



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

RENATA NAYHARA DE LIMA

**UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Gracilaria birdiae* NA ALIMENTAÇÃO DE  
CABRAS EM LACTAÇÃO EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

MOSSORÓ – RN  
2017

RENATA NAYHARA DE LIMA

**UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Gracilaria birdiae* NA ALIMENTAÇÃO DE  
CABRAS EM LACTAÇÃO EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural  
do Semiárido (UFERSA), como exigência  
final para obtenção do título de Doutor no  
Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia de Oliveira  
Lima – UFERSA

Co-orientador: Prof. Dr. Josemir de Souza  
Gonçalves – UFERSA

MOSSORÓ – RN  
2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L732u Lima, Renata Nayhara de.  
UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Gracilaria birdiae* NA  
ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO EM REGIÃO  
SEMIÁRIDA / Renata Nayhara de Lima. - 2017.  
77 f. : il.

Orientadora: Patrícia de Oliveira Lima.  
Coorientador: Josemir de Souza Gonçalves.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Ciência Animal, 2017.

1. Comportamento ingestivo. 2. Estresse  
térmico. 3. Produção de leite. 4. Status  
energético. I. Lima, Patrícia de Oliveira ,  
orient. II. Gonçalves, Josemir de Souza, co-  
orient. III. Título.

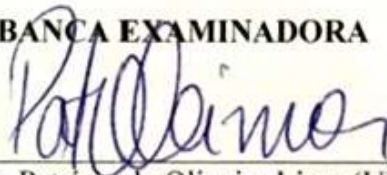
RENATA NAYHARA DE LIMA

**UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Gracilaria birdiae* NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

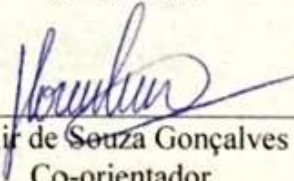
Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

APROVADA EM: 13/04/17

**BANCA EXAMINADORA**



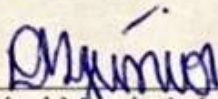
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Patricia de Oliveira Lima (UFERSA)  
Orientadora



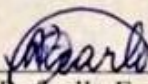
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Josemir de Souza Gonçalves (UFERSA)  
Co-orientador



\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Liz Carolina da Silva Lagos Cortes Assis (UFERSA)  
Primeiro Conselheiro



\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior (UFAL)  
Segundo Conselheiro



\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Aracely Rafaelle Fernandes Ricarte (UFERSA)  
Terceiro Conselheiro

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**RENATA NAYHARA DE LIMA** – Nascida em 05 de Junho de 1987 na cidade de Mossoró – RN, filha de Jonas Firmino de Lima Neto e Sônia Maria de Lima, formou-se como Zootecnista aos 22 anos, em agosto de 2009 na primeira turma de Graduados em Zootecnia da Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus Mossoró-RN. Durante sua formação acadêmica executou trabalhos de extensão com pequenos ruminantes e pesquisas na área de bovinocultura de leite. Foi participante fundadora do Centro Acadêmico de Zootecnia (CAZOO), atuando também no Diretório Estudantil da UFERSA (DCE - UFERSA). Em 2010 foi aprovada na seleção para o Mestrado em Ciência Animal - UFERSA, onde participou do grupo de estudo PETRUS – Pesquisa, extensão e transferência de tecnologia com ruminantes, atuando no desenvolvimento do seu projeto de dissertação e outros na área de extensão rural. Tem mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da UFERSA (2012), sob orientação da professora Dra. Patricia de Oliveira Lima. Foi professora substituta no curso técnico em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Norte (IFRN) entre junho de 2014 e abril de 2016. Professora substituta no curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) nas disciplinas Ezoognóse, Classificação e Tipificação de Carcaças e Bubalinocultura.

Dedico este trabalho ao meu amado pai,  
Jonas Firmino de Lima Neto, que nunca  
mediu esforços para a realização dos meus  
sonhos, e sempre acreditou no meu futuro e  
na minha capacidade.

*In memoriam*

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** pelo dom da vida, força e proteção, pela Sua presença constante e por me guiar em todos os caminhos da minha vida;

Aos meus pais, **Sônia e Neto**, pela base sólida que sempre me deu força para encarar a vida de frente, pela dedicação em formar todas as suas filhas e pelo amor incondicional;

As minhas irmãs, **Roberta e Richelly**, por estarmos sempre juntas nos momentos importantes;

A **Yuri Paiva** pelo carinho, companheirismo, apoio e compreensão;

A Professora **Patrícia Lima**, pela orientação, amizade e apoio na realização deste trabalho, obrigada por toda confiança em mim depositada;

Ao Professor **Josemir Gonçalves**, pela colaboração na finalização desse trabalho;

Ao grupo PETRUS, em especial a **Elaine, Leandro, João Batista, Claudionor, Andreza, Nayane Valente, Jessica Taiomara, Alisson, Rizia, Raquel e Uri** que contribuíram na execução deste projeto;

Ao **Senhor Idalécio e Dona Graça** que abriram as suas instalações e casa para que o projeto fosse executado.

Ao professor **Jean Berg** e suas orientandas **Natália e Jovilma** pela contribuição nas análises realizadas no LIPOA.

## UTILIZAÇÃO DA MACROALGA *Gracilaria birdiae* NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO EM REGIÃO SEMIÁRIDA

LIMA, Renata Nayhara de. **Utilização da macroalga *Gracilaria birdae* na alimentação de cabras em lactação em região semiárida.** 2017. 77f. Tese (Doutorado em Ciência Animal: Produção e Sanidade Animal) Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, Brasil, 2017.

**RESUMO:** O potencial nutricional de macroalgas como suplemento alimentar para animais domésticos já tem sido alvo de diversas pesquisas ao longo do tempo, no entanto, a caracterização das macroalgas encontradas no litoral brasileiro e seu potencial como parte da dieta de ruminantes ainda tem muito a ser explorado. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de níveis de inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* na dieta de cabras em lactação, sobre as variáveis ingestão voluntária de alimentos, produção e composição do leite, comportamento ingestivo, parâmetros séricos e variáveis fisiológicas em ambiente equatorial semiárido. Oito cabras da raça Saanen ( $47,1 \pm 5,8$  kg de peso vivo) foram distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4. Foram testados quatro níveis de inclusão (0; 4; 8 e 12%) de Macroalga *Gracilaria birdiae* na matéria natural do concentrado. O consumo de matéria seca do feno e concentrado não foram influenciados pelos níveis de gracilaria na dieta ( $P>0,05$ ). O consumo de extrato etéreo apresentou efeito linear, com redução na ingestão em função da adição de GB na dieta ( $P<0,05$ ). Já o consumo de matéria mineral aumentou linearmente em função dos níveis de GB na dieta ( $P<0,05$ ). O comportamento ingestivo, a produção e composição do leite e o status energético e proteico das cabras não foram influenciados pela adição de macroalga na dieta ( $P>0,05$ ). A frequência respiratória, a temperatura retal e a temperatura de superfície apresentaram efeito significativo em função da inclusão de macroalga ( $P<0,05$ ), sugerindo que macroalga *Gracilaria birdiae*, pode amenizar os efeitos dos altos índices de radiação enfrentados por cabras leiteiras em ambiente equatorial. A *Gracilaria birdiae* pode ser usada como componente da dieta de cabras Saanen em lactação sem prejuízos ao consumo, produção de leite e status energético e protéico dos animais e ainda contribui para amenizar os efeitos deletérios do estresse por calor quando a temperatura ambiental eleva.

Palavras-chave: comportamento ingestivo, estresse térmico, produção de leite, status energético.

## SEAWEED *Gracilaria birdiae* IN DIET OF DAIRY GOATS IN SEMIARID REGION

LIMA, Renata Nayhara de. **Seaweed *Gracilaria birdiae* in diet of dairy goats in semiarid region.** 2017. 77f. Tese (Doutorado em Ciência Animal: Produção e Sanidade Animal) Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN, Brasil, 2017.

**ABSTRACT:** The nutritional potential of seaweed as a food supplement for domestic animals has already been the subject of several researches over time, however, the characterization of macroalgae found in the Brazilian coast and its potential as part of the ruminant diet still has much to be explored. The objective of this work was to evaluate the effect of different levels of inclusion of the *Gracilaria birdiae* seaweed on the lactating goats diet, on the variables food intake, milk production and composition, ingestive behavior, serum parameters and physiological variables in semiarid equatorial environment. Eight Saanen goats ( $47.1 \pm 5.8$  kg body weight) were distributed in two Latin squares (4 x 4). Four inclusion levels (0, 4, 8 and 12%) of Macroalga *Gracilaria birdiae* were tested on the natural matter of the concentrate. Dry matter intake of hay and concentrate were not influenced by gracilaria levels in the diet ( $P>0.05$ ). Etheral extract consumption had a linear effect, with a reduction in intake as a function of the addition of GB in the diet ( $P<0.05$ ). The mineral matter intake increased linearly as a function of GB levels in the diet ( $P<0.05$ ). Ingestive behavior, milk production and composition, and energetic and protein status of goats were not influenced by the addition of macroalgae in the diet ( $P>0.05$ ). Respiratory frequency, rectal temperature and surface temperature had a significant effect due to the inclusion of macroalgae ( $P<0.05$ ), suggesting that macroalgae *Gracilaria birdiae* can attenuate the effects of the high radiation rates faced by dairy goats in the environment equatorial. *Gracilaria birdiae* can be used as a component of the lactating Saanen goat diet without detriment to the consumption, milk production and energy and protein status of the animals, and also contributes to soften the deleterious effects of heat stress when the ambient temperature rises.

Keywords: energy status, ingestive behavior, milk production, thermal stress.

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

Tabela 1. Composição percentual (%MN) e nutricional (%MS) dos concentrados experimentais \_\_\_\_\_ 32

Tabela 2. Consumo, em gramas por dia (g/dia) e porcentagem do peso vivo (%PV) de matéria seca total (CMST), matéria seca do concentrado (CMSC), matéria seca do feno (CMSF), da proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA) e matéria mineral (CMM) por cabras Saanen recebendo diferentes níveis de *Gracilaria birdiae* na dieta. \_\_\_\_\_ 37

Tabela 3. Comportamento ingestivo de cabras em lactação recebendo diferentes níveis de inclusão de *Gracilaria birdiae* na dieta. \_\_\_\_\_ 40

Tabela 4. Produção de leite total, produção corrigida para porcentagem de gordura (LCG 3,5% e LCG 4,0%), produção corrigida para sólidos totais (LCST) e composição do leite de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de *Gracilaria birdiae* na dieta. \_\_\_\_\_ 42

Tabela 5. Perfil sérico de cabras Saanen em lactação em função da inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* \_\_\_\_\_ 45

### Capítulo 3

Tabela 1. Composição percentual (%MN) e nutricional (%MS) dos concentrados experimentais. \_\_\_\_\_ 57

Tabela 2. Consumo de matéria seca (CMS), em gramas por dia (g/dia) e porcentagem do peso vivo (% PV) e produção de leite (PL) em quilogramas por dia (kg/dia) de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de macroalga (*Gracilaria birdiae*) na dieta. \_\_\_\_\_ 62

Tabela 3. Resumo da análise de variância da temperatura retal ( $T_R$ ), frequência respiratória ( $F_R$ ) e temperatura de superfície ( $T_S$ ) de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de macroalga (*Gracilaria birdiae*) em ambiente semiárido \_\_\_\_\_ 64

Tabela 4. Temperatura retal ( $T_R$ , °C), frequência respiratória ( $F_R$ , resp.min<sup>-1</sup>) e temperatura de superfície ( $T_S$ , °C) de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de macroalga (*Gracilaria birdiae*) em ambiente equatorial. \_\_\_\_\_ 65

Tabela 5. Valores médios para temperatura retal e temperatura de superfície em função das classes de temperatura. \_\_\_\_\_ 67

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. OBJETIVOS</b>                                                                                                                                 | <b>10</b> |
| 1.1 GERAL                                                                                                                                           | 10        |
| 1.2 ESPECÍFICOS                                                                                                                                     | 10        |
| <b>2. CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS</b>                                                                                                         | <b>11</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                                                                                                                  | <b>20</b> |
| <b>3. CAPÍTULO 2 - INCLUSÃO DA MACROALGA <i>GRACILARIA BIRDIAE</i> NA DIETA DE CABRAS EM LACTAÇÃO</b>                                               | <b>28</b> |
| INTRODUÇÃO                                                                                                                                          | 29        |
| MATERIAL E MÉTODOS                                                                                                                                  | 30        |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO                                                                                                                              | 36        |
| CONCLUSÃO                                                                                                                                           | 46        |
| REFERÊNCIAS                                                                                                                                         | 47        |
| <b>4. CAPÍTULO 3 - INCLUSÃO DA MACROALGA <i>GRACILARIA BIRDIAE</i> NA DIETA DE CABRAS LACTANTES ATENUA OS EFEITOS NEGATIVOS DO ESTRESSE TÉRMICO</b> | <b>53</b> |
| INTRODUÇÃO                                                                                                                                          | 54        |
| MATERIAL E MÉTODOS                                                                                                                                  | 55        |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO                                                                                                                              | 61        |
| CONCLUSÃO                                                                                                                                           | 69        |
| REFERÊNCIAS                                                                                                                                         | 69        |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                                                                                                                      | <b>76</b> |

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 GERAL

Avaliar o efeito da inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* sobre o desempenho de cabras em lactação da raça Saanen criadas em ambiente semiárido.

### 1.2 ESPECÍFICOS

- a) Determinar os melhores níveis de inclusão de *Gracilaria birdiae* na dieta de cabras em lactação.
- b) Avaliar o consumo e comportamento ingestivo de cabras Saanen alimentadas com diferentes níveis de *Gracilaria birdiae*;
- c) Avaliar o perfil sérico de cabras Saanen recebendo níveis crescentes de *Gracilaria birdiae* na dieta.
- d) Avaliar o efeito da inclusão de *Gracilaria birdiae* na dieta de cabras Saanen lactantes, sobre a produção e composição do leite.
- e) Avaliar o efeito da inclusão dietética da macroalga *Gracilaria birdiae* sobre as variáveis fisiológicas de cabras Saanen criadas em ambiente equatorial semiárido.

## 2. CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

A produção caprina no Brasil se destaca no setor agropecuário como uma atividade de grande importância sócio-econômica na região Nordeste, reunindo a maior criação de caprinos do país. A produção de leite caprino vem se consolidando como atividade rentável, despertando o interesse de muitos produtores rurais, no entanto, esta atividade está alicerçada na exploração de raças caprinas exóticas, criadas predominantemente em sistemas extensivos ou semi-intensivos, que predispõe os animais às condições térmicas estressantes (FONSECA et al., 2016; ROCHA et al., 2009; GONÇALVES et al., 2002).

Mesmo adaptadas às condições de reprodução na região, as cabras enfrentam situações climáticas adversas não favoráveis à produção, especialmente nas horas mais quentes do dia durante a estação seca do ano (VIANA et al., 2013). Em alguns lugares e região, os animais são expostos a condições que vão além da área de conforto térmico, que para cabras é de (20 a 30°) recomendado por Baêta e Souza (1997). Portanto, este ambiente apresenta grande potencial para causar estresse térmico, porque o calor que pode ser absorvido do ambiente, se adicionado ao produzido pelo metabolismo, pode ser maior do que o passivamente liberado para o ambiente e até mesmo recorrendo a mecanismos termo reguladores.

Alterações fisiológicas podem ocorrer como resultado do esforço feito pelo animal para garantir conforto, o que pode ser desde uma mudança de comportamento simples para a baixa imunidade ou queda da produção. Portanto, ao planejar um sistema de produção para o meio ambiente com essas características, deve-se levar em consideração como o ambiente climático associado às condições de saúde, manejo nutricional e condições de acomodação, formam um conjunto de fatores que interferem no desempenho produtivo dos animais (MARTELLO, 2006).

Nesse contexto, a avaliação de novos alimentos disponíveis na região que possam suprir as necessidades destes animais e atenuar os efeitos deletérios de um ambiente quente sobre as variáveis fisiológicas e metabólicas dos animais, sendo uma alternativa para melhorar o bem-estar afetando positivamente o desempenho produtivo devem ser avaliados (RENAUDEAU et al., 2010). Nesse contexto surgiu a possibilidade de utilização das macroalgas como fontes de alimentos para animais onde estas estão disponíveis o ano inteiro. Embora já sejam utilizadas indiscriminadamente na alimentação animal a séculos, pesquisas avaliando seu uso como ingrediente na ração animal são recentes e escassas (MAKKAR et al., 2015).

As algas evoluíram na Terra a cerca de 3,5 bilhões de anos. Eles são organismos aquáticos primitivos e fotossintéticos, que variam em tamanho de 0,2-2,0 cm de diâmetro - microalgas (fitoplâncton) até 60 m de comprimento – macroalgas. As algas são classificadas de acordo com uma combinação de características em Phaeophyta, Chrysophyta, Rhodophyta (sendo todas estas macroalgas), Pyrrhophyta e Cyanophyta (que são microalgas) (HARLIN e DARLEY, 1988; MARGULIS, 1981).

As macroalgas de modo geral, possuem alto valor nutricional, no entanto, é importante saber que sua composição varia com a temperatura, habitat, estação do ano, entre outros fatores. São ricas em carboidratos, fibras, minerais (Ca, P, Na e K) e vitaminas A, B1, B12, C, D e E. As macroalgas absorvem os minerais do mar, tornando-se rica em muitos minerais e oligoelementos. O cálcio e o ferro tendem a acumular-se em maior quantidade nas macroalgas do que nas plantas terrestres, além da grande quantidade de iodo, que tem papel essencial para a função tireoidiana. Também são ricas em pigmentos (carotenóides) com atividade provitamina A, B e C. Apesar da pouca quantidade de lipídeos, são fontes primárias de ácidos graxos poli-insaturados; são ricas em fibras solúveis e são fontes de compostos com

atividades biológicas que podem ser utilizados como alimentos funcionais. Algumas espécies destacam-se devido ao seu alto valor protéico (GUARANTINI et al., 2012; SOUZA et al., 2011; GRESSLER et al., 2010; DHARGALKAR e VERLECAR, 2009; CARDOZO et al., 2007).

França Pires et al. (2012) avaliando a composição físico-química da *Gracilaria birdiae* cultivadas e desidratada na praia de Flecheiras em Itapipoca no Ceará encontraram a seguinte composição: 15,25% de umidade; 12,62% de proteína; 0,11% de lipídeos; 5,58% de cinzas; 50,03% de fibras totais; e 9,00% de fibras insolúveis. Já Calado et al. (2012) avaliando macroalgas deste mesmo gênero (*G. cornea* e *G. domingensis*) verificaram altos nos teores de proteína (17,80 e 16,60%) e carboidratos (61,97 e 52,92%) e baixos teores em lipídios (0,57 e 1,43%), respectivamente. Em especial a *G. domingensis* apresentou alto aporte de sais minerais (14,43%).

Os teores de lipídeos encontrados em algas é geralmente inferior a 4%, no entanto, é rico em ácidos graxos insaturados e poli-insaturados que apresentam vários efeitos biológicos benéficos em seres humanos, como ácido palmítico, ácido mirístico, ácido oléico, ácido palmitoleico, e ômega três ( $\omega 3$ ) (TABARSA et al., 2012). Os ácidos graxos são importantes para a saúde humana e animal e que sejam de interesse, porque eles são precursores na biossíntese de eicosanóides, que são vistos como biorreguladores importantes de muitos processos celulares (KHOTIMCHENKO, 2006).

Os estudos sobre os ácidos graxos de algas do gênero *Gracilaria* e *Laurencia* mostraram que essas espécies são ricas em ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), principalmente C20:4 ( $\omega 6$ ) e C20:5 ( $\omega 3$ ) para *Gracilaria* e C16:2 ( $\omega 6$ ), C20:2 e C20:5 ( $\omega 3$ ) para *Laurencia* (GRESSLER et al., 2010). Além disso, outros ácidos graxos saturados e insaturados foram descritos, mas em quantidades menores (LI et al., 2002). Guaratine et al.

(2012) também avaliaram a presença ácidos graxos e carotenóides em algas do gênero *Gracilaria* encontradas no Brasil e os resultados do estudo mostraram que as espécies de *Gracilaria* brasileiras apresentam atividade antioxidante, conteúdo de ácidos graxos essenciais e carotenóides ( $\beta$  - caroteno é um precursor da vitamina A), sendo assim, estas algas podem ser considerados alimentos funcionais.

Al-Shorepy et al. (2001) avaliaram o efeito da inclusão de 1% de farinha de algas na dieta total de cordeiros e verificaram que os animais alimentados com a dieta com algas consumiu mais matéria seca por peso corporal (5,76 g/dia), sem efeito significativo sobre o ganho de peso (131,2 g/dia) quando comparada a dieta controle (5,34; 144,2 g/dia). Além disso, os cordeiros alimentados com algas apresentaram menor proporção de preenchimento do aparelho digestivo (13,6%), sem efeito significativo sobre a composição tecidual da carcaça e análise química da carne.

Ventura e Castañón (1998) avaliaram o valor nutritivo da alga *Ulva lactuca* para cabras e concluíram que a digestibilidade da proteína e o conteúdo de energia desta é similar ao feno de alfafa de media qualidade, mas com um grande conteúdo de proteína. Vega-Villasante et al. (2006) afirmam que as algas podem ser uma forragem alternativa durante a época seca para o gado de zonas áridas. Marin et al. (2003) estudaram o efeito de suplementação de 25% de *Sargassum muticum* na dieta de ovelhas de regiões áridas e concluíram que esta macroalga são eficientes como forragem para ruminantes. Bendary et al. (2013) reportou incremento na produção de leite de vacas suplementadas com uma mistura de macroalgas (50 g/animal/dia). Caroprese et al. (2016) observaram incremento na produção de leite de ovelhas durante o verão suplementadas com 25 g/dia de da inclusão de macroalga marrom. Kellogg et al. (2006) concluíram que a suplementação com 0,25% de extrato comercial de macroalga marrom *Ascophyllum nodosum* (Tasco™, Acadian Seaplants Ltd.,

Dartmouth, Nova Scotia, Canada) foi benéfica para a produção de leite de vacas multíparas durante estresse térmico, mas não teve efeito sobre vacas primíparas, cujo peso corporal é relativamente menor. Esses autores atribuem os efeitos positivos da inclusão de macroalgas sobre a produção de leite ao seu potencial antioxidante.

Diversos trabalhos têm sido realizados avaliando a utilização de farinha de algas calcárias obtida da macroalga *Lithothamnium calcareum* como fonte alternativa de cálcio. Melo e Moura (2009) atribuem a atuação deste produto à maior disponibilidade dos micronutrientes que se encontram adsorvidos nas paredes celulares, sendo assim facilmente assimiláveis pelas plantas e animais e à elevada porosidade das algas (>40%) que propicia maior superfície específica de atuação. Trabalhos avaliando a inclusão dessa alga na dieta de bovinos concluíram que 50 g/animal/dia promoveram aumento da produção e do teor de gordura no leite, assim como o teor de cálcio e magnésio no sangue dos de vacas em lactação (MELO et al., 2004); Souza (2002) observou ganho de peso de 23% em bovinos de corte que receberam suplementação com farinha de algas na suplementação mineral; Melo et al. (2004) concluíram que a inclusão de 10% dessa farinha de alga acarretou um aumento de 26% no ganho de peso de bovinos de corte. Montañez-Valdez et al. (2007), relataram que a inclusão de *Lithothamnium calcareum* como tamponante em dietas com 70% de concentrado, aumentou o pH ruminal e aumentou o desenvolvimento de protozoários ruminais e não prejudicou a digestibilidade in situ da matéria seca e do FDN.

Alguns estudos têm demonstrado efeitos benéficos do tratamento com aditivos derivados de algas marinhas durante o estresse calórico, o que pode ter efeito positivo na saúde do gado em zonas áridas. Algumas pesquisas têm evidenciado que a utilização da macroalga *Ascophyllum nodosum* pode reduzir efetivamente a temperatura corporal de vacas leiteiras e melhorar sua função imune durante o estresse térmico, sem afetar o desempenho

destas (POMPEU et al., 2011; ARCHER et al., 2007; SPIERS et al., 2004). Essa alga é processada e comercializada com o nome de Tasco-14® (Acadian Seaplants Limited, Dartmouth, Nova Scotia, Canadá). Outros trabalhos avaliando seu uso em bovinos de corte resultou em melhorias na saúde, tolerância ao calor animal, a função das células imunes, aumento da circulação os níveis de antioxidantes e melhora da qualidade da carne complementando a vida de prateleira do produto, a cor e o marmoreio (ALLEN et al., 2001; MONTGOMERY et al., 2001; SAKER et al., 2001; BEHRENDTS et al., 2000; ZAKI et al., 1994).

O estresse térmico é um dos principais fatores limitantes da produção animal, de forma que para se obter o melhor desempenho de um determinado sistema de produção, é necessário que as atividades desse sistema sejam desenvolvidas dentro de uma zona de conforto térmico para os animais (ROBERTO et al., 2014). Desta forma, é imprescindível dispor de conhecimentos sobre os meios fisiológicos e/ou comportamentais, que venham a contribuir com as condições de sobrevivência dos animais oriundos de regiões temperadas em ambiente quente. Assim, a interação entre animal ambiente deve ser levada em consideração quando se busca maior eficiência, considerando-se que o conhecimento das variáveis climáticas e suas ações sobre as respostas comportamentais e fisiológicas são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade pecuária (SOUZA et al., 2012).

Em regiões quentes como o nordeste brasileiro, que apresenta altas temperaturas associadas com a umidade do ar e radiação elevada, os animais de clima temperado podem sofrer alterações no seu comportamento fisiológico durante o processo adaptativo, cujas respostas podem afetar a ingestão de alimentos e redução do nível de produção. Nesses casos, frequentemente verifica-se a ocorrência do desequilíbrio térmico, cujos indicadores são alterações na taxa metabólica como diminuição nas secreções dos hormônios tiroxina e

triiodotiroxina, na temperatura corporal e frequência respiratória (SOUZA JUNIOR et al., 2008)

A manutenção da homeotermia em ambiente tropical para muitos animais exige um grande esforço como: acionamento dos mecanismos termorreguladores, diminuição da taxa metabólica, com o intuito de reduzir a produção de calor endógeno, Com isso, são verificadas alterações comportamentais, dentre as quais destacam-se a busca por sombra, diminuição no consumo de alimentos, aumento da ingestão de água. A soma dos efeitos ambientais sobre o desempenho dos animais pode em muitas ocasiões reduzir os índices produtivos em sistemas que utilizam raças exóticas, refletindo-se em perdas econômicas (MARAI et al., 2007).

A homeotermia é indicada pela temperatura interna, cujos valores considerados normais para a espécie caprina encontram-se em torno de  $39,1^{\circ}\text{C}$ , podendo variar de  $38,5$  a  $39,7^{\circ}\text{C}$ . No entanto, quando estes animais encontram condições ambientais fora da zona de termoneutralidade ocorre o acionamento de alguns mecanismos com o objetivo de manter a temperatura corporal constante (SWENSON e REECE, 1998). Considerando-se que na região tropical, os valores de temperatura ambiental podem facilmente ultrapassar o limite crítico superior de  $34^{\circ}\text{C}$  (BAÊTA e SOUZA, 1997), nessas condições a soma do calor metabólico do animal mais o calor proveniente do ambiente geram uma condição de estresse térmico, que para manter a temperatura interna constante, há necessidade de acionamento dos mecanismos evaporativos como aumento da frequência respiratória com a finalidade de aumentar a dissipação do calor corporal para o ambiente. Desta forma, diversos autores consideram a temperatura retal e a frequência respiratória como as melhores referências fisiológicas para estimar a tolerância ao calor (HEMSWORTH et al., 1995; BIANCA e KUNZ, 1978). Hopkins et al. (1978) afirmam que valores de temperatura retal próximos à temperatura normal da espécie poderia ser tomados como índice de adaptabilidade e os animais que

apresentavam menor aumento na temperatura retal e menor frequência respiratória seriam considerados mais tolerantes ao calor (BACCARI JUNIOR, 1986).

Assim, a capacidade adaptativa de um animal está relacionada com sua habilidade em manter a temperatura corporal praticamente constante, através da dissipação de calor pelos mecanismos evaporativos, que ocorrem na superfície corporal e no trato respiratório, mesmo os animais estando expostos à elevadas temperaturas do ar e radiação solar (SILVA, 2008; MAIA et al., 2008; GEBREMEDHIN et al., 1983). Quando o organismo animal falha em manter o equilíbrio térmico, a temperatura retal aumenta, podendo chegar a um valor característico de hipertermia, que para a espécie ovina é relatado na literatura como sendo a partir de 39,2 (SWENSON e REECE, 1998).

A frequência respiratória é uma variável que interfere diretamente no perfil sanguíneo do animal, alterando seu equilíbrio ácido-base com a finalidade de alcançar a homeostase. O estresse térmico severo induz a um aumento da frequência respiratória e da atividade de sudorese. Em ambientes muito quentes, quando a temperatura do ar ultrapassa a temperatura da superfície cutânea as perdas de calor através dos mecanismos sensíveis (radiação, condução e convecção) se tornam praticamente nulas. Nesses casos a termólise evaporativa representa o único mecanismo capaz de promover a homeotermia, sendo que após os 25°C a via mais eficiente é a cutânea (MAIA et al., 2005). A termólise respiratória, indicada pelo aumento da frequência respiratória pode ser considerada como uma boa ferramenta de estudo de adaptação pois este é influenciado pelo ambiente em que o animal está inserido. No entanto, o ofego excessivo pode prejudicar as trocas gasosas, influenciando outros mecanismos fisiológicos e alterando o perfil químico do sangue, indicado pelo equilíbrio ácido-base.

A termografia de infravermelho é definida como uma técnica não-invasiva de sensoriamento remoto que possibilita a medição justamente desta radiação térmica que

caracteriza a temperatura de um corpo e a formação de imagens termográficas a partir de radiação de infravermelho. Mapas termográficos, ou imagens termográficas, são largamente explorados em alguns países para determinar a perda de calor em construções urbanas, predizer problemas da construção, tais como regiões de maior umidade. Estas imagens permitem a observação direta da distribuição de temperatura em uma superfície (KNÍŽKOVÁ et al., 2007).

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, V. G.; POND, K. R.; SAKER, K. E. et al. Tasco- Forage: III. Influence of a seaweed extract on performance, monocyte immune cell response, and carcass characteristics in feedlot-finished steers. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1032-1040, 2001.
- AL-SHOREPY, S.A.; ALHADRAMI, G.A.; JAMALI, I.A. Effect of feeding diets containing seaweed on weight gain and carcass characteristics of indigenous lambs in the United Arab Emirates. **Small Ruminant Research**, v.41, n.3, p.283-287, 2001.
- ARCHER, G.S; FRIEND, T.H.; CALDWELL, D. et al. Effect of the seaweed *Ascophyllum nodosum* on lambs during forced walking and transport. **Journal of Animal Science**, v.85, p.225-232, 2007.
- BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental para a produção de leite nos trópicos. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, **Anais...**, Jaboticabal : FUNEP, 1986. p. 45-53.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais** – conforto animal. Viçosa, MG: UFV, 246p. 1997.
- BEHRENDTS, L. L.; BLANTON, J. R.; MILLER, M. F. et al. Tasco supplementation in feedlot cattle: Effects on pathogen loads. **Journal of Animal Science**, v.78, Suppl. 1, p.106, 2000.
- BENDARY, M.M.; BASSIOUNI, M. I.; ALI, M. F. et al. Effect of premix and seaweed additives on productive performance of lactating friesian cows. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v.3, n.5, p.174-181, 2013.

- BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock production Science**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 57- 69, 1978.
- CALADO, C.M.B.; FRANÇA-PIRES, V.C.; ALBUQUERQUE, A.P. et al. 2012. Algas comestíveis: comparação nutricional entre espécies de gracilaria (*G. Cornea* e *G. Domingensis*) de ocorrências no litoral nordestino. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. UEPB. **Anais...** Campina Grande, PB:UEPB, 2012.
- CARDOZO, K. H. M.; GUARANTINI, T.; BARROS, M. P. et al. Metabolites from algae with economical impact. **Comp Biochem Physiol Part C: Toxicol Pharmacol**, v.146, p.60-78, 2007.
- CAROPRESE, M.; CILIBERTI, M. G.; MARINO, R. et al. Polyunsaturated fatty acid supplementation: effects of seaweed *Ascophyllum nodosum* and flaxseed on milk production and fatty acid profile of lactating ewes during summer. **Journal of Dairy Research**, v.83, 289-297, 2016.
- DHARGALKAR, V.K.; VERLECAR, X.C. Southern Ocean seaweeds: a resource for exploration in food and drugs. **Aquaculture**, v. 287, n.1, p. 229 - 242, 2009.
- FONSECA, W. J. L.; AZEVEDO, D. M. M. R.; CAMPELO, J. E. G. et al. Effect of heat stress on milk production of goats from Alpine and Saanen breeds in Brazil. **Archivos de Zootecnia**, v.65, n.252, p.615-621, 2016.
- FRANÇA PIRES, V. C.; TAVARES, M. T.; ALBUQUERQUE, A. P. et al. Caracterização físico-química da macroalga *Gracilaria domingensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 52. **Anais...** Recife: outubro de 2012.

- GEBREMEDHIN, K. G.; PORTER, W. P.; CRAMER, C. O. Quantitative analysis of heat exchange through the fur layer of Holstein calves. **Transaction of the ASAE**, v.26, n.1, p.188-193, 1983.
- GONÇALVES, H.C.; SILVA, M. A.; WECHSLER, F. S. et al. Parâmetros e tendência genética da produção de leite de cabra no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2204-2208, 2002.
- GRESSLER, V.; YOKOYA, N. S.; FUJII, M. T. et al. Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. **Food Chemistry**, v.120, p.585–590, 2010.
- GUARANTINI, T.; LOPES, N. P.; MARINHO-SORIANO, E. et al. Antioxidant activity and chemical composition of the non polar fraction of *Gracilaria domingensis* (Kützinger) Sonder ex Dickie and *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.22, n.4, p.724-729, 2012.
- GUARANTINI, T.; LOPES, N. P.; MARINHO-SORIANO, E. et al. Antioxidant activity and chemical composition of the non polar fraction of *Gracilaria domingensis* (Kützinger) Sonder ex Dickie and *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n.4, p.724-729, 2012.
- HARLIN, M. M.; DARLEY, W. M. **The Algae: An overview**. In: *Algae and Human Affairs*, Ed. Lembi, C. A.; Waaland, J. R. Cambridge University Press, Cambridge: pp 3-27. 1981.
- HEMSWORTH, P. H.; BARNETT, J. L.; BEVERIDGE, L. et al. The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 42, p. 161-182, 1995.

- HOPKINS, P. S.; KNIGHTS, G. I.; LE FEUVRE, A. S. Studies of the environmental physiology of tropical Merinos. **Australian Journal Agriculture Research**. East Medelaine, v. 29, n. 1, p. 61-71, 1978.
- KELLOGG, D.W.; ANSCHUTZ, K.; PENNINGTON, J. **Report of research trial with Tasco at Rose Ark Dairy in Arkansas during summer 2005**. Fayetteville, AR, USA: 2006. pp. 100–104. (AAES Research Series 545: Arkansas Animal Science Department Report 2006).
- KHOTIMCHENKO, S. V. Variations in lipid composition among different developmental sategs of *Gracillaria Verrucosa* (Rhodophyta). **Botanica Marina**, v.49, p.34-3, 2006.
- KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDIL, G. A.K. et al. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v.22, p.329–336, 2007.
- LI, X.; FAN, X.; HAN, L. et al. Fatty acids of some algae from the Bohai Sea. **Phytochemistry**, v.59, n.2, p.157-161, 2005.
- MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Latent heat loss of holstein cows in a tropical environment: a prediction model. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.10, p. 1837-1843, 2008.
- MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, p.332-336, 2005.
- MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V. et al. Seaweeds for livestock diets: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 212, n.2, p.1-17, 2015.
- MARAI, I. F. M.; EL-DARAWANY, A. A.; FADIEL, A. et al. Physiological traits as affected by heat stress in sheep- A review. **Small Ruminant Research**. v. 71, p. 1-12, 2007.

- MARGULIS, L. **Symbiosis in cell evolution**. New York: W.H. Freeman, 419 p. 1981.
- MARIN, A.; CASAS, M.; CARRILLO, S. et al. Performance of sheep fed rations with *Sargassum* spp. sea algae. **Cuban Journal of Agriculture Science**, v.37, p.119, 2003.
- MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**, 2006. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal)- Universidade de São Paulo. Pirassununga – SP.
- MELO, P.C.; FRANCO, C.A.R.; FRANCO, A.R. 2004. **Uso de farinha de algas marinhas (*Lithothamnium* sp) na suplementação mineral de bovinos de corte**. Disponível em: [www.calmarmineracao.com.br/calmar/farinha1.htm](http://www.calmarmineracao.com.br/calmar/farinha1.htm). Acesso em 4/02/2017.
- MELO, T. V.; MOURA, M.A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.99-107, 2009.
- MONTAÑEZ-VALDEZ, O.D.; GARCIA-FLORES, E.O.; BARCENA-GAMA, J.R. et al. 2007. **Effect of two buffers on nutrient digestibilities and ruminal fermentation in Holstein steers**. Disponível em: <http://adsa.asas.org/meetings/2007/abstracts/0545.PDF>. Acesso em 09/12/2013.
- MONTGOMERY, J. L.; ALLEN, V. G.; POND, K. R. et al. Tasco-Forage: IV. Influence of a seaweed extract applied to tall fescue pastures on sensory characteristics, shelf life, and vitamin E status in feedlot-finished steers. **Journal of Animal Science**, v.79, p.884-894, 2001.
- POMPEU, L.B.; WILLIAMS, J.E.; SPIERS, D.E. et al. Effect of *Ascophyllum nodosum* on alleviation of heat stress in dairy cows. **Professional Animal Science**, v. 27, p.181-189, 2011.

- RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S. et al. Adaptation to tropical climate and research strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Advances in Animal Biosciences**, v.1, n.2, 378–379, 2010.
- ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; FURTADO, D. A. et al. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, v. 2, p. 11-19, 2014.
- ROCHA, R.R.C.; COSTA, A.P.R.; AZEVEDO, D.M.M.R. et al. Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no Meio-Norte do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.5, p.1165-1172, 2009.
- SAKER, K. E.; ALLEN, V. G.; FONTENOT, J. P. et al. Tasco-Forage: II. Monocyte immune cell response and performance of beef steers grazing tall fescue treated with a seaweed extract. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1022-1031, 2001.
- SILVA, R.G. **Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente**, FUNEP:São Paulo-Brasil, 393 p., 2008.
- SOUZA JUNIOR, S. V.; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M. et al. Características tremorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferente épocas do ano em região semiárida. **Revista Científica de Produção Animal**, v.10, n.2, p.127-137, 2008.
- SOUZA, B. W. S.; CERQUEIRA, M. A.; MARTINS, J. T. et al. Antioxidant potential of two red seaweeds from the brazilian coasts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.5589–5594, 2011.
- SOUZA, B.B.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N. **Uso da termografia de infravermelho na avaliação das respostas fisiológicas e gradientes térmicos de cabras Anglo**

- nubianas**. 2012. Disponível em < <https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/uso-da-termografia-de-infravermelho-na-avaliacao-das-respostas-fisiologicas-e-gradientes-termicos-de-cabras-anglo-nubianas-78136n.aspx>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2017.
- SOUZA, E. F. **Relatório sobre experimento com o uso de farinha de algas marinhas na suplementação mineral de bovinos de corte**. 2002. Disponível em: <[http://www.naturalrural.com.br/conteudo/experimentos\\_lc300\\_suplementacao\\_bovinos.pdf](http://www.naturalrural.com.br/conteudo/experimentos_lc300_suplementacao_bovinos.pdf)> Acesso em 15/12/2016.
- SPIERS, D.E.; EICHENA, P.A.; LEONARDA, M. J. et al. Benefit of dietary seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in reducing heat strain and fescue toxicosis: A comparative evaluation. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p.753-757, 2004.
- SWENSON, M. J.; REECE, O. W. **DUKES - Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1998. 856 p.
- TABARSA, M.; REZAEI, M.; RAMEZANPOUR, Z. et al. Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v.92, n.12, p.2500-2506, 2012.
- VEJA-VILLASANTE, F.; CUPUL-MAGAÑA, A.; NOLASCO-SORIA, H. et al. Las Algas marinas *Sargassum Spp.* y *Macrocystis pyrifera*: uma alternativa para el forraje Del ganado bovino em La península de Baja California? **Revista Cubana de Ciência Agrícola**, v.40, n.4, p.439-448, 2006.
- VENTURA, M. R.; CASTAÑÓN, J. I. R. The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. **Small Ruminant Research**, v.29, p.325–327, 1998.

ZAKI, M. A.; NOUR, A. M.; OMAR, E. et al. The use of seaweed meal in feeding common carp. Asian-Aust. **Journal of Animal Science**, v.7, n.2, p.183, 1994.

### 3. CAPÍTULO 2 - INCLUSÃO DA MACROALGA *GRACILARIA BIRDIAE* NA DIETA DE CABRAS EM LACTAÇÃO

RESUMO – Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes níveis de inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* na dieta, sobre o consumo voluntário, produção e composição do leite, comportamento ingestivo e parâmetros séricos de cabras Saanen ( $47,1 \pm 5,8$  kg de peso vivo) em lactação (segunda e terceira ordem de parto), com produção média de  $2,6 \pm 0,9$  kg/dia. Oito cabras da raça Saanen foram distribuídas em dois quadrados latinos  $4 \times 4$ . Foram testados quatro níveis de inclusão (0; 4; 8 e 12%) de Macroalga *Gracilaria birdiae* na matéria natural do concentrado. O consumo de matéria seca do feno e concentrado não foram influenciados pelos níveis de gracilaria na dieta ( $P > 0,05$ ). O consumo de extrato etéreo apresentou efeito linear, com redução na ingestão em função da adição de GB na dieta ( $P < 0,05$ ). Já o consumo de matéria mineral aumentou linearmente em função dos níveis de GB na dieta ( $P < 0,05$ ). O comportamento ingestivo, a produção e composição do leite e os parâmetros bioquímicos das cabras não foram influenciados pela adição de macroalga na dieta ( $P > 0,05$ ). A *Gracilaria birdiae* pode ser usada como componente da dieta de cabras Saanen em lactação sem prejuízos ao consumo, produção de leite e parâmetros bioquímicos.

Palavras-chave: comportamento ingestivo, produção de leite, status energético.

## INTRODUÇÃO

A escassez de alimento em boa parte do ano limita a produção de leite e carne, necessitando-se da utilização de alimentos alternativos que possam suprir as exigências dietéticas dos animais e econômicas dos produtores (Silva et al., 2010). O potencial nutricional de macroalgas como suplemento alimentar para animais domésticos já tem sido alvo de diversas pesquisas ao longo do tempo (Arieli et al., 1993; Applegate e Gray, 1995; Ventura e Castanon, 1998; Hansen et al., 2003), no entanto, a caracterização das macroalgas encontradas no litoral brasileiro e seu potencial como parte da dieta de ruminantes ainda tem muito a ser explorado.

Algumas espécies de macroalgas do gênero *Gracilaria* são amplamente encontradas no território brasileiro, desde a costa do Ceará até o Rio de Janeiro. Especialmente no Nordeste, seu cultivo tem sido estimulado visando principalmente a substituição da exploração indiscriminada e insustentável dos bancos naturais pela sustentável (maricultura), em comunidades litorâneas (Carvalho Filho, 2004; Miranda et al., 2004; Cardozo et al., 2007). Quanto à sua composição química, a macroalga é um alimento com baixo teor lipídico, com altas concentrações de minerais, vitaminas e proteínas, rico em fibras e concentrações relativamente altas de ácidos graxos poliinsaturados e diferentes antioxidantes (Gressler et al., 2010; Souza et al., 2011; Guarantini et al., 2012).

Trabalhos avaliando a espécie *Sargassum sp* concluíram que ela pode ser utilizado como suplemento alimentar para ovinos e caprinos (Marín et al., 2009; Casas-Valdez et al., 2006). Al-Shorepy et al. (2001) observaram maior consumo de matéria seca em cordeiros suplementados com macroalgas na dieta quando comparado ao tratamento controle. Já Baek et al. (2004) avaliando inclusão de resíduo de macroalga marrom (*Ascoplyllum nodosum*)

sobre os parâmetros ruminais e produção de leite de vacas, concluiu que a inclusão de 4% não afeta o consumo de matéria seca e pode ser indicado como aditivo alimentar para animais produtores de leite. De acordo com Bendary et al. (2013) as macroalgas melhoraram a digestibilidade dos nutrientes, a atividade de fermentação ruminal, as proteínas séricas, o rendimento e a composição do leite, a conversão alimentar e a eficiência econômica da produção de vacas leiteiras.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de níveis crescentes de inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* na dieta, sobre a ingestão voluntária de alimentos, produção e composição do leite, comportamento ingestivo e parâmetros séricos de cabras Saanen em lactação.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA, da Universidade Federal Rural do Semiárido, UFERSA (CEUA Parecer nº 18/2014 Protocolo nº 23091.002433/2014-37).

### *Local*

O experimento foi realizado na Fazenda Três Irmãos, localizado no município de Lajes (5°11' Sul, 37°22' Oeste, 18m de altitude), Rio Grande do Norte, Brasil, no período de junho a setembro de 2016. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo BSh, isto é, clima semiárido quente.

### *Animais e tratamentos*

As macroalgas da espécie *Gracilaria birdiae* (GB) foram adquiridas da Associação de Maricultura e Beneficiamento de Algas de Pitangui (AMBAP), localizada na praia de Pitangui no município de Extremoz, RN, Brasil. Após a coleta, as macroalgas foram lavadas em água doce visando retirar o excesso de sais marinhos, e posteriormente desidratadas ao sol por três dias, até perder cerca de 70% de sua água.

Foram utilizadas oito cabras da raça Saanen, distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4 de acordo com a ordem de parto, com períodos de 15 dias de duração cada, sendo os dez primeiros dias para adaptação e os cinco finais, para coleta de amostras. As cabras eram de segunda e terceira ordem de parto, apresentavam  $47,1 \pm 5,8$  kg de peso vivo, produção de leite de  $2,6 \pm 0,9$  kg por dia e  $60 \pm 15$  dias de lactação. Foram alojadas em baias individuais, as quais possuíam parte coberta por telhas de fibrocimento e piso de alvenaria (L: 1,55 m x C: 4,00 m x A: 1,88 m) e parte exposta ao sol com piso em areia (L: 1,55 m x C: 2,75 m), onde tiveram livres acesso à bebedouro e comedouros para feno, concentrado e sal mineral (Tabela 1 e 2). As cabras tiveram livre acesso à água e foram alimentadas *ad libitum* duas vezes ao dia, às 5:30h e às 17:30h com dietas balanceadas (NRC, 2007). O volumoso utilizado foi o feno de Tifton (*Cynodon sp.*), na proporção de 30% na matéria seca total da dieta. A inclusão da macroalga foi realizada na matéria natura da porção concentrada da dieta, utilizando quatro níveis (0; 4; 8 e 12%), que ainda continha milho, farelo de soja, melaço em pó, calcário calcítico e fosfato bicalcio (Tabela 1). Desta forma obteve-se os seguintes tratamentos: T0 (Controle) – Feno de tifton + concentrado padrão; T4 – Feno de tifton + concentrado com 4% de GB; T8 – Feno de tifton + concentrado com 8% de GB; e T12 – Feno de tifton + concentrado com 12% de GB.

Tabela 1. Composição percentual (%MN) e nutricional (%MS) dos concentrados experimentais.

| Ingrediente (%)              | Níveis de inclusão de macroalga |       |       |       |
|------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|
|                              | 0%                              | 4%    | 8%    | 12%   |
| Milho moído                  | 83,0                            | 79,0  | 75,5  | 71,9  |
| Farelo de soja               | 13,5                            | 13,5  | 13,0  | 12,6  |
| Alga desidratada             | 0,0                             | 4,0   | 8,0   | 12,0  |
| Melaço em pó                 | 2,0                             | 2,0   | 2,0   | 2,0   |
| Calcário Calcítico           | 0,5                             | 0,5   | 0,5   | 0,5   |
| Fosfato Bicálcico            | 1,0                             | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| TOTAL                        | 100,0                           | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Composição nutricional (%MS) |                                 |       |       |       |
| MS <sup>1</sup>              | 91,47                           | 91,21 | 91,00 | 91,65 |
| PB <sup>2</sup>              | 12,56                           | 12,40 | 12,47 | 12,54 |
| MM <sup>3</sup>              | 4,30                            | 4,37  | 5,42  | 5,47  |
| MO <sup>4</sup>              | 95,70                           | 95,63 | 94,58 | 94,53 |
| EE <sup>5</sup>              | 5,40                            | 4,99  | 4,70  | 4,49  |
| FDN <sup>6</sup>             | 12,16                           | 11,12 | 12,83 | 12,88 |
| FDA <sup>7</sup>             | 2,78                            | 2,73  | 3,06  | 2,99  |
| EB <sup>8</sup>              | 4,28                            | 4,21  | 4,16  | 4,20  |
| Ca <sup>9</sup>              | 0,14                            | 0,83  | 0,53  | 0,86  |
| P <sup>10</sup>              | 0,82                            | 0,80  | 0,97  | 0,88  |
| DIVMS <sup>11</sup>          | 94,79                           | 95,79 | 95,22 | 95,51 |

<sup>1</sup>MS – Matéria seca; <sup>2</sup>PB – Proteína Bruta; <sup>3</sup>MM – Matéria Mineral; <sup>4</sup>MO – Matéria Orgânica; <sup>5</sup>EE – Extrato Etéreo; <sup>6</sup>FDN – Fibra em Detergente Neutro; <sup>7</sup>FDA – Fibra em Detergente Ácido; <sup>8</sup>EB – Energia bruta (Mcal/kg de MS); <sup>9</sup>Ca – Cálcio; <sup>10</sup>P – Fósforo; <sup>11</sup>DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

### *Consumo*

Com acesso *ad libitum* ao feno, concentrado e sal mineral, o consumo voluntário foi calculado pela diferença entre o oferecido e as sobras; para tanto, as sobras foram coletadas diariamente, pesadas e amostradas em 10% do seu peso, durante os cinco dias do período de coleta, sendo ajustadas para corresponderem a 10% do total oferecido. Para cada animal, constituíram-se amostras compostas de sobras, referentes a cada período experimental, as quais foram congeladas para análises posteriores.

As amostras dos alimentos e das sobras foram coletadas diariamente durante o período de coleta, congeladas, homogeneizadas e pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas. Todas as amostras foram trituradas em moinho dotado de peneira com crivos de 1 mm de diâmetro e armazenadas, para posterior análise dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). O teor de matéria orgânica foi estimado pela diferença entre o valor da matéria seca e matéria mineral. Para a determinação da DIVMS dos alimentos avaliados, adotou-se a técnica descrita por Tilley e Terry (1963) adaptada ao Rúmen Artificial (DAISYII), desenvolvido pela ANKOM®, conforme metodologia descrita por Holden (1999). A energia bruta foi medida em bomba calorimétrica e os teores de cálcio e fósforo pelo método colorimétrico.

### *Produção e composição do leite*

As cabras eram ordenhadas diariamente, as 5 e as 17 horas, mas entre o 11º e 15º dias, a produção foi utilizada para avaliação da produção de leite. A produção de leite corrigida para 3,5% foi calculada segundo a equação de Gaines (1928), sugerida pelo NRC (2001):  $LCG\ 3,5\% = (0,4255 \times \text{kg de leite}) + [16,425 \times (\% \text{ gordura} / 100) \times \text{kg de leite}]$ . A correção para 4% de gordura foi realizada, segundo o NRC (2001), utilizando-se a seguinte equação:  $LCG\ 4\% (\text{kg dia}^{-1}) = 0,4 \times \text{leite} (\text{kg dia}^{-1}) + 15 \times \text{gordura} (\text{kg dia}^{-1})$ . A correção do leite para sólidos totais foi realizada, conforme Tyrrel e Reid (1965), utilizando-se a equação:  $LCST = (12,3 \times \text{g de gordura}) + (6,56 \times \text{g de sólidos não-gordurosos}) - (0,0752 \times \text{kg de leite})$ . Ainda no período de coleta, retiraram-se amostras do leite de dois dias de ordenha consecutivos para posterior avaliação da composição química do leite (sólidos totais, gordura, proteína, lactose e cinzas).

### *Parâmetros séricos*

Para a avaliação do perfil sérico, foram coletados, sempre no 12º dia de cada período experimental, amostras de sangue por punção da veia jugular externa, em tubos do tipo vacutainer, sem adição de anticoagulantes. Logo após a coleta, os tubos foram centrifugados a 5000 rpm, durante 20 minutos e, em seguida, com o auxílio de um pipetador automático, o soro foi retirado e distribuído, uniformemente, em tubos tipo ependorff, devidamente identificados e conservados para posterior análise ( $-20^{\circ}\text{C}$ ). As concentrações plasmáticas de colesterol, proteínas séricas totais, albumina e ureia foram determinadas conforme as recomendações técnicas encontradas nos kits comerciais da marca Vida® (Vida Biotecnologia S.A., Belo Horizonte, MG, Brasil) em analisador bioquímico pelo método colorimétrico, realizando-se três repetições por amostra.

### *Comportamento ingestivo*

As observações referentes ao comportamento ingestivo dos animais foram feitas no 13º dia de cada período, iniciando-se sempre às 6 h e perfazendo um período de 24 horas ininterruptas, de forma visual, pelo método de varredura instantânea proposto por Johnson e Combs (1991), a intervalos de 5 minutos, por observadores previamente treinados. As variáveis comportamentais observadas e registradas foram: ócio em pé e deitado, em pé comendo, em pé ruminando, deitado ruminando e outras atividades (Barreto et al., 2011). Analisaram-se, a partir desses dados, os tempos médios despendidos em alimentação, ruminação e ócio foram contabilizados. Durante a observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial, a qual os animais foram previamente adaptados.

Os resultados referentes ao comportamento ingestivo foram obtidos pelas relações:  $EAL = CMS/TAL$  (g MS/h);  $ERU = CMS/TRU$  (g MS/h);  $TMT = TAL + TRU$  (horas/dia), em que:  $EAL$  (g MS/hora) = eficiência de alimentação;  $CMS$  (g MS/dia) = consumo de matéria seca;  $TAL$  (horas/dia) = tempo de alimentação;  $ERU$  (g MS/hora) = eficiência de ruminação;  $TRU$  (horas/dia) = tempo de ruminação;  $TMT$  (hora/dia) = tempo de mastigação total (Polli et al., 1996). Além dessas variáveis, avaliou-se também ócio, em pé, deitada,

### *Análise estatística*

O modelo estatístico incluiu o efeito de tratamentos, quadrado latino, animal dentro de quadrado latino, período e interação tratamento com quadrado latino, conforme a equação:  $Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + A_k + Pl + ITQ_{ij} + E_{ijkl}$ , em que:  $Y_{ijkl}$  = é a observação referente ao i-ésimo tratamento, j-ésimo quadrado latino, k-ésimo animal e l-ésimo período;  $\mu$  = média

geral;  $T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ,  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;  $Q_j$  = efeito do quadrado latino  $j$ ,  $j = 1$  e  $2$ ;  $A_k$  = efeito do animal  $k$  dentro de quadrado latino,  $k = 1, 2, 3$  e  $4$ ;  $P_l$  = efeito do período  $l$ ,  $l = 1, 2, 3$  e  $4$ ;  $ITQ_{ij}$  = Interação entre tratamento e quadrado latino  $e$ ;  $E_{ijkl}$  = erro aleatório associado a cada observação.

A comparação entre os tratamentos foi realizada por intermédio da decomposição da soma de quadrados relacionada a essa fonte em contrastes ortogonais relativos aos seguintes efeitos: Contraste A: Tratamento controle (0% de GB) e tratamentos que continham alga em sua composição; Contrastes B, C e D permitiram a avaliação de efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica, além das suas respectivas equações de regressão. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos por meio do programa SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA), a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de matéria seca (MS) em  $\text{g.dia}^{-1}$  em porcentagem de peso vivo (% PV) não foram influenciados pela inclusão de GB na dieta de cabras em lactação (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo, em gramas por dia (g/dia) e porcentagem do peso vivo (%PV) de matéria seca total (CMST), matéria seca do concentrado (CMSC), matéria seca do feno (CMSF), da proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA) e matéria mineral (CMM) por cabras Saanen recebendo diferentes níveis de *Gracilaria birdiae* na dieta.

| Variável                   | Níveis de inclusão de macroalga |        |                      |        | EPM   | Contrastes P |    |                |    |
|----------------------------|---------------------------------|--------|----------------------|--------|-------|--------------|----|----------------|----|
|                            | 0%                              | 4%     | 8%                   | 12%    |       | 0% x Alga    | L  | Q              | C  |
| g.dia <sup>-1</sup>        |                                 |        |                      |        |       |              |    |                |    |
| CMST                       | 1631,8                          | 1507,9 | 1558,5               | 1566,1 | 48,37 | ns           | ns | ns             | ns |
| CPB                        | 190,76                          | 173,33 | 181,56               | 184,30 | 5,49  | ns           | ns | ns             | ns |
| CEE                        | 75,30                           | 64,04  | 64,13                | 62,65  | 2,14  | **           | *  | ns             | ns |
| CFDN                       | 425,30                          | 401,47 | 407,55               | 393,55 | 16,50 | ns           | ns | ns             | ns |
| CFDA                       | 163,91                          | 161,21 | 156,44               | 147,68 | 7,16  | ns           | ns | ns             | ns |
| CMM                        | 82,06                           | 83,37  | 91,07                | 91,58  | 2,47  | *            | ** | ns             | ns |
| % Peso Vivo                |                                 |        |                      |        |       |              |    |                |    |
| CMST                       | 3,404                           | 3,360  | 3,181                | 3,259  | 0,06  | ns           | ns | ns             | ns |
| CPB                        | 0,397                           | 0,387  | 0,383                | 0,370  | 0,007 | ns           | ns | ns             | ns |
| CEE                        | 0,157                           | 0,133  | 0,131                | 0,130  | 0,004 | **           | ** | ns             | ns |
| CFDN                       | 0,886                           | 0,835  | 0,833                | 0,820  | 0,03  | ns           | ns | ns             | ns |
| CFDA                       | 0,340                           | 0,357  | 0,321                | 0,306  | 0,01  | ns           | ns | ns             | ns |
| CMM                        | 0,171                           | 0,171  | 0,186                | 0,191  | 0,004 | ns           | *  | ns             | ns |
| Regressão                  |                                 |        |                      |        |       |              |    | R <sup>2</sup> |    |
| CEE (g.dia <sup>-1</sup> ) |                                 |        | Y = - 0,946x + 72,20 |        |       |              |    | 0,689          |    |
| CMM (g.dia <sup>-1</sup> ) |                                 |        | Y = 0,906x + 81,58   |        |       |              |    | 0,875          |    |

|           |                        |       |
|-----------|------------------------|-------|
| CEE (%PV) | $Y = - 0,002x + 0,150$ | 0,690 |
| CMM (%PV) | $Y = 0,001x + 0,168$   | 0,882 |

---

EPM: Erro padrão da média; L: efeito linear da inclusão de macroalga na dieta; Q: efeito quadrático da inclusão de macroalga na dieta; C: efeito cúbico da inclusão de macroalga na dieta.

<sup>ns</sup> (P>0,05); \*(P<0,05); \*\*(P<0,01).

Em concordância com esses resultados, Baek et al. (2004) avaliando a inclusão de 3% de resíduo da macroalga *Ascophyllum nodosum* na dieta de vacas em lactação sobre o consumo de matéria seca e nutrientes e Abdoun et al. (2014) avaliando a inclusão de 5% de *Ulva lactuca* na dieta de cordeiros, também não observaram efeito sobre os parâmetros de consumo. Já Erickson et al. (2012) avaliando a preferência de bezerros com seis semanas de vida por rações iniciais contendo 0, 30 e 60g de macroalgas, observaram redução do consumo de matéria seca quando as dietas experimentais estavam disponíveis, esse comportamento foi justificado por um efeito negativo de aceitabilidade das dietas por animais jovens. As cabras neste trabalho, já adaptadas a dietas sólidas, não mostraram em nenhum momento recusa da dieta fornecida, demonstrando que não houve prejuízo a aceitabilidade da dieta com a inclusão de GB, o que contribuiu para promover a semelhança nos consumos voluntários observados.

Al-Shorepy et al. (2001) observaram aumento no consumo de concentrado e forragem em ovinos recebendo suplementação com 1% de macroalga, justificado pela maior composição mineral da dieta. Esses autores explicam que dietas ricas em minerais aceleram a taxa de passagem da digesta, resultando em maior consumo de alimentos pelos animais. Vale ressaltar que a forma de obtenção da GB para este experimento, onde a macroalga foi lavada

em água doce antes de ser submetida ao processo de secagem, remove parte significativa dos sais minerais marinhos que ficam agregados à macroalga, no entanto, esse processo permite incluir níveis mais elevados na dieta de ruminantes, possibilitando a avaliação dos efeitos dos demais componentes. Assim, embora o consumo de matéria mineral pelas cabras tenha aumentado em função da adição de GB na dieta ( $P < 0,05$ ), os níveis de inclusão testados não foram suficientes para afetar o CMS.

O consumo de extrato etéreo foi reduzido linearmente em função da adição de GB na dieta ( $P < 0,05$ ), possivelmente devido aos baixos níveis lipídicos presentes nessa macroalga. Os consumos dos demais componentes (proteína, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido) não foram influenciados pelas dietas testadas ( $P > 0,05$ ).

Não houve efeito significativo para as variáveis tempo de alimentação (TAL) e tempo de ruminação (TRU) conforme apresentado na Tabela 3 ( $P > 0,05$ ).

Tabela 3. Comportamento ingestivo de cabras em lactação recebendo diferentes níveis de inclusão de *Gracilaria birdiae* na dieta.

| Variável | Níveis de inclusão de macroalga |      |      |      | EPM   | Contrastes P |    |    |    |
|----------|---------------------------------|------|------|------|-------|--------------|----|----|----|
|          | 0%                              | 4%   | 8%   | 12%  |       | 0% x Alga    | L  | Q  | C  |
| TAL      | 4,34                            | 4,53 | 4,05 | 4,14 | 0,20  | ns           | ns | ns | ns |
| TRU      | 4,20                            | 4,06 | 4,38 | 4,06 | 0,23  | ns           | ns | ns | ns |
| TOC      | 6,00                            | 6,02 | 6,40 | 6,22 | 0,30  | ns           | ns | ns | ns |
| EAL      | 0,40                            | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,021 | ns           | ns | ns | ns |
| ERU      | 0,39                            | 0,37 | 0,39 | 0,43 | 0,021 | ns           | ns | ns | ns |
| TMT      | 8,54                            | 8,56 | 8,43 | 8,20 | 0,33  | ns           | ns | ns | ns |

TAL: Tempo de alimentação (h/dia); TRU: Tempo de ruminação (h/dia); TOC: Tempo de ócio (h/dia); EAL: Eficiência de alimentação (kg MS/h); ERU: Eficiência de ruminação (kg MS/h); TMT: Tempo de mastigação total (h/dia); EPM: Erro padrão da média; L: efeito linear da inclusão de macroalga na dieta; Q: efeito quadrático da inclusão de macroalga na dieta; C: efeito cúbico da inclusão de macroalga na dieta.

<sup>ns</sup> (P>0,05).

Provavelmente, este resultado é devido às semelhanças no consumo das dietas, uma vez que a proporção volumoso:concentrado foi a mesma, diferenciando apenas pelos níveis de macroalga incluídos no concentrado. Carvalho et al. (2011) afirmam que muitos são os fatores que podem afetar a ingestão de alimentos em ruminantes, provocando efeito direto no comportamento ingestivo, dentre eles o teor de FDN e a forma física da dieta. Ribeiro (2003) afirma ainda que, além do teor de fibra, o comprimento da partícula da forragem, a quantidade de forragem consumida e o estresse térmico são alguns fatores que afetam o tempo de

ruminação em caprinos, os quais afetam secundariamente outros parâmetros do comportamento ingestivo como o tempo total em mastigação (TMT) e ócio (TOC) e as eficiências em alimentação (EAL) e ruminação (ERU). Esses parâmetros também não foram influenciados pela inclusão de GB na dieta de cabras em lactação ( $P>0,05$ ).

A eficiência de alimentação e ruminação apresenta relação direta com os níveis de ingestão de nutrientes dos animais (Carvalho et al., 2011). Carvalho et al. (2006) avaliando o efeito do nível de FDN na dieta para cabras leiteiras alimentadas com 41% de FDN, observaram média menor que a observada nesse estudo para eficiência de ruminação (0,356 kg MS/h) e maior eficiência de alimentação (0,497 kg MS/h). Em dietas com alto conteúdo de FDN, a eficiência de ruminação e mastigação é diminuída, em razão da maior dificuldade em reduzir o tamanho das partículas originadas de materiais ricos em fibra, o que diminui a ingestão de alimento (Dulphy et al., 1980). No trabalho de Barreto et al. (2011) avaliando a influencia do nível energético na dieta de caprinos em confinamento, a dieta com menor nível energético proporcionou maior tempo de ruminação (8,37 horas/dia) e menor tempo em ócio (9,93 horas/dia), concluindo que altos níveis de energia favorecem a eficiência alimentar e de ruminação. Assim, a ausência de efeito para os consumos de MS e apesar da menor ingestão de EE pelos animais que receberam as dietas com macroalga, não foi observada relação entre eficiências de alimentação e ruminação com os níveis de inclusão de *Gracilaria birdiae* propostos.

A produção de leite total e a produção de leite corrigida para sólidos totais (LCST) e gordura (LCG 3,0 e 4,0%) não diferiram significativamente ( $P>0,05$ ) com a inclusão de GB na dieta de cabras em lactação (Tabela 4).

Tabela 4. Produção de leite total, produção corrigida para porcentagem de gordura (LCG 3,5% e LCG 4,0%), produção corrigida para sólidos totais (LCST) e composição do leite de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de *Gracilaria birdiae* na dieta.

| Variável                       | Níveis de inclusão de macroalga |       |       |       | EPM   | Contrastes P |    |    |    |
|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------|----|----|----|
|                                | 0%                              | 4%    | 8%    | 12%   |       | 0% x Alga    | L  | Q  | C  |
| Produção de leite <sup>1</sup> | 2,04                            | 2,08  | 2,15  | 2,12  | 0,20  | ns           | ns | ns | ns |
| LCST <sup>1</sup>              | 1,54                            | 1,66  | 1,58  | 1,67  | 0,15  | ns           | ns | ns | ns |
| Gordura (%)                    | 2,38                            | 2,59  | 2,23  | 2,47  | 0,07  | ns           | ns | ns | ns |
| Proteína (%)                   | 2,95                            | 3,04  | 2,92  | 3,00  | 0,02  | ns           | ns | ns | ns |
| Lactose (%)                    | 4,50                            | 4,62  | 4,43  | 4,53  | 0,04  | ns           | ns | ns | ns |
| Cinzas (%)                     | 0,68                            | 0,70  | 0,67  | 0,68  | 0,006 | ns           | ns | ns | ns |
| Sólidos Totais (%)             | 10,53                           | 10,83 | 10,24 | 10,72 | 0,12  | ns           | ns | ns | ns |

<sup>1</sup>kg dia<sup>-1</sup>; EPM: Erro padrão da média; L: efeito linear da inclusão de macroalga na dieta; Q: efeito quadrático da inclusão de macroalga na dieta; C: efeito cúbico da inclusão de macroalga na dieta.

<sup>ns</sup> (P>0,05).

Não há na literatura dados de produção de leite de cabras recebendo macroalgas na dieta, no entanto, trabalhos avaliando o efeito destas em outras espécies animais encontraram aumento na produção de leite atribuído a inclusão de macroalgas. Caroprese et al. (2016) observaram incremento na produção de leite de ovelhas durante o verão suplementadas com 25 g/dia de da inclusão de macroalga marrom. Kellogg et al. (2006) concluíram que a suplementação com 0,25% de extrato comercial de macroalga marrom *Ascophyllum nodosum* (Tasco™, Acadian Seaplants Ltd., Dartmouth, Nova Scotia, Canada) foi benéfica para a

produção de leite de vacas multíparas durante estresse térmico, mas não teve efeito sobre vacas primíparas, cujo peso corporal é relativamente menor. Bendary et al. (2013) reportou incremento na produção de leite de vacas suplementadas com uma mistura de macroalgas (50 g/animal/dia). Esses autores atribuem os efeitos positivos da inclusão de macroalgas sobre a produção de leite a suplementação mineral promovida pela inclusão da macroalga e seu potencial antioxidante.

Embora tenha sido observado maior consumo de minerais pelos animais deste experimento e a literatura relate o potencial antioxidante da *Gracilaria birdiae* (Souza et al., 2012, Souza et al., 2011, Guarantini et al., 2012), esses fatores não contribuíram para o aumento na produção de leite das cabras, concordando com Hong et al. (2015), Singh et al. (2014) e Karatzia et al. (2012) não observaram efeito da inclusão de até 4% de macroalga *Ascophyllum nodosum* sobre a produção de leite de vacas.

Os rendimentos de proteína, gordura, lactose, cinzas e sólidos totais não apresentaram diferenças em função da adição de GB na dieta ( $P>0,05$ ), concordando com Singh et al. (2014), que não observaram efeito do aumento de *Ascophyllum nodosum* na dieta de vacas sobre a concentração dos componentes do leite. Caroprese et al. (2016) também não observaram efeito da inclusão de macroalga sobre os teores de gordura e proteína do leite de ovelhas durante do verão.

Apesar dos menores níveis de extrato etéreo presentes na GB, os estudos sobre os ácidos graxos nessa macroalga mostraram que essa espécie é rica em ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), principalmente C20:4 ( $\omega 6$ ) e C20:5 ( $\omega 3$ ) (Gressler et al., 2010). Segundo Santos et al. (2009) a inclusão de fontes de gordura insaturada na dieta de animais em lactação pode aumentar a probabilidade de alterações no teor de gordura do leite devido ao impacto negativo que as gorduras insaturadas podem ter na digestão da fibra no rúmen e/ou à

maior produção de ácidos graxos trans no rúmen, em razão da biohidrogenação incompleta de ácidos graxos insaturados, comprometendo a síntese de novo de ácidos graxos na glândula mamária, reduzindo assim os teores de gordura no leite (Bauman & Griinari, 2001). Esse comportamento não foi observado nesse estudo.

A Tabela 5 apresenta o perfil sérico das cabras em função da inclusão de GB na dieta. Não foi observado efeito significativo das dietas sobre os níveis de glicose das cabras ( $P>0,05$ ).

Tabela 5. Perfil sérico de cabras Saanen em lactação em função da inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae*

| Variável                      | Níveis de inclusão de |       |       |       |           | EPM | Contrastes P |    |    |  |
|-------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------|-----|--------------|----|----|--|
|                               | macroalga             |       |       |       | 0% x Alga |     | L            | Q  | C  |  |
|                               | 0%                    | 4%    | 8%    | 12%   |           |     |              |    |    |  |
| Glicose <sup>1</sup>          | 82,71                 | 82,37 | 82,62 | 81,62 | 1,21      | ns  | ns           | ns | ns |  |
| Colesterol Total <sup>1</sup> | 88,62                 | 75,75 | 93,62 | 89,87 | 3,50      | ns  | ns           | ns | ns |  |
| Proteína total <sup>2</sup>   | 7,91                  | 8,25  | 8,42  | 8,12  | 0,13      | ns  | ns           | ns | ns |  |
| Uréia <sup>1</sup>            | 18,57                 | 20,75 | 24,37 | 20,12 | 1,72      | ns  | ns           | ns | ns |  |
| Albumina <sup>2</sup>         | 4,39                  | 4,14  | 4,49  | 4,32  | 0,09      | ns  | ns           | ns | ns |  |

EPM: Erro padrão da média; L: efeito linear da inclusão de macroalga na dieta; Q: efeito quadrático da inclusão de macroalga na dieta; C: efeito cúbico da inclusão de macroalga na dieta.

<sup>1</sup>mg/dl; <sup>2</sup>g/dl; <sup>ns</sup> (P>0,05).

Não foi encontrado na literatura parâmetros sanguíneos de cabras recebendo macroalga, no entanto, Karatzia et al. (2012) avaliando efeito da *Ascophyllum nodosum* sobre os parâmetros séricos de vacas lactantes, observaram que o grupo que recebeu 80 g/animal/dia, apresentaram aumento gradativo dos níveis de glicose sanguínea a partir da quarta semana de avaliação. Esses autores levantaram algumas hipóteses prováveis, como o aumento na produção de propionato no rúmen, maior digestão dos alimentos devido ao aumento da microflora intestinal e melhoria da função imune. O delineamento experimental utilizado neste experimento não permitiu avaliar o efeito cumulativo que a ingestão de macroalga tem sobre os parâmetros séricos.

Os níveis de colesterol apresentam-se dentro do intervalo considerado normal (80 - 130 mg/dl) por Kaneko (1989) e Carlson (1994), sem diferenças significativas em função da inclusão de GB na dieta ( $P>0,05$ ). De acordo com Zambom et al. (2005), o teor de extrato etéreo presente na dieta pode influenciar os níveis de colesterol. Embora possa ser observada uma variação nos teores de extrato etéreo das dietas a menor ingestão desse nutriente pelas cabras não foi o suficiente para comprometer o status energético das cabras.

Os níveis de inclusão de macroalga não afetaram os níveis de proteína total (PT), albumina e uréia ( $P<0,05$ ). As médias para PT e albumina foram superiores as observadas por Silva et al. (2010) para cabras Saanen, entre 5,94 e 6,42 g/dl para PT e entre 2,81 – 3,03 g/dl para albumina. As médias para uréia encontradas nesse experimento foram menores que a observada por Silva et al. (2010), 67,50 mg/dl, mas próxima ao intervalo considerado normal (10 - 20 mg/dl) por Kaneko (1989) e Carlson (1994), ambas para cabras Saanen em lactação. Estes parâmetros representam um indicativo do metabolismo protéico dos animais, e apesar deste resultado, quando comparado a literatura, os animais de todos os tratamentos apresentaram níveis séricos adequados para os padrões da espécie e categorias.

## CONCLUSÃO

A macroalga *Gracilaria birdiae* pode compor o concentrado de cabras em lactação substituindo outros ingredientes comumente utilizados em níveis de até 12% na matéria natural sem prejudicar os parâmetros de consumo, produção e status energético e protéico desses animais.

## REFERÊNCIAS

- Abdoun, K.A., Okab, A.B., El-Waziry, A.M., Samara, E.M., Al-Haidary, A.A. 2014. Dietary supplementation of seaweed (*Ulva lactuca*) to alleviate the impact of heat stress in growing lambs. Pak. Vet. J. 34, 108-111.
- Al-Shorepy, S.A., Alhadrami, G.A., Jamali, I.A., 2001. Effect of feeding diets containing seaweed on weight gain and carcass characteristics of indigenous lambs in the United Arab Emirates. Small Rum. Res. 41(3), 283-287.
- Applegate, R.D., Gray, P.B., 1995. Nutritional value of seaweed to ruminants. Rangifer. 15, 15-18.
- Arieli, A., Sklan, D., Kissil, G., 1993. A note on the nutritive value of *Ulva lactuca* for ruminants. Anim. Prod. 57, 329-331.
- Back, I.K., Maeng, W.J., Lee, S.H., Lee, H.G., Lee, S.R., Ha, J.K., Lee, S.S., Hwang, J.H., 2004. Effects of the brown seaweed residues supplementation on *in vitro* fermentation and milk production and composition of lactating dairy cows. J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.). 46(3), 373-386.
- Barreto, L.M.G., Medeiros, A.N., Batista, A.M.V., Furtado, D.A., Araujo, G.G.L., Lisboa, A.C.C., Paulo, J.L.A., Souza, C.M.S., 2011. Comportamento ingestivo de caprinos das raças Moxotó e Canindé em confinamento recebendo dois níveis de energia na dieta. R. Bras. Zootec. 40(4), 834-842.
- Bauman, D.E., Griinari, J.M. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. Livestock Production Science, 70, 15-29.

- Bendary, M.M., Bassiouni, M.I., Ali, M.F., Gaafar, H.M., Shamas, A.S., 2013. Effect of premix and seaweed additives on productive performance of lactating friesian cows. Glob. J. Anim. Sci. Livest. prod. Anim. Breed. 1, 008-015.
- Cardozo, K.H.M., Guaratini, T., Barros, M.P., Falcão, V.R., Tonon, A.P., Lopes, N.P., Campos, S., Torres, M.A., Souza, A.O., Colepicolo, P., Pinto, E., 2007. Metabolites from algae with economical impact. Comp. Biochem. Physiol. Part C: Toxicol. Pharmacol. 146, 60-78.
- Carlson, P.G., 1994. Testes de química clínica. In: Smith, B. (Ed). Tratado de medicina interna de grandes animais. São Paulo, Manole, 395-423.
- Caroprese, M., Ciliberti, M.G., Marino, R., Santillo, A., Sevi, A., Albenzio, M., 2016. Polyunsaturated fatty acid supplementation: effects of seaweed *Ascophyllum nodosum* and flaxseed on milk production and fatty acid profile of lactating ewes during summer. J. Dairy Res. 83, 289-297.
- Carvalho Filho, J., 2004. Algas uma alternativa para as comunidades costeiras? Pan. Aquicul. 14(84), 53-56.
- Carvalho, G.G.P., Garcia, R., Pires, A.J.V., Detmann, E., Ribeiro, L.S.O., Chagas, D.M.T., Silva, R.R., Pinho, B.D., 2011. Comportamento ingestivo em caprinos alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. R. Bras. Zootec. 40(8), 1767-1773.
- Carvalho, S.; Rodrigues, M.T.; Branco, R.H., Rodrigues, C.A.F., 2006. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. R. Bras. Zootec. 35(2), 562-568.
- Casas-Valdez, M., Hernández-Contreras, H.E., Marín-Alvarez, A., Águila-Ramírez, R.N., Hernández-Guerrero, C.J., Sánchez-Rodríguez, I., Carrillo-Domínguez, S., 2006. El

- Alga marina *Sargassum* (*Sargassaceae*): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Rev. Biol. Trop.* 54, 83-92.
- Dulphy, J.P., Remond, B., Theriez, M., 1980. Ingestive behavior and related activities in ruminants. In: Ruckebush, Y.; Thivend, P. (Eds). *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Lancaster, MTP, 103-122.
- Erickson, P.S., Marston, S.P., Gemmel, M., Deming, J., Cabral, R.G., Murphy, M.R., Marden, J.I. 2012. Kelp taste preferences by dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95(2), 856-858.
- Gaines, W.L. 1928. The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. Illinois Agricultural Experiment Station Bulletin 308. 40p.
- Gressler, V., Yokoya, N.S., Fujii, M.T., Colepicolo, P., Mancini Filho, J., Torres, R.P., Pinto, E., 2010. Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. *Food Chem.* 120, 585–590.
- Guarantini, T., Lopes, N.P., Marinho-Soriano, E., Colepicolo, P., Pinto, E., 2012. Antioxidant activity and chemical composition of the non polar fraction of *Gracilaria domingensis* (Kützinger) Sonder ex Dickie and *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira). *Rev. Bras. Farmacogn.* 22(4), 724-729.
- Hansen, H. R., Hector, B. L., Feldmann, J., 2003. A qualitative and quantitative evaluation of the seaweed diet of North Ronaldsay sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 105, 21-28.
- Holden, L.A. 1999. Comparison of methods of in vitro matter digestibility for ten feeds. *J. Dairy Sci.*, Savoy, 2(8), 1791-1794.
- Hong, Z. S., Kim, E. J., Jin, Y. C., Lee, J. S., Choi, Y. J., Lee, H. G., 2015. Effects of supplementing brown seaweed by-products in the diet of holstein cows during transition on ruminal fermentation, growth performance and endocrine responses. *Asian-Australas J Anim Sci.* 28(9), 1296-1302.

- Johnson, T.R., Combs, D.K., 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74(3), 933-944.
- Kaneko, J.J. 1989. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 4.ed. San Diego: Academic, 932p.
- Karatzia, M., Christaki, E., Bonos, E., Karatzias, C., Florou-Paneri, P., 2012. The influence of dietary *Ascophyllum nodosum* on haematologic parameters of dairy cows. *Ital. J. Anim. Sci.* 11(2), 169-173.
- Kellogg, D.W., Anschutz, K., Pennington, J. Report of research trial with Tasco at Rose Ark Dairy in Arkansas during summer 2005. Fayetteville, AR, USA: 2006. pp. 100–104. (AAES Research Series 545: Arkansas Animal Science Department Report 2006).
- Marín, A., Casas-Valdez, M., Carrilo, S., Hernández, H., Monroy, A., Sanginés, L., Pérez-Gil, F., 2009. The marine algae *Sargassum* spp. (Sargassaceae) as feed for sheep in tropical and subtropical regions. *Rev. Biol. Trop.* 57(4), 1271-1281.
- Miranda, G.E.C., Bezerra, C.A.B., Teixeira, D.I.A. 2004. Cultivo de algas marinhas. Noções básicas. Brasília, Ed. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Abastecimento - FAO.
- National Research Council (NRC), 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academic Press, Washington, DC, 362p.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. National Academic Press, Washington, DC, 381p.
- Polli, V.A., Restle, J., Senna, D.B., Almeida, S.R.S., 1996. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. *R. Bras. Zootec.* 25, 987-993.

- Ribeiro, S.D.A. 2003. Pastagens para caprinos. In: Volumosos na produção de ruminantes: valor alimentício de forragens, 1., 2003, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: Funep, 241-264.
- Santos, A.D.F., Torres, C.A.A., Rennó, F.P., Drumond, M.R.S., Freitas Júnior, J.E. 2009. Utilização de óleo de soja em rações para vacas leiteiras no período de transição: consumo, produção e composição do leite. Rev Bras Zootec. 38(7), 1363-1371.
- Silva, D. J., Queiroz, A. C., 2002. Análise de alimento: métodos químicos e biológicos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Silva, G.L.S., Silva, A.M.A., Nóbrega, G.H., Azevedo, S.A., Pereira Filho, J.M., Alcalde, C.R., 2010. Consumo, digestibilidade e produção de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. Acta Sci. Anim. Sci. 32, 47-53.
- Singh, B.K., Chopra, R.C., Rai, R.S., Verma, M.P., Mohanta, R.K., 2014. Effect of feeding seaweed as mineral source on mineral metabolism, blood and milk mineral profile in cows. Proc. Natl. Acad. Sci., India Sect. B. Biol. Sci. 86, 89-95.
- Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Bourbon, A.I., Pinheiro, A.C., Martins, J.T., Teixeira, J.A., Coimbra, M.A., Vicente, A.A. 2012. Chemical characterization and antioxidant activity of sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gracilaria birdiae*. Food Hydrocoll. 27, 287-292.
- Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Martins, J.T., Quintas, M.A., Ferreira, A.C., Teixeira, J.A., Vicente, A.A., 2011. Antioxidant potential of two red seaweeds from the brazilian coasts. J. Agric. Food Chem. 59, 5589–5594.
- Tilley, J.M.A., Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassl. Soc., 18, 104-111.

- Tyrrel, H.F., Reid, J.T., 1965. Prediction of the energy value of cows milk. J. Dairy Sci., 48(9), 1215-1223.
- Ventura, M.R., Castañón, J.I.R., 1998. The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. Small Rum. Res. 29, 325–327.
- Zambom, M.A., Alcalde, C.R., Silva, K.T., Macedo, F.A.F., Ramos, C.E.C.O., Passianoto, G.O., 2008. Desempenho e digestibilidade dos nutrientes de rações com casca do grão de soja em substituição ao milho para cabras Saanen em lactação e no pré-parto. R. Bras. Zootec. 37(7), 1311-1318.

#### **4. CAPÍTULO 3 - INCLUSÃO DA MACROALGA *GRACILARIA BIRDIAE* NA DIETA DE CABRAS LACTANTES ATENUA OS EFEITOS NEGATIVOS DO ESTRESSE TÉRMICO**

RESUMO - A inclusão de aditivos alimentares pode atenuar os efeitos deletérios de um ambiente quente sobre as variáveis fisiológicas e metabólicas dos animais de produção. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* na dieta de cabras leiteiras sobre seu desempenho e variáveis fisiológicas em ambiente equatorial semiárido. Oito cabras da raça Saanen foram distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4. Foram testados quatro níveis de inclusão (0; 4; 8 e 12%) da Macroalga *Gracilaria birdiae* na matéria natural do concentrado. Não foram observadas diferenças significativas dos níveis de macroalgas sobre o consumo de matéria seca e a produção de leite das cabras ( $P>0,05$ ). No entanto, a frequência respiratória, a temperatura retal e a temperatura de superfície apresentaram efeito significativo em função da inclusão de macroalga ( $P<0,05$ ), sugerindo que macroalga *Gracilaria birdiae*, pode amenizar os efeitos dos altos índices de radiação enfrentados por cabras leiteiras em ambiente equatorial. A inclusão de *Gracilaria birdiae* na dieta de cabras em lactação não influencia a produção de leite, mas contribui para amenizar os efeitos deletérios do estresse por calor quando a temperatura ambiental eleva.

*Palavras-chave:* frequência respiratória, produção de leite, variáveis fisiológicas.

## 1. Introdução

A produção de leite caprino no Nordeste do Brasil vem se consolidando como atividade rentável, despertando o interesse de muitos produtores rurais, no entanto, esta atividade está alicerçada na exploração de raças caprinas exóticas, criadas predominantemente em sistemas extensivos ou semi-intensivos, que predispõe os animais a condições térmicas estressantes (Gonçalves et al., 2002; Rocha et al., 2009; Fonseca et al., 2016). Além das condições adversas de temperatura, em zona equatorial, a intensa radiação solar é a principal forma de ganho de calor dos animais, exigindo que esses ativem mecanismos fisiológicos (especialmente evaporativos) de termorregulação que demanda gastos energéticos, afetando negativamente o desempenho produtivo e econômico do sistema (Da Silva et al., 2012; Silva et al., 2013; Oliveira et al., 2014).

Além dos impactos econômicos, o estresse por calor pode causar hipertermia e, potencialmente, ter vários efeitos colaterais fisiológicos, como redução na ingestão de matéria seca, gerar incremento nos requerimentos de manutenção, redução da secreção do hormônio do crescimento, queda do fluxo sanguíneo para o úbere com redução na produção de leite, além de afetar negativamente a reprodução (Lough et al., 1990; Collier et al., 2006; Al-Tamimi, 2007; NRC, 2007; Rhoads et al., 2009; Hamzaoui et al., 2013). A inclusão de aditivos na dieta pode atenuar os efeitos deletérios de um ambiente quente sobre as variáveis fisiológicas e metabólicas dos animais, sendo uma alternativa para melhorar o bem-estar afetando positivamente o desempenho produtivo (Renaudeau et al., 2010).

Nesse contexto, algumas espécies de macroalgas marinhas vêm sendo utilizadas como aditivos alimentares objetivando a redução dos efeitos de ambientes estressores (Kadere et al., 2002; Kannan et al., 2007; Archer et al., 2007; Abdoun et al., 2014), no entanto, trabalhos

com espécies de macroalgas vermelhas (Filo Rhodophyta) ou o efeito dessas sobre cabras em lactação sob ambiente estressante são escassos. A *Gracilaria birdiae* é uma espécie de macroalga vermelha amplamente encontrada no território brasileiro, e especialmente no Nordeste seu cultivo tem sido estimulado visando principalmente à substituição da exploração indiscriminada e insustentável dos bancos naturais pela sustentável (maricultura), em comunidades litorâneas (Carvalho Filho, 2004; Miranda et al., 2004; Cardozo et al., 2007). Quanto à sua composição, possui baixo teor lipídico, altas concentrações de minerais, vitaminas e proteínas, rico em fibras e concentrações relativamente altas de ácidos graxos poliinsaturados e antioxidantes (Cardozo et al., 2007; Gressler et al., 2010; Souza et al., 2011; Guarantini et al., 2012).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão da macroalga *Gracilaria birdiae* na dieta de cabras leiteiras sobre seu desempenho e variáveis fisiológicas em ambiente equatorial semiárido.

## **2. Material e métodos**

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA, da Universidade Federal Rural do Semiárido, UFERSA (CEUA Parecer nº 18/2014 Protocolo nº 23091.002433/2014-37).

### *2.1. Local*

O experimento foi realizado na Fazenda Três Irmãos, localizado no município de Lajes (5°11' Sul, 37°22' Oeste, 18m de altitude), Rio Grande do Norte, Brasil, no período de

junho a setembro de 2016. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo BSh, isto é, clima semiárido quente.

## 2.2. Modelo animal e tratamentos

As macroalgas da espécie *Gracilaria birdiae* (GB) foram adquiridas da Associação de Maricultura e Beneficiamento de Algas de Pitangui (AMBAP), localizada na praia de Pitangui no município de Extremoz, RN, Brasil. Após a coleta, as macroalgas foram lavadas em água doce visando retirar o excesso de sais marinhos, e posteriormente desidratadas ao sol por três dias, até perder cerca de 70% de sua água.

Oito cabras da raça Saanen foram distribuídas em dois quadrados latinos 4 x 4 de acordo com a ordem de parto, com períodos de 15 dias de duração cada, sendo os dez primeiros dias para adaptação e os cinco finais, para coleta de amostras. Apresentavam  $47,1 \pm 5,8$  kg de peso vivo, produção de leite de  $2,6 \pm 0,9$  kg por dia e  $60 \pm 15$  dias de lactação. Foram alojadas em baias individuais, as quais possuíam parte coberta por telhas de fibrocimento e piso de alvenaria (L: 1,55 m x C: 4,00 m x A: 1,88 m) e parte exposta ao sol com piso de areia (L: 1,55 m x C: 2,75 m), onde tiveram livres acesso a bebedouro e comedouros individuais para feno, concentrado e sal mineral. As cabras foram alimentadas duas vezes ao dia, às 5:30h e às 17:30h com dietas balanceadas (NRC, 2007) e sal mineral para caprinos. O volumoso utilizado foi feno de Tifton (*Cynodon sp.*), na proporção de 30% na matéria seca para todos os tratamentos. A inclusão da macroalga foi realizada na matéria seca da porção concentrada da dieta, utilizando quatro níveis (0; 4; 8 e 12%), que ainda continha milho, farelo de soja, melaço em pó, calcário calcítico e fosfato bicalcio (Tabela 1). Desta forma obteve-se os seguintes tratamentos: T0 (Controle) – Feno de tifton + concentrado

padrão; T4 – Feno de tifton + concentrado com 4% de GB; T8 – Feno de tifton + concentrado com 8% de GB; e T12 – Feno de tifton + concentrado com 12% de GB.

**Tabela 1.** Composição percentual (%MN) e nutricional (%MS) dos concentrados experimentais.

| Ingrediente (%)              | Níveis de inclusão de macroalga |       |       |       |
|------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|
|                              | 0%                              | 4%    | 8%    | 12%   |
| Milho moído                  | 83,0                            | 79,0  | 75,5  | 71,9  |
| Farelo de soja               | 13,5                            | 13,5  | 13,0  | 12,6  |
| Alga desidratada             | 0,0                             | 4,0   | 8,0   | 12,0  |
| Melaço em pó                 | 2,0                             | 2,0   | 2,0   | 2,0   |
| Calcário Calcítico           | 0,5                             | 0,5   | 0,5   | 0,5   |
| Fosfato Bicálcico            | 1,0                             | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| TOTAL                        | 100,0                           | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Composição nutricional (%MS) |                                 |       |       |       |
| MS <sup>1</sup>              | 91,47                           | 91,21 | 91,00 | 91,65 |
| PB <sup>2</sup>              | 12,56                           | 12,40 | 12,47 | 12,54 |
| MM <sup>3</sup>              | 4,30                            | 4,37  | 5,42  | 5,47  |
| MO <sup>4</sup>              | 95,70                           | 95,63 | 94,58 | 94,53 |
| EE <sup>5</sup>              | 5,40                            | 4,99  | 4,70  | 4,49  |
| FDN <sup>6</sup>             | 12,16                           | 11,12 | 12,83 | 12,88 |
| FDA <sup>7</sup>             | 2,78                            | 2,73  | 3,06  | 2,99  |
| EB <sup>8</sup>              | 4,28                            | 4,21  | 4,16  | 4,20  |
| Ca <sup>9</sup>              | 0,14                            | 0,83  | 0,53  | 0,86  |

|                     |       |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| P <sup>10</sup>     | 0,82  | 0,80  | 0,97  | 0,88  |
| DIVMS <sup>11</sup> | 94,79 | 95,79 | 95,22 | 95,51 |

<sup>1</sup>MS – Matéria seca; <sup>2</sup>PB – Proteína Bruta; <sup>3</sup>MM – Matéria Mineral; <sup>4</sup>MO – Matéria Orgânica; <sup>5</sup>EE – Extrato Etéreo; <sup>6</sup>FDN – Fibra em Detergente Neutro; <sup>7</sup>FDA – Fibra em Detergente Ácido; <sup>8</sup>EB – Energia bruta (Mcal/kg de MS); <sup>9</sup>Ca – Cálcio; <sup>10</sup>P – Fósforo; <sup>11</sup>DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

### 2.3. Consumo e produção

Com acesso *ad libitum* ao feno, concentrado e sal mineral, o consumo voluntário foi calculado pela diferença entre o oferecido e as sobras; para tanto, as sobras foram coletadas diariamente, pesadas e amostradas em 10% do seu peso, durante os cinco dias do período de coleta, sendo ajustadas para corresponderem a 10% do total oferecido. As cabras eram ordenhadas diariamente, as 5:00 h e as 17:00 h, mas entre o 11º e 15º dias, a produção foi utilizada para avaliação das dietas.

### 2.4. Variáveis ambientais

A coleta de dados foi realizada no 14º e 15º dia de coleta, com início às 07:00 h e término às 17:00 h. Em cada dia de coleta, foram analisados 4 animais, um de cada tratamento. Durante cada dia de amostragem, a temperatura do ar (T<sub>A</sub>, °C), a temperatura do globo negro (T<sub>G</sub>, °C), a velocidade do vento (V<sub>V</sub>, m.s<sup>-1</sup>) e umidade relativa (U<sub>R</sub> %) foram aferidas em intervalos regulares de 30 minutos. A T<sub>A</sub> e V<sub>V</sub> foram aferidas por meio de um termo-anemômetro digital portátil de fio quente (modelo TAFR-190, INSTRUTHERM, São Paulo, Brasil). Para a mensuração da U<sub>R</sub> foi utilizado um Termo-Higrometro Digital (modelo THAL-300, INSTRUTHERM, São Paulo, Brasil). A T<sub>G</sub> foi obtida por meio de dois

termômetros digitais tipo haste (WATERPROOF), os quais foram inseridos no centro de globos negros (esfera oca de cobre, com 0,15 m de diâmetro) posicionados na altura do dorso dos animais, um na sombra e um no sol. Foi calculada a temperatura radiante média ( $T_{RM}$ , °C), a qual foi utilizada para estimar a carga térmica radiante ( $C_{TR} = \sigma T_{RM}^4$ ,  $W.m^{-2}$ ) de acordo com a equação proposta por Da Silva et al. (2010).

### *2.5. Variáveis fisiológicas e Termografia infravermelha*

A frequência respiratória ( $F_R$ , resp.min.<sup>-1</sup>) foi mensurada por meio da observação dos movimentos do flanco durante um minuto. Já a temperatura retal ( $T_R$ , °C) foi aferida com termômetro digital (SALVTERM) acoplado a um sensor de temperatura (PT-100) inserido (10 cm) no reto dos animais. A temperatura superficial ( $T_s$ , °C) foi aferida utilizando uma câmera termográfica (ThermaCAM b60 Modelo, FLIR® Systems Inc., Massachusetts, EUA, a resolução 0,01 ° C,% de precisão 2) calibrada para temperatura ambiente e emissividade do tecido biológico ( $\epsilon = 0,98$ ). Após obtenção dos termogramas, a análise das imagens foi realizada utilizando o software ThermaCAM Researcher 2.10 (FLIR® Systems Inc., Wilsonville, Oregon, EUA). A temperatura superficial das cabras estudadas foi obtida a partir das médias das temperaturas mensuradas nas seguintes regiões corporais: face, focinho, olho, corpo, pescoço e pernas.

### *2.6. Análise Estatística*

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo método dos quadrados mínimos, utilizando-se modelos estatísticos que consideram efeitos compatíveis com cada grupo de variáveis estudadas. A comparação entre os tratamentos foi realizada pelo teste Tukey a 5% de significância. Todos os procedimentos estatísticos utilizaram o

procedimento General Linear Models (GLM) do programa SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

#### *Modelo estatístico (1)*

O modelo estatístico para os parâmetros de consumo e produção de leite incluiu o efeito de tratamentos, quadrado latino, animal dentro de quadrado latino, período e interação tratamento com quadrado latino, conforme a equação:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + A_k + P_l + ITQ_{ij} + E_{ijkl}$$

Em que:  $Y_{ijkl}$  = é a observação referente ao  $i$ -ésimo tratamento,  $j$ -ésimo quadrado latino,  $k$ -ésimo animal e  $l$ -ésimo período;  $\mu$  = média geral;  $T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ,  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;  $Q_j$  = efeito do quadrado latino  $j$ ,  $j = 1$  e  $2$ ;  $A_k$  = efeito do animal  $k$  dentro de quadrado latino,  $k = 1, 2, 3$  e  $4$ ;  $P_l$  = efeito do período  $l$ ,  $l = 1, 2, 3$  e  $4$ ;  $ITQ_{ij}$  = Interação entre tratamento e quadrado latino e;  $E_{ijkl}$  = erro aleatório associado a cada observação.

#### *Modelo estatístico (2)*

O modelo estatístico para as variáveis fisiológicas incluiu o efeito de tratamentos, animal, dia de coleta, classe de  $T_A$  e interação tratamento com classe de  $T_A$ , conforme a equação:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + A_j + D_k + CT_{Al} + ITCT_{Ail} + E_{ijkl}$$

Em que:  $Y_{ijkl}$  = é a observação referente ao  $i$ -ésimo tratamento,  $j$ -ésimo animal,  $k$ -ésimo dia de coleta,  $l$ -ésimo classe de  $T_A$ ;  $\mu$  = média geral;  $T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ,  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;  $A_j$  = efeito do animal  $j$ ,  $j = 1, \dots$  e  $8$ ;  $D_k$  = efeito do dia de coleta  $k$ ,  $k = 1, \dots$  e  $8$ ;  $CT_{Al}$  = efeito da classe de  $T_A$   $l$ ,  $l = 1, 2, 3, 4$  e  $5$  ( $<28^\circ\text{C}$ ;  $28,1 - 32^\circ\text{C}$ ;  $32,1 - 36^\circ\text{C}$ ;  $>36^\circ\text{C}$ );  $ITCT_{Ail}$  = interação entre tratamento e classe de  $T_A$ ; e  $E_{ijkl}$  = erro aleatório associado a cada observação.

### 3. Resultados e discussão

A temperatura do ar ( $T_A$ ), umidade relativa ( $U_R$ ), carga térmica radiante ( $C_{TR}$ ) e velocidade do vento ( $V_V$ ) ao longo do dia estão representadas na Figura 1. A  $T_A$  apresentou média de  $31,92^\circ\text{C}$ , com amplitude de variação média ao longo do dia de  $11,8^\circ\text{C}$  ( $24,7 - 36,5^\circ\text{C}$ ), com menor temperatura no início da manhã e valor máximo por volta das 13 horas. Na maior parte do período de coleta, especialmente no período da tarde, a  $T_A$  encontrou-se acima da temperatura máxima de conforto térmico para espécie caprina, entre  $20$  e  $30^\circ\text{C}$  (Baêta e Souza, 1997), concordando com Gomes et al. (2008) que afirmam ser comum no semiárido que temperaturas nos horários mais quentes do dia fiquem acima da zona de conforto térmico para caprinos.

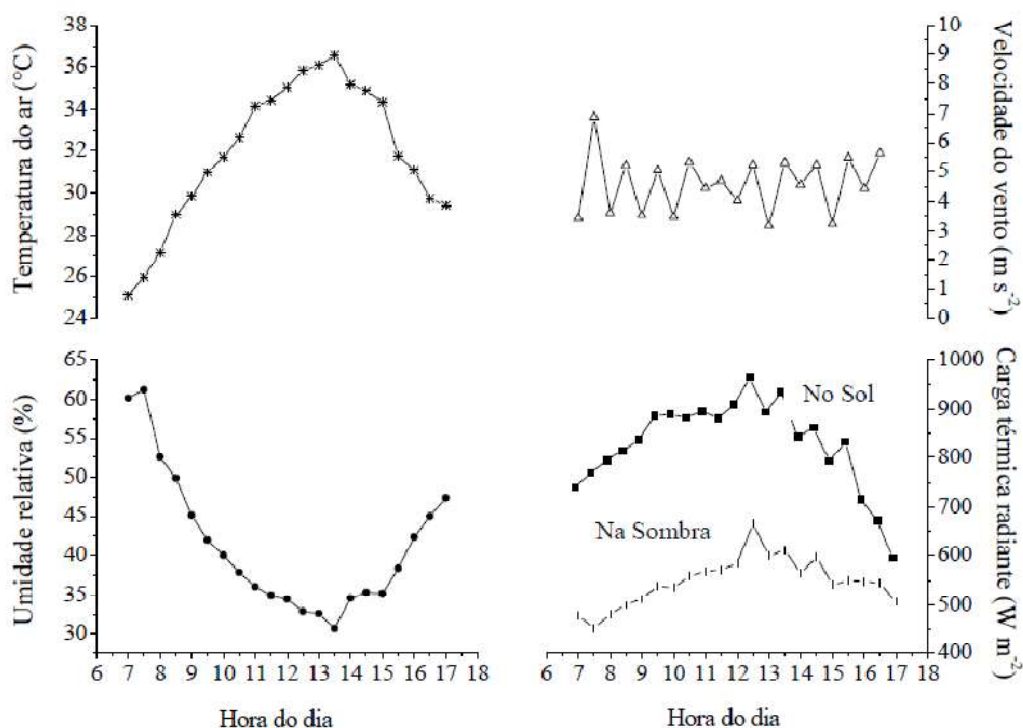


**Figura 1.** Valores médios da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e carga térmica radiante (sol e sombra) de acordo com a hora do dia.

A velocidade do vento média foi de  $4,45 \text{ m.s}^{-1}$ , não ultrapassando  $6,88 \text{ m.s}^{-1}$ . O gradiente de variação para a  $C_{TR}$  na sombra foi de 452 a  $666 \text{ W.m}^{-2}$ , com média de  $548,85 \text{ W.m}^{-2}$ . Já sob o sol, a  $C_{TR}$  média, mínima e máxima foi de 812, 589 e  $954 \text{ W.m}^{-2}$ , respectivamente. A  $U_R$  média foi de 41,11% com mínimo de 24,50%.

Com relação ao desempenho animal, o consumo de MS em  $\text{g.dia}^{-1}$  e porcentagem de peso vivo (% PV) não foram influenciados pela inclusão de macroalga na dieta de cabras em lactação (Tabela 2).

**Tabela 2.** Consumo de matéria seca (CMS), em gramas por dia (g/dia) e porcentagem do peso vivo (% PV) e produção de leite (PL) em quilogramas por dia (kg/dia) de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de macroalga (*Gracilaria birdiae*) na dieta.

| Variável                    | Níveis de inclusão de macroalga |        |        |        | EPM   | P      |
|-----------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|
|                             | 0%                              | 4%     | 8%     | 12%    |       |        |
| CMS ( $\text{g dia}^{-1}$ ) | 1631,8                          | 1437,7 | 1558,5 | 1545,9 | 49,16 | 0,3935 |
| CMS (% PV)                  | 3,40                            | 3,07   | 3,18   | 3,24   | 0,08  | 0,1228 |
| PL ( $\text{kg dia}^{-1}$ ) | 2,13                            | 1,99   | 2,17   | 2,05   | 0,20  | 0,6473 |

EPM: Erro padrão da média.

Em concordância com esses resultados, Baek et al. (2004) também não observaram efeito significativo da inclusão 3% de resíduo de macroalga marrom na dieta de vacas em lactação sobre o consumo de matéria seca e nutrientes. Abdoun et al. (2014) avaliando a inclusão de macroalga *Ulva lactuca* (5% na MS) na dieta de cordeiros e Yates et al. (2010) fornecendo extrato de *Ascophyllum nodosum* para cabras também não observaram efeito sobre o de consumo. Já Al-Shorepy et al. (2001) observaram aumento no consumo de matéria seca

em ovinos recebendo suplementação com 1% de macroalga, justificado pelo maior composição mineral da dieta testada, que acelera a taxa de passagem da digesta.

Embora a adição de macroalga tenha aumentado os níveis de cinzas na ração (Tabela 1), o efeito laxativo atribuído a este fator por Al-Shorepy et al. (2001) não foi observado, provavelmente devido ao processo que foi submetido a GB neste trabalho. Essa justificativa também pode ser aplicada ao fato de que embora os níveis de macroalga testados tenham sido mais elevados do que os observados na literatura, sua inclusão não afetou a palatabilidade das dietas, o que contribuiu para promover a semelhança no consumo e aceitação das mesmas.

A produção de leite também não foi influenciada pela adição de GB na dieta ( $P>0,05$ ) de cabras em lactação expostas ao ambiente de estresse térmico. Embora não haja na literatura dados para produção de leite de cabras recebendo macroalgas na dieta, trabalhos avaliando o efeito da destas em vacas encontraram aumento na produção de leite atribuído a inclusão de macroalgas devido ao seu potencial antioxidante. Baek et al. (2004) observaram incremento na produção de leite com a inclusão de resíduo de macroalga marrom na dieta de vacas em lactação (800 g/dia/animal). Bendary et al. (2013) reportou incremento na produção de leite de vacas suplementadas com uma mistura de macroalgas (50 g/animal/dia). Já Kellogg et al. (2006) concluiu que a suplementação com 0,25 % de extrato comercial de macroalga *Ascophyllum nodosum* (Tasco™, Acadian Agritech, Dartmouth, Nova Scotia, Canada) foi benéfico para produção de leite de vacas sob moderado estresse térmico.

A análise de variância mostrou que os efeitos de dieta (níveis de inclusão de alga) e classe de temperatura do ar foram significativos ( $P<0,05$ ) para  $T_R$ ,  $F_R$  e  $T_S$ . A interação entre a dieta e a temperatura do ar foi significativa ( $P<0,05$ ) para as variáveis  $T_R$  e  $T_S$  (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância da temperatura retal ( $T_R$ ), frequência respiratória ( $F_R$ ) e temperatura de superfície ( $T_S$ ) de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de macroalga (*Gracilaria birdiae*) em ambiente semiárido.

| Fonte de variação | Quadrados médios |            |                               |            |
|-------------------|------------------|------------|-------------------------------|------------|
|                   | GL               | $T_R$ (°C) | $F_R$ (resp.m <sup>-1</sup> ) | $T_S$ (°C) |
| Dieta             | 3                | 0,5**      | 1132,6**                      | 14,1**     |
| $T_A$             | 3                | 3,0**      | 8776,1**                      | 4985,6**   |
| Dieta ( $T_A$ )   | 9                | 0,2*       | 324,2 <sup>ns</sup>           | 10,5**     |
| Resíduo           | 506              | 0,08       | 265,5                         | 1,6        |

\*\*P<0,001, \*P<0,05, <sup>ns</sup>não significativo; Dieta = Níveis de inclusão de alga;  $T_A$ = Classe de Temperatura do Ar; Dieta( $T_A$ ) = efeito da dieta dentro de classe de temperatura do ar.

A inclusão de alga reduziu a  $F_R$  das cabras neste experimento a partir do nível 8% de *Gracilaria birdiae* (P<0,05), conforme apresentado na Tabela 4. Resultados semelhantes foram observados por Abdoun et al. (2014) avaliando a inclusão de 5% de *Ulva lactuca* na dieta de cordeiros e Spiers et al. (2004) ao incluir 1% de Tasco (Acadian Seaplant Ltd. Nova Scotia, Canadá), um extrato comercial da macroalga marrom *Ascophyllum nodosum*, na dieta de novilhos expostos a desafio térmico. Esse mesmo extrato foi avaliado por Pompeu et al. (2011) e Cvetkovic et al. (2005), que não observaram efeito na  $F_R$  ao incluí-la na dietas de vacas em lactação (0,5% e 113 g/animal/dia, respectivamente).

**Tabela 4.** Temperatura retal ( $T_R$ , °C), frequência respiratória ( $F_R$ , resp.min<sup>-1</sup>) e temperatura de superfície ( $T_S$ , °C) de cabras Saanen recebendo diferentes níveis de macroalga (*Gracilaria birdiae*) em ambiente equatorial.

| Variável | Níveis de inclusão de macroalga |                    |                    |                     | EPM   | P-valor |               |
|----------|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|---------|---------------|
|          | 0%                              | 4%                 | 8%                 | 12%                 |       | Dieta   | Dieta x $T_A$ |
| $F_R$    | 72,61 <sup>a</sup>              | 73,20 <sup>a</sup> | 63,27 <sup>b</sup> | 65,25 <sup>b</sup>  | 0,997 | 0,005   | 0,279         |
| $T_R$    | 38,54 <sup>ab</sup>             | 38,47 <sup>c</sup> | 38,55 <sup>a</sup> | 38,48 <sup>bc</sup> | 0,015 | 0,0002  | 0,032         |
| $T_S$    | 35,48 <sup>a</sup>              | 35,52 <sup>a</sup> | 35,52 <sup>a</sup> | 35,33 <sup>b</sup>  | 0,088 | <0,0001 | <0,0001       |

EPM: Erro padrão da média;

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

O aumento da  $F_R$  é um dos principais mecanismos para dissipação de calor por meios evaporativos, sendo um ajuste fisiológico essencial para manutenção da temperatura corporal, prevenindo a hipertermia. No entanto, o aumento da  $F_R$  devido o estresse térmico pode levar a alcalose sanguínea devido a redução da pressão parcial de  $CO_2$ , causando aumento no pH do sangue (Khelil-Arfa et al., 2014). Como uma alteração no equilíbrio ácido-base do corpo é seguida de uma resposta compensatória em sentido oposto, para restabelecer o pH sanguíneo, ocorre o aumento da excreção renal de bicarbonatos. Essa compensação pode levar o animal à acidose metabólica noturna (Schneider et al., 1988). Assim, sob as mesmas condições ambientais, cabras que receberam maiores níveis de *Gracilaria* (8 e 12%) sobressaíram-se em relação as demais, pois não necessitaram elevar excessivamente a  $F_R$  para dissipar o excesso de calor corporal recebido do ambiente, atenuando possíveis efeitos deletérios do estresse térmico.

A  $T_R$  observada nos animais que receberam 4 e 12% de alga na dieta apresentaram médias inferiores em comparação aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ). Esse comportamento também foi evidenciado ao observar as médias de  $T_R$  em função das classes de temperatura do ar (Tabela 5), especificamente para a classe que compreendia o intervalo entre 32,1 e 36°C. A  $T_R$  média para todos os tratamentos foi menor que as observadas por Roberto et al. (2014) e Silva et al. (2013) para cabras criadas em ambiente semiárido (38,89°C e 39,06°C, respectivamente), mas próxima da faixa fisiológica para a espécie, de acordo com Reece (2006), oscilando de 38,5 a 39,7° C, normalmente observada na zona de termoneutralidade. Embora Abdoun et al. (2014) não tenham observado resultado semelhantes aos deste trabalho para cordeiros em crescimento, Spiers et al. (2004) observaram redução na  $T_R$  em novilhos submetidos a desafio térmico como efeito da inclusão de macroalgas (*Ulva lactuca* e *Ascophyllum nodosum*, respectivamente) na dieta. Apesar da diferença estatística observada, a pequena variação na  $T_R$  encontrada entre os tratamentos (0,07°C) não prejudica a termorregulação dos animais (Souza Jr et al., 2015).

**Tabela 5.** Valores médios para temperatura retal e temperatura de superfície em função das classes de temperatura.

| Classes de T <sub>A</sub>      | Níveis de inclusão de macroalga |                     |                    |                    |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|                                | 0%                              | 4%                  | 8%                 | 12%                |
| Temperatura Retal (°C)         |                                 |                     |                    |                    |
| <28°C                          | 38,32 <sup>a</sup>              | 38,05 <sup>a</sup>  | 38,20 <sup>a</sup> | 38,16 <sup>a</sup> |
| 28,1-32,0                      | 38,58 <sup>a</sup>              | 38,55 <sup>a</sup>  | 38,53 <sup>a</sup> | 38,49 <sup>a</sup> |
| 32,1-36°C                      | 38,57 <sup>ab</sup>             | 38,48 <sup>b</sup>  | 38,71 <sup>a</sup> | 38,42 <sup>b</sup> |
| >36°C                          | 38,63 <sup>a</sup>              | 38,59 <sup>a</sup>  | 38,76 <sup>a</sup> | 38,56 <sup>a</sup> |
| Temperatura de Superfície (°C) |                                 |                     |                    |                    |
| <28°C                          | 32,80 <sup>a</sup>              | 32,35 <sup>b</sup>  | 32,98 <sup>a</sup> | 32,98 <sup>a</sup> |
| 28,1-32°C                      | 34,87 <sup>a</sup>              | 34,81 <sup>a</sup>  | 34,76 <sup>a</sup> | 34,70 <sup>a</sup> |
| 32,1-36°C                      | 36,50 <sup>a</sup>              | 36,35 <sup>ab</sup> | 36,46 <sup>a</sup> | 36,17 <sup>b</sup> |
| >36°C                          | 37,35 <sup>a</sup>              | 37,42 <sup>a</sup>  | 37,66 <sup>a</sup> | 37,39 <sup>a</sup> |

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste Tukey (P<0,05).

A T<sub>S</sub> também foi reduzida quando da ingestão de 12% de *Gracilaria* na dieta (P<0,05), concordando com Pompeu et al. (2011) e Cvetkovic et al. (2005) (Tabela 5). O mesmo padrão foi observado na classe de T<sub>A</sub> entre 32,1 e 36°C (Tabela 6). Alterações na temperatura superficial dos animais em função do aumento da temperatura ambiental ocorrem devido à exposição direta da superfície corporal ao ambiente externo e aos processos fisiológicos, como a vasodilatação periférica (nas partes do corpo com ausência de pelos) e a sudorese, que são ativados para dissipação do calor corpóreo (Eustáquio Filho et al., 2011).

No entanto, a eficiência dos mecanismos de transferência de calor sensível dos animais em ambientes quentes é pouco eficiente, pois depende do gradiente de temperatura entre a superfície corporal do animal e o ambiente. Quanto menor a diferença de temperatura, menor será a dissipação de calor (Da Silva et al., 2012) e, em alguns casos, a transferência de calor sensível pode tornar-se uma via de ganho de calor (Santana et al., 2017). Assim, a redução observada de  $T_S$  em função da inclusão de macroalga na dieta pode favorecer a capacidade das cabras em dissipar calor através dos mecanismos sensíveis.

Os mecanismos fisiológicos que podem estar relacionados aos efeitos benéficos da *Gracilaria* e outras macroalgas citadas na literatura sobre o parâmetros fisiológicos avaliados são os antioxidantes presentes em sua composição. Souza et al. (2012) avaliando as propriedades antioxidantes de polissacarídeos sulfatados presentes na *Gracilaria birdiae* mostraram que este polissacarídeo tem efeito moderado na inibição de formação de radicais livres. Souza et al. (2011) também afirmaram que essa macroalga pode ser usada como fonte natural de antioxidante, esses autores observaram correlação positiva entre os compostos fenólicos nessa macroalga e o potencial antioxidante.

Com exceção da  $F_R$ , as variáveis fisiológicas sofreram maiores influências das dietas sob  $T_A$  acima da zona de conforto térmico estabelecido para espécie (entre 20 e 30°C), de acordo com Baêta e Souza (1997). Esta zona é definida como uma temperatura ambiente em que a taxa metabólica é mínima e haverá melhor desempenho (Souza Jr et al., 2014). Este resultado concorda com Pompeu et al. (2011) que afirmam que a presença de um agente estressor pode contribuir para o efeito positivo da alga sobre as respostas fisiológicas. Regiões equatoriais apresentam condições ambientais adversas para a produção animal, com altos níveis de radiação solar e temperatura do ar (Silva et al., 2013). O estresse térmico nos animais de produção promove o excesso de estresse oxidativo, o qual está associado a fatores

ambientais, gerenciais do sistema de produção e de saúde, e pode comprometer a imunocompetência, diminuindo a produção animal (Saker et al., 2004). Agentes antioxidantes combatem os efeitos dos estressores através da minimização do estresse oxidativo e do aumento de atividade antioxidante, ambos com potencial para transmitir efeitos benéficos sobre a função imune (Kannan et al., 2007).

Os achados conflitantes sobre o efeito da inclusão dietética de macroalgas no desempenho animal e termofisiologia sob estresse térmico podem estar relacionados aos diferentes tipos e concentrações de algas marinhas. Além disso, poderia estar relacionado com as diferentes espécies e tipos de animais avaliados, devido aos diferentes níveis de produção de calor metabólico e adaptabilidade ao estresse por calor (Abdoun et al., 2014).

Assim, apesar de não ser observado neste trabalho efeito da inclusão de macroalga sobre a produção de leite das cabras, os efeitos benéficos sobre as variáveis fisiológicas foram confirmados comprovando que os efeitos negativos do estresse oxidativo podem ser compensados com a manipulação dietética, incluindo alimentos ricos em antioxidantes, como a macroalga *Gracilaria birdiae*, que surge como ingrediente potencial para amenizar os efeitos dos altos índices de radiação enfrentados por cabras leiteiras em ambiente equatorial.

#### **4. Conclusão**

A inclusão de *Gracilaria birdiae* na dieta de cabras em lactação não influencia a produção de leite, mas contribui para amenizar os efeitos deletérios do estresse por calor quando a temperatura ambiental eleva.

#### **Referências**

- Abdoun, K.A., Okab, A.B., El-Waziry, A.M., Samara, E.M., Al-Haidary, A.A. 2014. Dietary supplementation of seaweed (*Ulva lactuca*) to alleviate the impact of heat stress in growing lambs. Pak. Vet. J. 34, 108-111.
- Al-Shorepy, S.A., Alhadrami, G.A., Jamali, I.A. 2001. Effect of feeding diets containing seaweed on weight gain and carcass characteristics of indigenous lambs in the United Arab Emirates. Small Rum. Res. 41(3), 283-287.
- Al-Tamimi, H.J. 2007. Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. Small Rum. Res. 71, 280–285.
- Archer, G.S., Friend, T.H., Caldwell, D., Ameiss, K., Krawczel, P.D. 2007. Effect of the seaweed *Ascophyllum nodosum* on lambs during forced walking and transport. J. Anim. Sci. 85, 225-232.
- Baek, I.K., Maeng, W.J., Lee, S.H., Lee, H.G., Lee, S.R., Ha, J.K., Lee, S.S., Hwang, J.H. 2004. Effects of the brown seaweed residues supplementation on *in vitro* fermentation and milk production and composition of lactating dairy cows. J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.). 46(3), 373-386.
- Baêta, F.C., Souza, C. F. 1997. Ambiência em edificações rurais – conforto animal. Viçosa, MG: UFV, 246p.
- Bendary, M.M., Bassiouni, M.I., Ali, M.F., Gaafar, H.M., Shamas, A.S. 2013. Effect of premix and seaweed additives on productive performance of lactating friesian cows. Glob. J. Anim. Sci. Livest. prod. Anim. Breed. 1(1), 008-015.
- Cardozo, K.H.M., Guaratini, T., Barros, M.P., Falcão, V.R., Tonon, A.P., Lopes, N.P., Campos, S., Torres, M.A., Souza, A.O., Colepicolo, P., Pinto, E. 2007. Metabolites from algae with economical impact. Comp. Biochem. Physiol. Part C: Toxicol. Pharmacol. 146, 60-78.

- Carvalho Filho, J. 2004. Algas uma alternativa para as comunidades costeiras? Panorama da Aqüicultura. 14(84), 53-56.
- Collier, R. J., C. M. Stiening, B. C. Pollard, M. J. VanBaale, L. H. Baumgard, P. C. Gentry, and P. M. Coussens. 2006. Use of gene expression microarrays for evaluating environmental stress tolerance at the cellular level in cattle. *J. Anim. Sci.* 84(E. Suppl.):E1–E13.
- Cvetkovic, B., Brouk, M.J., Shirley, J.E. 2005. Response of heat stressed lactating dairy cattle fed dried seaweed meal. *J. Dairy Sci.* 88, 1920 (Abstr.)
- Da Silva, R.G., Guilhermino, M.M., Morais, D.A.E.F. 2010. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. *Int. J. Biometeor.* 54, 5–11.
- Da Silva, R.G., Maia, A.S.C., Costa, L.L.M., Queiroz, J.P.A.F. 2012. Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment. *Int. J. Biometeorol.* 56, 927–932
- Eustáquio Filho, A., Teodoro, S.M., Chaves, M.A., Santos, P.E.F., Silva, M.W.R., Murta, R.M., Carvalho, G.G.P., Souza, L.B. 2011. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 1807–1814.
- Fonseca, W.J.L., Azevêdo, D.M.M.R., Campelo, J.E.G., Fonseca, W.L., Luz, C.S.M., Oliveira, M.R.A., Evangelista, A.F., Borges, L.S., Sousa Júnior, S.C. 2016. Effect of heat stress on milk production of goats from Alpine and Saanen breeds in Brazil. *Arch. Zootec.* 65(252), 615-621.
- Gomes, C.A.V., Furtado, D.A., Medeiros, A.N., Silva, D.S., Pimenta Filho, E., Lima Júnior, V. 2008. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 12, 213–219.

- Gonçalves, H.C., Silva, M.A., Wechsler, F.S., Ramos, A.A., Pulz, L.M., Losi, T.C. 2002. Parâmetros e Tendência Genética da Produção de Leite de Cabra no Brasil R. Bras. Zootec. 31(6), 2204-2208.
- Gressler, V., Yokoya, N.S., Fujii, M.T., Colepicolo, P., Mancini Filho, J., Torres, R.P., Pinto, E. 2010. Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. Food Chem. 120, 585–590.
- Guaratini, T., Lopes, N.P., Marinho-Soriano, E., Colepicolo, P., Pinto, E. 2012. Antioxidant activity and chemical composition of the non polar fraction of *Gracilaria domingensis* (Kützinger) Sonder ex Dickie and *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira). Rev. Bras. de Farmacogn. 22(4), 724-729.
- Hamzaoui, S., Salama, A. A. K., Albanell, E., Such, X., Caja, G. 2013. Physiological responses and lactational performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions. J. Dairy Sci. 96, 1–11.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.F., Silanikove, N., Maltz, E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. Livest. Prod. Sci. 77, 59–91.
- Kannan, G., Saker, K.E., Terrill, T.H., Kouakou, B., Galipalli, S., Gelaye, S. 2007. Effect of seaweed extract supplementation in goats exposed to simulated preslaughter stress. Small Rumin. Res. 73, 221–227.
- Kellogg, D.W., Anschutz, K., Pennington, J. Report of research trial with Tasco at Rose Ark Dairy in Arkansas during summer 2005. Fayetteville, AR, USA: 2006. pp. 100–104. (AAES Research Series 545: Arkansas Animal Science Department Report 2006).
- Khelil-Arfa, H., Faverdin, P., Boudon, A. 2014. Effect of ambient temperature and sodium bicarbonate supplementation on water and electrolyte balances in dry and lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 97, 2305–2318.

- Lough, D. S., D. K. Beede, and C. J. Wilcox. 1990. Effects of feed intake and thermal stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:325–332.
- Miranda, G.E.C., Bezerra, C.A.B., Teixeira, D.I.A. 2004. Cultivo de algas marinhas. Noções básicas. Brasília, Ed. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Abastecimento - FAO.
- National Research Council (NRC), 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. National Academic Press, Washington, DC, 362p.
- Oliveira, S.E., Costa, C.C., Souza Jr, J.B.F., Queiroz, J.P., Maia, A.S.C., Costa, L.L.C. 2014. Short-wave solar radiation level willingly tolerated by lactating Holstein cows in an equatorial semi-arid environment. *Trop. Anim. Health Prod.* 46(8), 1413-1417.
- Pompeu, L.B., Williams, J.E., Spiers, D.E., Weaber, R.L., Ellersieck, M.R., Sargent, K.M., Feyerabend, N.P., Vellios, H.L., Evans, F. 2011. Effect of *Ascophyllum nodosum* on alleviation of heat stress in dairy cows. *Prof. Anim. Sci.* 27, 181-189.
- Reece, W.O. 2006. Fisiologia dos animais domésticos. 12ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 856p.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Babilio, V., Gourdine, J.-L., Collier, R.J. 2010. Adaptation to tropical climate and research strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Adv. Anim. Biosci.* 1(2), 378–379.
- Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker, and L. H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92:1986–1997.

- Roberto, J.V.B., Souza, B.B., Furtado, D.A., Delfino, L.J.B., Marques, B.A.A. 2014. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 2, 11-19.
- Rocha, R.R.C., Costa, A.P.R., Azevedo, D.M.M.R., Nascimento, H.T.S., Cardoso, F.S., Muratori, M.C.S., Lopes, J.B. 2009. Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no Meio-Norte do Brasil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 61(5), 1165-1172.
- Saker, K.E., Fike, J.H., Veit, H., Ward, D.L. 2004. Brown seaweed- (Tasco™) treated conserved forage enhances antioxidant status and immune function in heat-stressed wether lambs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 88, 122–130.
- Santana, C.J.L., Aiura, A.L.O., Santos, H.P., Gonçalves, G.A.M., Aiura, F.S. 2017. Biophysical responses of Santa Inês and crossbred Santa Inês-Dorper (F1) ewes to a hot environment. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 5, 1-6.
- Schneider, P.L., Beede, D.K., Wilcox, C. J. 1988. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments. *J. Anim. Sci.* 66, 112–125.
- Silva, J.J.F.C., Torquato, J.L., Sá Filho, G.F., Souza Jr, J.B.F., Costa, L.L.M. 2013. Evaporação cutânea e respostas fisiológicas de caprinos Canindé em ambiente equatorial semiárido. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 1, 13-16.
- Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Bourbon, A.I., Pinheiro, A.C., Martins, J.T., Teixeira, J.A., Coimbra, M.A., Vicente, A.A. 2012. Chemical characterization and antioxidant activity of sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gracilaria birdiae*. *Food Hydrocoll.* 27, 287-292.

- Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Martins, J.T., Quintas, M.A.C., Ferreira, A.C.S., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. 2011. Antioxidant potential of two red seaweeds from the brazilian coasts. *J. Agric. Food Chem.* 59, 5589–5594.
- Souza Jr, J.B.F., Oliveira, V.R.M., Arruda, A.V.M., Silva, A.M., Costa, L.L.M. 2015. The relationship between corn particle size and thermoregulation of laying hens in an equatorial semi-arid environment. *Int. J. Biometeorol.* 59(1), 121-125.
- Spiers, D.E., Eichen, P.A., Leonard, P.E., Wax, E.L., Rottinghaus, G.E., Williams, J.E., Colling, P.D. 2004. Benefit of dietary seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract in reducing heat strain and fescue toxicosis: A comparative evaluation. *J. Therm. Biol.* 29, 753-757.
- Yates, D.T., Salisbury, M.W., Anderson, H., Ross, T.T. 2010. Effects of Tasco-Ex supplementation on growth and fertility traits in young male Boer goats experiencing heat stress. *Texas J. Agri. Nat. Res.* 23, 12-18.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que o trabalho foi realizado, a macroalga *Gracilaria birdiae* mostrou-se um promissor componente da dieta de cabras, podendo substituir componentes comumente utilizados nos concentrados em níveis de até 12% da matéria natural sem comprometer o consumo voluntário, comportamento ingestivo, produção e composição do leite, e status energético e protéico dos animais dos animais. Além disso, contribuiu para amenizar os efeitos deletérios do estresse por calor, fator de grande relevância quando se trata de animais criados em região semiárida, sob altos níveis de radiação. A utilização da *Gracilaria birdiae* dependerá da disponibilidade na região e custo de obtenção.

Novas pesquisas afim de avaliar a inclusão da *Gracilaria* em outros níveis e para outras espécies produtoras devem ser realizadas, visando comprovar seu potencial de uso e estimular a produção sustentável, assim como comprovar seu potencial antioxidante, reduzindo o efeito de ambientes estressores sobre os animais de produção, possibilitando a formulação de um produto comercial a base de extrato de *Gracilaria*.