índices de conforto térmico. Assim, HOUGHTON & YAGLOU (1923) iniciaram o estudo acerca de índices térmicos, onde utilizaram humanos para comparar sensações térmicas instantâneas, experimentadas em diversos ambientes obtendo o Índice de Temperatura Efetiva (ITE). Anos após, THOM (1959) desenvolveu um índice de conforto térmico também para humanos, o índice de temperatura e umidade (ITU), que até hoje é muito utilizado para descrever o conforto térmico de animais e seres humanos, por combinar em um único valor, os efeitos da temperatura e umidade relativa do ar.

A ausência de índices específicos para caracterizar o desconforto térmico dos animais é que leva autores a utilizar esses índices de conforto de outras espécies (LIMA et al., 2009; SARUBBI et al., 2010), uma vez que, com exceção de bovinos, não há índices térmicos desenvolvidos para maioria das espécies exploradas hoje economicamente.

A prática da utilização de índice de outras regiões e animais pode não representar fielmente os verdadeiros efeitos do clima sobre o animal, por isso o desenvolvimento de índices ou modelos que quantifiquem o conforto dos animais para cada uma das espécies é hoje um dos principais desafios a ser enfrentado por pesquisadores da área de ambiência, a fim de se ter uma exploração cada vez mais sustentável.

A dificuldade de realização de estudos de zoneamento bioclimático passa pelo grande volume de dados a ser coletados a fim de se obter resultados confiáveis e abrangentes, uma vez que, em geral as informações, para o caso do Brasil, frequentemente se encontram dispersos em variadas fontes e formatos (FERNANDES et al., 2004).

Desta forma, este estudo teve o objetivo de estabelecer o zoneamento bioclimático da produção de leite de caprinos, durante o período de pico, das raças Saanen e Anglonubiana, no Nordeste do Brasil e quantificar os impactos das variações climáticas

resultantes da inclusão dos cenários SRES IPCC B2 e A2 (NAKICENOVIC et al., 2000) sobre a produção leiteira.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração dos mapas bioclimático da espacialização da produção de leite, foram utilizadas as variáveis apontadas pelo capítulo anterior como responsáveis pela variação da produção de leite no período de pico de cabras Saanen (Prec, Tx, Rg e URm) e Anglonubiana (Prec, Tx e URm) (PEQUENO et al., 2013).

Com as contribuições de cada uma das variáveis foram elaborados os modelos de produção de leite, durante o período de pico, para ambas as raças. Após sucessivos testes, através do software Sigmaplot versão 10. Em ambas os modelos gerados a temperatura máxima foi a única variável utilizada para descrever a influência das variáveis climáticas sobre produção de leite.

Os dados históricos de temperatura máxima (Tmax) utilizados são originados de 1857 postos de observação distribuídos por toda área do Nordeste. Sendo 74 correspondentes às estações meteorológicas principais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os demais (1783) são postos pluviométricos oriundos da Rede Hidrometeorológica da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Devido os 1783 postos apresentarem apenas dados de precipitação, os valores das temperaturas máximas do ar (Tmax), foram estimados a partir dos dados geográficos (latitude,  $\varphi$ ; longitude,  $l$ ; altitude,  $h$ ) e da equação de regressão proposta por CAVALCANTI & SILVA (1994), representada por meio da seguinte expressão:

$$T_i = A_0 + A_1\lambda + A_2\varphi + A_3h + A_4\lambda^2 + A_5\varphi^2 + A_6h^2 + A_7\lambda\varphi + A_8\lambda h + A_9\varphi h \quad (1)$$

em que,

$\varphi$  = latitude, em graus decimais negativos;

$\lambda$  = longitude, em graus decimais negativos;

h = altitude, em metros;

A0, A1,..., A9 = os coeficientes de regressão obtidos por meio do método dos mínimos quadrados e os valores variam de acordo com o mês i (janeiro, fevereiro,..., dezembro).

As projeções da produção de leite, para cenários de mudanças climáticas, foram realizadas com base nos cenários B2 (mais otimistas) e A2 (mais pessimista), segundo classificação do IPCC, como descrito por NAKICENOVIC et al. (2000). Os dados aqui utilizados são provenientes do modelo acoplado do Hadley Centre for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM3), descrito em GORDON et al. (2000). O modelo de circulação geral atmosfera-oceano HadCM3 foi desenvolvido no Hadley Centre e sua componente atmosférica tem 19 níveis com uma resolução horizontal de  $2,5167^\circ$  de latitude e  $3,75^\circ$  de longitude, que produz uma grade global de  $96 \times 73$  células. Isto é equivalente a uma resolução de superfície de aproximadamente  $417 \text{ km} \times 278 \text{ km}$  no Equador, reduzindo até  $295 \text{ km} \times 278 \text{ km}$  em  $45^\circ$  de latitude. A componente oceânica do HadCM3 tem 20 níveis com uma resolução horizontal de  $1,25^\circ \times 1,25^\circ$ .

Os dados de anomalias de temperatura máxima obtidas pelo modelo HAdCM3 foram incorporados aos valores de Tmax do banco de dados climáticos dos 1857 postos de observação. Esse procedimento foi adotado em virtude do banco de dados elaborado possuir um número e distribuição de postos de observação bastante expressivo, permitindo com isso realizar estudos suficientemente detalhados, especialmente para áreas de grande extensão (SEDIYAMA et al., 1998; SILVA et al., 2007), como é o caso do Nordeste do Brasil.

A espacialização da produção de leite foi dividida em cinco categorias (0-1,0Kg/dia, 1,0-2,0Kg/dia, 2,0-3,0Kg/dia, 3,0-4,0Kg/dia, 4,0-5,0Kg/dia).

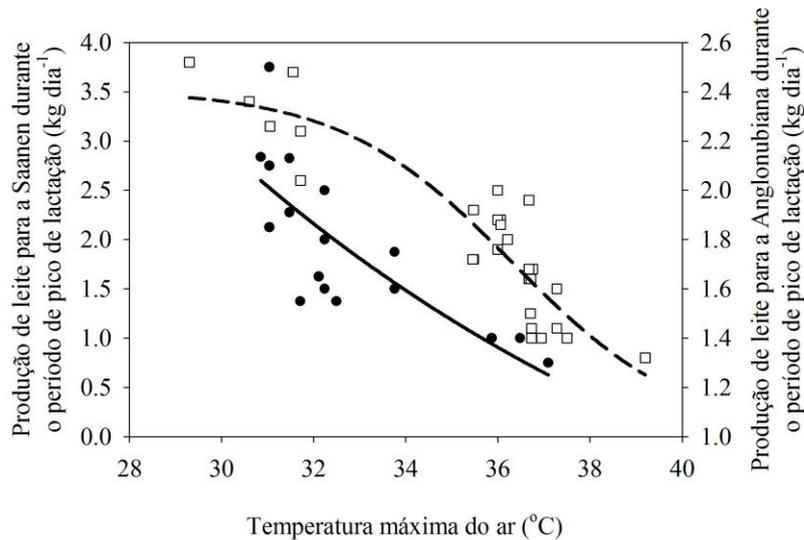
A distribuição espacial dos valores da Tmax foi obtida por meio da geração de mapas utilizando o software ArcGis 9.3. Utilizou-se o método de interpolação denominado

“krigagem ordinária” utilizado por CECÍLIO et al. (2012) em estudos da espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico e por CARVALHO et al. (2012) em estudos da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude e o modelo esférico sugerido por SILVA et al. (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No figura 1 estão apresentados os modelos para estimativa da produção de leite, em função das temperaturas máximas, para caprinos leiteiros das raças Saanen e Anglonubiana. Os modelos não-lineares utilizados, Sigmoidal para Saanen e Potencial pra Anglonubiana, foram os que melhor se adequaram aos dados estudados, uma vez que, apresentaram melhor ajuste da curva, comportamento da curva compatível com a realidade e maior  $R^2$ . De acordo com SEBER & WILD (1989) os modelos não-lineares ou mecanísticos permitem uma melhor relação teórica entre as variáveis de interesse. RIBEIRO & FILHO (1999), estudando os efeitos do ambiente na forma da curva de lactação de cabras mestiças no estado da Paraíba, propôs a utilização da função Gama Incompleta, na sua forma normal e linearizada. O modelo gerado com apenas uma variável (Tmax) permitirá a maior utilização do modelo por criadores, técnicos e pesquisadores, devido à facilidade de obtenção e aplicação dos dados.

Em ambas as raças o aumento da temperatura máxima representou decréscimo na produção de leite. Para a Saanen pode-se observar um comportamento sigmoidal, onde a produção decai levemente até 33 °C e a partir desta temperatura as produtividade sofrem um decréscimo acentuado, diferente do comportamento do gráfico de produção de leite da Anglonubiana que decresce, quase que de forma constante com o aumento da temperatura.



$$pl(\text{pico-Saanen}) = 3,5217 / (1 + \exp(-(\text{tmáx} - 36,3284) / -1,8754)) \quad R^2 = 0,81$$

$$pl(\text{pico-Anglo}) = 22,9032 \times 0,9246^{\text{tmáx}} \quad R^2 = 0,62$$

FIGURA 1. Modelos para estimativa da produção de leite, em função das temperaturas máximas, para caprinos leiteiros da raça Saanen e Anglonubiana.

O Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Saanen, baseado nas temperaturas máximas, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil (Figura 2), aponta que a produção de leite, durante o período de pico de lactação, de janeiro a junho, em que as médias de temperatura máxima são inferiores ou iguais a 32°C, pode atingir valores acima de 3,0 kg/dia, para toda região Nordeste, estando compatível com os valores encontrados por (RANGEL et al., 2012), em estudos com cabras Saanen e Toggenburg, participantes de torneios, realizado em sete municípios do Rio Grande do Norte, onde registraram produção média de leite, durante o período de pico, de 5,4 kg/dia.

Entre os meses de agosto a dezembro há uma tendência de queda na produtividade em alguns estados do Nordeste, devido ao aumento da temperatura máxima, ficando a produção de leite, durante o período de pico de lactação, limitada a 3,0 litros/dia, sendo o Maranhão, Piauí e Ceará, além do oeste da Bahia, durante os meses de Agosto e Setembro e Oeste de Pernambuco durante os meses de outubro a dezembro, os estados e regiões que

mais sofrem com perda de produtividade devido o efeito da temperatura máxima sobre a produção de leite.

Apesar do aumento de temperatura, no período que vai de agosto a dezembro, proporcionar o decréscimo na produção de leite nos estados do Maranhão, Ceará e Piauí, o zoneamento apresentado demonstrou a capacidade produtiva da raça Saanen no clima semiárido do Nordeste, com produção de leite no período de pico podendo atingir valores acima de 3,0 Kg/dia durante todo o ano, semelhante aos valores de pico observado por PEREIRA et al. (2009) em Bambuí, Minas Gerais e aos valores registrados por ZAMBOM et al. (2005) em Maringá no Paraná, com cabras Saanen.

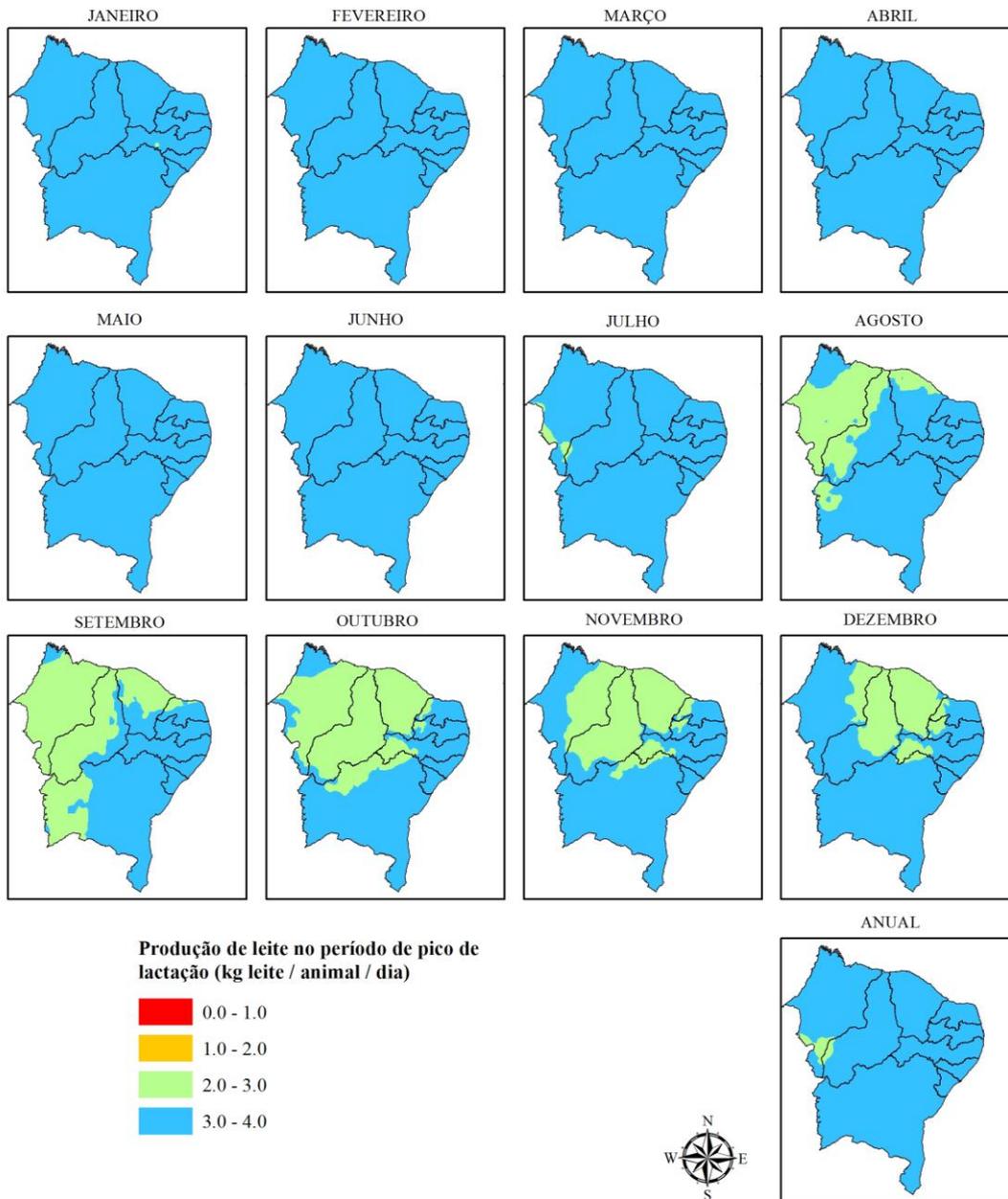


FIGURA 2. Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Saanen, baseado nas temperaturas máximas, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil.

A figura 3 apresenta o Zoneamento Bioclimático realizado com base em temperaturas máximas, estimadas para o cenário B2. As análises aqui discutidas têm como base dois cenários que são usados com maior frequência (B2 e A2), e podem ser entendidos como limítrofes entre os cenários do IPCC, como descrito por NAKICENOVIC

et al. (2000). Com o aumento das temperaturas máximas em torno de 3,8°C pode-se observar que a produtividade de leite tende a cair de forma acentuada demonstrando a sensibilidade de caprinos Saanen a temperaturas máximas acima de 33°C (Figura 3).

Neste cenário, o Maranhão e o Piauí são os estados mais propícios a sofrerem uma redução acentuada na produtividade de leite de caprinos atingindo, durante os meses de outubro a novembro, valores abaixo de 1,0 Kg/dia. Assim a utilização de instalações e sistemas de resfriamento que contornem as altas temperaturas, em regiões onde as temperaturas máximas podem ultrapassar 33°C, é essencial para manutenção da produtividade de cabras Saanen nestas regiões.

As regiões da chapada diamantina, sudoeste e extremo sul da Bahia, além do Agreste de Pernambuco e agreste de Alagoas, mesmo em cenários B2 de aumento de temperaturas, mantiveram as produções de leite por quase todo o ano na faixa de 3,0 a 4,0 Kg/dia. Demonstrando a viabilidade da criação desses animais nestas regiões a curto e médio prazo.

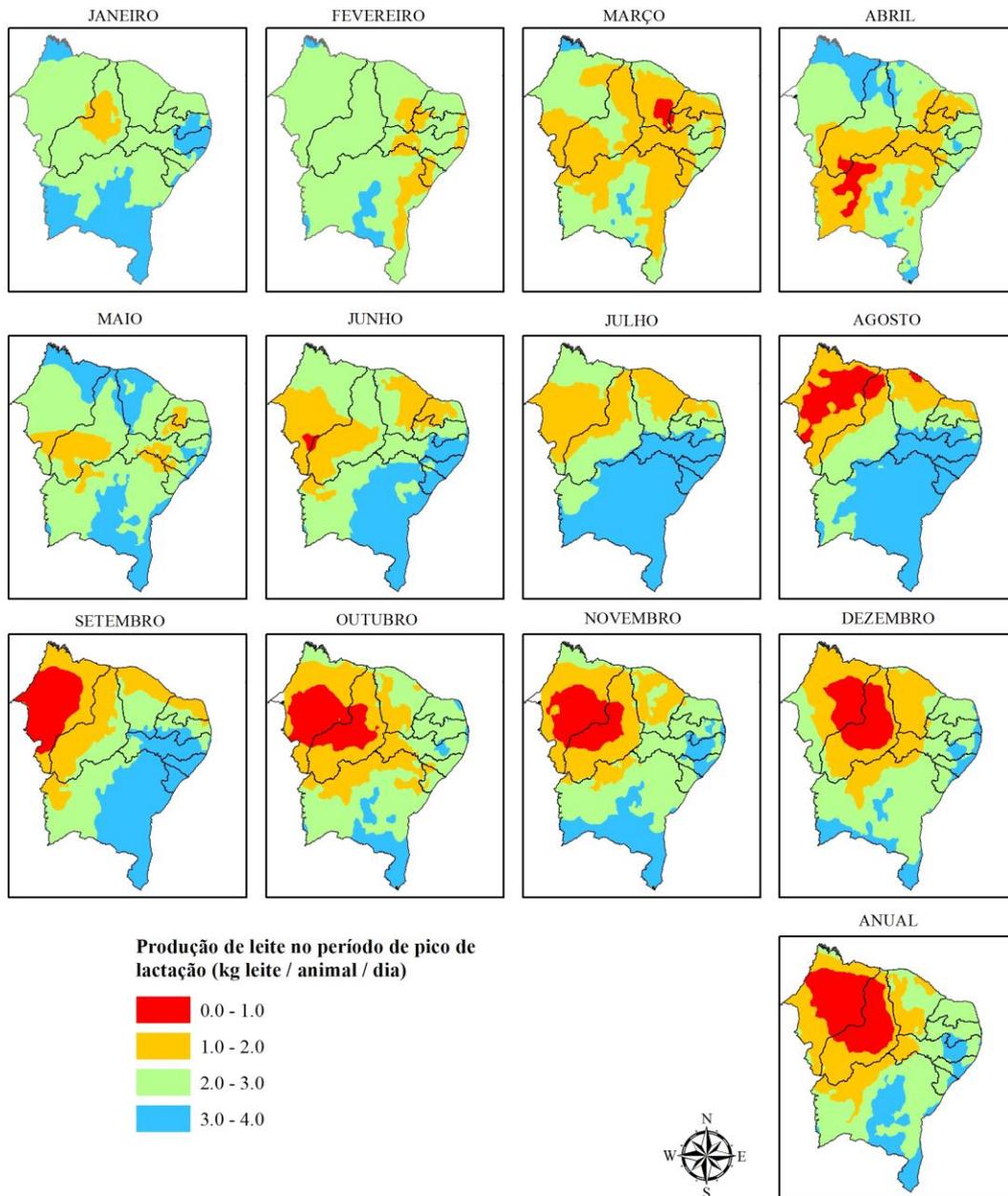


FIGURA 3. Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Saanen, baseado nas temperaturas máximas no cenário B2 do SRES IPCC, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil.

O Zoneamento Bioclimático apresentado na figura 4 foi realizado com base em temperaturas máximas, estimadas para o cenário A2, ou seja, aumentos médios de 6,8 °C. Com base no cenário A2 a produção de leite durante o período de pico de cabras Saanen

será fortemente influenciada pelos aumentos de temperatura, apresentando para os estados do Piauí e Maranhão, durante quase todo o ano, e Ceará, no período de dezembro a junho, produtividade de leite abaixo de 1,0 Kg/dia.

Em estudo sobre os impactos das variações climáticas resultantes da inclusão dos cenários B2 e A2 (SILVA et al., 2009) recomendou a adoção de técnicas de climatização, como por exemplo, sistemas de resfriamento adiabático- evaporativo (SRAE), como forma de minimizar o estresse por calor aos animais, uma vez que, o SRAE favorece o conforto térmico do animal, através da redução da temperatura ambiente resultando em maior produção de leite. Alternativas mais acessíveis como utilização de forro junto à cobertura, aumento do pé direito (SANTOS et al., 2002), telhas cerâmicas e de fibrocimento pintadas de branco na face superior (SAMPAIO et al., 2011) demonstraram-se eficientes na redução das temperaturas dentro das instalações, sendo recomendados para melhora nas condições térmicas e bem-estar dos animais.

Os estados de Alagoas e Sergipe sofreram as maiores variações na produtividade de leite ao longo do ano podendo produzir de 1,0 a 2,0 Kg/dia nos meses de março a abril até valores acima de 3,0 kg/dia no mês de setembro. Em regiões que apresentam constantes mudanças no clima, a utilização de instalações com boas características isolantes devem ser utilizadas com a finalidade principal de diminuir a ação do clima sobre o ambiente e evitar que este haja negativamente sobre a produtividade dos animais.

Mesmo em um cenário de aumento de 6,8°C nas temperaturas máximas, as regiões da chapada diamantina, sudoeste e extremo sul da Bahia e Agreste de Pernambuco manterão seus níveis de produtividades acima de 2,0 Kg/dia. O potencial para exploração leiteira nas regiões da chapada diamantina e sudoeste da Bahia e Agreste de Pernambuco, também foi observado para vacas holandesas (SILVA et al., 2008; TURCO et al., 2006), baseando-se nos valores do ITU para os meses mais quentes do ano.

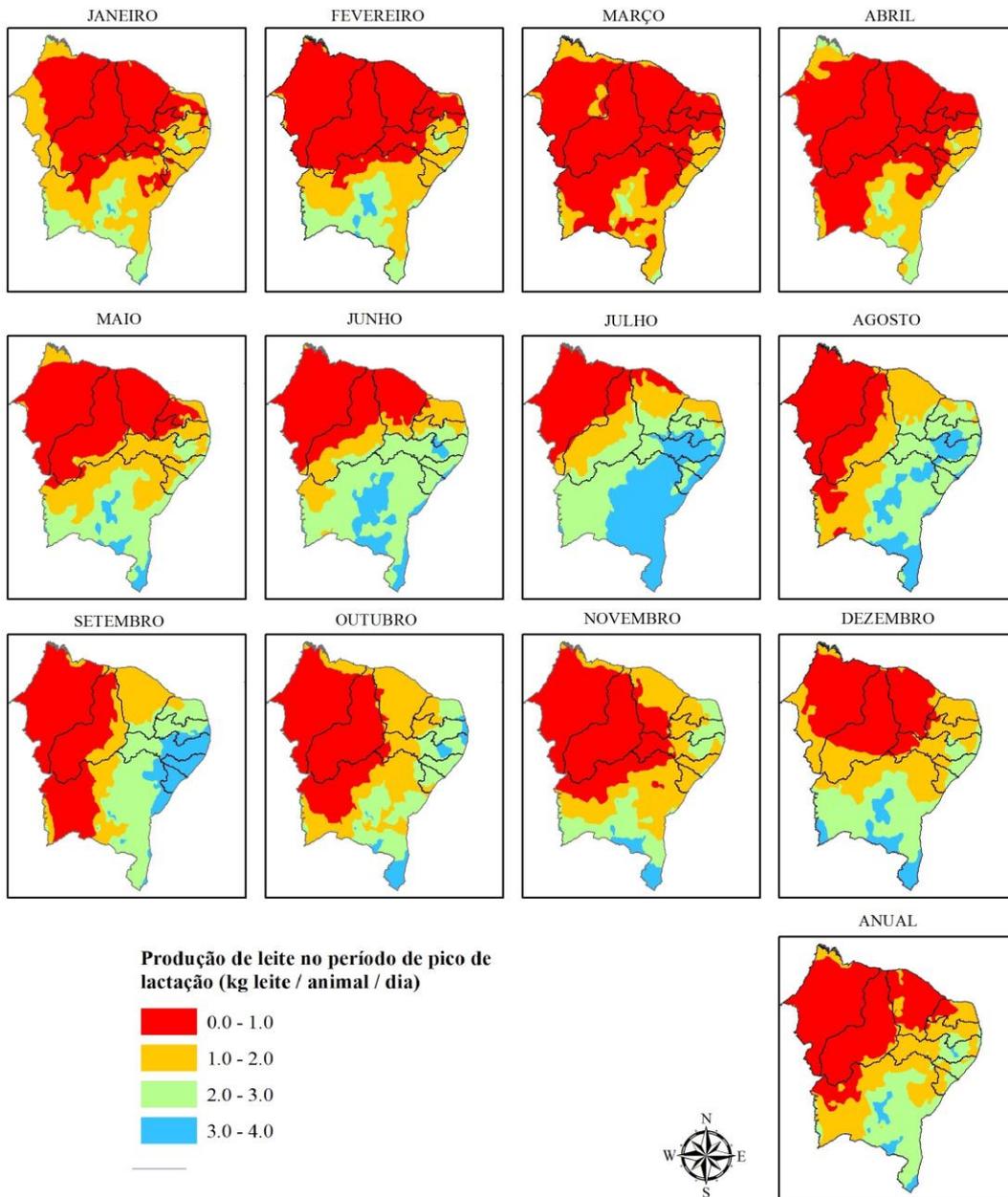


FIGURA 4. Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Saanen, baseado nas temperaturas máximas no cenário A2 do SRES IPCC, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil.

Na figura 5 está apresentado o Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Anglonubiana, baseado nas temperaturas máximas, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil. Através dos mapas gerados pode-se inferir que os menores valores de produção de leite no período de pico, são encontrados para as estimativas dos

estados do Maranhão, Piauí e Ceará, durante quase todo o ano, variando entre 1,0 e 2,0 Kg/dia. Os valores estimados estão compatíveis com os valores observados por FERREIRA & TRIGUEIRO (1998), em estudos com animais puros na microrregião do Curimataú paraibano, onde verificou produção de pico 1,825kg/dia.

Enquanto os maiores potenciais para produção de leite foram obtidos durante os meses de maio a agosto nas regiões da Chapada Diamantina, sudoeste e extremo sul da Bahia e Agreste de Pernambuco, podendo, na região da Chapada Diamantina, durante os meses de maio a agosto, atingir 4,0 Kg/dia. O potencial dessas regiões, para produção de leite, também foi evidenciada para cabras Saanen, nas simulações para cenários atuais e de mudanças climáticas A2 e B2. Da mesma forma a maior vulnerabilidade na exploração da caprinocultura leiteira nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará, também foi evidenciada no zoneamento para cabras Saanen, quando submetidas a temperaturas acima de 33°C.

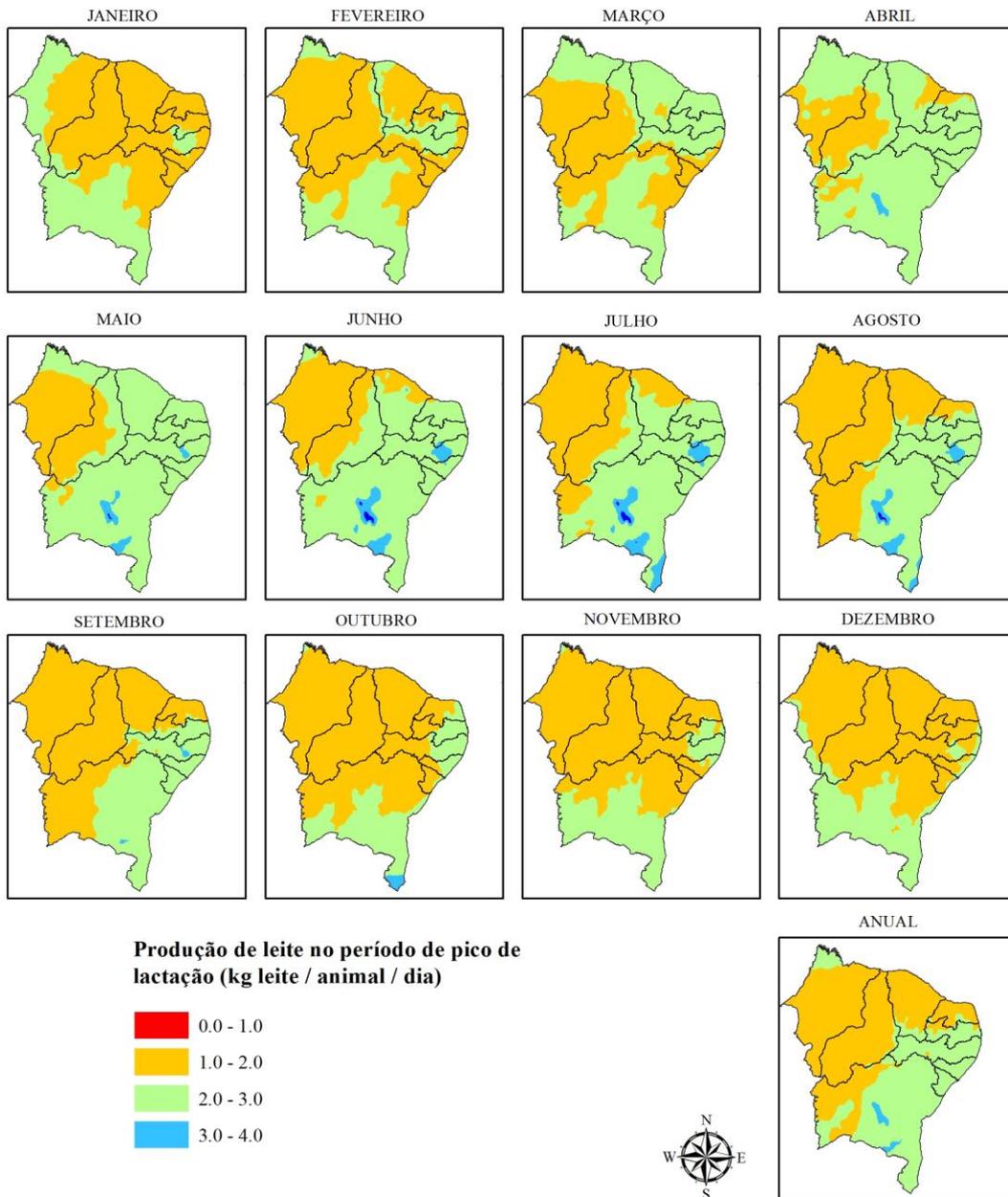


FIGURA 5. Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Anglonubiana, baseado nas temperaturas máximas, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil.

O Zoneamento Bioclimático apresentado na figura 6 foi realizado com base em temperaturas máximas, estimadas para o cenário B2, ou seja, aumentos médios de 3,5 °C. Com base neste cenário, não apenas o Maranhão, Piauí e Ceará apresentarão valores de produtividade, durante o período de pico de lactação, variando entre 1,0 a 2,0 Kg/dia, mas

todos os estados do Nordeste, com exceção das regiões da chapada diamantina, sudoeste e extremo sul da Bahia e Agreste de Pernambuco, que apesar da redução nos níveis de produtividade em relação à perspectiva atual serão as únicas regiões a apresentar produção de leite acima de 2,0 Kg/dia.

O aumento dos níveis energéticos da alimentação de animais em lactação pode ser uma alternativa para contornar os efeitos da temperatura, uma vez que, em condições de estresse pelo calor, os animais diminuem a ingestão de alimento e conseqüentemente suas taxas metabólicas, como forma de reduzir a produção interna de calor e, além disso, para manter a temperatura corporal em níveis normais, irão dissipar calor para o ambiente (TURCO et al., 2011). ZAMBOM et al. (2005) verificaram que o aumento da proporção de concentrado em relação ao volumoso da dieta de cabras Saanen resultou em efeito linear positivo na produção total de leite, onde aumento nos níveis energéticos das rações dos animais proporcionou maior produção de leite no pico de lactação e retardou o pico de lactação, acarretando maior produção de leite.

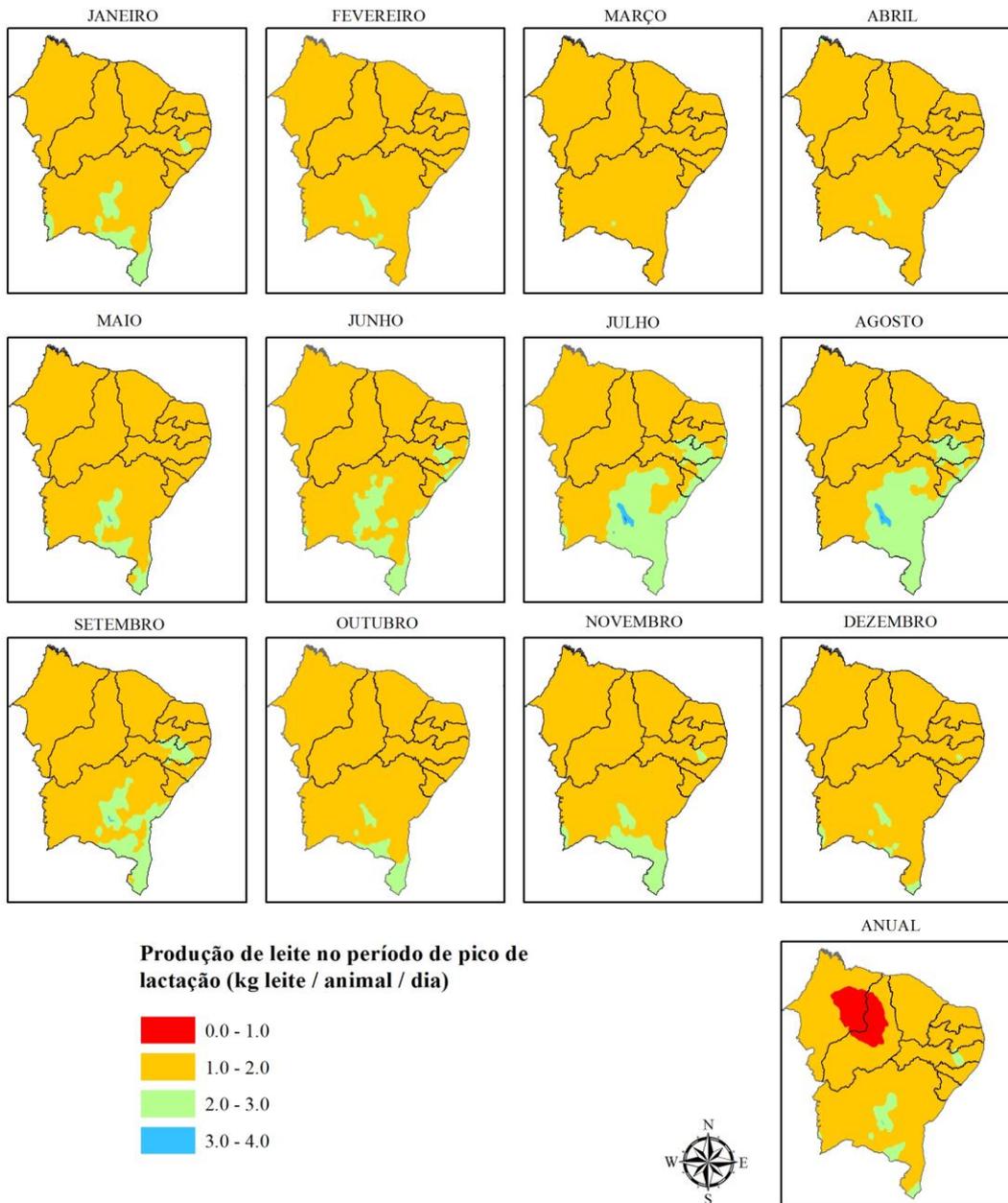


FIGURA 6. Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Anglonubiana, baseado nas temperaturas máximas no cenário B2 do SRES IPCC, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil.

Na figura 7 está apresentado o Zoneamento Bioclimático realizado com base em temperaturas máximas, estimadas para o cenário A2. Com aumento médio de 6,8 °C nas temperaturas máximas pode-se observar que, diferente da raça Saanen, apenas neste cenário, há ocorrência de regiões com produtividades inferiores a 1,0 Kg/dia revelando

uma maior resistência de animais Anglonubiano a aumentos na temperatura, sendo os estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Oeste da Bahia a apresentar maior queda na produção de leite em decorrência do aumento da temperatura máxima.

A maior sensibilidade da raça Saanen, em comparação à raça Anglonubiana, foi também observada por MEDEIROS et al. (2008) onde verificou que cabras Saanen apresentaram frequência respiratória mais elevada do que Anglonubiana, principalmente quando expostos à radiação solar, atribuindo a isso a menor média de espessura da capa do pelame, menor número de pêlos por unidade de área, menor comprimento médio dos pêlos, menor densidade da massa de pêlos e menor ângulo de inclinação dos pelos nos anglonubiano.

Mesmo em um cenário A2 as regiões da Chapada Diamantina e Sudoeste da Bahia e Agreste de Pernambuco, pode promover a produção de leite no período de pico acima de 2,0 Kg/dia durante os meses de junho a agosto. Essas regiões são conhecidas pelos expressivos rebanhos e altos índices de produtividade da bovinocultura leiteira (LIMA et al., 2012), mostraram também elevado potencial para exploração leiteira de caprinos Saanen e Anglonubiana. Entretanto os principais rebanhos de caprinos da Bahia estão concentrados nas regiões Nordeste e Baixo Médio São Francisco (MELO & OLIVEIRA, 2006), em Pernambuco na região do Sertão (LIMA et al., 2012) e os principais rebanhos leiteiros nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba (IBGE, 2006), ou seja, diferente das regiões apontadas pelo modelo com maior potencial para exploração em todo o Nordeste.

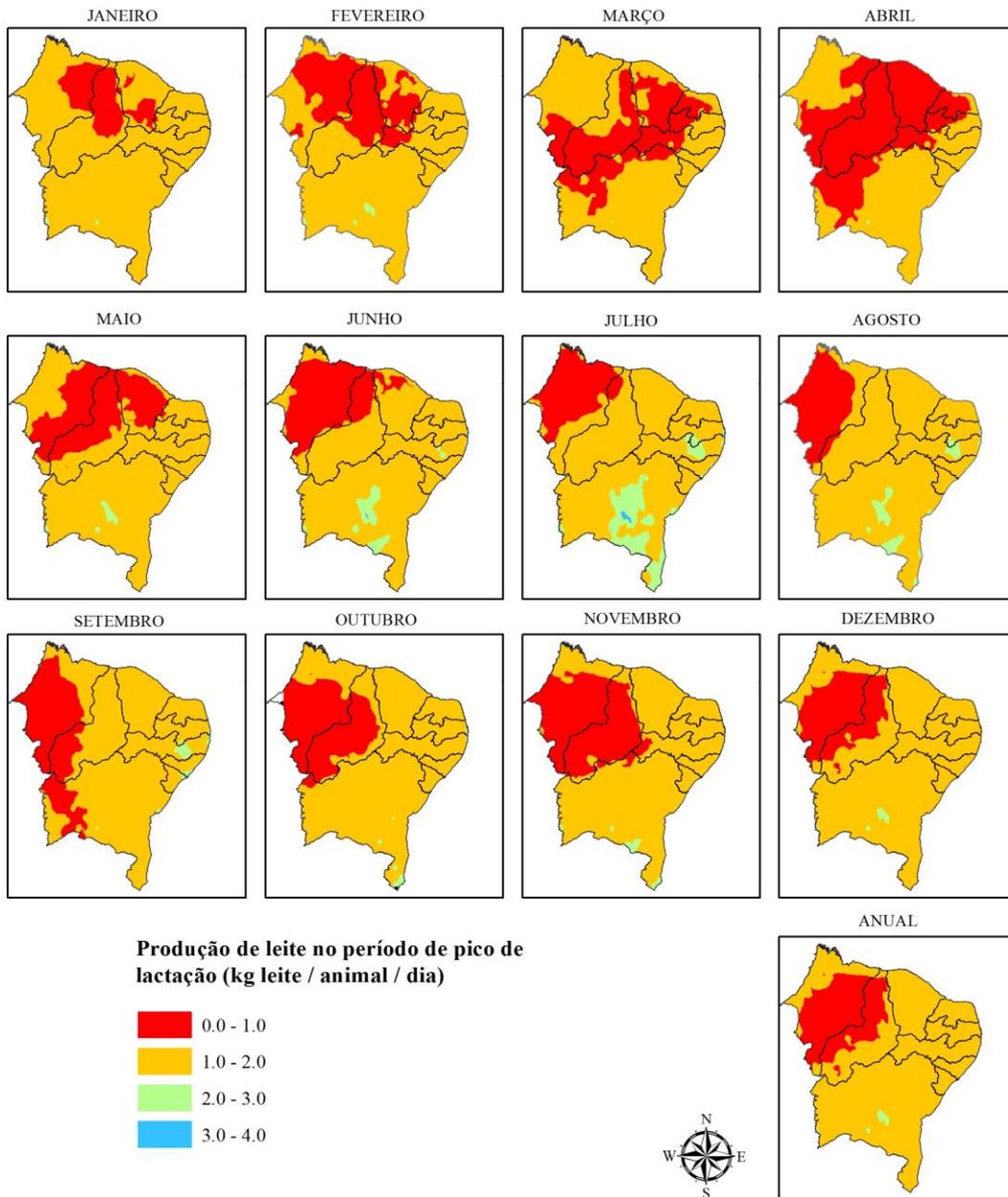


FIGURA 7. Zoneamento Bioclimático para Caprinos leiteiros da raça Anglonubiana, baseado nas temperaturas máximas, nos diferentes meses do ano para a região Nordeste do Brasil, com perspectivas pessimistas em cenários de mudanças climáticas.

Em condições de altas temperaturas, os animais lançam mão de suas diferentes respostas adaptativas, como por exemplo, diminuição do consumo alimentar, aumento da frequência respiratória e aumento do consumo de água, como mecanismos para manter-se

em homeotermia, diminuindo conseqüentemente a sua produtividade (TURCO et al., 2004), assim a capacidade de adaptação, não apenas das raças estudadas, será essencial para o sucesso da exploração da caprinocultura leiteira no Nordeste do Brasil.

Este resultado do zoneamento bioclimático para os caprinos leiteiros das raças Saanen e Anglonubiana, nos cenários B2 e A2, pode ser útil não apenas para representar os possíveis aumentos de temperaturas decorrentes de emissões de gases causadores do efeito estufa, mas mudanças climáticas ocasionadas por períodos ou fenômenos naturais como exemplo *el niño*, *la niña*, ciclo solar, ou por efeitos antrópicos locais como construção de barragens, desmatamento, pressão populacional, ou até mesmo, para estimar a produtividade em regiões com condições climáticas peculiares.

## CONCLUSÕES

Caprinos leiteiros apresentaram melhor adaptação às regiões do Nordeste com temperaturas mais amenas, a exemplo das regiões da Chapada Diamantina e Sudoeste da Bahia e Agreste de Pernambuco, que mesmo em cenários de aumento de temperatura mostraram-se propícias à exploração da atividade.

De forma geral, em análises às duas raças, Maranhão e o Piauí são os estados com menor potencial para produção de leite e os mais propícios a sofrerem uma redução acentuada na produtividade de leite, em simulações de aumento de temperatura. Sendo imprescindível a adoção de sistemas e manejos que reduzam os efeitos do clima sobre os animais.

O impacto da inclusão dos cenários de aumento de temperatura B2 e A2 do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões do IPCC foi evidenciado nas duas raças, sendo maior pra raça Saanen.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. ; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. *Pesquisa agropecuária brasileira*. vol.47, n.9, pp. 1235-1242. 2012.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. *Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais*. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, e Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, 1994, Belo Horizonte. Anais..., Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 154-157. 1994.
- CECILIO, R. A.; SILVA, K. R.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.. Método para a espacialização dos elementos do balanço hídrico climatológico. *Pesquisa agropecuária brasileira*. vol.47, n.4, pp. 478-488. 2012.
- FAÇANHA, D. A. E.; MORAIS, J. H. G.; COSTA, W. P.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVEIRA, A. J. F.; CASTRO, A. L.. Avaliação do ambiente térmico em um aprisco suspenso para caprinos. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 11, n. 2, p. 110-118, 2009.
- FERNANDES, E.N.; BRESSAN, M.; VERNEQUE, R.S. Zoneamento da pecuária leiteira da região sul do Brasil. *Cienc. Rural*, v.34, p.485-491, 2004.
- FERREIRA, M.C.C.; TRIGUEIRO, I.N.S. 1998. Produção de leite de cabras puras no Curimataú paraibano durante a lactação. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 18:56-61.
- HOUGHTON, F.C.;YAGLOU, C.P. Determining lines of equal comfort. *ASHVE Transactions*, v.29, p.361- 384. 1923.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário. 2006*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 18 de agosto de 2012.
- LIMA, K. R. S.; ALVES, J. A. K.; AEAÚJO, C. V.; JESUS, M. L. C.; FERNANDES, D. L.; TAVARES, F. Avaliação do ambiente térmico interno em galpões de frango de corte

com diferentes materiais de coberturas na mesorregião metropolitana de Belém. *Revista de ciências agrária*, Belém, n. 51, p. 37-50, jan./jun. 2009.

GORDON, C.; COOPER C.; SENIOR, C. A.; BANKS, H.; GREGORY, J. M.; JOHNS, T. C. ; MITCHELL, J. F. B.; WOOD, R.A. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics*, v.16, p.147-168, 2000.

LIMA, L. D., MONTE, K. A., MILITÃO, V. B. *Nordeste em mapas 2012*. Fortaleza-CE. Banco do Nordeste, 2012.

MEDEIROS, L.F.D.; VIEIRA, 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 Anglonubiana e Saanen mantidos à sombra, ao sol e em ambiente parcialmente sombreado. *Boletim de Indústria Animal*. v.65, n.1, p.07-14, 2008.

MELO, A. M.; OLIVEIRA, A. B. R. *Caprinocultura na Bahia*. Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. 2006.

NAKICENOVIC, N.; ALCAMO, J.; DAVIS, G.; DE VRIES, B.; FENHANN, J.; GAFFIN, S.; GREGORY, K.; GR, A.; JUNG, T. Y.; KRAM, T.; LA ROVERE, E. L.; MICHAELIS, L.; MORI, S.; MORITA, T.; PEPPER, W.; PITCHER, H.; PRICE, L.; RIAHI, K.; ROEHL, A.; ROGNER, H. H.; SANKOVSKI, A.; SCHLESINGER, M.; SHUKLA, P.; SMITH, S.; SWART, R.; VAN ROOIJEN, S.; VICTOR, N.; DADI, Z. *Special report on emission scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000*. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>>. Acesso em: 18 Março. 2013.

PEQUENO, I. D.; TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F.; FACÓ, O. *Influência das variáveis meteorológicas sobre a produção de leite, durante a fase de pico de lactação, de duas raças caprinas no semiárido do Nordeste*. In: Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro/BA, 2013. 80p.

PEREIRA, L.; VIEIRA, A. D.; ASSIS, V. D.; PAIVA, A. L. C.; TEIXEIRA, R. B.; MARTINELLE, D. *Estudo da produção de leite de caprinos da raça Saanen do IFMG – Campus Bambuí*. In: II Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG campus Bambuí e II Jornada Científica, 2009.

RANGEL, A.H.N.; PEREIRA, T.I.C.; ALBUQUERQUE NETO, M.C.; MEDEIROS, H.R.; ARAÚJO, V.M.; NOVAIS, L.P.; ABRANTES, M.R.; LIMA JÚNIOR, D.M.. Produção e qualidade do leite de cabras e torneios leiteiros. *Arquivos do Instituto Biológico*. São Paulo, v.79, n.2, p.145-151, abr./jun., 2012.

RIBEIRO, M.N.; PIMENTA FILHO, E.C. Estudo de efeitos ambientais que influem na forma da curva de lactação de cabras mestiças no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.28, n.4, p.868-874, 1999.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v.31, n.2, p. 230-236, mar./abr. 2011.

SANTOS, R.C.; TINOCO, I.F.F.; PAULO, M.O. DE; CORDEIRO, M.B.; SILVA, J.N. 2002. Análise de coberturas com telhas de barro e alumínio, utilizadas em instalações animais para duas distintas alturas de pé-direito. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.1, p.142-146.

SARUBBI, J.; ROSSI, L. A.; MOURA, D. J.; OLIVEIRA, R. A.; DAVID, E.. Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados. *Engenharia Agrícola*. vol. 30, n. 6, p. 1003-1011, nov./dez. 2010.

SEBER, G.A.F.; WILD, C. J. *Nonlinear regression*. New York: John Wiley and Sons, 1989.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C. F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.6, n.1, p. 57-61, 1998.

SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C. Estimativa e espacialização da umidade relativa do ar para os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v 15, n.1, p.14-28, 2007.

SILVA, T. G. F.; TURCO, S. H. N.; ZOLNIER, S.; MOURA, S. B.; SÁ, I. I. S. Variação Regional do Declínio da Produção de Leite no Período do Verão no Estado de Pernambuco. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.16, n.1, p.109-123, 2008.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; JUSTINO, F.; CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S. B. Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do estado de Pernambuco: análise para os cenários de B2 e A2 do IPCC. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v.24, n.4, p.489-501, 2009.

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

TURCO, S. H. N.; ARAÚJO, G. G. L.; BADE, P. L. SANTOS, L. F. C.; SILVA, T. G. L. Respostas Fisiológicas de caprinos e ovinos em confinamento a céu aberto, nas condições climáticas do semi-árido nordestino. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande, *Anais*. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F. da; SANTOS, L. F. C. dos; RIBEIRO, P. H. B.; ARAÚJO, G. G. L.; JUNIOR, E. V. H.; AGUIAR, M. A. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. *Revista Engenharia Agrícola*, v.26, n.1, p.20-27, 2006.

TURCO, S. H. N.; AZEVEDO, D. M. M. R.; OLIVEIRA, P. T. L. *Ambiente e a produção de caprinos e ovinos*. in: VOLTOLINI, T. V. (ed.). Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, cap. 6, p. 145-163. 2011.

ZAMBOM, M.A.; ALCALDE, C.R.; MARTINS, E.N.; SANTOS, G.T.; MACEDO, F.A.F.; HORST, J. A.; VEIGA, D. R.. Curva de lactação e qualidade do leite de cabras Saanen recebendo rações com diferentes relações volumoso:concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2515-2521, 2005.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIURA, A.L.O. et al. Repostas termorreguladoras de cabras Saanen e pardo alpina em ambiente tropical. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 605-608, 2010.

ALBUQUERQUE, F. **Efeito do flushing e de cruzamentos sobre a Produção de cordeiros e desempenho de ovelhas Santa Inês**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2006. 57p.

ARAÚJO, A. M.; ELOY, A. M. X. **Desempenho produtivo de cabras leiteiras das raças Pardo Alpina, Saanen e Anglo-Nubiana do rebanho da EMBRAPA-CNPC. Sobral: EMBRAPA-CNPC. (EMBRAPACNPC. Comunicado Técnico, 32). 1998. 4p.**

ASSAD, E. D. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.

AZEVEDO, M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4, 7/8 holandês-zebu em lactação. **Rev. Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI JR., et al. **Metabolic rate and some physiological and production responses of lactating Saanen goats during thermal stress**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMETEOROLOGY, 14, Ljubljana. *Proceedings...* Ljubljana: International Society of Biometeorology, 1996. 119p.

BACCARI JR., F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS, Fortaleza-CE. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-DIE, p. 9-17. 1990.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais conforto térmico**. Viçosa, UFV. Universidade de Viçosa. 246p. 1997.

BARBOSA, O. R. ET AL. Utilização de um índice de conforto térmico no zoneamento bioclimático da ovinocultura. **Revista brasileira de zootecnia**, V. 24, N. 5, P. 661-671, 1995.

BARBOSA, O. R. et al. Zoneamento bioclimático da ovinocultura no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 454-460, 2001.

BORGES, C.H.P.; BRESSLAU, S. Produção de leite de cabra em confinamento. In: Simpósio de pecuária do nordeste-pecnordeste, 6.; semana da caprino-ovinocultura brasileira, 3., 2002, Fortaleza. **anais**. Fortaleza, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informativo sobre a Estiagem no Nordeste - nº 4**. 08/06/2012. 2012. 5 p.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Heat stress risk factors for feedlot heifers. Pages 559–565 in Proc. 5th Int. **Livest. Environ. Symp. Am. Soc. Agric. Eng.**, St. Joseph, MI. 2005.

BUFFINGTON, C.S. et al. Black globe-humidity comfort index for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, 1977. 19p.

BUFFINGTON, D.E. et al. Inspired-air-cooling for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, 1979. 25 p.

CARGILL, B.F.; STEWART, R.E. Effect of humidity on total heat and total vapor dissipation of Holstein cows. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v.9. p.701-6, 1966.

CARVALHO, S.P. . **Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção sob multicolinearidade**. Viçosa : UFV, 1995. 163p.

CRUZ, C.D. **Programa genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 648p. 2001.

CRUZ, C.D.; REGAZZI , A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 390p.

CUNHA, E.A. et al. Efeito do sistema de manejo sobre o comportamento em pastejo, desempenho ponderal infestação parasitária em ovinos suffolk. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 17, n. 3-4, p. 1005-1011, 1997.

CURTIS, S. E. **Environment management in animal agriculture**. Illinois: Animal Environment Services, 1981. 130 p.

DENN, M. M. **Process modeling**. Longman inc. New York. 1986.

FACCHIN, S. **Técnicas de análise multivariável aplicadas ao desenvolvimento de analisadores virtuais**. Dissertação de Mestrado. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAOSTAT - FAT- Statistics division/ Prod STAT: **Livestock (animals and primary)**. 2008. Disponível em: [HTTP://faostat.fao.org/site/497/defaritt.Asp](http://faostat.fao.org/site/497/defaritt.Asp). Acesso em: 15/04/2012.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL – FAWC. **Five Freedoms**. 1993. Disponível em: <http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>. Acesso em: 01 de dezembro de 2013.

FERNANDES, A.A.O. et al. Efeito do cruzamento sobre o crescimento de caprinos no Ceará. **Pesq. Agropec. Bras.**, 20(1): p.109-114, 1985.

FERREIRA, M.C.C.; TRIGUEIRO, I.N.S. Produção de leite de cabras puras no Curimataú paraibano durante a lactação. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas. v18, n.2, 1998.

FUQUAY, J. W. Heat stress as it affects animal production. **J. Anim. Sci.**, v.52, n.1, p.164-174, 1981.

GONÇALVES, A. L. et al. Avaliação se sistemas de produção de caprinos leiteiros na região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 366-376, 2008.

GONÇALVES, H.C. **Fatores genéticos e de meio em algumas características produtivas e reprodutivas de caprinos**. 1996. 141f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa. 1996.

HAHN, G.L. **Management and housing of farm animals in hot environments**. In: YOSEF, M.K. (Ed). **Stress physiology in livestock**. Boca Raton: CRC Press, p.151-74. 1985.

HOPKINS, P. S. et al. Studies of the environmental physiology of tropical Merinos. **Australian Journal Agriculture Research**, East Medelaine, v. 29, n. 1, p. 61-71, 1978.

HOUGHTON, F.C.;YAGLOU, C.P. Determining lines of equal comfort. **ASHVE Transactions**, v.29, p.361- 384. 1923.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário. 2006.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em 18 de agosto de 2012.

JARDIM, W.R. **Criação de caprinos**. 11. ed. São Paulo: Nobel. 1987. 240p.

JOHNSON, H.D. et al. **Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle**. Missouri: Agricultural Experimental Station Research Bulletin, 1962. 791p.

LEITE, E.R. **Ovinocaprinocultura no nordeste – organização e crescimento**. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2000/artigo.2004-12-07.2538681592/#>>, acesso em 09/04/2013.

LEMOS NETO, M.J., ALMEIDA, J.E. Levantamento da situação da caprinocultura no Estado de São Paulo. **Zootecnia**, v.31, p. 29-46. 1993.

LI, C. C. **Path analyses – a primer**. Washington: Boxwood, 1975. 346p.

LI, C. C. The concept of path coefficient and its impact on population genetics. **Biometrics**, Washington, v. 12, p. 190-210, 1956.

LIMA, L. D. et al. **Nordeste em mapas 2012**. Fortaleza. Banco do Nordeste, 2012.

LOPES, F. C. et al. **Caracterização do sistema de produção de caprinos leiteiros na microrregião de Mossoró, Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 35, 2008, Gramado. Anais...Gramado: COMBRAVET, 2008, CDROM.

LU, C.D. Effects of heat stresses on goat production. **Small Ruminants Research**. v.2, p.151-162, 1989.

LUZ, L. N. et al. Correlations and path analysis of peanut traits associated with the peg. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.** vol.11, n.1, pp. 88-95. 2011.

MARENCO, J. A.; SOARES, W. R.. **Impacto das modificações da mudança climática-Síntese do Terceiro Relatório do IPCC. Condições climáticas e recursos hídricos no Norte do Brasil.** Chapter 6 in *Clima e Recursos Hídricos 9*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA. Porto Alegre, Brasil, pp 209-233. 2003.

MAZUCHELI, J.; ACHCAR, J. Algumas considerações em regressão não linear. **Acta Scientiarum.** v. 24, n. 6, p. 1761-1770, 2002.

MCDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales.** 1ª. Ed., Icone. São Paulo, 1989.

MCDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales.** Zaragoza: Acribia, 1974. 692p. falta 1989

MONTAY JR. et al. Acclimatization of St Croix, Karakul and Rambouillet sheep to intense and dry summer heat. **Small ruminat Reseach,** v. 4, n.4, p.379-392. 1991.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John Wiley & Sons, 1981. 504p.

MOURA, A. C. B. **Desempenho Reprodutivo de Ovelhas Santa Inês Criadas no Nordeste Paraense.** 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará. 2009.

NÄÄS, I. A. Construções rurais em ambiente tropical na bovinocultura leiteira. II Congresso Brasileiro de Bioclimatologia. **Anais.** 1999.

NEIVA, J. N. M. Efeito do Estresse Climático sobre os Parâmetros Produtivos e Fisiológicos de Ovinos Santa Inês Mantidos em Confinamento na Região Litorânea do Nordeste do Brasil. **R. Bras. Zootec.,** v.33, n.3, p.668-678, 2004.

OLIVIER, J. J. Breeding plans for Dorper sheep and Boer gotas in South Africa. In: Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, 1., 2000, João Pessoa, PB. **Anais.** João Pessoa: EMEPA-PB, 2000. p. 213-230.

PARENTE, H.N. et al. Habito de pastejo de caprinos da raça Saanen em pastagem de tifton 85 (*Cynodon ssp*). Revista da FZVA. **Uruguaiana**, v.12, n.1, p.143-155. 2005.

PELÚZIO, J. M. et al. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre alguns caracteres de soja, em Pedro Afonso, Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, 45(259):303-308. 1998.

PEREIRA, G. M. **Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da Raça Saanen no semiárido paraibano**. 2008. Monografia (Graduação em Médica Veterinária). Universidade Federal de Campina Grande. Patos–Pb. 2008.

RAMALHO, M. A P.; SANTOS, J. B. dos.; PINTO, C. A B. P. **Genética na agropecuária**. Lavras. Ed. UFLA, 2004.p.326.

RIBEIRO, S. D. **Caprinocultura**. São Paulo: Roca, Nobel, 1997. 318p.

RIOS, S.A. et al. Análise de trilha para carotenoides em milho. **Rev. Ceres**. vol.59, n.3, pp. 368-373. 2012.

RUSHEN, J. **Some issues in the interpretation of behavioural response to stress**. In: MOBERG, G.; MENCH, J. A. The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. Davis: University of California, p.23-42. 2000.

SALLES, M.G.F. et al. Respostas fisiológicas ao estresse térmico de bode Saanen em clima tropical. **Ciência Animal**, Fortaleza, v. 19, n. 1, p.19-21, 2009.

SANTOS, F.C.B. et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima Semi-Árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.142-149, 2005.

SEBER, G.A.F. **Linear regression**. New York: John Wiley and Sons, 1977.

SEBER, G.A.F.; WILD, C. J. **Nonlinear regression**. New York: John Wiley and Sons, 1989.

SILVA, E. M.N. **Avaliação de características de adaptabilidade de caprinos exóticos e nativos no Semi-árido paraibano**. Patos – PB. CSTR/UFCG, 2006. 78p.

SILVA, F. L. R.; LOBO, R. N. B. **Cabras Mestiças: Opção para a Produção de Leite no Nordeste do Brasil**. Embrapa caprinos e ovinos. 2004. Disponível em:<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/581197/1/MidiaCabrasmesticas.pdf>>. Acesso 20/02/2012.

SILVA, F.L.R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos para pesos de caprinos nativos e exóticos criados no Nordeste do Brasil, na fase de crescimento. **R. Soc. Bras. Zootec.**, 22(2). p.350-359. 1993.

SILVA, F.L.R.; ARAÚJO, A.M. Desempenho produtivo em caprinos mestiços no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1028-1035, 2000.

SILVA, G.A. **Efeito de fatores extrínsecos sobre parâmetros fisiológicos de caprinos no Semi-árido paraibano**. Patos-PB CSTR/UFCG. 2005. 74p.

SILVA, T. G. F. et al. Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do estado de Pernambuco: análise para os cenários de B2 e A2 do IPCC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.24, n.4, p.489-501, 2009.

Silva, T.G.F. et al. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.863-870. 2010.

SOUSA JR, S. C. et al. Características Termorreguladoras de Caprinos, Ovinos e Bovinos em Diferentes Épocas do Ano em Região Semi-Árida. **Revista Científica de Produção Animal**. v.10, n.2, p.127-137, 2008.

STOTT, G.H. What is animal stress and how is it measured; **Journal Animal Science**, 52: p.150-153, 1981.

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

TURCO, S. H. N. et al. **Ambiente e a produção de caprinos e ovinos**. in: VOLTOLINI, T. V. (ed.). Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, cap. 6, p. 145-163. 2011.

TURCO, S. H. N. et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.20-27, 2006.

TURCO, S. H. N., et al. Resposta fisiológica de ovinos em pasto irrigado de Capim Aruana submetidos às condições climáticas do Semi-Árido Nordestino<sup>1</sup>. In: 44<sup>o</sup> Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal : UNESP, 2007.

TURCO, S.H.N.et al. Respostas Fisiológicas de caprinos e ovinos em confinamento a céu aberto, nas condições climáticas do semi-árido nordestino. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande, **Anais**. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

VASCONCELOS, V.R.; VIEIRA, L.S. **A evolução da caprino-ovinicultura brasileira**. 2002. Disponível em <[Http://www.cnpc.embrapa.br/artigo8.htm](http://www.cnpc.embrapa.br/artigo8.htm)>. acesso 09/04/2012.

VIDAL, L. V. O. et al. Mathematical modeling for digestible energy in animal feeds for tilapia. **Acta Sci., Anim. Sci.** vol.34, n.3, pp. 313-319. 2012.

WOOD, P.D.P. A note on the lactation curves of some high yielding British Friesian cows. **Animal Production**, v.30, n.2, p.299- 302, 1980.

WOOD, P.D.P. Algebraic of the lactation curve in cattle. **Nature**, n.216, p.164-165, 1967.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal Agricultural Research**, Washington, v.20, p.557- 585, 1921.

ZOLNIER, S. et al. Potencialidade da utilização do sistema de resfriamento adiabático-evaporativo-na produção de leite. **Engenharia na Agricultura**, v.2, n.6, 1993.