



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL – CSTR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA

EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA
ADAPTABILIDADE DE VACAS SINDI

RHAMON COSTA E SILVA

PATOS – PB – BRASIL

MAIO DE 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL – CSTR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA**

**EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA
ADAPTABILIDADE DE VACAS SINDI**

**RHAMON COSTA E SILVA
ZOOTECNISTA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos do
programa de Pós-graduação em
Ciência Animal para obtenção do título
de Mestre em Ciência Animal na área
de concentração de Produção de
Ruminantes

Orientador: Prof. Dr. José Fábio
Paulino de Moura

Coorientador: Prof. Dr. Bonifácio
Benício de Souza

**PATOS – PB – BRASIL
MAIO DE 2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSRT DA UFCG

C837e Costa e Silva, Rhamon
Efeito do polimorfismo do gene da beta-caseína na adaptabilidade de vacas da raça sindi / Rhamon Costa e Silva. – Patos, 2019.
47f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. José Fábio Paulino Moura"
"Coorientação: Prof. Dr. Bonifácio Benício de Souza"

Referências.

1. Bovinos. 2. Csn2. 3. Genótipo. 4. Temotolerância. I. Título.

CDU 636.033



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA ANIMAL

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO


TÍTULO: “Efeito do polimorfismo da beta-caseína na adaptabilidade de vacas Sindi”


AUTOR: RHAMON COSTA E SILVA

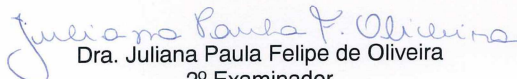
ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ FÁBIO PAULINO DE MOURA

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO


Dr. José Fábio Paulino de Moura
Presidente


Dra. Nyanne Lopes Batista Dantas
1º Examinador


Dra. Juliana Paula Felipe de Oliveira
2º Examinador

Patos - PB, 24 de maio de 2019


Prof. Dr. Onaldo Guedes Rodrigues
Vice-Coodenador

EPÍGRAFE

*Quem passou pela vida em branca
nuvem*

*E em plácido repouso adormeceu,
Quem não sentiu o frio da desgraça,
Quem passou pela vida e não sofreu,
Foi espectro de homem, e não homem,
Só passou pela vida, não viveu.*

Francisco Otaviano

Com amor e gratidão à minha esposa, Alinele Lucena, e meus filhos, Lis Lucena Soares e Lael Lucena Soares Silva, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a força que move o universo, por fornecer energia e condições necessária para alcançar com êxitos os meus projetos de vida.

Agradeço a minha esposa e meus filhos pela compreensão nos momentos de ausência, pela paciência nos momentos de espera, pela esperança de dias melhores e pelo amor incondicional a que me atribuem.

Agradeço aos meus pais, Maria Inácio e Raimundo Ferreira, pelo apoio, pelo incentivo, pela educação que propiciaram e por serem luz no meu caminho.

Agradeço as minhas irmãs, Rhamara e Aline, por sempre depositarem confiança nos meus anseios. E meus cunhados, Marcelo e Joaquim, por cuidarem tão bem delas.

Agradeço a Dona Ozenelhe, minha sogra, e Pedro Flávio, por serem um suporte sempre presente nas nossas vidas.

Agradeço a Dona Ozeneth (minha vó adotiva), tia Meire e Tia Jaque, e Dona Ozenelhe (minha sogra) por contribuírem com os sucessos dos meus deslocamentos Ceará-Paraíba. Esta ajuda foi imprescindível para garantir minha permanência no programa de pós-graduação.

Agradeço ao meu orientador, Prof. José Fábio, por confiar no meu trabalho e abraçar minha situação nos momentos mais precisos.

Agradeço ao Prof. Bonifácio, meu Co orientador, por me aceitar para orientação e me ensinar coisas muito úteis que levarei para vida.

Agradeço ao Secretário do PPGCA, Ary Cruz, por ser essa pessoa iluminada a que atende a todos com tamanho carinho e atenção.

Agradeço aos meus amigos de longa data João Carlos, Anderson, Iarley, Marcelo, Hayelmo, Carol, Dayanne, Cicinho, Demy, Sâmio, Felipe Elker, Sâmia, Emille, Sabrina, Yascara, Paulo Henrique e Carmita entre todos os outros que não conseguirei citar aqui, por serem parte da minha história e contribuírem com o processo de aprendizado e erro.

Agradeço ao meu amigo Prof. Erlléns, por favorecer momentos de formação e oportunidades acadêmicas das quais construíram parte do profissional que sou hoje.

Agradeço ao CSTR, NUPEARIDO, ao GPSPRS, NUBS da UFCG.

Agradeço aos amigos Juremais e membros do PPGCA, Romário, Elisvaldo, Izaac, Ray, Mirella, Luciana, Antonio, Fábio, Fabrício, Layse, Geferson, Felipe Luênio, Paulo Cezar, Ítalo Faraó, Kilmer, Williany, Nerivaldo e Israel, por serem pessoas fantásticas no cotidiano em que estive em Patos.

Agradeço aos amigos que me ajudaram direta ou indiretamente com a construção e execução do meu projeto, dos quais posso destacar, Fábio, Antonio, Nerivaldo, Ray, Izaac, Luana, Israel, Layse, Maycon.

Agradeço aos meus ex-alunos da EEEP Professor Gustavo Augusto Lima e aos amigos que construí lá, como Carine, Nathasha, Tadeu, Lázaro, Alixandre, Reinaldo, Seu Wilson.

Agradeço ao meu novo ambiente de trabalho e a todos que constroem a EEEP Paulo Barbosa Leite.

Agradeço ao milagroso rapé da tribo Puyanawa por garantir momentos de alívio e força para o trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	xvi
- Capítulo 1 - Revisão de literatura.....	1
SEMIÁRIDO BRASILEIRO	2
PRODUÇÃO DE BOVINOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	2
RAÇA SINDI	4
POLIMORFISMOS NO GENE DA BETA-CASEÍNA.....	5
ADAPTABILIDADE BOVINA AO SEMIÁRIDO	7
Parâmetros fisiológicos de bovinos afetados pelo estresse térmico	7
Temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR).....	7
Termografia infravermelha (TI).....	10
REFERÊNCIAS	13
- Capítulo 2 - Efeito do polimorfismo do gene da beta-caseína na adaptabilidade de vacas Sindi	19
RESUMO	20
ABSTRACT	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS	24
Local do experimento e animais	24
Coleta de amostras para análise do polimorfismo	25
Determinação das frequências alélicas e genotípicas	25
Variáveis ambientais.....	26
Respostas fisiológicas.....	27
Testes de tolerância ao calor	28
Delineamento experimental e análises estatísticas.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
Frequências alélicas e genotípicas.....	30
Variáveis ambientais.....	32
Respostas fisiológicas.....	36
CONCLUSÕES.....	45

REFERÊNCIAS	46
--------------------------	-----------

EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA ADAPTABILIDADE DE VACAS SINDI

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito dos genótipos da beta-caseína submetidos a diferentes condições de conforto térmico na adaptação e respostas fisiológicas de vacas da raça Sindi e utilizá-los como ferramenta de seleção para animais termotolerantes. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas da raça Sindi subdividas em dois grupos com genótipos distintos para produção da beta-caseína (A1A2 e A2A2), acondicionadas em um clima semiárido e dispostas em três condições de conforto térmico: antes do estresse, logo após o estresse provocado pela radiação solar direta e uma hora após o estresse. As variáveis climáticas aferidas foram a temperatura ambiente (TA), temperatura de ponto de orvalho (TPO), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (TGN) na sombra (TGN SOM) e no sol (TGN SOL). Calculou-se o índice de temperatura do globo negro e umidade na sombra (ITGU SOM) e no sol (ITGU SOL) e carga térmica de radiante na sombra (CTR SOM) e no sol (CTR SOL). Foram avaliados a frequência respiratória (FR), temperatura superficial (TS) e temperatura retal (TR). Para avaliação da adaptabilidade calculou-se o índice de tolerância ao calor (ITC) e coeficiente de tolerância ao calor (CTC). Para análise das respostas fisiológicas e o CTC foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 6 repetições num esquema fatorial 2x3, com dois genótipos e três condições de conforto térmico. Para análise do ITC foi utilizado DIC com 6 repetições. As médias de TA situaram-se acima da zona de conforto térmico para bovinos e apresentaram médias de 35,29, 36,75 e 36,70 °C nas três condições de conforto térmico, respectivamente. A UR decresceu ao passo que a TA aumentou apresentando valores médios de 37,70, 28,12 e 28,95%. Os valores de TGN SOM (37,02, 37,90 e 37,44 °C) foram inferiores aos da TGN SOL (50,35, 49,99 e 47,89 °C) para três condições de conforto térmico e a TPO (17,18, 15,54 e 15,96 °C) manteve-se estável em todas as condições de conforto térmico. ITGU SOM apresentou valores de 84,74, 84,99 e 84,68 ao passo que os valores de ITGU SOL foram superiores (98,03, 97,09 e 95,13). A CTR SOM (602,96, 716,81 e 545,88 W.m⁻²) foram inferiores aos valores de CTR SOL (1002,51, 935,77 e 862,62 W.m⁻²), onde o a maior incidência de radiação solar encontrou na condição de conforto térmico antes do estresse provocado pelo calor (13 h). As respostas fisiológicas e os testes de termotolerância não apresentaram efeito significativo ($p>0,05$) que diferisse o grupo A1A2 e o A2A2. Entretanto, no que diz respeito às diferentes condições de conforto térmico, houve efeito ($p<0,05$) para os parâmetros de TR, TS e gradientes térmicos, exceto a FR que não apresentou qualquer alteração significativa ($p>0,05$). O ITC e CTC não apresentaram efeito significativo ($p>0,05$) que diferisse um genótipo do outro. Contudo, os resultados se mostraram potencialmente promissores, onde os genótipos A1A2 e A2A2 obtiveram médias de CTC de 2,03 e 2,07, respectivamente e para ITC 9,78 e 9,69, demonstrando a capacidade de adaptação e termotolerância de bovinos da raça Sindi. Nas condições do presente estudo constatou-se que os diferentes genótipos não podem ser utilizados como ferramenta de seleção para termotolerância.

Palavras-chave: bovinos, csn2, genótipo, termotolerância

EFFECT OF BETA-CASEIN GENE POLYMORPHISM IN ADAPTABILITY OF SINDI COWS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of beta-casein genotypes submitted to different thermal comfort conditions on the adaptation and physiological responses of Sindi cows and to use them as a selection tool for thermotolerant animals. Twelve female Sindi cattle were subdivided into two groups with different genotypes for the production of beta-casein (A1A2 and A2A2), conditioned in a semi-arid climate and arranged in three conditions of thermal comfort: before stress, shortly after the stress provoked by direct solar radiation and one hour after stress. The measured climatic variables were the ambient temperature (TA), dew point temperature (TPO), relative humidity (UR) and black globe temperature (TGN) in the shade (TGN SOM) and in the sun (TGN SOL). It was calculated the temperature of the black globe and humidity in the shade (ITGU SOM) and in the sun (ITGU SOL) and thermal load of radiant in the shade (CTR SOM) and in the sun (CTR SOL). The respiratory rate (FR), surface temperature (TS) and rectal temperature (TR) were evaluated. Heat tolerance index (ITC) and heat tolerance coefficient (CTC) were calculated for adaptability assessment. For the analysis of the physiological responses and the CTC, a completely randomized design (DIC) was used, with 6 replicates in a 2x3 factorial scheme, with two genotypes and three conditions of thermal comfort. For the ITC analysis, DIC was used with 6 replicates. The averages of TA were above the thermal comfort zone for cattle and presented averages of 35.29, 36.75 and 36.70 °C in the three conditions of thermal comfort, respectively. The UR decreased, whereas the TA increased with mean values of 37.70, 28.12 and 28.95%. The TGN SOM values (37.02, 37.90 and 37.44 °C) were lower than those of TGN SOL (50.35, 49.99 and 47.89 °C) for three thermal comfort conditions and TPO (17.18, 15.54 and 15.96 °C) remained stable under all conditions of thermal comfort. ITGU SOM presented values of 84.74, 84.99 and 84.68 whereas ITGU SOL values were higher (98.03, 97.09 and 95.13). The CTR SOM (602.96, 716.81 and 545.88 Wm⁻²) were lower than the values of CTR SOL (1002.51, 935.77 and 862.62 Wm⁻²), where the highest solar radiation found in the condition of thermal comfort before the stress provoked by the heat (13h). Physiological responses and thermotolerance tests did not show a significant effect (p>0.05) that differed between A1A2 and A2A2. However, with regard to the different thermal comfort conditions, there was an effect (p<0.05) for the parameters of TR, TS and thermal gradients, except the FR that did not show any significant alteration (p>0.05). The ITC and CTC had no significant effect (p>0.05) that differed from one genotype to the other. However, the results were potentially promising, where the A1A2 and A2A2 genotypes obtained CTC averages of 2.03 and 2.07 respectively and for ITC 9,78 and 9,69, demonstrating the adaptability and thermotolerance of the Sindhi race. Under the conditions of the present study it was verified that the different genotypes can not be used as a selection tool for thermotolerance.

Keywords: bovine, csn2, genotype, thermotolerance

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Número de bovinos e vacas ordenhadas, quantidade média produzida de leite por vaca ordenhada e carga média de bovinos por unidade de área de pastagem no Semiárido brasileiro.	3
---	---

Capítulo 2

Tabela 1. Frequências alélicas e genóticas para os alelos A1 e A2 na raça Sindí, Patos – PB, 2018.	26
Tabela 2. Médias das TR's em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.	36
Tabela 3. Médias das FR's em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.	38
Tabela 4. Médias das TS's em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.	39
Tabela 5. Médias dos gradientes térmicos (TR-TS) em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.	41
Tabela 6. Médias dos gradientes térmicos (TS-TA) em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.	42
Tabela 7. Médias do teste CTC em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.	43
Tabela 8. Médias do teste de ITC em função dos diferentes genótipos para produção da beta-caseína em vacas da raça Sindí, Patos – PB, 2018.	44

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

- Figura 1. Representação das variáveis ambientais. A - TA (°C), UR (%), TGN SOM (°C), TGN SOL (°C) e TPO (°C); B - ITGU SOM e ITGU SOL; C - CTR SOM e CTR SOL, Patos – PB, dezembro de 2018..... 33**
- Figura 2. Representação das imagens termográficas dos genótipos para beta-caseína. A – Genótipo dominante A1A2 e sua respectiva imagem termográfica; B – Genótipo recessivo A2A2 e sua respectiva imagem termográfica. 40**

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

% – percentual

' – grau em minuto

" – grau em segundo

APLV – Alergia a proteína do leite de vaca

Bsh – clima quente e seco

CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural

UFMG – Universidade Federal de Campina Grande

DIC – Delineamento inteiramente casualizado

Dr. – Doutor

A1A2 – Genótipo dominante que não expressa característica de produção da beta-caseína

A2A2 – Genótipo recessivo que expressa característica de produção da beta-caseína

TA – Temperatura do ar

UR – Umidade relativa do ar

Tgn – Temperatura de globo negro

® – marca registrada

CTR – Carga térmica de radiação

ITGU – Índice de temperatura do globo negro e umidade

TRM – Temperatura radiante média

TR – Temperatura retal

FR – Frequência respiratória

TS – Temperatura superficial

°C – Graus célsius

CTC – Coeficiente de tolerância ao calor

ITC – Índice de tolerância ao calor

ZCT – Zona de conforto térmico

CV – Coeficiente de variação

CTR SOM – Carga térmica radiante na sombra

CTR SOL - Carga térmica radiante no sol

mov.min⁻¹ – Movimentos por minuto

NUPEÁRIDO – Núcleo de pesquisa para o desenvolvimento do semiárido

Tgn SOM – Temperatura de globo negro na sombra

Tgn SOL – Temperatura de globo negro no sol

ITGU SOM - Índice de temperatura do globo negro e umidade na sombra

ITGU SOL - Índice de temperatura do globo negro e umidade no sol

mm – milímetro

(P<0,05) – significância inferior a 5%

- Capítulo 1 -
Revisão de literatura

SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A região do semiárido brasileiro é uma delimitação geográfica do território nacional, oficialmente definida em 2005 pelo Ministério da Integração Nacional (MIN), através da Portaria nº 89, para fins administrativos. Logo, o semiárido corresponde a um conjunto de municípios que atendam determinados critérios, como: Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; Risco de seca ou prolongamento da estação seca, de um ano para outro, maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (INSA, 2013).

O semiárido brasileiro possui uma extensão territorial de aproximadamente 1.127.953 km² e abrange os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Possui cerca de 1.262 municípios e uma população estimada de 27.870.241 habitantes (INSA, 2018).

O Bioma característico da região é a Caatinga. Esta, apresenta características próprias como fisionomia xerófila e florística abundante, com grande capacidade adaptativa, elevado grau de endemismo consistindo em um dos tipos de vegetação mais difícil de ser definido, devido sua heterogeneidade relacionada à sua fisionomia e sua composição florística (PRADO, 2003; DIAS e KIILL, 2008; RODAL et al. , 2013).

Na Caatinga há aproximadamente cerca de 900.000 km², representando quase 54% do nordeste brasileiro, bem como 11% do território nacional. A Caatinga abrange os nove estados nordestinos (Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, sudoeste do Piauí e do Maranhão, e norte de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005).

PRODUÇÃO DE BOVINOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

A bovinocultura é uma das principais atividades produtivas do agronegócio brasileiro, proporcionando a maior renda obtida entre as cinco maiores cadeias produtivas agropecuárias estudadas (CNA, 2012). No Semiárido brasileiro ela ocupa uma distribuição 45,52% em relação a exploração de caprinos, ovinos, bovinos, bubalinos, asininos, muares e equinos (INSA, 2018).

Conforme os dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017), o efetivo de rebanho do Semiárido brasileiro corresponde a 14.221.272 cabeças de bovinos, onde houve no ano um número de vacas ordenhadas nos estabelecimentos de 1.731.934 de cabeças.

Conforme a tabela a seguir é possível averiguar o efetivo de rebanho de bovinos no Semiárido brasileiro. É possível destacar que o efetivo dos estados da Bahia, Minas Gerais, Ceará, Piauí e Pernambuco possuem o maior rebanho entre os estados que compõem o Semiárido brasileiro, respectivamente. O Estado da Paraíba, ocupa a sexta posição no “ranking” do efetivo, entretanto, possui a maior carga média de bovino por unidade de área de pastagem entre os estados.

Tabela 1. Número de bovinos e vacas ordenhadas, quantidade média produzida de leite por vaca ordenhada e carga média de bovinos por unidade de área de pastagem no Semiárido brasileiro.

Semiárido	Nº de bovinos	Nº de vacas ordenhadas	Quantidade média de leite/ vaca ordenhada	Carga média de bovino/ unidade de área de pastagem (cabeça/ha)
Alagoano	364.961	75.479	5,29	0,90
Baiano	5.630.323	482.025	2,73	0,71
Cearense	1.867.345	354.004	3,67	0,94
Maranhense	17.046	1.022	5,40	1,20
Mineiro	1.897.764	184.457	3,27	0,66
Paraibano	979.335	162.834	3,05	1,13
Pernambucano	1.110.515	185.548	4,62	0,91
Piauiense	1.188.097	84.805	1,72	0,92
Potiguar	694.949	114.762	4,44	0,86
Sergipano	470.937	86.998	5,80	1,03
Total	14.221.272	1.731.934	4,00	0,79

Fonte: Adaptado de Censo Agropecuário (IBGE, 2017)

A criação de bovinos no Semiárido é em sua grande porção desempenhada por estabelecimentos de cunho familiar, com características marcantes de baixo investimento em inovação tecnológica e sazonalidade da produção, em função dos períodos chuvoso e seco. Os sistemas de criação que predominam são o extensivo e semi-intensivo, onde a principal fonte nutritiva para os animais é a vegetação nativa do Bioma Caatinga (GALVÃO JÚNIOR et al., 2015).

RAÇA SINDI

No Nordeste brasileiro a criação de bovinos é uma das principais fontes de renda da agropecuária, principalmente de zebuínos e, neste contexto, se destacam os animais da raça Sindi, por apresentarem dupla aptidão e alta eficiência produtiva e reprodutiva, grande rusticidade e serem bastante tolerantes ao estresse térmico (TURCO et al., 2006; SOUZA et al., 2007; FURTADO et al., 2012).

A raça Sindi possui uma imponência muito forte, sobretudo, em relação à rusticidade, prolificidade, a dupla aptidão e a tolerância ao calor que cativou criadores adeptos por todo globo terrestre. Conforme Santos (2016) o Sindi é considerado a raça nacional do Paquistão, além de ser explorado na Índia, Bangladesh, Sri Lanka, em 33 países asiáticos, África e Américas.

Os animais dessa raça têm como origem a localidade de Kohistan, no norte do estado de Sindh, atual Paquistão. O clima da região do Sindh apresenta-se semiárido, pois as precipitações anuais variam de 250 a 300 milímetros, sendo as chuvas espaçadas entre o início de agosto até o final de outubro e raras no inverno. A temperatura diurna não varia muito na maior parte do território, e no inverno apresenta a média entre 17 e 20 °C; de maio a julho varia de 31° a 33°C; máxima absoluta entre 46 e 48 °C e mínima absoluta entre 1,6 e 4,5 °C. As culturas estão na dependência da fertilidade do solo e das facilidades de irrigação. Devido à escassez de chuvas e ao fato destas se concentrarem em três meses, é curto o período de crescimento das forrageiras,

encontradas em pequena quantidade e unicamente de agosto a outubro (SANTIAGO, 2009).

No Brasil, a inserção da raça se deu em função da importação de animais do norte e oeste da Índia, onde trazia-se animais zebuínos, sobretudo da raça Gir. Acredita-se ter sido provavelmente Sindi o reprodutor recebido na Bahia, em 1850, pelo Visconde de Paraguaçu; na ausência de fêmeas do mesmo grupo genético é possível que seu sangue tenha se diluído na vaca crioula. Pouco depois, provavelmente entre 1854 e 1856, de conformidade com a carta que Joaquim Carlos Travassos dirigiu em 1906 ao Jornal dos Agricultores, entraram na Baixada fluminense, casais da variedade Sindi. Entretanto, o ponto de partida efetivo da raça no Brasil se deu em 1952, onde o então diretor do Instituto Agrônomo do Norte (IAN), Felisberto de Camargo, trouxe consigo, num avião cargueiro inglês fretado, 31 animais da raça, sendo 28 fêmeas e três reprodutores vindos diretamente do Paquistão (SANTIAGO, 1986).

Em função das características de adaptabilidade e produtividade dos rebanhos Sindi é possível que haja uma preferência da região Nordeste brasileiro em criar animais dessa raça, pois, segundo a ABCZ (2016), a região concentre 54,76% do rebanho de animais com registro definitivo no período de 1996 a 2016.

POLIMORFISMOS NO GENE DA BETA-CASEÍNA

Dentre todas as proteínas que constituem o leite bovino, as caseínas são responsáveis por ocupar 80% do total. Dentre elas, encontramos a CSN2 (KEATING et al., 2008), classificada como agente polimorfo, com inúmeras variações que vão ser diferenciadas em função das diferentes raças (HANUSOVÁ et al., 2010). A literatura descreve treze variações: A1, A2, A3, A4, B, C, D, E, F, H1, H2, I, G (KAMINSKI et al., 2007), onde, as do grupo A1 e A2 são as formas mais comuns, B é o grupo menos frequente e A3 e C são raras (JAISWAL et al., 2014).

As variantes A1 e A2 são diferenciadas molecularmente pelo polimorfismo de um nucleotídeo de citosina (CCT) por uma de adenina (CAT) no gene da CSN2, o que resulta na troca do aminoácido histidina presente na variante A1 pela prolina na posição 67 da cadeia da variante A2 (JAISWAL et al., 2014). Ainda que a distinção estrutural entre as duas variantes seja muito pequena, estas são metabolizadas de formas diferentes.

Sabe-se que as proteínas do leite realizam a liberação dos Peptídeos Bioativos (KORHONEN e PIHLANTO, 2006), dos quais, os opioides denominados de beta-casomorfina (BCM), que são liberados através da proteólise da CSN2, na qual, a BCM-7, é liberada em maior quantidade a partir de variantes da CSN2 contendo histidina na posição 67 (NGUYEN et al., 2015).

Estima-se que a BCM-7 é um potencial causador de problemas relacionados à saúde humana (TROMPETTE et al., 2003) e o consumo de leite A1 está associado a um grande aumento de doenças como diabetes mellitus tipo I (ELLIOTT et al., 1999; THORSODOTTIR et al., 2000), doença coronária (McLACHLAN, 2001), arteriosclerose (TAILFORD et al., 2003), síndrome da morte súbita infantil (SUN et al., 2003), esquizofrenia e autismo (WOODFORD, 2008), como também de alergia (GOBETTI et al., 2002).

Acredita-se que inicialmente toda população bovina continha apenas o alelo A2 e que através dos processos evolutivos houve a ação de mutação que proporcionou o surgimento do alelo A1. Os autores ainda destacam que a CSN2 é codificada por genes presentes no cromossomo 6 bovino e há indícios de que a variante A2 não seja tão nociva à saúde humana (VERCESI FILHO et al., 2012).

Em pesquisa realizada por Vercesi Filho (2012) com animais da raça Gir comprovou-se um grande potencial dos animais desta raça em produzir leite A2 em sua quase totalidade (88,5%), sendo a mutação A1 rara na população estudada. Além das características já conhecidas de rusticidade e resistência a parasitos externos, o leite produzido pelos animais da raça Gir pode ser menos alergênico para a β -caseína. Nas raças taurinas a raça Guernsey, apresentou uma alta frequência do alelo A2 (96%) (VAN EENENNAAM e MEDRANO, 1991).

Em estudos mais recentes, Zepeda-Batista et al. (2015), encontraram uma frequência alélica 71% e genotípica 53% para o alelo (A2) e o genótipo (A2A2), respectivamente. Já Rivera et al. (2016), estudando rebanhos da raça Criolo Leiteiro no México, encontraram frequências genotípicas para A1A1, A1A2 e A2A2 de 9%, 78% e 13%, respectivamente.

Lima (2014), constatou frequência alélica de 98% (A2) e genotípica de 96% (A2A2) para animais da raça Gir e 97% (A2) e 93% (A2A2) para animais da raça Guzerá.

ADAPTABILIDADE BOVINA AO SEMIÁRIDO

Parâmetros fisiológicos de bovinos afetados pelo estresse térmico

O estresse térmico é um fator decisivo no retardo do desenvolvimento animal e na queda de sua produtividade. Para McManus et al. (2009), os bovinos acondicionados em climas quentes se submetem a uma série de adaptações no sistema respiratório, circulatório, endócrino, nervoso e excretor.

Conforme Moraes (2010), os parâmetros fisiológicos mais usuais para avaliar a tolerância ao calor são a frequência respiratória e a temperatura retal.

Temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR)

A temperatura retal (TR), por exemplo, representa o equilíbrio entre a perda e ganho de calor corporal que, segundo Silva (2000), varia de 37,5°C a 39,3°C, com média de 38,3°C em taurinos europeus e, em zebuínos, de 38,5°C a 39,7°C, com média de 39,1°C. Para Perissinoto e Moura (2007), a temperatura retal normal da vaca leiteira, em termoneutralidade e em repouso, varia, geralmente, entre 38,0°C e 39,0°C.

A TR é a avaliação que melhor simula a temperatura corporal, sendo bastante utilizada para diagnosticar doenças e para verificar o grau de adaptabilidade dos animais domésticos (BACCARI JÚNIOR, 1990; SOUZA et

al., 2007). Logo, quando há aumento na temperatura retal em função de um ambiente com temperaturas elevadas, significa que o animal está estocando calor, e se este não é dissipado, o estresse calórico manifesta-se.

A temperatura corporal é o resultado da diferença entre energia térmica produzida mais a recebida pelo organismo animal e a energia térmica dissipada desse para o meio (CEZAR et al., 2004; NÓBREGA et al., 2011). Obedece a um ritmo ou ciclo circadiano, ou seja, um ritmo que se repete a cada 24 horas, com a máxima ocorrendo no período da tarde e a mínima no início da manhã. A capacidade do animal de resistir às condições de estresse por calor tem sido avaliada fisiologicamente por alterações da temperatura retal e frequência respiratória (ALMEIDA, 2010).

A temperatura retal é um indicador do balanço térmico e pode ser usada para avaliar a adversidade do ambiente térmico que pode afetar o crescimento, lactação e reprodução de vacas leiteiras (SILANIKOVE, 2000), pois o aumento na temperatura retal pode indicar que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes (MARTELLO et al., 2004).

Baccari Júnior (1990) relatou que a idade influi sobre a temperatura retal de bovinos, pois, nos animais muito jovens a temperatura pode ser mais alta, e a capacidade reguladora da mesma menor.

Entretanto, conforme resultados obtidos por Silva et al. (2005), que trabalhou com bovinos da raça Sindi avaliando o efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos, não verificou efeito significativo ($P > 0,05$) do sexo ($38,78\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $38,93\text{ }^{\circ}\text{C}$ para TR; $22,21\text{ mov.min}^{-1}$ e $22,76\text{ mov.min}^{-1}$ para FR), nem da idade ($38,91\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $38,80\text{ }^{\circ}\text{C}$ para TR; $22,42\text{ mov.min}^{-1}$ e $22,54\text{ mov.min}^{-1}$ para FR), sobre os parâmetros estudados.

De Souza et al. (2017a) estudando a influência da composição genética sobre a TR de vacas Girolando com diferentes graus de sangue, encontraram valores de $38,4$ e $38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para animais com $3/4$ Holandês e $1/4$ Gir e $7/8$ Holandês e $1/8$ Gir, respectivamente, não obtendo diferença significativa entre os turnos da manhã e da tarde no semiárido cearense.

A avaliação da frequência respiratória contribui no estudo da capacidade do animal em resistir a intensidade do estresse calórico (MULLER

et al., 1994). A perda de calor pelo trato respiratório, implica em um processo de mudança de estado físico, de líquido para vapor, que ocorre com umedecimento do ar nas vias respiratórias superiores, onde tal processo se torna possível devido ao calor latente de vaporização (ALMEIDA, 2010). Quando um grama de água evapora pelo processo respiratório, ocorre o consumo de 585 calorias, tratando-se de um processo muito eficiente de dissipação de calor, utilizado pelos animais (FERREIRA, 2011).

Para Moraes (2010) a FR é uma das principais referências fisiológicas para estimar a adaptação dos animais ao calor. Logo, os animais que apresentarem menores frequências respiratórias serão considerados os mais adaptados.

Para a FR, De Souza et al. (2017b), encontrou valores de 47,67 e 48,27 para animais com 3/4 Holandês e 1/4 Gir e 7/8 Holandês e 1/8 Gir, respectivamente

A frequência respiratória normal em bovinos adultos varia entre 24 e 36 movimentos respiratórios por minuto (mov/min) (STÖBER, 1993), mas pode apresentar valores mais amplos, entre 12 e 36 mov/min (TERRA, 1993). Sob estresse térmico, a FR começa a elevar-se antes da temperatura retal (BIANCA, 1965) e, geralmente, observa-se taquipnéia em bovinos em ambientes com temperatura elevada (STÖBER, 1993; MULLER et al., 1994; PIRES et al., 1998). Para Silanikove (2000), FR de 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 120 mov/min configuram, respectivamente, um baixo, médio e alto estresse para ruminantes. O autor ainda destaca que FR acima de 200 mov/min é classificada como severa.

Os resultados obtidos por Silva et al. (2005) concordam com os obtidos por Turco et al. (1990), que sob condições ambientais semelhantes as observadas no experimento (temperatura de 32,7 °C a 22,3 °C com média de 26,9 °C e umidade relativa de 30,6 a 70,7%, com média de 51,3%), não observaram diferença ($P > 0,05$) entre as categorias bezerro/bezerras, garrotes/garrotas e vacas, cujos os valores foram respectivamente (38,7; 38,8 e 38,8 para TR °C) e (23; 24 e 23 mov.min⁻¹ para a FR).

Termografia infravermelha (TI)

Cilulko et al. (2013), caracterizam um organismo em seu estado saudável quando o mesmo apresenta distribuição equilibrada de temperatura entre as diferentes partes do corpo. Portanto, a temperatura corporal é um indicador significativo para diagnosticar doenças nos animais e seu estado fisiológico (POIKALAINEN et al., 2012).

A temperatura da pele reflete o teor de calor na pele e é determinada pelas taxas com que o calor atinge e deixa esta estrutura. Relacionando a temperatura da pele de bovinos à temperatura do ambiente, tem-se que em um ambiente com temperatura entre 25 e 30 °C (Umidade Relativa do ar de 65%) a temperatura da pele fica entre 36 e 38 °C (CURTIS, 1983).

Em condições de estresse por calor pode haver aumento da temperatura da pele, em função da dilatação das arteríolas dos leitos vasculares cutâneos e por meio da abertura das anastomoses arteriovenosas nos membros, orelhas e focinho permitindo aumentar o fluxo sanguíneo periférico e facilitando a perda de calor para o ambiente a partir da pele (CUNNINGHAN, 2008).

Para a avaliação da Temperatura Superficial da pele são utilizados equipamentos como termômetros de infravermelho e mais recentemente a termografia de infravermelho. Brioschi et al.(2007), definiram o raio infravermelho como sendo uma radiação não visível do espectro eletromagnético com comprimento de onda entre 0,75 a 100 µm. Emitido por todos os corpos acima de -273 °C, zero absoluto, esses raios indicam o grau de agitação molecular, que dependendo da sua intensidade de potência, podem ser percebidos pelas terminações nervosas da pele. Afirmaram ainda que o exame de imagem infravermelho é um método que, por meio de uma câmera especial, capta radiação infravermelha longa emitida pelo corpo na faixa de 6 a 15 µm, proporcionando uma imagem da distribuição térmica da superfície cutânea.

A termografia infravermelha (TI) é uma técnica de observação do perfil térmico do organismo que é moderna, segura e não-invasiva (KNIZKOVÁ

et al., 2007). É uma ferramenta capaz de avaliar o estresse térmico dos animais, pois identifica variações no fluxo sanguíneo (MOURA et al, 2011).

Através do uso da termografia infravermelha é possível avaliar impactos do estresse térmico sobre os animais, uma vez que a leitura da TS pode oferecer indícios de que sob estresse severo, ocorre um aumento no fluxo sanguíneo do núcleo central para a superfície do animal e, conseqüentemente, elevada taxa do fluxo de calor, resultando em altas temperaturas superficiais (SOUZA et al., 2007).

De Souza et al. (2017), a temperatura superficial de bovinos mestiços de Holandês com Gir em clima semiárido no estado do Ceará foi de 40,75 e 39,92 °C para animais de genótipo 3/4 Holandês e 1/4 Gir e 7/8 Holandês e 1/8 Gir, respectivamente. Souza et al. (2007), encontrou valores de 31,8 °C, quando trabalhando com fêmeas da raça Sindi em condições de semiárido no período seco do ano.

Testes de adaptabilidade ao calor

Existe uma gama de testes que auxiliam na detecção da capacidade de adaptabilidade dos animais a temperatura. Em resumo, a adaptabilidade pode ser medida ou avaliada pela habilidade que tem o animal em se ajustar às condições médias ambientais de climas adversos, com mínima perda no desempenho e conservando alta taxa reprodutiva, resistência às doenças e baixo índice de mortalidade (HAFEZ, 1973).

De acordo com Baeta e Souza (1997) o conceito de adaptação a um determinado ambiente está relacionado com mudanças estruturais, funcionais ou comportamentais observadas no animal, objetivando a sobrevivência, reprodução e produção em condições extremas ou adversas.

Para Abi Saab e Sleiman (1995), os critérios de tolerância e adaptação dos animais são determinados pelas medidas fisiológicas da respiração, batimento cardíaco e temperatura corporal. A adaptação fisiológica, dada principalmente por meio das alterações do equilíbrio térmico, e a adaptabilidade de um rendimento, que descreve as modificações desse rendimento quando o animal é submetido à altas temperaturas, são para

MacDowell (1989), as duas classes principais de avaliação da adequação a ambientes quentes.

Vários testes de tolerância ao calor foram desenvolvidos, como os de Rhoad (1944) e de Dowling (1956), tendo, porém, sua aplicação reduzida em função de algumas limitações. Nota-se que no teste idealizado por Rhoad (1944), conhecido como teste de Ibéria, toma-se como base de cálculo a temperatura retal de 38,3°C, tida como temperatura corporal normal, não levando em conta diversas situações fisiológicas que alteram este parâmetro. Neste teste são tomadas as temperaturas retais e as frequências respiratórias dos animais de manhã (10:00 h) e à tarde (15:00 h), durante 3 dias, e os dados médios são aplicados à fórmula $CTC = 100 - [18 (Tr - 38,3)]$, para cálculo do coeficiente de tolerância ao calor.

O teste de adaptabilidade proposto por Baccari Jr. et al. (1986) tem como princípio a capacidade de dissipação de calor e consiste de uma primeira mensuração da temperatura retal dos animais em repouso de duas horas à sombra (TR1) e, logo após a mensuração, os animais devem ser expostos diretamente ao sol por mais uma hora, após essa exposição, os animais devem retornar a sombra por mais um hora quando a segunda mensuração da temperatura retal deve ser feita (TR2). As médias das temperaturas retais obtidas (TR1 e TR2, respectivamente), devem então ser aplicadas na fórmula do Índice de Tolerância ao Calor $ITC = 10 - (TR2 - TR1)$, a qual determina o grau de tolerância ao calor dos animais pela diferença entre as temperaturas, sendo o resultado mais próximo de 10, representado pelos animais mais tolerantes ao ambiente.

Outro teste de avaliação de tolerância ao calor é o teste de Benezra, ele incorpora ao coeficiente de tolerância às respostas fisiológicas, temperatura corporal e a frequência respiratória (PEREIRA et al. 2007).

REFERÊNCIAS

- ABCZ, Associação Brasileira de Criadores de Zebu. **ABCZ**, 2016. Disponível <www.abcz.org.br>. Acesso em 8 de Julho de 2018.
- ABI SAAB, S.; SLEIMAN, F. T. Physiological responses to stress of filial crosses compared to local Awassi sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 16, p. 55-59, 1995.
- ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V. Análise de cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Revista Cerne**, Lavras (MG) v. 11, n. 3, p.253-262, 2005.
- ALMEIDA, G. L. P. **Climatização na pré-ordenha de vacas da raça Girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal**. 2010. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife - PE, 2010.
- BACCARI JÚNIOR, F; POLASTRE, R.; FRÉ, C. A.; ASSIS, P. S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1986, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. p. 316.
- BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1., 1990, Sobral-CE. **Anais...** Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1990. p. 9-17.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais conforto térmico**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.
- BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section A. Physiology. Cattle in a hot environmental. *Journal Dairy Research*, v.32, p.291-345, 1965.
- BRIOSCHI, M. L.; YENG, L. T.; PASTOR, E. M. H.; COLMAN, D.; SILVA, F. M. R. M.; TEIXEIRA, M. J. Documentação da síndrome dolorosa miofascial por imagem infravermelha. **ACTA FISIATR**, 2007; 14(1): 41 – 48.
- CEZAR, M. F.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H.; et al. Avaliação de parâmetros Fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino. **Ciência Agropecuária, Lavras**, v.28, n.3, p.614-620, 2004.
- CILULKO, J. et al. Infrared thermal imaging in studies of wild animals. **European Journal Wildlife Research**, Poland, v. 59, n. 1, p. 17–23, 2013.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE AGRICULTURA - CNA. **Análise do PIB das cadeias produtivas de algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e de leite o Brasil**: desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana-de-açúcar, soja, pecuária de corte e de leite no Brasil. Brasília: CNA,

2012. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/pib-cadeias-produtivas-web.pdf>>. Acesso em: 08 agosto 2018.

CUNNINGHAN, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 579 p.

CURTIS, S. E. **Envirionmental Management in Animal Agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 400p.

DE SOUZA, MARIA ANGELA; DE BRITO FILHO, MARCONDES PINHO; LIMA, WALISON TAVARES; FEITOSA, JOSÉ VALMIR; DA COSTA, ANTÔNIO NÉLSON LIMA (2017b): Correlações de parâmetros fisiológicos de vacas Girolando criadas no semiárido Cearense. CBBiomet 2017. Journal contribution. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5176711.v1>.

DE SOUZA, MOISÉS SARAIVA RIBEIRO; CAVALCANTE, SABRINA MARTINS LACERDA; DE SOUZA, MARIA ANGELA; DE ARAÚJO, AIRTON ALENCAR; FEITOSA, JOSÉ VALMIR (2017a): **Efeito da composição genética e turno sobre as temperaturas retal e vaginal de vacas Girolando no Nordeste do Brasil**. CBBiomet 2017. Journal contribution. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5176711.v1>.

DIAS, C. T. de V. KIILL, L. H. P. **Levantamento florístico da reserva legal do Projeto Salitre, Juazeiro-BA**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2008.

ELLIOTT, R. B.; HARRIS D. P.; HILL J.P.; BIBBY N. J.; WASMUTH H. E. Type I (insulin dependent) diabetes mellitus and cow milk: casein variant consumption. **Diabetologia**. 1999.

FERREIRA, F.; CAMPOS, W.E.; CARVALHO, A.U.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; SILVA, M.V.G.B.; VERNEQUE, R.S.; SILVA, P.F. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.4, p.769-776, 2009.

FERREIRA, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente: Para Aves, Suínos e Bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2011.

FURTADO, D. A.; PEIXOTO, A. P.; NASCIMENTO, J. W. B. do; REGIS, J. E. F. Environmental comfort in constructions for Sindi and Guzera calves in the agreste region of the state of Paraíba. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.1-9, 2012.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; RANGEL, A. H. N.; GUILHERMINO, M. M.; NOVAES, L. P.; MEDEIROS, H. R. PERFIL DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE BOVINO NO SERIDÓ POTIGUAR. **Holos**, ano 31, Vol. 2. DOI: 10.15628/holos.2015.1913, 2015

GOBETTI, M.; et al. Latent bioactive peptides in milk proteins: proteolytic activation and significance in dairy processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 2002.

HAFEZ, E.S.E. **Adaptacion de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973. 563p.

HANUSOVÁ, E.; HUBA, J.; ORAVCOVÁ, M.; POLÁK, P.; VRTKOVÁ, I. Genetic variants of beta casein in Holstein dairy cattle in Slovakia. **Journal. Animal Science.**, v.43, p.63-66, 2010.

IBGE. **Censo Agropecuário: resultados preliminares.** 2017.

INSA. **O semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes.** Campina Grande: INSA/MCTI, 2013. 73 págs.

INSA. **Semiárido brasileiro: Pecuária, aquicultura e apicultura.** 2018. 112 pág.

JAISWAL, K.; DE, S.; SARSAVAN, A. Detection of single nucleotide polymorphism by T-ARMS PCR of cross bred cattle Karan Fries for A1, A2 beta casein types. **International Journal of Biological Sciences Research**, v.1, p.18-20, 2014.

KAMINSKI, S.; CIESLINSKA, A.; KOSTYRA, E. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. **Journal Applied Genetics.**, v.48, p.189–198, 2007.

KEATING, A.; SMITH, T.; ROSS, R.; CAIRNS, M. A note on the evaluation of a beta-casein variant in bovine breeds by allele-specific PCR and relevance to β -casomorphin. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v.47, p.99-104, 2008.

KNÍŽKOVÁ, I. et al. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty Of Agriculture**, Prague, v. 22, n. 3, p. 329–336, 2007.

KORHONEN, H.; PIHLANTO, A. Bioactive peptides: Production and functionality. **International Dairy Journal**, v.16, p.945–960, 2006.

LEITE, P.R. de M.; SANTIAGO, A.A.; NAVARRO FILHO, H.R.; ALBUQUERQUE, R.P. de F. e LEITE, R. de M.H. 2001. **Sindi: gado vermelho para o semiárido.** Ed. EMEPA–PB. Banco do Nordeste. João Pessoa-PB. 147 pág.

LIMA, T. C. C. **Polimorfismo no gene da beta-caseína em rebanhos zebuínos leiteiros no estado do Rio Grande do Norte.** 2014. 43 f Dissertação. (Mestrado em Produção Animal: Sistema de produção no semiárido) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Macaíba, 2014.

McLACHLAN, C.N. **Beta-casein A1, ischaemic heart disease mortality, and other illnesses. Medical Hypotheses.** 2001.

McMANAUS, C.; PALUDO, G.R.; LOUVANDINI, H.; GUGEL, R.; SASAKI, L.C.B.; PAIVA, S.R. Heat tolerance in brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health Production**, n.41, p.95–101, 2009.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JR, H.; SILVA, S. L.; et al.; Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.181-191, 2004.

MORAES, J. B. **Termorregulação e adaptabilidade climática de caprinos no semiárido piauiense.** 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

- MOURA, D. J. et al. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 23-32, 2011.
- MULLER C.J.C. et al. 1994. Production, physiological and behavioral responses of lactating Friesian cows to a shade structure in a temperate climate. **in:** bucklin, r.a. (ed.). international dairy housing conference, 3.,1994, St. Joseph, MI. Proceeding... St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. p.597-588.
- NGUYEN, D. D.; JOHNSON, S. K.; BUSETTI, F.; SOLAH, V. A. Formation and degradation of b-casomorphins in dairy processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.55, p.1955-1967, 2015.
- NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; et al. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde**, v.6, n.1, p.67-73, 2011.
- PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.
- PIRES, M.F.A.; FERREIRA, A.M.; COELHO, S.G. Estresse calórico em bovinos de leite. **In:** SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE GADO LEITEIRO, 1998, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 1998. p.17-30.
- POIKALAINEN, V. et al. Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. **Agronomy Research**, 2012.
- PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. **In:** **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.
- RIVERA, T. D; VALDOVINOS, M. A. A.; MORALES, R. A. A.; VÁZQUEZ, A. G.; PONCE, A. R.; PÉREZ, C. M. B. Frecuencias genotípicas y alélicas de la β -caseína en el bovino Criollo Lechero Tropical de México. **Archivos.de Zootecnia** 65 (251): 409-411. 2016.
- RODAL, M. J. N; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológicos: ecossistema caatinga**. Sociedade botânica do Brasil. Brasília: SB: 2013. 24 p.
- SANTIAGO, A. A. **O zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. Edição de 1986.
- SANTIAGO, A. A. **A epopeia do Zebu**. 2009. Disponível em: www.abcz.org.br. Acessado em 06 de Novembro de 2018.
- SANTOS, R. **Do Zri-Bhu ao Zebú: O gado sagrado na Índia e no Brasil**. Uberaba MG: ABCZ, 2016. 864 p.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, n.67, p.1-18, 2000.

- SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.**: São Paulo: Nobel; 2000. p. 286.
- SILVA, R. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUZA, A. P. S.; MARINHO, M. L.; TAVARES, G. P. T.; SILVA, E. M. N. Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça sindi no semiárido. **Ciência agrotecnologia** vol.29 no.1 Lavras Jan./Feb. 2005.
- SOUZA, B. B.; SILVA, R. M. N. DA; MARINHO, M. L.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, A. P. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.883-888, 2007.
- STÖBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral. **In:** DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. Exame clínico dos bovinos. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. cap.2, p.44-80.
- SUN, Z.; ZHANG, Z.; WANG, X.; CADE, R.; ELMIR, Z.; et al. Relation of beta-casomorphin to apnea in sudden infant death syndrome. **Peptides**, v.24, p.937-943, 2003.
- TAILFORD, K. A.; BERRY C. L.; THOMAS A.C.; CAMPBELL J. H. A casein variant in cow's milk is atherogenic. **Atherosclerosis**. 2003.
- TERRA, R.L. História, exame físico e registro dos ruminantes. **In:** SMITH, B.P. Tratado de medicina interna dos grandes animais. São Paulo: Manole, 1993. v.1, cap.1, p.3-15.
- THORSDOTTIR, I.; BIRGISDOTTIR B. E.; JOHANNSDOTTIR I. M.; HARRIS D. P.; HILL J.; STEINGRIMSDOTTIR L.; THORSSON A. V. Different (beta-casein) fractions in Icelandic versus Scandinavian cow's milk may influence diabetogenicity of cow's milk in infancy and explain low incidence of insulin dependent diabetes mellitus in Iceland. **Pediatrics**. 2000.
- TROMPETTE, A.; CLAUSTRE, J.; CAILLON, F.; JOURDAN, G.; CHAYVIALLE, J. A.; PLAINSANCIE, P. Milk bioactive peptides and b-casomorphins induce mucus release in rat jejunum. **The Journal of Nutrition**. 2003.
- TURCO, S. H. N.; ARAUJO, G. G. L. de; TEIXEIRA, A. H. de C.; ABREU, P. G. de; MESQUITA, E.; ALENCAR, S. C. de. Temperatura retal e frequência respiratória de bovinos da raça Sindi do Semiárido Brasileiro. **In:** REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1990, Porto Alegre - RS. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1990.
- TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F. da; SANTOS, L. F. C. dos; RIBEIRO, P.H. B.; ARAÚJO, G. G. L de; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; AGUIAR, M. A. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.20-27, 2006.
- VAN EENENNAAM, A.L. e MEDRANO. J.F. Differences in allelic protein expression in the milk of heterozygous beta-casein cows. **Journal of Dairy Science**. 1991.
- VERCESI FILHO, A. E.; CAMARGO, G. M. F.; CARDOSO, D. F.; FERNANDES, A. R.; TONHATI, H. Identificação de alelos A1 e A2 para o gene da beta-caseínas na raça Gir Leiteiro. **In:** IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. Anais... João Pessoa – PB. 2012.

WOODFORD, K. A1 beta-casein, type 1 diabetes and links to other modern illnesses. An invited plenary paper to the Internacional Federarion Western Pacific Congress. 2008.

ZEPEDA-BATISTA, J. L.; ALARCÓN-ZÚÑIGA, B.; RUÍZ-FLORES, A.; NÚÑEZ-DOMÍNGUEZ, R.; RAMÍREZ-VALVERDE, R. Polymorphism of three milk protein genes in Mexican Jersey cattle. **Electronic Journal of Biotechnology**. 2015. Pág. 1-4.

- Capítulo 2 -
EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA
ADAPTABILIDADE DE VACAS SINDI

EFEITO DO POLIMORFISMO DO GENE DA BETA-CASEÍNA NA ADAPTABILIDADE DE VACAS SINDI

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito dos genótipos da beta-caseína submetidos a diferentes condições de conforto térmico na adaptação e respostas fisiológicas de vacas da raça Sindi e utilizá-los como ferramenta de seleção para animais termotolerantes. Foram utilizadas 12 fêmeas bovinas da raça Sindi subdividas em dois grupos com genótipos distintos para produção da beta-caseína (A1A2 e A2A2), acondicionadas em um clima semiárido e dispostas em três condições de conforto térmico: antes do estresse, logo após o estresse provocado pela radiação solar direta e uma hora após o estresse. As variáveis climáticas aferidas foram a temperatura ambiente (TA), temperatura de ponto de orvalho (TPO), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (TGN) na sombra (TGN SOM) e no sol (TGN SOL). Calculou-se o índice de temperatura do globo negro e umidade na sombra (ITGU SOM) e no sol (ITGU SOL) e carga térmica de radiante na sombra (CTR SOM) e no sol (CTR SOL). Foram avaliados a frequência respiratória (FR), temperatura superficial (TS) e temperatura retal (TR). Para avaliação da adaptabilidade calculou-se o índice de tolerância ao calor (ITC) e coeficiente de tolerância ao calor (CTC). Para análise das respostas fisiológicas e o CTC foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 6 repetições num esquema fatorial 2x3, com dois genótipos e três condições de conforto térmico. Para análise do ITC foi utilizado DIC com 6 repetições. As médias de TA situaram-se acima da zona de conforto térmico para bovinos e apresentaram médias de 35,29, 36,75 e 36,70 °C nas três condições de conforto térmico, respectivamente. A UR decresceu ao passo que a TA aumentou apresentando valores médios de 37,70, 28,12 e 28,95%. Os valores de TGN SOM (37,02, 37,90 e 37,44 °C) foram inferiores aos da TGN SOL (50,35, 49,99 e 47,89 °C) para três condições de conforto térmico e a TPO (17,18, 15,54 e 15,96 °C) manteve-se estável em todas as condições de conforto térmico. ITGU SOM apresentou valores de 84,74, 84,99 e 84,68 ao passo que os valores de ITGU SOL foram superiores (98,03, 97,09 e 95,13). A CTR SOM (602,96, 716,81 e 545,88 W.m⁻²) foram inferiores aos valores de CTR SOL (1002,51, 935,77 e 862,62 W.m⁻²), onde o a maior incidência de radiação solar encontrou na condição de conforto térmico antes do estresse provocado pelo calor (13 h). As respostas fisiológicas e os testes de termotolerância não apresentaram efeito significativo ($p>0,05$) que diferisse o grupo A1A2 e o A2A2. Entretanto, no que diz respeito às diferentes condições de conforto térmico, houve efeito ($p<0,05$) para os parâmetros de TR, TS e gradientes térmicos, exceto a FR que não apresentou qualquer alteração significativa ($p>0,05$). O ITC e CTC não apresentaram efeito significativo ($p>0,05$) que diferisse um genótipo do outro. Contudo, os resultados se mostraram potencialmente promissores, onde os genótipos A1A2 e A2A2 obtiveram médias de CTC de 2,03 e 2,07, respectivamente e para ITC 9,78 e 9,69, demonstrando a capacidade de adaptação e termotolerância de bovinos da raça Sindi. Nas condições do presente estudo constatou-se que os diferentes genótipos não podem ser utilizados como ferramenta de seleção para termotolerância.

Palavras-chave: bovinos, csn2, genótipo, temotolerância

EFFECT OF BETA-CASEIN GENE POLYMORPHISM IN ADAPTABILITY OF SINDI COWS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of beta-casein genotypes submitted to different thermal comfort conditions on the adaptation and physiological responses of Sindi cows and to use them as a selection tool for thermotolerant animals. Twelve female Sindi cattle were subdivided into two groups with different genotypes for the production of beta-casein (A1A2 and A2A2), conditioned in a semi-arid climate and arranged in three conditions of thermal comfort: before stress, shortly after the stress provoked by direct solar radiation and one hour after stress. The measured climatic variables were the ambient temperature (TA), dew point temperature (TPO), relative humidity (UR) and black globe temperature (TGN) in the shade (TGN SOM) and in the sun (TGN SOL). It was calculated the temperature of the black globe and humidity in the shade (ITGU SOM) and in the sun (ITGU SOL) and thermal load of radiant in the shade (CTR SOM) and in the sun (CTR SOL). The respiratory rate (FR), surface temperature (TS) and rectal temperature (TR) were evaluated. Heat tolerance index (ITC) and heat tolerance coefficient (CTC) were calculated for adaptability assessment. For the analysis of the physiological responses and the CTC, a completely randomized design (DIC) was used, with 6 replicates in a 2x3 factorial scheme, with two genotypes and three conditions of thermal comfort. For the ITC analysis, DIC was used with 6 replicates. The averages of TA were above the thermal comfort zone for cattle and presented averages of 35.29, 36.75 and 36.70 °C in the three conditions of thermal comfort, respectively. The UR decreased, whereas the TA increased with mean values of 37.70, 28.12 and 28.95%. The TGN SOM values (37.02, 37.90 and 37.44 °C) were lower than those of TGN SOL (50.35, 49.99 and 47.89 °C) for three thermal comfort conditions and TPO (17.18, 15.54 and 15.96 °C) remained stable under all conditions of thermal comfort. ITGU SOM presented values of 84.74, 84.99 and 84.68 whereas ITGU SOL values were higher (98.03, 97.09 and 95.13). The CTR SOM (602.96, 716.81 and 545.88 Wm⁻²) were lower than the values of CTR SOL (1002.51, 935.77 and 862.62 Wm⁻²), where the highest solar radiation found in the condition of thermal comfort before the stress provoked by the heat (13h). Physiological responses and thermotolerance tests did not show a significant effect (p>0.05) that differed between A1A2 and A2A2. However, with regard to the different thermal comfort conditions, there was an effect (p<0.05) for the parameters of TR, TS and thermal gradients, except the FR that did not show any significant alteration (p>0.05). The ITC and CTC had no significant effect (p>0.05) that differed from one genotype to the other. However, the results were potentially promising, where the A1A2 and A2A2 genotypes obtained CTC averages of 2.03 and 2.07 respectively and for ITC 9,78 and 9,69, demonstrating the adaptability and thermotolerance of the Sindhi race. Under the conditions of the present study it was verified that the different genotypes can not be used as a selection tool for thermotolerance.

Keywords: bovine, csn2, genotype, thermotolerance

INTRODUÇÃO

A demanda pela produção de alimentos cresce muito ao passar dos anos, uma vez que a população mundial tem crescido e exigido uma quantidade substancial de alimentos. Conforme a FAO (2014), para atender uma população de 9 bilhões em 2050, a produção de alimentos deve aumentar em pelo menos 60%. Só a produção de carne deve ter um aumento de 270 milhões de toneladas para 470 milhões.

O semiárido brasileiro é uma região diversa e repleta de potencialidades para produção de alimentos. Entretanto, conforme o Ministério da Integração (2018), trata-se de uma região caracterizada pelo clima seco, com pouca pluviosidade e elevada evapotranspiração. Possui uma extensão de 1,03 milhão de km² (12% da área do País) e atualmente engloba uma população de 27 milhões de pessoas (12% da população brasileira) vivendo em 1.262 municípios de nove estados da Federação. Em novembro de 2017, mais 73 municípios foram incluídos em decorrência da seca prolongada.

Para aliar-se as condições climáticas presentes no semiárido, o uso de técnicas de seleção para o melhoramento genético animal é uma estratégia que pode mitigar os efeitos do clima dessa região. Com base na escolha de animais mais adaptados é possível aliar rusticidade e produtividade em um ambiente como esse.

As raças zebuínas são uma realidade há muito tempo exploradas no Nordeste brasileiro. Em função das características adaptativas e o potencial em dupla aptidão (leite/carne), os zebuínos Sindi, originados do Paquistão, são apreciados por produtores brasileiros desde a década de 50 (SANTIAGO, 1986). Ademais, os animais dessa raça, apresentam uma alta frequência genotípica para produção de beta-caseína, ou seja, são capazes de fornecer leite menos alergênico e com alto potencial de rendimento de sólidos.

Logo, o uso de animais que além de apresentarem potencial rusticidade as condições climáticas da região semiárida e que produzam leite que não afete a saúde dos consumidores, abre uma grande possibilidade de mercado e torna a atividade mais competitiva.

Portanto, objetivou-se avaliar o efeito do genótipo para beta-caseína A1 e A2 nas respostas fisiológicas e testes de termotolerância de vacas Sindi como um instrumento para seleção de animais termotolerantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e animais

O experimento foi realizado durante a estação seca do ano de 2018, preconizando durante os testes um céu limpo, ensolarado e com total ausência de nebulosidade para não afetar os testes, durante um intervalo de dezoito dias, onde quinze corresponderam ao período de adaptação dos animais as condições experimentais e três dias de execução de coleta de dados. Durante as horas de realização dos testes foi preconizado que os animais permanecessem em jejum e sem acesso à água.

O estudo foi desenvolvido no setor de bovinocultura do Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Semiárido (NUPEÁRIDO), pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizada no município de Patos-PB, latitude 7°4'57" e longitude 37°16'11" (GLOBAL POSITIONING SYSTEM), que se caracteriza por apresentar um clima Bsh (classificação Köppen), quente e seco, clima semiárido com duas estações bem definidas.

A precipitação pluviométrica anual varia de 150 a 1300 mm, mas a média histórica é de 500 mm/ano. A estação seca ou período de estiagem varia de 6 a 8 meses, tendo início em Junho e finalizando em Dezembro, com temperatura média anual de 28,5°C, sendo as máximas de 37° e mínimas de 26°C, respectivamente. A média anual da umidade relativa do ar é de 61%.

Foram usadas 12 fêmeas da raça Sindi distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, sendo dois genótipos (6 com genótipo dominante A1A2 e 6 com genótipo recessivo A2A2) e três condições de conforto térmico (antes do estresse – 13:00 horas, logo após o estresse provocado pela radiação solar direta – 15:00 h e 1 hora após o estresse – 16:00h).

Parecer do comitê de ética no uso de animais

Este trabalho foi submetido a avaliação e apreciação no Comitê de Ética no Uso de Animais do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG e aprovado em 28 de novembro de 2018, através de certidão protocolar CEP/CEUA nº110-2018.

Coleta de amostras para análise do polimorfismo

Foram coletados pelos da vassoura da cauda de 71 animais puros de origem (PO) da raça Sindi do rebanho da fazenda NUPEÁRIDO, acondicionados em envelopes, identificados e enviados para o laboratório responsável em realizar a extração de DNA.

Com os resultados da genotipagem do rebanho, os dados foram submetidos a determinação das frequências alélicas e genotípicas.

Determinação das frequências alélicas e genotípicas

Com o intuito de determinar a proporção dos diferentes alelos e a porcentagem da expressão do genótipo recessivo para beta-caseína foram calculadas as frequências alélicas e genotípicas.

Para determinar a frequência alélica foi adotada a seguinte equação:

$$X_i = \frac{2N_{ii} + \sum N_{ij}}{2N}$$

Para determinação da frequência genotípica utilizou-se a equação a seguir:

$$X_{ii} = \frac{N_{ii}}{N}$$

Em que N_{ii} e N_{ij} correspondem ao número de homozigotos e heterozigotos observados no alelo i , respectivamente; e n corresponde ao número de indivíduos analisados.

Variáveis ambientais

A temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (Tgn), foram registradas através de um datalogger modelo HOBO® com um canal externo e um interno, onde o canal interno foi empregado para acoplar um cabo termopar com globo para aferir a temperatura de globo negro a sombra e ao sol.

O datalogger foi programado para registrar os dados a cada hora, durante 24 horas e durante os dias do experimento, sendo que foram utilizados os dados dos horários específicos de coleta de dados, ou seja, as 13:00, 15:00 e 16:00 horas. Com os dados ambientais obtidos foram calculados a carga térmica de radiação (CTR) e o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) na sombra e no sol, através da fórmula proposta por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = Tgn + 0,36 * Tpo + 41,5$$

onde, Tgn é a temperatura do globo negro e Tpo é a temperatura do ponto de orvalho. A carga térmica de radiação (CTR) foi calculada na sombra e no sol, com base no procedimento conforme Esmay (1969):

$$CTR = \sigma (TRM)^4$$

em que a CTR é dada em $W.m^{-2}$; σ é a constante de Stefan-Boltzman ($5,67 * 10^{-8} W.m^{-2} K^{-4}$) e TRM a temperatura radiante média, K.

A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura de uma adjacência, considerada uniformemente negra, para eliminar o resultado da reflexão com a qual o corpo (globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto a do ambiente considerado (BOND et al., 1954). A TRM foi obtida pela equação:

$$TRM = 100 * [2,51 * v^{1/2} * (Tgn - Ta) + (Tgn/100)^4]^{1/4}$$

em que a TRM é dada em K; v é a velocidade do vento em m s^{-1} .

A velocidade do vento foi obtida por meio da coleta de dados na estação meteorológica automática Patos-A321 (Cód OMM: 81913) localizada no Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Semiárido (NUPEÁRIDO).

Respostas fisiológicas

A temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR), e temperatura superficial (TS), foram aferidas durante três dias consecutivos de ausência de nebulosidade às 13:00 horas com todos os animais na sombra (antes do estresse), as 15:00 horas, após uma hora submetidos a exposição solar (logo após o estresse) e as 16 horas quando retornaram à sombra e permaneceram por mais uma hora (1 hora após o estresse).

Para obtenção da temperatura retal (TR) foi utilizado um termômetro clínico digital Termo Med 1.0 da Incoterm com escala de 32 a 42 °C, que foi introduzido no reto do animal de forma que o bulbo permaneceu em contato com a mucosa por um tempo de aproximadamente 60 segundos até a emissão do sinal sonoro, indicando a estabilização da temperatura.

A frequência respiratória foi aferida por meio da auscultação indireta dos sons respiratórios, com o auxílio de um estetoscópio flexível (Premium, Ningbo Yinzhou Wuhai Medical Instruments Factory, CN) colocado ao nível da região torácica, contando-se o número de movimentos respiratórios em 15 segundos e posteriormente multiplicando-se este valor por 4, obtendo-se assim, o número de movimentos respiratórios por minuto.

A temperatura superficial (TS) de cada animal foi obtida com o auxílio de câmera termográfica de infravermelho (Fluke Ti 25, Fluke Corporation, Everett, Washington, EUA) com calibração automática, quando os animais foram submetidos a permanecerem imóveis. Registrou-se imagens do lado direito de cada animal, para evitar a influência dos processos digestivos no rúmen, que poderiam contribuir no aumento da temperatura superficial aferida, e posteriormente os termogramas foram analisados pelo software Smartview versão 4.3, considerando-se a emissividade de 0,98, seguindo metodologia

descrita por Silva et al. (2014). Os gradientes térmicos foram avaliados através da diferença entre a temperatura retal e a temperatura superficial (TR-TS) e a diferença entre a temperatura superficial e a temperatura ambiente (TS-TA).

Testes de tolerância ao calor

Foram utilizadas duas metodologias para verificar a capacidade de tolerância ao calor dos animais em estudo. Na primeira, o teste de Benezra, (DOMINGUES, 1968), caracteriza-se por utilizar as médias da temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) em três condições de conforto térmico (13:00, 15:00 e 16:00 horas) e quanto mais próximo de 2 for resultado da equação mais adaptado ao calor é o animal, conforme representada na equação seguinte:

$$CTC = (TR/38,33 + FR/23)$$

A segunda, proposta por Baccari Junior et al. (1986), cujo princípio é avaliar a capacidade de dissipação de calor dos animais, onde quanto mais próximo a 10 mais tolerante ao calor é o animal. Esse índice indica a capacidade do animal perder calor e voltar à temperatura normal após o fim da exposição à radiação solar estressante (VERÍSSIMO et al., 2009).

Inicialmente os animais permaneceram na sombra durante duas horas e após o repouso a temperatura retal (TR) foi aferida as 13:00 horas (TR1). Em seguida, os animais foram expostos diretamente a radiação solar por uma hora, retornando à sombra e permanecendo em descanso por mais uma hora, quando foi mensurada temperatura retal pela segunda vez, às 16:00 horas (TR3). As médias das temperaturas retais obtidas (TR1 e TR3, respectivamente), foram empregadas na fórmula a seguir:

$$ITC = 10 - (TR3-TR1)$$

Delineamento experimental e análises estatísticas

Para as respostas fisiológicas, teste de coeficiente de tolerância ao calor (CTC) de Benezra e gradientes térmicos foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 3, com dois genótipos (gene dominante A1A2 e gene recessivo A2A2) e três condições de conforto térmico distintas (antes do estresse, imediatamente após o estresse e uma hora após o estresse), repetidos no tempo, conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = valor observado para a variável em estudo referente a k-ésima repetição da combinação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;

μ = média geral;

α_i = efeito do i-ésimo nível do fator A no valor observado Y_{ijk} ;

β_j = efeito do j-ésimo nível do fator B no valor observado Y_{ijk} ;

$\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A como o j-ésimo nível do fator B;

e_{ijk} = erro associado à observação Y_{ijk} .

Para o teste de tolerância ao calor de Ibéria proposto por Baccari Júnior (1986) foi utilizado o Delineamento Inteiramente casualizado com dois tratamentos (A1A2; A2A2) com seis repetições cada, conforme modelo estatístico apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Onde, Y_{ij} = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento i, repetição j;

m= efeito geral da média;

t_i = efeito do tratamento i;

e_{ij} = erro aleatório (resíduo).

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com o auxílio do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas - Versão 9.1, Fundação Arthur Bernardes, UFV, 2007, Viçosa, MG, BR) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frequências alélicas e genotípicas

Conforme apresentado na Tabela 1, pode-se verificar a frequência alélica e genotípica do rebanho de animais da raça Sindi para produção da beta-caseína.

Tabela 1. Frequências alélicas e genotípicas para os alelos A1 e A2 na raça Sindi, Patos – PB, 2018.

CSN2	Frequências alélicas (%)		Frequências genotípicas (%)		
	A1	A2	A1A1	A1A2	A2A2
Sindi					
♀♂	4,93	95,07	-	9,86	90,14
♂	-	100	-	-	90,14
♀	4,93	100	-	9,86	100

♂♀ - percentagem de fêmeas e machos; ♂ - percentagem de machos; ♀ - percentagem de fêmeas.

Conforme apresentado na tabela acima, os animais apresentaram um genótipo para produção de beta-caseína A2 de 90,14% do rebanho estudado. Não houve qualquer expressão do genótipo dominante A1A1 em qualquer que seja dos animais, onde apenas fêmeas expressaram a característica heterozigótica de A1A2.

Como uma vaca carrega duas cópias do gene da beta-caseína, ela pode carregar duas cópias do alelo A2, ou uma cópia de cada um dos alelos A1 e A2, ou duas cópias do alelo A1. Os três estados são referidos como A2A2 homozigótico, A1A2 heterozigótico ou A1A1 homozigótico (WOODFORD, 2007).

Estes resultados estão em consonância com outros trabalhos obtidos na literatura quando se tratando de zebuínos, sobretudo, conforme Otaviano (2006), que encontrou 100% da frequência alélica (A2) e genotípica (A2A2) nas raças Gir e Guzerá. Assim como o autor citado anteriormente, Lima (2014) encontrou resultados semelhantes trabalhando com animais dessas raças.

Vercesi Filho et al. (2012), em trabalho com a raça Gir, encontrou frequência de 88,5% para o alelo A2, e 8,4, 6,2 e 85,4% para o genótipo A1A1, A1A2 e A2A2, respectivamente. Apesar de as duas pesquisas apresentarem resultados distintos, é preciso salientar que os autores trabalharam com outra amostra populacional e que as frequências alélicas e genotípicas são propriedades de cada população, portanto as diferenças, embora pequenas, existem.

O presente estudo, assim como outros citados nele, demonstram o potencial de animais do tronco genético zebuíno em expressarem alelicamente e genotipicamente a frequência do alelo A2. Logo, os animais podem produzir leite A2 sendo este um produto que pode ser ingerido com maior segurança pelos indivíduos que apresentam sensibilidade a proteína β -caseína. Este fato é de grande importância para uma parte da população que apresenta a APLV, já que muitas pessoas portam essa deficiência, sobretudo crianças. Ademais, um processo de seleção para melhoramento genético de um rebanho, pode ser considerado um esforço de saúde pública, uma vez que existem diversos problemas associado à ingestão do leite A1.

Conforme Woodford (2007), nenhum alelo é dominante sobre o outro. Em vez disso, são co-dominantes, ou seja, aditivos em seus efeitos. Portanto, uma vaca A1A2 produzirá beta-caseína A1 e A2 em quantidades iguais. Uma vaca A2A2 produzirá apenas beta-caseína A2 e uma vaca A1A1 produzirá apenas beta-caseína A1.

Se uma vaca é A2A2, seguramente o alelo A2 será transmitido para sua progênie. Da mesma forma, uma vaca A1 tem a garantia de passar o alelo A1. Para uma vaca A1A2, há 50% de chance de passar um dos dois alelos (WOODFORD, 2007). Sendo assim, em um processo de seleção para

melhoramento genético, sabe-se que o rebanho estudado apresenta um potencial muito forte para selecionar animais com o alelo selvagem A2.

Variáveis ambientais

Seguem registradas na Figura 1 as médias das variáveis ambientais bioclimáticas, observadas nas três condições de conforto térmico (13, 15 e 16 h) e a variação dessas variáveis obtidas durante o período experimental.

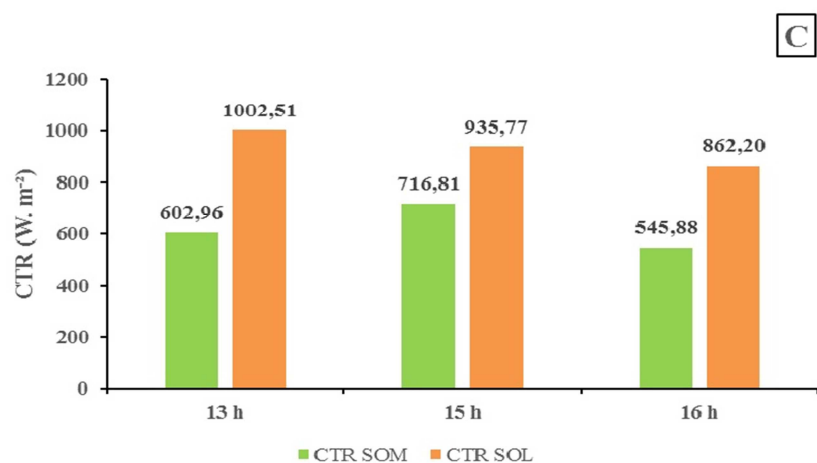
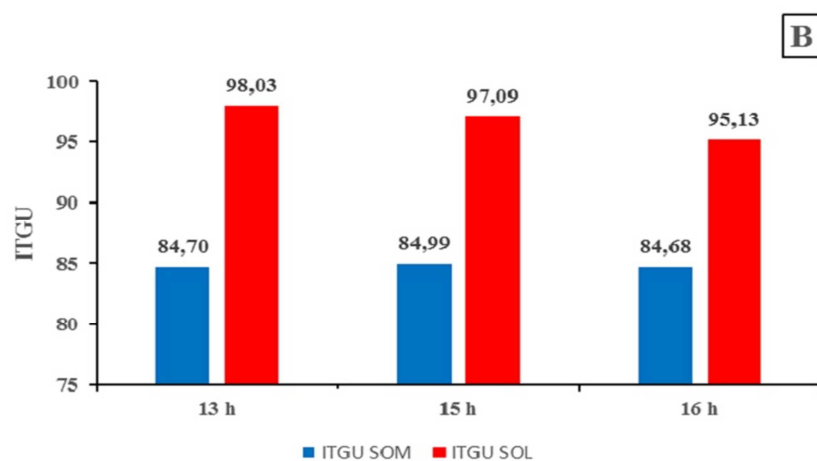
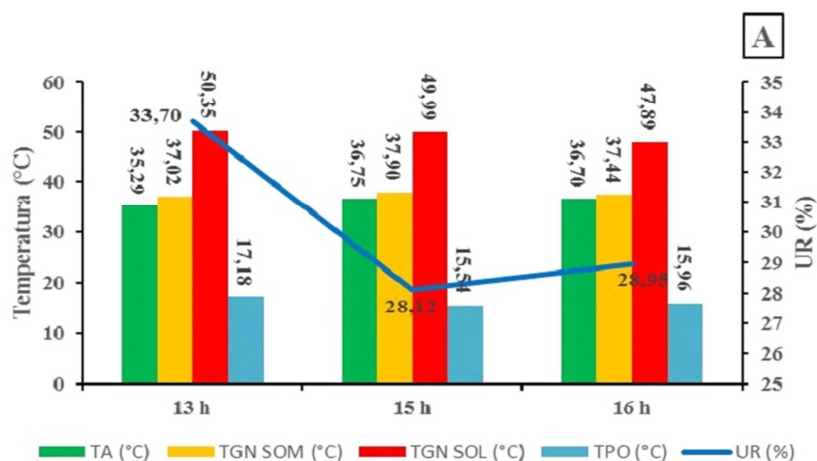


Figura 1. Representação das variáveis ambientais. **A** - TA (°C), UR (%), TGN SOM (°C), TGN SOL (°C) e TPO (°C); **B** - ITGU SOM e ITGU SOL; **C** - CTR SOM e CTR SOL, Patos – PB, dezembro de 2018.

Pela Figura 1, é possível observar que as vacas da raça Sindi estiveram expostas a um ambiente desconfortável, ou seja, acima de 27 °C,

chegando inclusive a superar a temperatura crítica superior, sendo o limite crítico superior de 35 °C (BAETA E SOUZA, 2010).

Os animais devem permanecer em uma faixa de temperatura estimada como ideal para evitar desordens fisiológicas provocadas pelo estresse calórico. Essa faixa é denominada zona de conforto térmico e para bovinos depende de vários fatores, como raça, idade, sexo e do grau de tolerância ao calor, que pode estar ligado às características corporais e aos fatores genéticos (BIANCHINI et al., 2006).

Segundo Ferreira (2005), pode-se considerar, como zona de conforto térmico (ZCT) para zebuínos, temperaturas na faixa de 10 a 27 °C. Os dados apresentados na Figura 1 demonstram uma amplitude térmica de 1,46 °C entre a primeira e a segunda condição de conforto térmico para TA.

Compreende-se que as variáveis ambientais climáticas interagem entre si de modo que mudanças de uma única variável ambiental podem alterar consideravelmente todos os fatores envolvidos no equilíbrio térmico dos animais (SILVA, 2000).

A UR, por exemplo, quando em ambientes com temperatura elevada e umidade baixa provoca um processo de evaporação rápida, podendo causar irritação cutânea e desidratação (STARLING et al., 2002), sendo assim, o desgaste decorrente da perda de água e eletrólitos como veículo de dissipação de calor, pode desencadear sérios prejuízos na manutenção da homeostase no organismo.

Nas condições experimentais, a UR se comportou inversamente proporcional em relação a TA, uma vez que os valores entraram em decréscimo ao passo que a temperatura ambiental aumentou da primeira condição de conforto térmico (antes do estresse - 13 h) para a segunda (logo após o estresse - 15 h). Valores como os encontrados durante a pesquisa favorecem que os animais percam calor através da respiração e sudação para tentar diminuir o estresse provocado pela temperatura.

Vale ressaltar que todas as Médias de UR ficaram abaixo do recomendado para criação de animais domésticos, que acordo com Baêta e

Souza (1997) situa-se de 50 a 70 %. Os valores registrados nas condições experimentais foram de igual ou menor valor a 33,70%.

A TGN SOM variou em média 1,21 °C a mais em relação a TA. Contudo, a TGN SOL foi mais elevada em todas as condições de conforto térmico a que os animais foram submetidos. Isto implica em um gradiente médio entre a TGN SOL e SOMBRA de aproximadamente 13,33, 12,09 e 10,45 °C para as condições de conforto térmico nos horários de 13, 15 e 16 horas, respectivamente.

Segundo os limites definidos por Baêta e Souza (2010), os valores de ITGU que sejam maiores ou iguais a 84 representam uma condição de estresse térmico de perigo para bovinos. Todos os dados encontrados na presente pesquisa foram superiores aos preconizados pelos autores. Isso implica em um cenário desfavorável ao bem-estar animal e pode favorecer perdas substanciais para produção animal.

Em condições de criação extensiva, o sombreamento artificial ou uma maior área de cobertura arbórea, são imprescindíveis para amenizar os efeitos incisivos da radiação solar direta nos animais.

A radiação solar é a principal fonte exógena de calor obtida pelos animais através do ambiente, entretanto, pode ser um empecilho para um sistema de produção que não possua estratégias de sombreamento para mitigar os efeitos da radiação direta. Nas condições experimentais observou-se que a CTR SOM foi inferior a CTR SOL nas três condições de conforto térmico.

O horário de maior carga térmica radiante foi as 13 horas (CTR SOL: 1002,51 W.m⁻²), quando os animais estavam submetidos a condição antes do estresse e acomodados na sombra. Verifica-se a influência do sombreamento artificial (telha de barro) para mitigar os efeitos da CTR sobre os animais, uma vez que a CTR SOM das 13 horas foi de 602,96 W.m⁻², totalizando um gradiente menor de 399,55 W.m⁻² em relação a CTR SOL do mesmo horário.

Medeiros (1996), comenta que a CTR mais elevada pode ser atribuída ao fato de a nebulosidade ser menor nesta época do ano, permitindo que uma maior fração de radiação solar atinja a superfície da terra e que isso é

um alerta para uma maior necessidade de proteção dos animais, através de sombreamento.

Observa-se que houve um aumento na CTR de 399,55, 218,96 e 316,32 W.m⁻² da CTR SOM para CTR SOL nas respectivas condições de conforto térmico, antes do estresse, logo após o estresse e 1 hora após o estresse. Ademais, a CTR proporcionou, respectivamente, um aumento de aproximadamente 13,60, 12,46 e 10,99% no ITGU nas condições de 13, 15 e 16 horas.

Respostas fisiológicas

Na Tabela 2 estão os valores médios para temperatura retal dos dois genótipos estudados submetidos a três condições de conforto térmico.

Tabela 2. Médias das TR's em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.

Fatores	TR (°C)	CV ¹ (%)
Genótipos		
A1A2	38,74	0,86
A2A2	38,72	0,79
Condições de conforto térmico		
Antes do estresse – 13 h	38,45c	
Logo após o estresse – 15 h	39,03a	0,57
1 hora após o estresse – 16 h	38,71b	

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹CV = Coeficiente de variação.

Verifica-se que não houve diferença estatística para os diferentes genótipos estudados e não há interação entre os parâmetros avaliados. Os valores observados não imprimem qualquer característica distintiva entre o genótipo dominante (A1A2) e o recessivo (A2A2), este que é capaz de expressar a produção de beta-caseína no leite das fêmeas bovinas.

Ainda que não haja diferença estatística entre os genótipos e sabendo da condição desfavorável ao bem-estar dos animais, a raça Sindi comprova sua eficácia no controle da temperatura do seu núcleo central, fato comprovado pelas médias de TR que são apresentadas na Tabela 02. Em todas as circunstâncias experimentais os animais se sobressaíram em relação

aos índices elevados de ITGU, temperaturas que superam o limite crítico superior, taxas de UR basais e uma carga térmica radiante sobressalente.

Souza et al. (2007) trabalhando com as respostas fisiológicas de fêmeas da raça Sindi em condições de semiárido no período chuvoso e seco, obteve médias de TR entre turnos e períodos que variaram entre 38,1 e 38,9 °C. Os resultados encontrados apenas imprimiram diferença significativa entre os períodos chuvoso e seco. Resultados semelhantes foram obtidos quanto a TR no presente estudo.

Comparando-se com os resultados encontrados por De Souza et al. (2017) que trabalharam em condições de semiárido no Cariri Cearense com vacas mestiças Girolando (3/4 Hol 1/4 Gir e 7/8 Hol 1/8 Gir) que apresentaram respectivamente 38,40 e 38,50 °C, os valores de TR para as vacas Sindi do presente estudo foram similares em relação ao trabalho supracitado.

Em se tratando das três condições de conforto térmico aplicadas no experimento, observa-se que às 15 horas foi obtida a maior média de TR. Apesar da diferença numérica bem pequena, há uma diferença estatística que demonstra um valor superior para condição em que os animais foram alocados.

O valor de TR logo após o estresse pode ter sido influenciado pela interação entre as variáveis ambientais climáticas como UR limítrofe no horário de coleta de dados e a CTR SOL elevada quando os animais estiveram expostos a radiação solar direta. Sabe-se que quanto maior a dependência da UR para os processos evaporativos para termorregulação maior sua importância. Se o ambiente for muito quente, tanto o excesso como a carência são prejudiciais. Ou seja, umidade relativa muito baixa faz com que os mecanismos evaporativos ocorram mais rapidamente, causando irritação cutânea e desidratação. Já em condições elevadas, prejudicam a termólise aumentando o estresse pelo calor (PEREIRA, 2005).

Conforme Pires et al. (2003), as melhores condições de temperatura e umidade relativa para criar animais, em termos gerais, estão em torno de 13 a 18°C e 60 a 70%, respectivamente. Quando a temperatura é alterada a ponto de atingir o ponto crítico de desconforto, como apresentado na condição de

conforto logo após o estresse, a TA e a UR podem influenciar no aumento da TR.

Na Tabela 3 estão representadas as médias para FR para os dois diferentes genótipos para produção de beta-caseína e três condições de conforto térmico distintas.

Tabela 3. Médias das FR's em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.

Fatores	FR (mov.min ⁻¹)	CV ¹ (%)
Genótipos		
A1A2	23	12,89
A2A2	24	10,58
Condições de conforto térmico		
Antes do estresse – 13 h	23	10,53
Logo após o estresse – 15 h	25	11,84
1 hora após o estresse – 16 h	24	11,83

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹CV = Coeficiente de variação.

Em se tratando da FR nas condições experimentais do presente estudo, não houve efeito significativo que diferencie os grupos genéticos e as três condições de conforto térmico aplicadas no experimento. Os valores para FR se encontram dentro de uma faixa de normalidade e comprova o potencial genético da raça em adaptar-se a condições climáticas encontradas no presente estudo.

O aumento da FR geralmente está associado à exposição ao calor, mudando o comportamento respiratório dos bovinos em função do menor volume de ar inspirado pelo animal. Quando ofegante, o bovino inicia a troca de calor pela evaporação de umidade do trato respiratório (ROBERTSHAW, 2006)

A frequência respiratória é um dos mecanismos responsáveis por atenuar os efeitos deletérios do clima sobre os animais. Conforme Matarazzo (2004), o aumento da frequência respiratória por períodos longos causa prejuízos ao organismo animal, tais como: redução no consumo de forragens, produção de calor endógeno adicional devido ao exercício da ofegação, desvio de energia para outros processos metabólicos e redução de CO₂ que pode

acarretar em alcalose respiratória pelos baixos níveis de ácido carbônico no sangue.

O recurso termorregulatório capaz de perder calor insensível mais requisitado em animais homeotérmicos é a FR quando em condições anormais atribuídas pelo clima. Isto ocorre quando os demais mecanismos não conseguem ser eficientes para dirimir os recursos estressantes provocados pelo calor do ambiente. Para Starling et al. (2002), em ambientes tropicais o meio físico mais eficaz no controle da termorregulação é o evaporativo.

Tendo em vista que ambientes tropicais normalmente tendem a ter temperatura do ar próxima ou as vezes até maior que a corporal, Silva (2000) relata que os processos de troca de calor por condução ou convecção são ineficazes.

Para Silanikove (2000), valores de FR de até 40 mov.min⁻¹ caracterizam baixo estresse. Sabendo que os valores encontrados no presente estudo estão dentro do padrão estabelecido para subordem Ruminantia é possível afirmar que o sistema respiratório se manteve em um padrão e não houve necessidade em ativar os mecanismos de perda de calor através da respiração. Este resultado está correlacionado ao fato de as temperaturas ambientais das três condições de conforto térmico serem inferiores as TR's avaliadas no experimento.

As médias de TS são encontradas na Tabela 4, onde há os valores para os diferentes genótipos e as três condições de conforto térmico.

Tabela 4. Médias das TS's em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.

Fatores	TS (°C)	CV¹ (%)
Genótipos		
A1A2	39,91	5,00
A2A2	39,96	5,32
Condições de conforto térmico		
Antes do estresse – 13 h	38,51b	
Logo após o estresse – 15 h	42,60a	1,73
1 hora após o estresse – 16 h	38,69b	

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹CV = Coeficiente de variação.

Os animais dos diferentes genótipos não apresentaram qualquer efeito significativo para variável TS. Entretanto, foi encontrado efeito significativo para as três condições de conforto térmico, das quais, a condição logo após o estresse (15 h), quando os animais estavam expostos a radiação solar direta, se apresentou com média superior em relação as demais apresentando temperatura média de 42,60 °C.

A temperatura superficial traduz um aumento no fluxo sanguíneo do núcleo central para a superfície do animal e, conseqüentemente, elevada taxa de calor, como descrito por Souza et al. (2007) trabalhando com fêmeas da raça Sindi em dois turnos e em estações climáticas diferentes no semiárido paraibano. O referido autor encontrou valores de TS de 31,8 e 33,1 °C para o turno da tarde durante os períodos chuvoso e seco, respectivamente.

Na Figura 2 é observa-se a representação das imagens termográfica dos dois genótipos estudados.

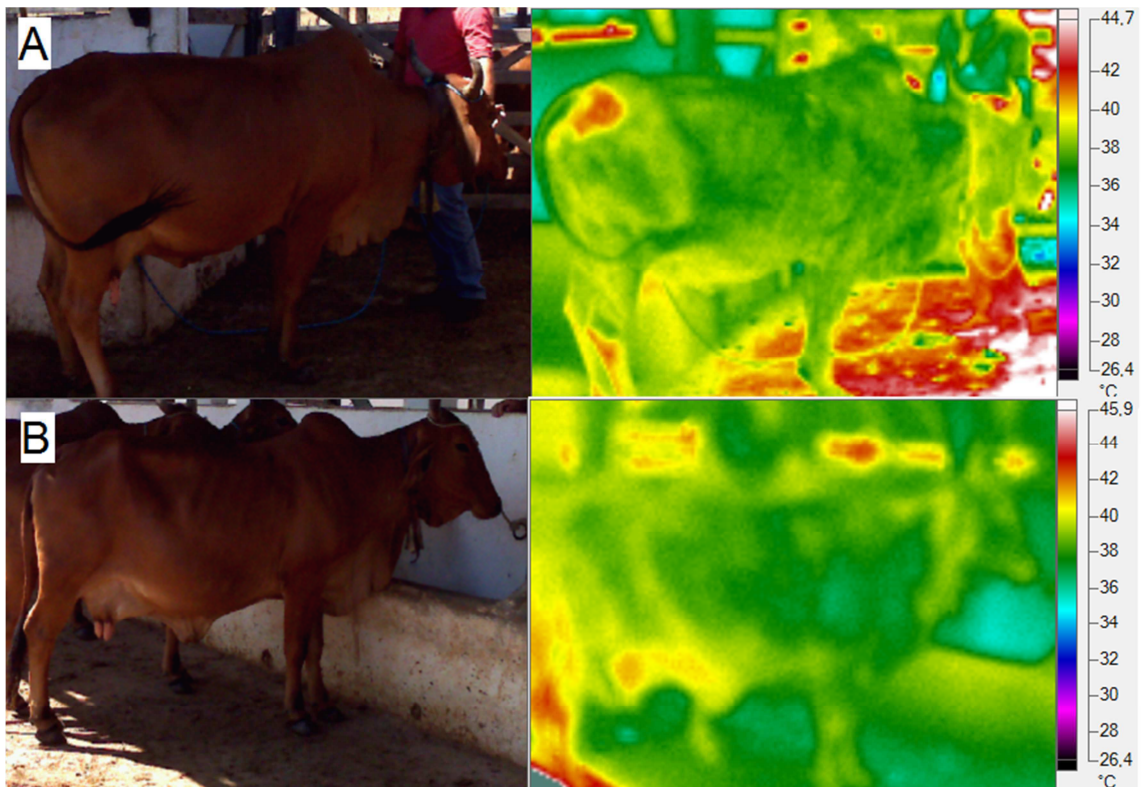


Figura 2. Representação das imagens termográficas dos genótipos para beta-caseína. **A** – Genótipo dominante A1A2 e sua respectiva imagem termográfica; **B** – Genótipo recessivo A2A2 e sua respectiva imagem termográfica.

Conforme já discutido, observa-se na Figura 2 que não há efeito significativo entre os dois grupos genéticos no que tange a sua temperatura superficial. O gradiente vermelho que aparece nas imagens termográficas é resultante da irradiação solar direta no solo e por isso é representado pela cor mais forte.

Turco et al. (1990), relataram em trabalhos com bovinos Sindi, que esses animais apresentam características desejáveis para perda de calor, como pelos e pelames curtos.

Na Tabela 5 é possível verificar os valores médios para o gradiente térmico entre a TR e a TS em função de dois diferentes genótipos para produção da beta-caseína e em três condições de conforto térmico de fêmeas bovinas da raça Sindi.

Tabela 5. Médias dos gradientes térmicos (TR-TS) em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.

Fatores	TR - TS (°C)	CV¹ (%)
Genótipos		
A1A2	-1,33	134,37
A2A2	-1,78	154,58
Condições de conforto térmico		
Antes do estresse – 13 h	-0,86a	
Logo após o estresse – 15 h	-3,57b	120,35
1 hora após o estresse – 16 h	-0,22a	

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹CV = Coeficiente de variação.

Conforme apresentado na Tabela 5, houve efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para as três condições de conforto térmico. A condição de conforto antes do estresse (13 h) e 1 hora após o estresse (16 h) apresentaram-se iguais estatisticamente e se superaram em relação ao gradiente na condição logo após o estresse (15 h). Entretanto, em todas as condições houve uma amplitude negativa no que tange ao gradiente térmico entre a TR e a TS. Isso significa que o processo de transferência do núcleo central para os tecidos periféricos possa ter vindo a ser prejudicada, uma vez

que o animal precisa de um gradiente térmico para o qual ele precise transferir seu calor.

Na Tabela 6 é possível verificar os valores médios para o gradiente térmico entre a TS e TA em função de dois diferentes genótipos para produção da beta-caseína e em três condições de conforto térmico de fêmeas bovinas da raça Sindi.

Tabela 6. Médias dos gradientes térmicos (TS-TA) em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.

Fatores	TS - TA (°C)	CV¹ (%)
Genótipos		
A1A2	3,75	52,51
A2A2	3,39	50,34
Condições de conforto térmico		
Antes do estresse – 13 h	3,06b	
Logo após o estresse – 15 h	5,80a	20,72
1 hora após o estresse – 16 h	1,86c	

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹CV = Coeficiente de variação.

Verifica-se que não houve efeito significativo no que tange aos genótipos dos dois grupos de animais, mas é possível verificar efeito para as três condições de conforto térmico. A condição de conforto térmico com gradiente maior foi logo após o estresse (15 h), quando os animais estavam submetidos a radiação solar direta.

A dissipação de calor sensível (condução, convecção e radiação) é maior quando a TS é superior à temperatura do ar. Então, no ambiente quente haverá um aumento no fluxo sanguíneo periférico após a dilatação dos capilares superficiais e conseqüentemente elevará a TS.

A perda de calor sensível é prejudicada quando a temperatura ambiente está próxima ou superior à temperatura superficial, e em ambiente quente como a região tropical, a evaporação (respiratória e cutânea) muitas vezes é o principal mecanismo de dissipação de calor (STARLING et al., 2002). Este fato pode contribuir com a alusão de que o gradiente térmico foi favorável,

uma vez que a temperatura média do ar se manteve inferior a TS média, o que indica que a perda de calor sensível provavelmente foi predominante.

Na Tabela 7 encontramos os resultados das médias do coeficiente de tolerância ao calor dos animais de genótipos diferentes para produção de beta-caseína e submetidos a diferentes condições de conforto térmico.

Tabela 7. Médias do teste Benezra (CTC) em função dos diferentes genótipos para beta-caseína e três condições de conforto térmico, Patos, Paraíba, 2018.

Fatores	CTC	CV¹ (%)
Genótipos		
A1A2	2,03	6,64
A2A2	2,07	5,60
Horários		
Antes do estresse – 13 h	1,98	5,29
Logo após o estresse – 15 h	2,11	6,10
1 hora após o estresse – 16 h	2,05	5,92

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹CV = Coeficiente de variação.

Não houve diferença estatística para nenhum dos parâmetros avaliados. A raça Sindi apresenta um enorme potencial no que concerne aos pré-requisitos do teste, uma vez que quanto mais próximo o valor do resultado da equação ser 2 para o teste de CTC, mais adaptado é o animal às condições de estresse térmico a qual foi submetido.

Comparado os resultados encontrados foi observado que o presente estudo obteve médias para o teste de CTC dentro do padrão estabelecido, uma vez que os resultados se encontraram próximos do valor ideal para o teste. Ao contrário dos resultados obtidos por Souza et al. (2010), trabalhando com novilhas mestiças Holandês/Jersey no município de Piracicaba – SP, onde obteve valores de 3,68, 5,13 e 3,80 para as condições antes da exposição solar, logo após a exposição ao sol e uma hora após a exposição solar, respectivamente.

Os valores obtidos durante o experimento demonstram tamanho potencial termotolerante da raça Sindi, sobretudo em clima semiárido na qual foi submetida. Observa-se que não houve qualquer alteração significativa entre

as condições de conforto térmico, mesmo quando os animais estiveram submetidos a condição logo após o estresse, uma vez que expostos diretamente à radiação solar.

Na Tabela 8 é possível observar as médias da temperatura retal dos animais observadas durante o teste proposto Baccari Júnior (1986) e o índice de tolerância ao calor (ITC).

Tabela 8. Médias do teste de Baccari Júnior (ITC) em função dos diferentes genótipos para produção da beta-caseína em vacas da raça Sindi, Patos – PB, 2018.

REPETIÇÕES	A1A2				A2A2			
	TR1 °C	TR3 °C	TR3-TR1 °C	ITC	TR1 °C	TR3 °C	TR3-TR1 °C	ITC
1	38,77	38,43	- 0,33	10,33	38,20	38,37	0,17	9,83
2	38,47	38,63	0,17	9,83	38,50	38,83	0,33	9,67
3	38,50	38,53	0,03	9,97	38,70	39,07	0,37	9,63
4	38,13	38,53	0,40	9,60	38,50	38,63	0,13	9,87
5	38,57	39,23	0,67	9,33	38,53	38,63	0,10	9,90
6	38,40	38,80	0,40	9,60	38,10	38,87	0,77	9,23
Média				9,78				9,69
CV (%)								3,11

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna, para cada fator, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

¹CV = Coeficiente de variação.

Os dados supracitados na Tabela 8 demonstram o potencial termotolerante do gado Sindi independente do genótipo que apresenta para produção da beta-caseína. Observa-se que os animais avaliados apresentaram ótima performance para retornarem a temperatura do núcleo inicial. Vale ressaltar que a avaliação de adaptabilidade fisiológica proposta por Baccari Júnior (1986) foi realizada na estação mais quente do ano, quando a temperatura do globo negro registrada foi de 37,90 °C na sombra e 49,99 °C no sol e o ITGU calculado foi de 97,09 no sol, o que representa um ambiente altamente estressante.

Embora o ITC, mesmo sendo bastante difundido para avaliar a tolerância ao calor de ruminantes (SANTOS, et al. 2003; TITTO, 2006; SOUZA, et al., 2007 e 2008), necessita do uso de outras metodologias, como a CTC, para validar informações mais consistentes no que implica a termotolerância desses animais.

CONCLUSÕES

A condição de exposição direta a radiação solar, as 15 horas (logo após o estresse), obteve resultados com valores mais preocupantes para termorregulação dos animais.

Os diferentes genótipos não demonstraram influenciar na termotolerância dos animais. Logo, nas condições experimentais do presente estudo, os genótipos para produção de beta-caseína não podem ser utilizados como parâmetro para seleção de animais termotolerantes.

A raça Sindi apresentou ótimos resultados para suas respostas fisiológicas e no que concerne a sua adaptação ao clima semiárido, sobretudo com relação a FR mantida dentro de um padrão.

Em ambos os testes de tolerância ao calor (Ibéria e Benezra) os dois genótipos se mostraram eficientes para resistirem ao estresse provocado pela temperatura.

REFERÊNCIAS

- BACCARI JÚNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C. A.; ASSIS, P. S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. **In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 23., 1986, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. p. 316.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais, conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais** - Conforto animal. 2.ed. Viçosa: UFV, 2010, 269p.
- BIANCHINI, E.; MCMANUS, C.; LUCCI, C. M.; FERNANDES, M. C. B.; PRESCOTT, E.; MARIANTE, A. DA S.; EGITO, A. A. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Técnica**, v.41, p.1443-1448, 2006.
- BOND, T. E.; KELLY, C. F.; ITTNER, N. R. Radiation studies of painted shade materials. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 35, n. 6, p. 389-392, 1954.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO. www.integracao.gov.br. **Ministério da Integração**, 2018. Disponível em: <www.integracao.gov.br/semiarido-brasileiro>. Acesso em: 13 Agosto 2018.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- DOMINGUES, O. **Introdução a Zootecnia**. 3.ed. rev. atual. 1968. Rio de Janeiro, RJ : Ministério da Agricultura, SIA, 1968. 392 p.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2.ed. Westport CT: ABI Publishing. 325p.1969.
- FAO. Crescimento populacional e a questão alimentar. **FAO**, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/lisbon/docs/O_Pa%C3%ADs_25_7_2014.pdf>. Acesso em: 8 Setembro 2018.
- FIOCCHI, A.; SCHÜNEMANN, H. J.; BROZEK, J.; RESTANI, P.; BEYER K.; TRONCONE R.; MARTELLI, A.; TERRACCIANO, L.; BAHNA, S. L.; RANCÉ, F.; EBISAWA, M.; HEINE, R. G.; ASSA'AD, A.; SAMPSON, H.; VERDUCI, E.; BOUYGUE, G. R.; BAENA-CAGNANI, C.; CANONICA, W.; LOCKEY, R. F. **Journal Allergy and Clinical Immunology**. 2010 Dec;126(6):1119-28.e12. doi: 10.1016/j.jaci.2010.10.011.
- DE SOUZA, MOISÉS SARAIVA RIBEIRO; CAVALCANTE, SABRINA MARTINS LACERDA; DE SOUZA, MARIA ANGELA; DE ARAÚJO, AIRTON ALENCAR; FEITOSA, JOSÉ VALMIR (2017): Efeito da composição genética e turno sobre as temperaturas retal e vaginal de vacas Girolando no Nordeste do Brasil. CBBiomet 2017. Journal contribution. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5176711.v1>.

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

LIMA, T. C. C. **Polimorfismo no gene da beta-caseína em rebanhos zebuínos leiteiros no estado do Rio Grande do Norte**. 2014. 43 f Dissertação. (Mestrado em Produção Animal: Sistema de produção no semiárido) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Macaíba, 2014.

MATARAZZO, S. V. Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo freestall para vacas em lactação. 2004. 143f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MEDEIROS, G. R. **Peso a cobertura, ganho de peso durante a gestação e prolificidade de cabras nativas, exóticas e mestiças no semiárido**. Areia: UFPB, 1996. 50f. Dissertação (Mestrado).

OTAVIANO, A. R. **Polimorfismo dos genes das caseínas e sua utilização na detecção de misturas de leite bovino e bubalino**. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal –SP. 2006.

PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PIRES, M. F. A; CAMPOS, A. T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. **In: RESENDE, H; Campos, A. T.; Pires, M.F. A (Orgs). Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**, 1 ed, Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. 2003, v.1,250p.

ROBERTSHAW, D. DUKES, **Fisiologia dos animais domésticos**: regulação da temperatura e o ambiente térmico. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,2006. p.899-909.

SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SANTIAGO, A. A. **O zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. 1986. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

SANTOS, F. C. B.; SOUZA, B. B.; ALFARO, C. E. P.; ACOSTA, A. A. A.; SANTOS, J. R. S. Avaliação da adaptabilidade de bovinos da raça Pardo-Suíça ao clima semi-árido. **In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 40., 2003, Santa Maria RS. Anais... Santa Maria: SBZ, 2003, CD-ROM.

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

SICHERER S. H.; SAMPSON H. A. Food Allergy. **Journal Allergy and Clinical Immunology**. 2010. 125:116-25.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Ed. Nobel, 2000. 286p.

SILVA, E. M. N. da; SOUZA, B. B. de; SILVA, G. A.; ALCÂNTARA, M. D. B. de; CUNHA, M. das G. G.; MARQUES, B. A. de A. (2014). Avaluation of the adaptability of dairy goats with help of thermographic precision in the semiarid brazilian. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, 36(2), 231-237. Retrieved from <http://rbmv.org/index.php/BJVM/article/view/493>

SOUZA, B. B.; SILVA, R. M. N.; MARINHO, M. L.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, A. P. Parâmetros Fisiológicos e Índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semiárido paraibano. **Ciência Agropecuária**, v.31, n.3, p.883-888, 2007.

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

SOUZA, B. B. de; SILVA, I.J.O.; MELLACE, M. E.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. **Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras**. ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido, v.06, n 02 abril/junho 2010 p. 59 - 65

STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; MUNOZ, M. C.; et al. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2070-2077, 2002. sua utilização na atividade leiteira, 1 ed, Juiz de Fora:

TITTO, C. G. **Comportamento de touros da raça Simental a pasto com recursos de sombra e tolerância ao calor**. Pirassununga, 2006. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, USP.

TURCO, S. H. N.; ARAUJO, G. G. L. de; TEIXEIRA, A. H. de C.; ABREU, P. G. de; MESQUITA, E.; ALENCAR, S. C. de. Temperatura retal e frequência respiratória de bovinos da raça Sindi do Semiárido Brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1990, Porto Alegre - RS. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1990.

VERÍSSIMO, C. J.; TITTO, C. G.; KATIKI, L. M.; BUENO, M. S.; CUNHA, E. A.; MOURÃO, G. B.; OTSUK, I. P.; PEREIRA, A. M. F.; FILHO, J. C. M.; TITTO, E. A. L. Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês de pelagem clara e escura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 1, p.159-167, 2009.

WOODFORD, K. A2 Milk, Farmer Decisions, and Risk Management. In 16th International Farm Management Association Congress, Peer Reviewed Papers Vol. 2, pp 641-648. University College, Cork, July 2007. (Eds S. O'Reilly, M. Keane, P. Enright. ISBN:978-92-990038-3-1). Disponível em <<https://keithwoodford.files.wordpress.com/2009/12/a2-breeding-paper.pdf>>. Acesso em 01 de maio de 2019.