



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

MARIA DAS DORES SILVA ARAÚJO

**Estudos genéticos e adaptativos de vacas de raça holandesa  
em condições semiárida**

RECIFE-PE  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

MARIA DAS DORES SILVA ARAÚJO

**Estudos genéticos e adaptativos de vacas de raça holandesa  
em condições semiárida**

Tese apresentada ao Programa de Biociência Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito para a obtenção do grau de Doutor em Biociência Animal.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim

RECIFE-PE  
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

MARIA DAS DORES SILVA ARAÚJO

**Estudos genéticos e adaptativos de vacas de raça holandesa  
em condições semiárida**

Aprovada em 05 de março de 2021

**Banca Examinadora**

---

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim  
Departamento de Medicina Veterinária

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Manoel Adrião Gomes Filho  
Departamento de Medicina Veterinária

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Laura Leandro da Rocha  
Departamento de Zootecnia

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Gledson Luiz Pontes de Almeida  
Departamento de Engenharia Agrícola

---

Dr<sup>o</sup>. Sebastião Inocêncio Guido  
Instituto Agrônomo de Pernambuco

## DEDICATÓRIA

À minha amada filha **Lorena  
Gabriela** por ser a minha força  
enviada por Deus, a razão da  
minha vida!

## AGRADECIMENTOS

Ao meu amado Deus por todo seu amor e misericórdia, por estar comigo em todos os momentos da minha vida. Agradeço-te Senhor e ofereço a Ti felicidade deste momento!

À minha mãe, Lenilda Souza, por ter acreditado em mim e na realização deste sonho.

Ao meu esposo, Elthon Araújo, por seu incentivo e apoio, bem como por me aguentar durante todos esses sofridos anos acadêmicos.

À minha querida professora, orientadora e amiga, Júlia Sobral. Nunca esquecerei de você!

Ao meu querido professor Manoel Adrião, pela orientação e ensinamentos durante esta difícil jornada. Obrigada por tudo!

Ao meu grande e querido amigo Dr. Júlio César por toda força, incentivo, toda ajuda prestada desde o começo desse longo percurso. Muito obrigada por acreditar tanto em mim.

Ao professor Gledson Pontes, pela enorme contribuição na execução da pesquisa, por todo apoio e incentivo, sempre gentilmente oferecidos.

Ao professor Alex Souza, por toda ajuda e soluções propostas, por tanta paciência... Sinto-me honrada em ter sido ajudada por você.

À professora Laura Leandro, pela acolhida, pelos ensinamentos, por tanta gentileza oferecida. Muito obrigada, querida professora.

Às minhas amigas, Débora Sobral e Guiomar Almeida, pelo apoio e acolhida na capital pernambucana.

À minha amiga e sócia Sofia Schettino, por compartilhar comigo alegrias e tristezas, projetos e sonhos.

Ao Dr. Sebastião Guido e ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, pelo apoio, ajuda financeira, pelo acesso aos animais e aos dados. Muito obrigada!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco minha casa por tantos anos. Grata pela maravilhosa formação recebida.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho e concretização deste sonho.

Muito obrigada!

## EPÍGRAFE

*"Sei que os que confiam no Senhor, revigoram suas forças, suas forças se renovam. Posso até cair ou vacilar, mas consigo levantar pois recebo d'Ele asas e como águia, me preparo pra voar...  
Eu posso ir muito além de onde estou, vou nas asas do Senhor o Teu amor é o que me conduz. Posso voar e subir sem me cansar, ir pra frente sem me fatigar. Vou com asas, como águia...  
Pois confio no Senhor!"*

***Celina Borges***

## RESUMO

O clima atua de forma direta sobre os animais de produção, que quando expostos às condições extremas como as observadas em regiões semiáridas, se tornam extremamente suscetíveis a um estado permanente de estresse térmico e desencadeiam alterações fisiológicas de adaptação que comprometem o desempenho produtivo do animal, assim como a rentabilidade da atividade. A eficiência econômica da bovinocultura leiteira está atrelada à utilização de animais que apresentem características de desempenho quanto ao bem-estar, saúde e longevidade. De forma que as avaliações genéticas se configuram como ferramentas modernas de seleção, que fornecem informações precisas sobre essas características. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo verificar a influência das condições ambientais na adaptabilidade térmica, produção, composição e qualidade do leite de vacas holandesas em região semiárida, além de identificar o perfil genético das fêmeas por meio dos valores de GPTAs, examinando a presença de haplótipos para doenças genéticas da bovinocultura de leite. Foram utilizadas 50 vacas Holandesas pertencentes ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) / Estação Experimental de São Bento do Una. As técnicas utilizadas mostraram-se úteis e permitiram estabelecer o grau de influência do ambiente térmico no tocante às características avaliadas, sugerindo adaptação dos animais ao ambiente e demonstrando supremacia nas características de produção e qualidade do leite. O rebanho estudado demonstrou perfil genético de grande potencial melhorador para as características produtivas, apresentando boas correlações entre as GPTAs de produção de leite e sólidos com as características de conformação e reprodução. Foram identificadas fêmeas portadoras de haplótipos para doenças genéticas, estas informações poderão ser utilizadas como critério de seleção a fim de reduzir a transmissão às gerações futuras. É perceptível a necessidade de adaptar e desenvolver tecnologias que proporcionem melhorias significativas para a bovinocultura de leite, considerando o bem-estar dos animais, a qualidade dos produtos e a lucratividade da cadeia.

**Palavras-chave:** Estresse térmico, Adaptabilidade, Interação genótipo-ambiente Genômica, Produção animal.

## ABSTRACT

The climate acts directly on farm animals, which when exposed to extreme conditions, such as those observed in semi-arid regions, become extremely susceptible to a permanent state of thermal stress and trigger physiological changes in adaptation that compromise the productive performance of the animal, as well as the profitability of the activity. The economic efficiency of dairy cattle is linked to the use of animals that have performance characteristics in terms of well-being, health and longevity. In such a way that the genetic evaluations are configured as modern tools of selection, that provide precise information on these characteristics. In this context, this study aimed to verify the influence of environmental conditions on the thermal adaptability, production, composition and milk quality of Holstein cows from the semi-arid region, in addition to identifying the genetic profile of the females through the values of GPTAs, examining the presence of haplotypes for genetic diseases of dairy cattle. Fifty Holstein cows belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) / São Bento do Una Experimental Station were used. The techniques used proved to be useful and allowed to establish the degree of influence of the thermal environment with respect to the characteristics evaluated, suggesting adaptation of the animals to the environment and demonstrating supremacy in the characteristics of production and quality of milk. The studied herd showed a genetic profile of great breeding potential for the productive characteristics, showing good correlations between the GPTAs of milk and solids production with the conformation and reproduction characteristics. Females carrying haplotypes for genetic diseases were identified, this information can be used as a selection criterion in order to reduce transmission to future generations. It is noticeable the need to adapt and develop technologies that provide significant improvements for dairy cattle, considering the welfare of the animals, the quality of the products and the profitability of the chain.

**Keywords:** Heat stress, Adaptability, Genotype-environment interaction, Genomics, Animal production.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 Objetivo geral .....	24
3.2 Objetivos específicos .....	24
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>25</b>
<b>5 ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA EM REGIÃO SEMIÁRIDA</b>	<b>31</b>
5.1 Resumo.....	31
5.2 Abstract .....	31
5.3 Introdução .....	32
5.4 Material e Métodos.....	33
5.5 Resultados e Discussão .....	35
5.6 Conclusões.....	41
5.7 Referências.....	42
<b>6 TOLERÂNCIA E ADAPTABILIDADE TÉRMICA DE VACAS HOLANDESAS EM REGIÃO SEMIÁRIDA PERNAMBUCANA</b> .....	<b>45</b>
6.1 Resumo.....	45
6.2 Abstract .....	45
6.3 Introdução .....	46
6.4 Material e Métodos.....	47
6.5 Resultados e Discussão .....	49
6.6 Conclusões.....	56
6.7 Referências Bibliográficas .....	57
<b>7 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA ADAPTABILIDADE TÉRMICA, PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO E QUALIDADE DO LEITE DE VACAS HOLANDESAS EM REGIÃO SEMIÁRIDA</b> .....	<b>59</b>
7.1 Resumo.....	59
7.2 Abstract .....	59
7.3 Introdução .....	60
7.4 Material e Métodos.....	62
7.5 Resultados e Discussão .....	63
7.6 Conclusões.....	68
7.7 Referências.....	68
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>72</b>
<b>9 FONTE DE FINANCIAMENTO</b> .....	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O clima é um dos componentes ambientais que exerce efeito mais pronunciado sobre o bem-estar e a produção animal. Com isso, ele pode ser considerado um fator regulador ou até mesmo limitador da exploração animal para fins econômicos.

Dois terços do território brasileiro estão situados em região tropical, com predominância de temperaturas elevadas que afetam a produção animal no país (CRUZ, 2011). O clima tropical interfere diretamente na bovinocultura de leite, a dificuldade de adaptação dos animais causa impactos significativos na economia das fazendas leiteiras.

De acordo com a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), em 2018, o Brasil foi destaque na produção de leite ocupando a 5ª colocação no ranking mundial. Neste mesmo ano, a produção de leite nacional totalizou 33,8 bilhões de litros com o estado de Minas Gerais liderando a produção, seguido do Rio Grande do Sul e do Paraná (IBGE, 2019).

A região Nordeste do Brasil contribuiu no ano de 2018, com 13% na produção de leite em âmbito nacional, com o estado de Pernambuco colocando-se como o segundo maior produtor de leite da região supracitada (IBGE, 2019). Neste estado, grande parte da produção leiteira é proveniente da Região Agreste Meridional, considerada a bacia leiteira do estado.

Nesta região, as condições climáticas se diferenciam das demais regiões do Estado e isso ocorre principalmente em função do relevo acidentado que influencia diretamente nas variações de clima. Todavia, ela encontra-se delimitada dentro da área semiárida brasileira e assim como as outras regiões e estados inseridos sofrem com as condições ambientais prevalentes que se caracterizam principalmente por altas temperaturas e baixos índices de precipitação (SUDENE, 2018).

No semiárido brasileiro, as condições climáticas são apontadas como a principal barreira para o crescimento da produtividade leiteira, isto porque, a partir delas, inúmeras respostas fisiológicas, comportamentais e celulares são evidenciadas.

Os animais enfatizam sua capacidade máxima de produção dentro da Zona de Termoneutralidade, que consiste em uma faixa de temperatura que lhe confere conforto térmico (HAFEZ, 1973). Esta faixa depende da espécie animal, da dieta oferecida, das condições de alojamento, entre outros fatores. Contudo, fora desta faixa à produção do animal é comprometida, além de afetar a composição e qualidade do leite. Diante disso, a compreensão aprofundada dos aspectos adaptativos relacionados à tolerância ao calor em bovinos de leite se torna cada vez mais relevante.

É oportuno afirmar que os ganhos de produtividade estão diretamente relacionados ao uso de tecnologias capazes de melhorar a eficiência dos fatores de produção. Diferentes pesquisas sugerem estratégias para reduzir o impacto do estresse térmico por calor na produtividade da bovinocultura de leite e incluem o controle de ambientes e a seleção genômica dos animais. (ALMEIDA *et al.*, 2011; VASCONCELOS; DEMÉTRIO, 2011).

A adequação do ambiente às condições ideais de conforto para vacas leiteiras é um dos métodos mais comuns e eficazes, proporcionando além do conforto animal, aumento da produção e melhorias na qualidade do leite (ALMEIDA *et al.*, 2013). A seleção genômica, cada vez mais utilizada em programas de melhoramento genético animal vem assumido importante papel, oferecendo ferramentas que auxiliam nas avaliações genéticas e fornecendo informações de alta acurácia num intervalo reduzido de tempo (SIQUEIRA, 2016).

Sem dúvidas, a busca pelo bem-estar, pela melhoria na qualidade dos produtos e conseqüentemente pelo aumento dos lucros na bovinocultura leiteira, deve ponderar a necessidade de se adaptar e desenvolver tecnologias que proporcionem melhorias significativas para os animais, promovendo o desenvolvimento do rebanho e possibilitando o crescimento da pecuária leiteira.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O leite é um alimento essencial à alimentação humana. Estima-se que cerca de 150 milhões de lares em todo o mundo estejam envolvidos na produção leiteira (FAO, 2017a). A importância desse alimento é facilmente observada em países em desenvolvimento, onde a maior parte da produção é realizada em sistemas de agricultura familiar, que fornecem retorno rápido aos produtores de pequena escala. O leite é tido como um dos seis produtos mais importantes da agropecuária brasileira, sendo indispensável no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (VILELA *et al.*, 2016).

Mundialmente o país ocupou a 5<sup>o</sup> colocação no ranking de produção de leite no ano de 2018, aparecendo também em posição de destaque em relação ao número de cabeças, apresentando-se como segundo maior rebanho, ficando atrás apenas da Índia (FAO, 2017b). No Brasil, a produção de leite cresceu sistematicamente nos últimos 50 anos, chegando a 33,8 bilhões de litros em 2018, sendo os maiores produtores de leite do país, os Estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná (IBGE, 2019).

O Nordeste vem apresentando crescimento considerável na participação leiteira, em 2018 representou 13% da participação leiteira nacional, sendo Pernambuco um dos principais Estados produtores da região (IBGE, 2019). Apesar da evidência, a maior parte da região Nordeste está inserida na área semiárida brasileira (Figura 1), o que dificulta a produção leiteira diante das condições climáticas desfavoráveis que se caracterizam principalmente por altas temperaturas e baixos índices de precipitação (SUDENE, 2017).

Figura 1 - Delimitação do Semiárido Brasileiro



Fonte: SUDENE (2017).

O Semiárido Brasileiro ocupa uma superfície de 1.560 milhões de km<sup>2</sup>, 18,2% do território nacional. É composto por 1.262 municípios nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. De acordo com a Resolução do Conselho Deliberativo da Sudene (2017), os critérios para delimitação do Semiárido são: Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; Índice de Aridez igual ou inferior a 0,50 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial; Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, tendo em vista todos os dias do ano.

Historicamente, as secas prolongadas no semiárido brasileiro acontecem há séculos e são marcadas por extremos climáticos que variam temporal e espacialmente, requerendo eficientes mecanismos de adaptação por parte da sociedade e do setor produtivo (BURITI, 2018). Enquanto desastre natural silencioso, a seca acarreta prejuízos que vão muito além dos danos econômicos, gerando graves perdas ambientais, sociais e humanas. Diversos trabalhos na literatura relatam a seca ao longo dos anos e as diferentes políticas governamentais que foram implantadas visando à mitigação de seus efeitos (ALVES, 1953; AB'SABEER, 1999; SOUZA FILHO, 2011; BURITI, 2018).

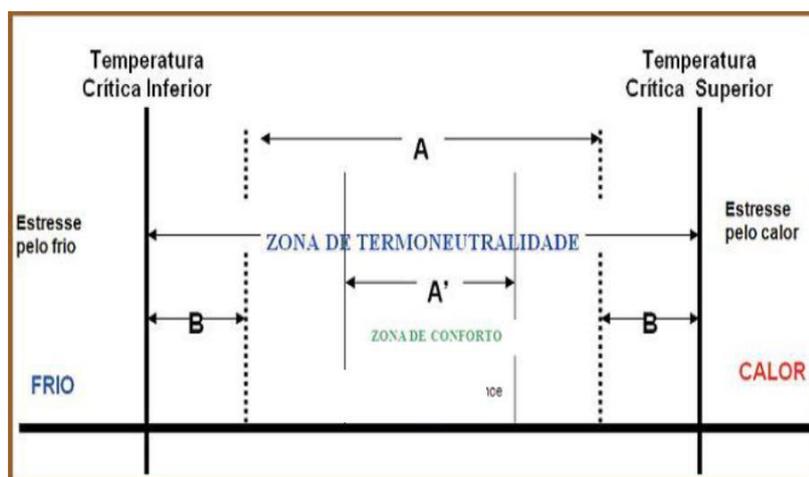
No ano de 2010, ocorreu o início de um dos piores eventos climáticos já observados no semiárido brasileiro, a população foi impactada pela pior seca já registrada há mais de um século. O referido evento se prolongou até 2017,

alcançando características excepcionais no tocante à duração, frequência e severidade, com o período sendo tido como verdadeiro desastre natural para a região.

Dentre os estados dessa região, Pernambuco foi um dos mais afetados apresentando em meados do período queda de 72% na produção de leite e gerando prejuízos da ordem de R\$ 1,5 bilhão para a pecuária nacional (CNM, 2014) e anos após o fim desse período marcante, parte dos municípios do estado ainda se encontravam em situação de seca grave - Emergência (LAPIS, 2019).

Animais de produção têm sua capacidade produtiva máxima dentro da zona de termoneutralidade, que consiste em uma faixa de temperatura que lhe confere o máximo conforto térmico (Figura 2). Dentro dessa zona de conforto, o gasto de energia para manutenção é constante e a retenção de energia da dieta é máxima, sendo direcionada conseqüentemente para os processos produtivos, porém existem alguns fatores que devem ser ponderados ao se determinar a zona de termoneutralidade dos quais alguns são inerentes ao animal como: peso, idade, estado fisiológico, genética e outros inerentes ao ambiente como: temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

Figura 2 - Representação esquemática da Zona de Termoneutralidade



Fonte: HAFEZ.

Bovinos, como animais homeotérmicos, são capazes de manter sua temperatura interna constante frente às flutuações da temperatura ambiente. No entanto, existe grande variação na literatura sobre a zona de

termoneutralidade para bovinos de leite, visto que essa zona sofre influência de outras variáveis como: umidade relativa do ar, nível metabólico, capacidade de adaptação dos animais, entre outros fatores. Pereira (2005) expõe que, para raças europeias, como a holandesa, a faixa ideal de temperatura está entre 0° e 16° C, para as raças zebuínas entre 10 e 27° C, e para raças mestiças, como a Girolando, está entre 5° e 31° C. Nääs (1998) relata que a faixa ideal para vacas lactantes encontra-se entre 4° e 24° C, dependendo da umidade relativa do ar.

A umidade do ar é um importante elemento atmosférico que compõe o clima e suas variações interferem diretamente nas variações de temperatura ambiente. Regiões com maior umidade costumam apresentar amplitude térmica menor, diferente dos locais de menor umidade onde as temperaturas variam, ficando muito quente nas horas de maior insolação e mais frio durante a noite. De acordo com o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Unicamp), umidade entre 20% e 30% representam estado de atenção para as atividades agropecuárias.

Cada vez mais, tem-se observado crescimento no interesse dos consumidores tanto quanto dos produtores, em relação aos aspectos sociais e éticos para a obtenção de produtos de qualidade (HIETALA *et al.*, 2014). Neste sentido, o interesse para atingir o bem-estar animal ideal, tem cada vez mais se tornado crucial na tentativa de aumentar a produtividade e alcançar os interesses dos consumidores. Bem-estar animal é uma área de conhecimento que tem por objetivo o estudo, a identificação e o reconhecimento das necessidades básicas dos animais, com vistas a sua mensuração e aplicabilidade (KEELIING *et al.*, 2011). Em termos práticos, ele estabelece o grau em que as necessidades físicas, fisiológicas, psicológicas, comportamentais, sociais e ambientais de um animal são satisfeitas e incluem além da saúde física, mental e comportamental dos animais, suas interações sociais e sua adaptação ao meio ambiente.

Segundo a *Farm Animal Welfare Council* – FAWC (2009) e Webster (2016) cinco liberdades são instituídas para descrever o bem-estar animal, sendo elas: 1° Livres de fome, sede e desnutrição; 2° Livres de desconforto; 3° Livres de dor, ferimentos e doenças; 4° Livres para expressar seu

comportamento; 5º Livres de medo e estresse. O alcance das cinco liberdades é imensamente necessário, especialmente em regiões semiáridas onde as condições ambientais interferem diretamente sobre elas, contudo, esse é um trabalho extremamente laborioso.

Tendo em vista que o bem-estar se refere a uma gama de estados de um animal, desde muito bom até muito ruim, sempre que houver o estresse, houve também a falência nas tentativas de enfrentamento das dificuldades (BROOM; JOHNSON, 1993). Mudanças significativas são observadas na produtividade leiteira em função do estresse térmico por calor (SILVA; PASSINI, 2018; GABBI *et al.*, 2017), e este é definido como a condição fisiológica que ocorre quando a temperatura corporal excede a sua gama específica para atividade normal, resultando em uma carga total de calor que excede a capacidade de dissipação (BERNABUCCI *et al.*, 2010).

Quanto maior a capacidade produtiva do animal, maior a ingestão de alimentos e conseqüentemente maior a produção de calor metabólico (KADZERE *et al.*, 2002). Condições ambientais adversas (temperatura ambiente, umidade relativa do ar e radiação solar) também são grandes responsáveis por aumento na produção de calor metabólico e geram diferentes respostas fisiológicas e comportamentais em vacas de leite (BUN *et al.*, 2018).

Na tentativa de minimizar o estresse calórico, bovinos recorrem a mecanismos adaptativos fisiológicos e dentre as principais respostas observam-se alterações na frequência respiratória (FR), taxa de sudação (TS), temperatura retal (TR) e temperatura de pelame (TP).

O aumento da frequência respiratória como complemento ao aumento da taxa de produção de suor, são importantes meios de perda de calor do corpo por evaporação. A perda de calor pelo trato respiratório, assim como pela pele implica em um processo de mudança de estado líquido para vapor. De forma que o gasto de energia despendido pelas vacas para eliminar calor do corpo, principalmente pelo aumento da FR e também pelo trabalho das glândulas sudoríparas para produzir mais suor, são os fatores que mais justificam a queda na produção de leite, visto que boa parte da energia do organismo é desviada do processo produtivo para a manutenção do equilíbrio fisiológico (BACCARI Jr, 2001).

Alterações na temperatura retal são também observadas na tentativa de resistir às condições de estresse calórico. Essa medida é frequentemente usada como índice de adaptabilidade fisiológica, e seu crescimento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes e o animal não está conseguindo manter a homeotermia (PENG *et al.*, 2019).

A pele é a proteção do organismo contra o frio e/ou o calor, e sua temperatura depende principalmente das condições de temperatura ambiente, umidade e evaporação do suor. O papel termorregulador da pele pode ser dividido em dois componentes: proteção contra o excesso de absorção da radiação solar e dissipação do calor da superfície do animal (SILVA, 2000). Animais com superfície externa escura são mais sujeitos ao estresse pelo calor que os de coloração clara, pois apresentam maior absorvidade e armazenamento da radiação solar. De forma que a pelagem clara se apresenta como uma vantagem adaptativa em ambientes tropicais (SILVA, 2000).

Em relação aos efeitos comportamentais, a etologia demonstra que o comportamento animal segue padrões determinados pela espécie, raça, idade, estados nutricional e sanitário. Pouco ainda se conhece sobre os efeitos que a ausência do condicionamento térmico provoca nos diferentes padrões animais. No entanto, sabe-se que bovinos de leite sob estresse térmico por calor têm suas atividades comprometidas, ocasionadas por alterações no consumo de alimentos e no consumo de água, assim como alterações no comportamento no que concerne à atividade física e a busca por sombra.

A ingestão de alimentos é outro fator que está diretamente relacionada ao metabolismo energético e, conseqüentemente, a produção de calor, de forma que vacas em lactação expostas a um ambiente térmico no qual a produção de calor excede a sua eliminação, inibirá todas as fontes que geram calor metabólico evitarão ao máximo o consumo de alimentos. A redução na ingestão de alimentos tem ação direta na produção de leite, podendo chegar a um decréscimo de 17 % na produção de vacas que produzem em média 15 kg de leite/dia e de 22% nas vacas que produzem em média 40 kg/dia (WEST, 2002).

Além de ser um nutriente essencial, a água tem a função de promover o resfriamento do corpo e suprir as necessidades do organismo em

consequência das perdas por suor durante o estresse pelo calor (ALMEIDA, 2013). Vacas em lactação necessitam de mais água em relação a seu peso vivo do que as outras categorias de animais, pois o leite contém 87% de água. Privar os animais de acesso à água, de qualidade, pode comprometer seu metabolismo.

Bovinos tentam ajustar-se ao ambiente térmico alterando também seu comportamento no que se refere a suas atividades físicas, postura corporal e busca por sombra. Em ambientes quentes, eles tendem a assumir uma postura de relaxamento, reduzindo ou cessando as atividades físicas. A tendência desses animais é procurar uma superfície fria para se deitarem e perderem calor. Em alguns casos, por exemplo, quando alocados em locais de superfície mais quente (pisos de cimento), estes animais preferem permanecer de pé, para facilitar as trocas de calor com o ar ambiente (AZEVEDO, 2009). Em condições de exposição direta à radiação solar, o ganho de calor sofrido pelo animal é em média três vezes mais elevado (PASTAL *et al.*, 2015).

Em zootecnia, pode-se afirmar que o ambiente, mais especificamente o clima, é o principal regulador da produção animal, visto que ele influencia diretamente as respostas fisiológicas, comportamentais e produtivas, de forma que é crescente a busca por alternativas que venham a minimizar os efeitos causados por ele. A melhora dos efeitos do ambiente ao qual o animal esteja submetido é uma sugestão, a outra é a seleção genética por animais melhores adaptados (HANSEN; ARECHIGA, 2003).

Sob o primeiro aspecto, alguns artifícios têm sido utilizados para melhorar as condições térmicas das instalações e, assim, favorecer o conforto térmico dos animais. A respeito do segundo, diferenças são observadas entre raças em relação à característica de resistência ao estresse térmico, com animais zebuínos (*Bos indicus*) geralmente apresentando maior resistência térmica quando comparados às raças taurinas (*Bos taurus*) (PEREIRA *et al.*, 2017), porém animais europeus se destacam em relação aos zebuínos quanto aos aspectos de produtividade e reprodução (SANTANA *et al.*, 2014).

Ferramentas de melhoramento genético têm sido cada vez mais empregadas, diante da necessidade de potencializar características de adaptação, produtividade e reprodução. A seleção genômica é uma forma de

seleção assistida por marcadores genéticos que identifica regiões de QTL (*Quantitative Trait Loci*) que estejam em desequilíbrio de ligação com pelo menos um marcador (GODDARD; HAYES, 2007), de forma que a tomada das decisões é baseada na capacidade de transmissão genômica prevista (GPTAs - *Genomic Predicted Ability*).

A base para estimar esses valores se baseia nos efeitos dos SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*) que são estimados a partir de uma população de referência (PRYCE *et al.*, 2011). O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em parceria com outros centros de pesquisas e Universidades, desenvolveram um banco de dados com informações fenotípicas e genotípicas para raças leiteiras, que hoje são utilizadas por inúmeros países nas estimativas dos valores genéticos e na seleção genômica dos rebanhos (WINGGANS *et al.*, 2017).

De forma resumida, estima-se um valor para cada marcador genético na população de referência, que incidirá sobre determinada característica de interesse. Esses valores serão utilizados para estimar valores genéticos, somados ao efeito dos marcadores que o animal possui. Assim, a combinação das informações de fenótipo, genótipo e pedigree, associada ao maior número de informações contribuirá para aumentar a acurácia da previsão dos valores genômicos nas gerações seguintes (VARADEN *et al.*, 2009).

Em países desenvolvidos, tais como Estados Unidos, Canadá e Nova Zelândia, essa ferramenta tem sido muito utilizada e vem proporcionando aumento no ganho genético dos rebanhos leiteiros, além da redução no intervalo de gerações (GADDIS *et al.*, 2015; WIGGANS *et al.*, 2015). No Brasil, a técnica tornou-se importante para a seleção dos touros leiteiros, tendo tomado grande proporção entre técnicos, pesquisadores e empresas comercializadoras de sêmen, devido ao fato de praticamente todos os touros leiteiros comercializados no país ser de origem estrangeira. Para as fêmeas, porém, a utilização ainda não é tão comum e são escassos os relatos científicos encontrados na literatura.

Além de facilitar e acelerar o processo de melhoramento genético dos rebanhos, a utilização da seleção genômica possibilita a identificação de animais portadores de doenças genéticas herdáveis e, com isso, a utilização

destas informações como mais um critério de seleção. Doenças hereditárias de bovinos são causadas principalmente por genes autossômicos herdados recessivamente, e estão atreladas à redução da vida reprodutiva e da produção de leite (MEYDAN *et al.*, 2010).

Uma característica dos genes autossômicos recessivos é que eles só são expressos como um fenótipo doente se ambos os alelos estiverem presentes, portanto, a disseminação não reconhecida de tais genes defeituosos é possível e os distúrbios hereditários autossômicos recessivos são mais preocupantes na pecuária do que os distúrbios com herança dominante, pois são facilmente reconhecidos. Métodos recentes de genética molecular tornaram possível a identificação eficiente de animais heterozigotos, evitando-se a reprodução não intencional do animal portador (AGERHOLM, 2007).

Atualmente, existem registros de identificação para várias doenças hereditárias bovinas, em todos os países do mundo. A deficiência de adesão de leucócitos bovinos (BLAD) é uma doença autossômica recessiva letal, conhecida por afetar animais da raça holandesa. Ela é caracterizada pela expressão muito reduzida das moléculas leucócitos, o que leva à imunidade inadequada. O gado afetado por BLAD tem infecções graves e recorrentes como pneumonia, gengivite, periodontite, perda de dentes, papilomatose, dermatofitose, cicatrização retardada de feridas e crescimento atrofiado (SHUSTER *et al.*, 1992).

A deficiência de monofosfatosintase (DUMPS), assim como a BLAD, é uma doença autossômica recessiva letal, observada em bovinos da raça Holandesa. Sua presença causa mortalidade embrionária precoce, gerando sérios prejuízos econômicos devido ao aumento no índice de aborto e redução do desempenho reprodutivo dos animais (MEYDAN *et al.*, 2010).

A malformação vertebral complexa (CVM) tem início durante o desenvolvimento embrionário e, frequentemente, leva ao aborto dos fetos afetados ou morte perinatal associada a anomalias vertebrais (AGERHOLM *et al.*, 2004). Os sinais fenotípicos são encurtamento do pescoço e má formação das articulações dos membros anteriores e posteriores. Já a síndrome Brachyspina (BS), é mais uma doença genética interessante a ser identificada nos rebanhos leiteiros. É causada por um distúrbio autossômico recessivo

hereditário, letal em homozigose e apresenta semelhanças fenotípicas em relação a malformação com a CVM, embora estudos comprovem que bezerros abortados por conta da BS possuem menor peso e as lesões vertebrais são mais difundidas e graves (AGERHOLM, 2007).

A citrulinemia é uma doença que impede a síntese da enzima que catalisa a conversão de citrulina e aspartato no ciclo da ureia. Após o primeiro dia de vida, o animal apresenta depressão, má alimentação, movimentos lentos e salienta apresentam sinais neurológicos graves (PATEL *et al.*, 2010). O fator XI é uma proteína envolvida na coagulação do sangue. Foi identificado em várias espécies de mamíferos, incluindo seres humanos, cães e gatos (CITEK *et al.*, 2008) e a doença consiste na deficiência dessa proteína plasmática que participa da coagulação sanguínea, de forma que portadores apresentam sangramento prolongado do cordão umbilical, sangramento prologado após descorna e anemia. Geralmente as vacas afetadas têm colostro rosado e redução do desempenho reprodutivo, além do que portadores parecem ser mais suscetíveis às doenças como pneumonia, mastite e metrite (MEYDAN *et al.*, 2010).

A condrodisplasia é a doença popularmente conhecida como nanismo relatada em cães, gatos, seres humanos e bovinos. Caracteriza-se pela ossificação anormal, membros reduzidos e cabeça grande e achatada. Em grande parte dos casos, ocorrem abortos ou morte do bezerro no pós-parto e problemas reprodutivos (COELHO *et al.*, 2013).

Haplótipos recessivos relacionados à redução de fertilidade e perdas embrionárias em homozigose foram identificados para gado holandês: HH1, HH2, HH3, HH4, HH5 (VANRADEN *et al.*, 2011; FRITZ *et al.*, 2013) e ressaltam a importância da identificação de animais portadores, para que estes não sejam incluídos nos acasalamentos a fim de evitar possíveis reduções no desempenho reprodutivo dos rebanhos (COOPER *et al.*, 2014).

Cada vez mais, percebe-se o desafio em alcançar a segurança alimentar, atingindo o bem-estar animal ideal, em um contexto mundial afetado pelas mudanças climáticas. Assim, a busca pela maximização da qualidade e do lucro na exploração leiteira deve considerar a necessidade de se adaptar e desenvolver tecnologias que proporcionem melhorias significativas para os

animais. A adaptação de sistemas que propiciem melhoria nos ambientes e, conseqüentemente, nas condições térmicas das instalações, assim como a seleção e transmissão de características de animais melhores adaptados, possibilita o aumento no ganho genético dos rebanhos e sugere ascensão na produtividade e crescimento da pecuária leiteira, mesmo em sistemas comprometidos pelas elevadas temperaturas ambientais.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

O objetivo deste estudo foi analisar a influência das condições ambientais na adaptabilidade térmica, na produção e composição do leite e conhecer o perfil genético de vacas holandesas em região semiárida.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analisar a influência das estações (inverno x verão) sobre a adaptabilidade térmica nos diferentes grupos animais;
- Avaliar a influência das estações sobre a produção, composição e qualidade do leite;
- Propor um coeficiente de tolerância ao calor, baseado nos parâmetros fisiológicos e ambientais apresentados pelos animais nas diferentes estações;
- Estudar o perfil genético de fêmeas bovinas de raça holandesa mantidas em condições semiárida, através de valores de GPTA;
- Correlacionar características de produção de leite com características de conformação e reprodução dos animais;
- Verificar as informações dos haplótipos para doenças genéticas de relevância na bovinocultura de leite.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. *In: ESTUDOS AVANÇADOS. Dossiê Nordeste seco*, v.14, n. 36, p.7-59, 1999.
- AGERHOLM, J. S. *et al.* Variação morfológica da "malformação vertebral complexa" em bezerros da raça Holandesa. **J Vet Diagn Invest.**, v. 16, p. 548-553, 2004.
- AGERHOLM, J. S. Transtornos hereditários em gado dinamarquês. **APMIS**, v. 122, 2007.
- ALMEIDA, G. L. P. *et al.* Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 754-760, 2011.
- ALMEIDA, G. L. P. *et al.* Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 892-899, 2013.
- ALVES, J. **História das Secas: séculos XVII a XIX**. Fortaleza: Instituto do Ceará, 1953.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos. **Séries Documentos**, n. 188. Teresina: EMBRAPA Meio-norte, 2009.
- BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. *In: Simpósio Internacional de Bioclimatologia Animal nos trópicos*, Sobral - Ce, 1990.
- BENEZRA, M. V. A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. **Journal Animal Science**, v. 13, n. 4, p. 1015, 1954.
- BERRY, I.L.; SHANKLINMD, J.H.D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Trans Am Soc Ag Eng.**, v. 7, p. 329-331, 1964.
- BERNABUCCI, U. *et al.* Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domestic ruminants. **Journal Animal**, v. 4, n.7, p.1167-1183, jul., 2010.
- BROOM, D.M.; JOHNSON, K.G. **Stress and Animal Welfare**. London: Chapman and Hall, 1993.
- BUN, C. *et al.* Evaluation of heat stress response in crossbred dairy cows under tropical climate by analysis of heart rate variability. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 80, n. 1, p. 181-185, 2018.

BURITI, C.O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformam o semiárido brasileiro**. Lisboa: Chiado Books, p. 431, 2018.

CHAROENSOOK, R. *et al.* Polymorphisms in the bovine HSP90AB1 gene are associated with heat tolerance in Thai indigenous cattle. **Tropical Animal Health and Production**, 2012.

CITEK, J. *et al.* Incidência esporádica de deficiência de fator XI em gado Holstein. **J Sci Food Agric.**, v. 88, p. 2069-2072, 2008.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **Análise sobre a seca do Nordeste.**, v. 6, p. 160-176, 2014.

COELHO, A. C. B. *et al.* Condrodisplasia em bovinos do Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 10, 1195-1200, 2013.

COLLIER, R. J. *et al.* Invited Review: Genes involved in the bovine heat stress response. **Indian Journal Dairy Science.**, v. 91, p. 445- 454, 2008.

COOPER, T. A. *et al.* Genomic evaluation, breed identification, and discovery of a haplotype affecting fertility for Ayrshire dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 3878-3882, 2014.

CORPET, F. Multiple sequence alignment with hierarchical clustering. **Nucleic Acids Research**, Oxford, v. 16, n. 22, p. 10890-10890, 1988.

CRUZ, L. V. *et al.* Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: Revisão de Literatura. **Revista Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 1, n. 16, 2011.

DAS, R. *et al.* Genetic polymorphisms in ATP1A1 gene and their association with heat tolerance in Jersey crossbred cows. **Indian Journal Dairy Science.**, v. 68, p. 50-54, 2015.

DAS, R. *et al.* Single nucleotide polymorphisms in ATP1A1 gene and their association with thermotolerance traits in Sahiwal and Karan Fries cattle. **Indian J. Dairy Sci.**, v. 51, p. 70-74, 2017.

DRUMMOND, R. *et al.* The role of Syk/CARD9 coupled C-type lectins in antifungal immunity. **European Journal of Immunology**, v. 41, p.276-281, 2011.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, v.10, n.3, p.564-567, 2010.

FAWC. Farm Animal Welfare in Great Britain: Pas, Present and Future. **FAWC - Farm Animal Welfare Council**. Londres, 2009.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Dairy Production and Products – Milk Production, 2017a. Disponível em: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/en/>. Acesso em: 18 ago. 2019.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Milk and milk products. **Price and trade update**, p. 1-7, 2017b.

FRITZ, S. *et al.* Detection of haplotypes associated with prenatal death in dairy cattle and identification of deleterious mutation in GART, SHBG and SLC37A2. **Plos One.**, v.8, n.6, p.1-8, 2013.

GABBI, A. M. *et al.* Can meteorological variables affect milk production in different lactation orders of dairy cows in the Cfb climatic zone? A case study in Southern Brazil. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 271-278, 2017.

GADDIS, K. L. P. *et al.* Genomic prediction of disease occurrence using producer-recorded health data: a comparison of methods. **Genetics Selection Evolution**, v. 47, n. 41, p.1-13, 2015.

GODDARD, M. E.; HAYES, B. J. Genomic Selection. **Journal Animal Breeding and Genetic**, v.124, p. 323-330, 2017.

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

HANSEN, P.J.; ARÉCHIGA, C. F. Estratégias para reduzir os efeitos do estresse térmico na eficiência reprodutiva. *In*: NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS. **Anais[ ...]** Uberlândia: p. 77-97, 2003.

HERNÁNDEZ-CERON, J.; CHASE, C.C.; HANSEN, P. J. Differences in heat tolerance between preimplantation embryos from brahman, romosinuano and angus breeds. **Journal of Dairy Science.**, v.87, p.53-8, 2004.

HIETALA, P. *et al.* Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 22, n. 2, 1092-1106, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - BGE. Produção da Pecuária Municipal. **PPM**, p. 1-8, 2019.

KADZERE, C. T. *et al.* Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

KASHYAP, N. *et al.* Association of ATP1A1 gene polymorphism with thermo tolerance in Tharparkar and Vrindavani cattle. **Veterinary World**, v. 8, p. 892-897, 2015.

KEELING, L. J.; RUSHEN, J.; DUNCAN, I. J. H. Understanding animal welfare. *In*: APPLEBY, M.C.; MENCH, J.A.; OLSSON, I.A.S.; HUGHES, B.O. **Animal Welfare**, 2. ed. Wallingford: Cabi, 2011.

LÁPIS, LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE IMAGENS E SATÉLITES. **Atualização mensal da radiografia da seca no nordeste**. Universidade Federal de Alagoas (Ufal). 2019. Disponível em : <https://www.letrasambientais.com.br/posts/atualizacao-mensal-da-radiografia-da-seca-no-nordeste>. Acesso em: 1º out. 2019.

LIU Y. X. *et al.* Polymorphisms of the ATP1A1 gene associated with mastitis in dairy cattle. **Genetics and Molecular Research**., v. 11, p. 651-660, 2012.

LIU, Z. *et al.* Heat stress in dairy cattle alters lipid composition of milk. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 961, 2017.

MAGEE, D. A. *et al.* A partial african ancestry for the creole cattle populations of the Caribbean. **Herd Immunity Journal**, v. 93, p. 429-432, 2002.

MEDEIROS, S. S. *et al.* **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas**. Campina Grande: INSA, p. 1-226, 2011.

MEYDAN, H. *et al.* Identification of factor FI deficiency in Holstein cattle in Turke. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 51, n. 5, p.1-4, 2009.

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

NEI, M.; KUMAR, S. **Molecular evolution and phylogenetics**. Oxford: Oxford University Press, 2000.

PASTAL, D. *et al.* Papel do sombreamento no conforto térmico de vacas leiteiras criadas a pasto. **Veterinária em Foco**, v.12, n. 2, p. 92-100, 2015.

PATEL, R. K. *et al.* Ausência de portadores de citrulinemia e DUMPS em gado Indiano Holstein. **J Appl Genet.**, v. 47, p. 239-242, 2006.

PAWAR, H. *et al.* Molecular and Immunological Characterization of Heat Shock Protein 70 (HSP-70.1) Gene from Buffalo. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 2012.

PENG, D. *et al.* Infrared thermography measured body surface temperature and its relationship with rectal temperature in dairy cows under different temperature-humidity indexes. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, n. 3, p. 327-336, 2019.

PEREIRA, J. R. *et al.* Efeitos do clima sobre a adaptação e fisiologia de bovinos de corte *Bos taurus* x *Bos indicus*. **REDVET** - Revista electrónica de Veterinária, v. 18, n. 11, 2017.

PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PRYCE, J. E. *et al.* Fertility in the high-producing dairy cow. **Livestock Production Science**, v. 86, p.125-135, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00145-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00145-3). Acesso: 7 dez. 2020.

SAJJANAR, B. *et al.* Identification of SNP in HSP90AB1 and its association with the relative thermotolerance and milk production traits in Indian dairy cattle. **Anim Biotechnol.**, v. 26, p. 45-50, 2015.

SANTANA, M. H. *et al.* Genome-wide association analysis of feed intake and residual feed intake in Nelore cattle. **BMC genetics**, v. 15, n.1, p. 1, 2014.

SHUSTER, D. E. *et al.* Identificação e prevalência de um defeito genético que causa deficiência de adesão de leucócitos em bovinos da raça Holandesa. **Proc Natl Acad Sei.**, v. 89, p. 9225-9229, 1992.

SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, 2000.

SILVA, D. C.; PASSINI, R. Assessing different holding pen cooling systems through environmental variables and productivity of lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 40, 2018.

SIQUEIRA, F Artigo: **Genômica e melhoramento genéticos em bovinos**. EMBRAPA, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/11466626/artigo-genomica-e-melhoramento-genetico-em-bovinos>. Acesso em: 18 mar. 2019.

SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Nova Delimitação do Semiárido**, p. 63, 2018.

SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2017. **Delimitação do Semiárido**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em : <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 20 out. 2019.

VASCONCELOS, J. L. M.; DEMETRIO, D. G. B. Manejo reprodutivo de vacas sob estresse calórico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p- 396-401, 2011.

VANRADEN, P. M. *et al.* Development of a national genetic evaluation for cow fertility. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p.2285-2292, 2004. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70049-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70049-1). Acesso: 7 dez. 2020.

VANRADEN, P. M. *et al.* (2011). Harmful recessive effects on fertility detected by absence of homozygous haplotypes. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 6153-6161, 2011.

VILELA, D. *et al.* Pecuária de leite no Brasil. **Cenários e avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa, 2016.

WEBSTER, J. Animal welfare: freedoms, dominions and “a life worth living”. **Animals**, v. 6, n. 6, p. 35, 2016.

WEST, J. W. Physiological effects of heat stress on production and reproduction. *In: Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne: Eastridge, p.1-9, 2002.

WIGGANS, G. R. *et al.* Genomic Selection in Dairy cattle: The USDA experience. **Annual Reviews of Animal Biosciences**, v. 5, p. 309-327, 2017.

## 5 ASSOCIAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA EM REGIÃO SEMIÁRIDA

### 5.1 Resumo

A avaliação animal, considerando apenas aspectos visuais e de conformação, vem se tornando cada vez mais insuficiente para a identificação de genótipos superiores. Avaliações genéticas são ferramentas modernas de seleção, que fornecem informações precisas aos produtores que buscam melhorar a saúde, bem-estar e lucratividade do rebanho. O objetivo deste estudo foi elaborar o perfil genômico de vacas da raça holandesa em região semiárida por meio dos valores de GPTA e correlacionar características de produção de leite com características de conformação e reprodução, além de verificar as informações dos haplótipos para doenças genéticas na bovinocultura de leite. Observou-se a existência de fêmeas no rebanho potencialmente capazes de transmitir altos valores genéticos. O volume e teor de gordura foram tidos como os critérios de seleção mais indicados para melhorar os ganhos em quantidade e concentração de sólidos no leite. Foram identificados animais portadores de haplótipos para CVM e HCD. Avaliações genômicas desempenham importante papel no melhoramento genético animal, contribuindo intensamente com o progresso genético dos rebanhos leiteiros.

**Palavras-chave:** Correlação Genética, GPTA, Haplótipos, Produção de leite.

### 5.2 Abstract

Animal evaluation considering only visual and conformation aspects has become increasingly insufficient for the identification of superior genotypes. Genetic assessments are modern selection tools that provide accurate information to producers looking to improve the health, well-being and profitability of the herd. The aim of this study was to elaborate the genomic profile of Holstein cows from the semi-arid region using the GPTA values and to correlate milk production characteristics with conformation and reproduction characteristics, in addition to verifying the haplotype information for genetic diseases in dairy cattle. It was observed the existence of females in the herd potentially capable of transmitting high genetic values. The volume and fat content were considered the most suitable selection criteria to improve the gains in quantity and concentration of solids in milk. Animals with haplotypes for CVM and HCD were identified. Genomic evaluations play an important role in animal breeding, contributing greatly to the genetic progress of dairy herds.

**Keywords:** Genetic Correlation, GPTA, Haplotypes, Milk production.

### 5.3 Introdução

A raça Holandesa é universalmente conhecida como a de maior potencial para produção de leite, de forma que sua escolha é observada em diversas regiões brasileiras até mesmo em locais considerados inóspitos para uma raça europeia especializada. Atualmente, Pernambuco possui um dos maiores rebanhos da raça Holandesa do Norte/Nordeste brasileiro (OLIVEIRA *et al.*, 2020), o qual apresenta constituição genética ímpar, com animais demonstrando alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas do Agreste Semiárido (ARAÚJO *et al.*, 2020).

Historicamente, as características mais consideradas nos programas de melhoramento genético leiteiro são aquelas que estão relacionadas à produção de leite, visto que o retorno econômico dessa atividade depende da produção de leite e da eficiência reprodutiva dos animais, embora diferentes estudos demonstrem relações antagônicas entre as características de produção e reprodução (JAMROZID *et al.*, 2005; PENEV *et al.*, 2017), assim como entre as características de produção e constituintes do leite (RENNÓ *et al.*, 2003; SNEDDON *et al.*, 2015).

Características não produtivas como as de tipo e conformação vêm sendo cada vez mais incorporadas no desenvolvimento das avaliações genéticas, tendo em vista que a forte seleção para a produção de leite prejudicou alguns aspectos físicos dos animais (DEGROOT *et al.*, 2002) e as características lineares podem estar diretamente ligadas aos parâmetros produtivos do rebanho (MADRID; ECHEVERRI, 2014).

Os testes genômicos estão disponíveis no mercado e são amplamente utilizados em diversas partes do mundo, estes buscam fazer previsões relacionadas à qualidade do leite, saúde, bem-estar e fornecem, por meio de predições genéticas confiáveis, a possibilidade de aprimorar programas de melhoramento com base nas tendências do rebanho (MIGLIOR *et al.*, 2005). Além disso, as avaliações genéticas vêm incorporando estudos relacionados com diagnósticos de doenças genéticas que acometem a pecuária de leite e estão associadas ao decréscimo no desempenho reprodutivo, estando indiretamente ligadas à redução da produtividade dos animais (MEYDAN *et al.*, 2010).

Diferentes trabalhos descrevem as principais doenças geneticamente herdadas e sua influência negativa na atividade: Deficiência de Uridina Monofosfato Sintase (DUMPS), Fator XI, Complexo de Malformações Vertebrais (CVM), Haplótipo de Deficiência de Colesterol (HCD), Deficiência de Adesão de Leucócito Bovino (BLAD) (MEYDAN *et al.*, 2010); Haplótipos da raça Holândes (HH1, HH2, HH3, HH4 e HH5), Citrulinemia, Condrodisplasia, Brachyspina (PILONETTO, 2020).

No Brasil, é comum a utilização de material genético de touros leiteiros de países que disponibilizam a avaliação genética para diversas características zootécnicas, porém não são encontrados relatos científicos sobre a utilização desta técnica em fêmeas pertencentes aos rebanhos da região semiárida brasileira.

O objetivo deste trabalho foi elaborar o perfil genômico de vacas da raça holandesa em região semiárida por meio dos valores de GPTA e correlacionar características de produção de leite com características de conformação e de reprodução dos animais. Busca-se ainda nesse estudo verificar as informações dos haplótipos para doenças genéticas de relevância na bovinocultura de leite.

#### **5.4 Material e Métodos**

Foram utilizadas 39 vacas Holandesas puras nascidas entre os anos de 2009 e 2018. Os animais são pertencentes ao rebanho do Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA / Estação Experimental de São Bento do Una (8° 31'618"S e 36° 27'599" W; 620m). A temperatura média da Estação Experimental varia entre 13 e 39 C°, precipitação anual de 49,3 mm (APAC, 2018).

A alimentação das vacas era realizada a base de silagem de milho e sorgo, com suplementação de concentrado que varia de acordo com a produção média do animal. As ordenhas ocorrem duas vezes ao dia (5:00 am; 14:00 pm), com limpeza dos tetos e aplicação pré e pós-dipping. Na propriedade, desde a década de 60, utiliza-se a Inseminação Artificial como biotécnica reprodutiva, importando material genético de touros leiteiros.

Para a extração do DNA, foram coletadas amostras de pelo da vassoura da cauda de cada animal. Na obtenção das GPTAs (Genomic Predicted

Transmission Ability), utilizou-se um chip de 12k (12 mil marcadores genéticos – CLARIFIDE®), a genotipagem foi realizada pela empresa Zoetis. A base das informações fenotípicas utilizadas foi a americana, utilizada para avaliações genéticas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) em parceria com o Council on Dairy Cattle Breeding (CDCB).

As características produtivas estimadas foram: Produção de Leite (PL), Quantidade de Gordura no Leite (QGORD), Concentração de Gordura no Leite (% GORD), Quantidade de Proteína no Leite (QPROTLEI), Concentração de Proteína no Leite (% PROT) e Células Somáticas (CCS).

As características de conformação: Composto Corporal (CompCorp), Estatura (Estat), Profundidade Corporal (ProfCorp), Ângulo de Garupa (AG), Largura de Garupa (LG), Altura do Úbere Posterior (AIUBPost), Largura do Úbere (LargUB), Ligamento Médio (LigMed), Profundidade do Úbere (ProfUB), Colocação dos Tetos Anterior (ColcTetsAn), Colocação dos Tetos Posterior (ColcTetsPos), Comprimento dos Tetos (CompTet), Pernas vista lateral (PernVL), Pernas vista posterior (PernPost), Ângulo dos cascos (AnC) e Escore de Pernas e Pés (EscPerPes).

Por fim, as características de reprodução avaliadas foram: Taxa de prenhez das filhas (TaxPrenF), Taxa de Concepção de Vacas (TaxConspVac), Taxa de Concepção de Novilhas (TaxConspNv), Facilidade de Parto (FacPart) e Índice de Fertilidade (InFert).

Foram também avaliadas neste trabalho as seguintes doenças: Condrodisplasia, Citrulinemia, Deficiência de Uridina Monofosfato Sintase (DUMPS), Fator XI, Complexo de Malformações Vertebrais (CVM), Brachyspina, Haplótipo de Deficiência de Colesterol (HCD), Deficiência de Adesão de Leucócito Bovino (BLAD), HH1, HH2, HH3, HH4 e HH5.

Os resultados das GPTAs e dos haplótipos para as doenças genéticas foram obtidos por meio do Teste Genômico (CLARIFIDE®-PLUS). A estatística descritiva, correlação de Pearson e a frequência dos haplótipos foram obtidas por meio o software de análise estatística SAS (SAS INSTITUTE, 2018).

## 5.5 Resultados e Discussão

As características referentes à GPTAs encontram-se na Tabela 1. Observa-se que as médias para produção de leite, quantidade e concentração de gordura e de proteína apresentaram valores negativos, apesar de grande disparidade ser observada entre os valores de GPTA para produção de leite.

Tabela 1 - Estatística Descritiva das GPTAs de características de produção de leite e sólidos, Concentração de Células Somáticas, de vacas de raça holandesa de região semiárida.

Variável	Sigla	Mínima	Máxima	Média	Desvio-Padrão
Produção de Leite	PL	-1458	838	-278,17	477,67
Quantidade de Gordura	QGORD	-50	32	-12,46	20,88
Concentração de Gordura	%GORD	-0,16	0,24	-0,005	0,09
Quantidade de Proteína	QPROT	-43	15	-11,69	13,47
Concentração de Proteína	%PROT	-0,09	0,07	-0,010	0,03
Células Somáticas	CCS	2,80	3,25	3,04	0,10

Médias negativas de GPTA indicam o baixo valor genético médio de algumas características em questão, o que significa a baixa transmissão de valores genéticos para a progênie. Contudo, quando comparamos com as médias de GPTA apresentadas pelo Council on Dairy Cattle (CDCB, 2020) encontramos animais com valores acima da média americana, que sugerem valores de 384 libras para leite, 17,9 libras para gordura e 12,9 libras para proteína. Neste estudo, 2,5% dos animais holandeses tiveram médias superiores ao tratar da produção de leite, 5,2 % em relação à quantidade de gordura e 7,8 % quando tratou da quantidade de proteína, revelando a existência de fêmeas no rebanho potencialmente capazes de transmitir altos valores genéticos.

Em relação ao Escore de Células Somáticas (CCS), a média encontrada foi de 3,04, com mínima e máxima de 2,80 e 3,25, respectivamente. Os resultados demonstram que as fêmeas avaliadas possuem mais capacidade genética por apresentar altos valores de CCS e, dessa forma, uma moderada

susceptibilidade à mastite. Contudo, é válido destacar que diferentes fatores podem influenciar a taxa de novas infecções e, conseqüentemente, a contagem de células somáticas, porém o uso de técnicas de manejo de ordenha adequadas é capaz de reduzir abruptamente níveis de CCS no leite (BRASIL, 2012).

Na Tabela 2, são evidenciadas as correlações entre as GPTAs de produção de leite e sólidos. As correlações entre a produção de leite e a quantidade de gordura e proteína tiveram baixa e alta magnitude (0,09 e 0,81), respectivamente. Valor negativo de - 0,61 ( $P < 0,05$ ) foi encontrado para produção de leite e concentração de gordura, o mesmo comportamento foi observado para a concentração de proteína (-0,43  $P < 0,05$ ). Esses resultados corroboram com os encontrados por Boligon *et al.* (2005) que encontraram valores de correlação genética de baixa magnitude para quantidade de gordura e produção de leite, citando valores percentuais negativos de gordura à medida que se aumentava o volume de leite produzido.

Tabela 2 - Correlações entre as GPTAs de vacas holandesas de região semiárida para características de produção de leite e sólidos.

PRODUÇÃO DE LEITE E SÓLIDOS					
	PL	QGORD	%GORD	QPROT	%PROT
PL	1000	0.09 (0.5693)	-0.61 ( $<.0001$ )	0.81 ( $<.0001$ )	-0.43 (0.0052)
QGORD	0.09 (0.5693)	1000	0.72 ( $<.0001$ )	0.50 (0.0010)	0.60 ( $<.0001$ )
%GORD	-0.61 ( $<.0001$ )	0.72 ( $<.0001$ )	1000	-0.15 (0.3423)	0.78 ( $<.0001$ )
QPROT	0.81 ( $<.0001$ )	0.50 (0.0010)	-0.15 (0.3423)	1000	0.16 (0.3064)
%PROT	-0.43 (0.0052)	0.60 ( $<.0001$ )	0.78 ( $<.0001$ )	0.16 (0.3064)	1000

Entre as características de volume e concentração de sólidos, as correlações variaram de baixa a alta magnitude. O volume de gordura foi moderadamente correlacionado com volume de proteína (0,50  $P < 0,05$ ), altamente correlacionado com o percentual de gordura (0,72  $P < 0,01$ ) e altamente correlacionado com o percentual de proteína (0,60  $P < 0,01$ ). Já o volume de proteína teve baixa associação com a concentração de sólidos,

sendo de 0,16 com a concentração de proteína e negativa com relação ao teor de gordura (-0,15), porém não foram significativas.

De acordo com estes resultados, é possível que ocorra uma pequena redução da concentração de gordura ao selecionar para o volume de proteína. Além disso, o teor de gordura foi altamente correlacionado com o percentual de proteína (0,78  $P < 0,01$ ) e, diante da associação positiva, pode-se esperar que a seleção para o teor gordura contribua com o aumento do percentual de proteína do leite. Os resultados indicam que nessa população, o volume e teor de gordura é o mais indicado como critério de seleção para melhorar os ganhos em quantidade e concentração de sólidos no leite.

Na Tabela 3, encontram-se os valores das correlações para as características de produção de leite e sólidos com características de conformação. Para a maioria delas, os resultados obtidos foram positivos, embora se apresentem com baixa magnitude, não ocorrendo significância entre essas correlações ( $p > 0,05$ ).

Tabela 3 - Correlações entre as GPTAs de vacas holandesas de região semiárida para características de produção de leite e sólidos, composição corporal, composição de úbere e composição de pernas e pés.

PRODUÇÃO DE LEITE E COMPOSIÇÃO CORPORAL					
	PL	QGORD	%GORD	QPROT	%PROT
<b>CompCorp</b>	-0.22 (0.1609)	0.06 (0.7173)	0.20 (0.2187)	-0.05 (0.7400)	0.31 (0.0517)
<b>Estat</b>	0.03 (0.8411)	0.13 (0.4110)	0.07 (0.6331)	0.11 (0.4776)	0.13 (0.4039)
<b>ProfCorp</b>	-0.07 (0.6367)	0.27 (0.0928)	0.26 (0.0999)	0.12 (0.4471)	0.33 (0.0383)
<b>AG</b>	0.08 (0.6078)	-0.13 (0.4102)	-0.17 (0.2900)	-0.12 (0.4307)	-0.32 (0.0412)
<b>LG</b>	0.13 (0.4013)	0.21 (0.1994)	0.06 (0.6845)	0.26 (0.1047)	0.18 (0.2612)
PRODUÇÃO DE LEITE E COMPOSIÇÃO DE ÚBERE					
	PL	QGORD	%GORD	QPROT	%PROT
<b>AIUBPost</b>	0.18 (0.2562)	0.28 (0.0773)	0.09 (0.5684)	0.32 (0.0432)	0.18 (0.2562)
<b>LargUB</b>	0.18 (0.2589)	0.28 (0.0772)	0.09 (0.5655)	0.32 (0.0436)	0.18 (0.2542)
<b>LigMed</b>	0.22 (0.1679)	0.21 (0.1847)	0.01 (0.9684)	0.34 (0.0291)	0.14 (0.3704)
<b>ProfUB</b>	0.06 (0.6846)	0.04 (0.8035)	-0.02 (0.9018)	0.17 (0.2928)	0.15 (0.3514)
<b>ColcTetsAn</b>	0.27	0.31	0.04	0.49	0.26

continua

	(0.0831)	(0.0507)	(0.7921)	(0.0014)	(0.1005)
<b>ColcTetsPos</b>	0.32 (0.0407)	0.30 (0.0594)	0.01 (0.9898)	0.48 (0.0017)	0.17 (0.2949)
<b>CompTet</b>	-0.14 (0.3856)	-0.42 (0.0074)	-0.23 (0.1553)	-0.30 (0.0610)	-0.23 (0.1540)
<b>PRODUÇÃO DE LEITE E COMPOSIÇÃO DE PERNAS E PÉS</b>					
	<b>PL</b>	<b>QGORD</b>	<b>%GORD</b>	<b>QPROT</b>	<b>%PROT</b>
<b>PernVL</b>	0.09 (0.5816)	0.07 (0.6619)	-0.01 (0.9915)	0.11 (0.4705)	0.01 (0.9323)
<b>PernPost</b>	0.24 (0.1349)	0.16 (0.3217)	-0.04 (0.8015)	0.36 (0.0224)	0.14 (0.3742)
<b>AnC</b>	0.13 (0.3986)	0.09 (0.5740)	-0.02 (0.8763)	0.19 (0.2335)	0.07 (0.6675)
<b>EscPerPes</b>	0.17 (0.2733)	0.20 (0.2197)	0.02 (0.8578)	0.27 (0.0904)	0.12 (0.4531)

A largura de garupa foi à característica que obteve maior coeficiente de correlação entre as características de produção de leite e composição corporal (0.13), o menor valor foi encontrado para o Composto Corporal (-0.22). Diferentes resultados foram encontrados por Cucco *et al.* (2017), que encontraram pouca ou nenhuma influência entre essas características. Em relação à estatura, os valores observados tiveram boa correlação (0,03), sugerindo que os animais de estatura mediana podem apresentar maior habilidade leiteira. Segundo Wasana *et al.* (2015), animais de estatura alta costumam ter menor longevidade no rebanho.

Foram encontrados mais valores de correlação para profundidade corporal em relação ao volume de gordura e concentração de proteína (0,27 e 0,33, respectivamente), já para a largura da garupa os melhores resultados se observaram no volume de gordura e proteína (0,21 e 0,26, respectivamente). As GPTAs de estatura e comprimento do corpo foram positivas e baixas para quantidade de gordura, para a quantidade de proteína o comprimento do corpo apresentou valor negativo de -0,05, enquanto para estatura o valor foi positivo (0,11), embora baixo. O ângulo da garupa evidenciou correlações negativas para quantidade de gordura e proteína (-0,13 e -0,12, respectivamente).

Para os GPTAs de características de úbere, foram observadas correlações superiores às encontradas para a composição corporal em relação à produção de leite. Entretanto, elas em sua grande maioria foram baixas e não significativas, com exceção da colocação dos tetos posteriores (0,32  $P < 0,05$ ). A altura do úbere posterior e a largura do úbere tiveram uma magnitude de 0,18 e os menores valores foram encontrados em relação à profundidade do úbere e comprimento dos tetos (0,06 e -0,14, respectivamente). Estes resultados indicam que a capacidade de

produção está associada a úberes maiores, mas, com alta capacidade de suporte e melhor conformação dos tetos, porém as correlações de baixa magnitude entre a profundidade de úbere e o volume de leite indicam que úberes mais rasos tiveram melhor produção de leite, além do que aparecem como melhor opção para preservação da saúde e integridade física do sistema mamário, facilitando a ordenha e diminuindo riscos como lesões nos tetos e ocorrência de mastite (PENEV *et al.*, 2017).

Para as características de composição de úbere e sólidos, a maioria das correlações foram positivas. O comprimento dos tetos apresentou correlações negativas para todas as características, destacando a correlação com o volume do gordura (-0,42  $p < 0.05$ ) indicando que as vacas que tiveram melhor produção de gordura no leite evidenciaram menores tetos. Para as GPTAs de quantidade de proteína, foi observado valores de correlações medianas ( $p < 0.05$ ) para largura do úbere (0,32), ligamentos médios (0,34), colocação dos tetos anterior e posterior (0,49 e 0,48, respectivamente), negativa para comprimentos dos tetos (-0,30) indicando que as vacas com melhor conformação de úbere tiveram melhor quantidades de proteína no leite.

Para os GPTAs das características de conformação entre pernas, pés e produção de leite os valores novamente evidenciaram baixa magnitude, com os mais valores sendo salientados para pernas posteriores e escore de pernas e pés (0,24 e 0,27). Entretanto, foi observada a correlação de 0,36 ( $p < 0,05$ ) para pernas posteriores na quantidade de proteína. As características locomotoras pouco influenciam na produção de leite, porém o fato de serem positivas indica que fêmeas com melhor capacidade de produção tendem a apresentar melhor locomoção, o que indiretamente influencia devido a melhor capacidade de buscar água e alimento, além reduzir o descarte involuntário de animais em função de problemas de aprumos, de ligamentos e má conformação corporal (ESTEVES *et al.*, 2004; KERN *et al.*, 2015).

As correlações observadas entre as características de produção e reprodução foram de baixa magnitude (Tabela 4) e mostram que animais com alto potencial de produção de leite podem ter menor eficiência reprodutiva. Apenas as correlações entre Taxa de Concepção de Vacas e Porcentagem de Gordura; Facilidade de Parto e Produção de Leite tiveram valores positivos,

0.13 e 0.06, respectivamente. As correlações entre quantidade de proteína e taxa de prenhes, taxa de concepção de novilhas e infertilidade tiveram valores de magnitude moderada e significativa ( $P < 0,05$ ), contudo negativas.

Tabela 4 - Correlações entre as GPTAs de vacas holandesas de região semiárida para características de produção de leite e sólidos e reprodução

PRODUÇÃO DE LEITE E SÓLIDOS E CARACTERÍSTICAS DE REPRODUÇÃO					
	PL	QGORD	%GORD	QPROT	%PROT
<b>TaxPrenF</b>	-0.33 (0.0349)	-0.34 (0.0321)	-0.03 (0.8164)	-0.44 (0.0042)	-0.11 (0.4851)
<b>TaxConspVac</b>	-0.21 (0.1992)	-0.01 (0.9623)	0.13 (0.4087)	-0.31 (0.0481)	-0.12 (0.4324)
<b>TaxConspNv</b>	-0.31 (0.0532)	-0.31 (0.0532)	-0.07 (0.6505)	-0.43 (0.0051)	-0.25 (0.1190)
<b>FacPart</b>	0.06 (0.6902)	-0.17 (0.2821)	-0.17 (0.2748)	-0.04 (0.7813)	-0.17 (0.2961)
<b>InFert</b>	-0.29 (0.0668)	-0.27 (0.0844)	-0.01 (0.9122)	-0.41 (0.0091)	-0.13 (0.4292)

Historicamente, os sistemas de seleção e escolha das características a serem melhoradas não consideraram o antagonismo genético entre produção e reprodução, o que, conseqüentemente, aumentou os efeitos negativos sobre a fertilidade. Segundo Collard *et al.* (2000), o foco para características de produção de leite, tende a diminuir a fertilidade e a eficiência produtiva de vacas, aumentando a taxa de descarte involuntário, de modo que a escolha das características a serem melhoradas devem ser minuciosamente planejadas para que não ocasionem problemas reprodutivos nos rebanhos.

Na Tabela 5, são salientadas as frequências dos haplótipos para as principais doenças que acometem rebanhos leiteiros. Não foram encontradas fêmeas portadoras de Condrodisplasia, Citrulinemia, DUMPS, Fator XI e Brachyspina, assim como não foram identificados haplótipos para BLAD, HH1, HH2, HH3, HH4 e HH5. O rebanho apresentou 7,7 % de animais portadores do haplótipo para CVM, seguida 2,6% portadores do haplótipo para HCD.

Tabela 5 - Frequência dos haplótipos para doenças em fêmeas da raça Holandesa de rebanho de região semiárida

Doenças	Nº de observações	Nº de portadores	Freq. de portadores*
Condrodisplasia	39	0	0

continua

Citrulinemia	39	0	0
DUMPS	39	0	0
Fator XI	39	0	0
CVM	39	3	7,7
Brachyspina	39	0	0
HCD	39	1	2,6
BLAD	39	0	0
HH1	39	0	0
HH2	39	0	0
HH3	39	0	0
HH4	39	0	0
HH5	39	0	0

\*(%)

O complexo de má formação vertebral é uma mutação genética pontual e animais em heterozigose tendem a apresentar baixa fertilidade, desenvolvendo anomalias vertebrais que levam ao aborto ou morte perinatal (KANAÉ *et al.*, 2005). Já a deficiência de colesterol é uma doença geneticamente herdável, responsável pela redução dos níveis de colesterol. Animais portadores apresentam redução no apetite, perda de peso, diarreia frequente, podendo levá-lo à morte (SCHUTZ *et al.*, 2016). A presença de portadores de CVM (6,14%) e HCD (1,28%) foi recentemente identificada em vacas da raça holandesa criadas no Brasil (PILONETTO, 2019), em outros países maiores frequências são comumente observadas (PAIVA *et al.*, 2013; KIPP *et al.*, 2016).

Os resultados deste estudo reafirmam a importância da utilização das avaliações genômicas que, por meio de predições genéticas, possibilitam o direcionamento dos cruzamentos, a fim de contribuir com o melhoramento animal com base nas tendências do rebanho.

## 5.6 Conclusões

O rebanho holandês da região semiárida estudado apresenta perfil genético com potencial melhorador para as características produtivas.

Volume e teor de gordura são os critérios de seleção mais indicados para melhorar os ganhos em volume e concentração dos sólidos do leite.

Correlações de baixa magnitude demonstram que os animais de alto potencial de produção, podem evidenciar menor eficiência reprodutiva.

Foram identificadas fêmeas portadoras de CVM e HCD, e essas informações podem ser utilizadas como critério de seleção a fim de reduzir transmissão dos haplótipos às gerações futuras.

Avaliações genômicas desempenham importante papel no melhoramento genético animal, contribuindo intensamente com o progresso genético dos rebanhos leiteiros.

## 5.7 Referências

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA - APAC. **Boletins Meteorológicos**. 2018. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/> Acesso em: 18 dez. 2020.

ARAÚJO, M.D.S. *et al.* Caracterização do gene do choque térmico (HSP-70.1) e sua relação com características de produção em bovinos leiteiros criados no semiárido brasileiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, n.3, p. 985-992, 2020.

BEEF POINT. **USDA publica guia de genômica animal**. 2020. Disponível em: <https://www.beefpoint.com.br/usda-publica-guia-de-genomica-animal/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

BOLIGON, A A. *et al.* Herdabilidade e tendência genética para as produções de leite e de gordura em rebanhos da raça holandesa no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, 2005. p. 1512-1218.

BRASIL. Mastite bovina: Controle e Prevenção. **Boletim Técnico nº 93**. Lavras / MG, UFLA 2012.

CDCB-USDA. **The Council on Dairy Cattle Breeding. Maio 2020 elite cow and heifer statistics**. Disponível em: <https://queries.uscdcb.com/eval/summary/elitestat.cfm>. Acesso em: 5 jan. 2021.

COLLARD, B. L. *et al.* Petitclerc D and Schaeffer L R 2000 Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 2683-2690, 2000.

CUCCO, D. C. *et al.* Estudo das correlações entre as PTAs (capacidade prevista de transmissão) de touros da raça Holandês com avaliação genética disponíveis no Brasil: características de produção, reprodução e conformação. **Livestock Research for Rural Development**, v. 29, n. 1, 2017.

DEGROOT, B. J. *et al.* Genetic parameters and responses of linear type, yield traits, and somatic cell scores to divergent selection for predicted transmitting ability for type in Holstein. **Journal Dairy Science**, v.85, p.1578-1585, 2002.

ESTEVEZ, C. M. A. *et al.* Correlações genéticas e fenotípicas entre características de tipo e produção de leite em bovinos da raça holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 4, p. 529-535, 2004.

GABBI, A. M. *et al.* Different levels of supplied energy for lactating cows affect physicochemical attributes of milk. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 27, n. 1, p. 11-17, 2018.

JAMROZIK, J. *et al.* Estimates of genetic parameters for Canadian Holstein female reproduction traits. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 2199-2208, 2005.

KANAE, Y. *et al.* A method for detecting complex vertebral malformation in Holstein calves using polymerase chain reaction-primer introduced restriction analysis. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v.17, p.258-262, 2005.

KERN, L. E. *et al.* Genetic Association between longevity and linear type traits of Holstein cows. *Scientia Agricola*, v. 72, n. 3, p. 203-209, 2015.

KIPP, S. *et al.* Identification of a haplotype associated with cholesterol deficiency and increased juvenile mortality in Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 99, 2016. p. 8915-8931.

MADRID, S.; ECHEVERRI, J. Association between conformation traits and productive performance in Holstein cows in the department of Antioquia, Colombia. **Veterinaria y Zootecnia**, v.8, n.1, p.35-47, 2014.

MEYDAN, H.; YILDIZ, M. A.; AGERHOLM, J. S. Screening for bovine leukocyte adhesion deficiency, deficiency of uridine monophosphate synthase, complex vertebral malformation, bovine citrullinaemia, and factor XI deficiency in Holstein cows reared in Turkey. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 52, n. 56, p. 1-8, 2010.

MIGLIOR, F.; MUIR, B. L.; VAN DOORMAAL, B. J. Índices de seleção em gado holandês de vários países. **J. Dairy Sci.**, v. 88, pp. 1255-1263, 2005.

OLIVEIRA, J. C. V. *et al.* Conservação de Recursos Genéticos Animais do Instituto Agrônomo de Pernambuco / Revista de Recursos Genéticos - RG News 6 (2) 2020 – Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos

PAIVA, D. S. *et al.* Incidence of bovine leukocyte adhesion deficiency, complex vertebral malformation, and deficiency of uridine-5-monophosphate synthase carriers in Brazilian Girolando cattle. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 3, p. 3186-3192, 2013.

PENEV, T. *et al.* Linear type traits for feet and legs, their relation to health traits connected with them, and with productive and reproductive traits in dairy cows. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 23, n. 3, p. 467-475, 2017.

PILONETTO, F. *et al.* Associações genéticas entre características de interesse econômico e identificação de haplótipos para doenças genéticas em vacas da raça Holandesa criadas no Brasil. **Livestock Research for Rural Development**, v. 31, n. 12, 2019.

RENNÓ, F P. *et al.* Correlações genéticas e fenotípicas entre características de conformação e produção de leite em bovinos da raça Pardo-Suíça no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1419-1430, 2003.

SAS - INSTITUTE INC. SAS STUDIO 5.1. Users Guide. Cary, NC: SAS Instiutute Inc, 2018.

SCHUTZ, E. *et al.* The Hosltein Frisian lethal haplotype 5 (HH5) results from a complete deletion of TBF1M and cholesterol deficiency (CDH) from an ERV-(LTR) insertion into the coding region of *APOB*. **Plos One**, v.11, n. 4, p.1-15, 2016.

VUKASINOVIC, N. *et al.* Desenvolvimento de avaliação genética e genômica para características de bem-estar em vacas Holstein dos EUA. **J. Dairy Sci.**, v. 10, p.428-438,2017.

WASANA, N. *et al.* Genetic relationship of productive life, production and type traits of Korean Holstein at early lactations. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 9, p. 1259-1265, 2015.

ZOETIS, **Informativo Técnico n°41**. 2020. Disponível em: <https://www.zoetis.com.br/especies/bovinos/clarifide/leite.aspx>. Acesso em: 18 dez. 2020.

## **6 TOLERÂNCIA E ADAPTABILIDADE TÉRMICA DE VACAS HOLANDESAS EM REGIÃO SEMIÁRIDA PERNAMBUCANA**

### **6.1 Resumo**

A ação dos elementos climáticos de uma região pode interferir diretamente nas respostas fisiológicas e produtivas dos animais. O objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância ao calor e a adaptabilidade térmica de vacas holandesas criadas em região semiárida, durante as estações de inverno e verão, utilizando índices de temperatura e umidade, índices de tolerância ao calor e coeficiente de tolerância ao calor. Foram analisadas 50 vacas holandesas puras pertencentes ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) - Estação Experimental de São Bento do Una onde foram registradas as variáveis fisiológicas e ambientais. Os resultados demonstram que o ambiente climático onde o experimento foi conduzido é propício a causar estresse térmico aos animais nos meses chuvosos e secos, contudo os valores apresentados demonstram adaptabilidade e tolerância ao calor pelas vacas, que não tiveram estresse térmico mesmo em condições meteorológicas críticas. O ITC1- índice de Ibéria, mostrou-se o mais confiável estatisticamente com parâmetros fisiológicos para analisar as vacas nesse experimento.

**Palavras-chave:** Bovinos Leiteiros, Conforto Térmico, Estresse por Calor.

### **6.2 Abstract**

The action of climatic elements in a region can directly interfere with the physiological and productive responses of animals. The aim of this study was to evaluate the heat tolerance and thermal adaptability of Holstein cows reared in the semi-arid region, during the winter and summer seasons, using temperature and humidity indices, heat tolerance indices and heat tolerance coefficient. Fifty pure Holstein cows belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) - São Bento do Una Experimental Station were analyzed, where the physiological and environmental variables were recorded. The results demonstrate that the climatic environment where the experiment was conducted is conducive to causing thermal stress to the animals in the rainy and dry months, however the values presented demonstrate adaptability and heat tolerance by the cows, which did not have thermal stress even in critical weather conditions. The ITC1- Ibéria index proved to be the most statistically reliable with physiological parameters to analyze the cows in this experiment.

**Keywords:** Dairy Cattle, Thermal Comfort, Heat Stress.

### 6.3 Introdução

A busca por melhores índices lucrativos na bovinocultura de leite tem impulsionado cada vez mais, produtores de regiões semiáridas a optar pela aquisição de gado especializado oriundo de regiões de clima temperado, não considerando que o clima é um dos componentes ambientais que exerce maior efeito sobre o bem-estar e a produção animal, podendo ser considerado como regulador ou até mesmo limitador da exploração animal para fins econômicos (POLLI *et al.*, 2020).

O Semiárido Brasileiro ocupa uma superfície de 1.560 milhões de km<sup>2</sup>, 18,2% do território nacional (SUDENE, 2017). Historicamente nesta região, secas prolongadas acontecem há séculos e são marcadas por extremos climáticos que requerem eficientes mecanismos de adaptação por parte do setor produtivo (BURITI, 2018). No ano de 2010, iniciou-se um dos piores eventos climáticos já observados na região, a pior seca já registrada há mais de um século (LAPIS, 2019). Este evento prolongou-se até 2017 e alcançou características excepcionais no tocante à duração, frequência e severidade, com o estado de Pernambuco sendo um dos mais afetados, apresentando em meados do período queda de 72% na produção de leite e prejuízos da ordem de R\$ 1,5 bilhão para a pecuária nacional (CNM, 2014).

Animais de produção têm sua capacidade produtiva máxima dentro da zona de termoneutralidade, que consiste em uma faixa de temperatura que lhe confere o máximo conforto térmico (HAFEZ, 1973). Fora dessa zona de conforto respostas fisiológicas e produtivas surgem, atribuídas a necessidade de adaptação e transferência de energia da produção à manutenção, destacando a necessidade de considerar fatores inerentes ao animal como: peso, idade e estado fisiológico (DALTRO *et al.*, 2017).

A raça holandesa vem sendo criada em Pernambuco por meio do Instituto Agrônomo de Pernambuco - Estação Experimental de São Bento do Una desde o ano de 1930, quando se instituiu o primeiro posto de monta de reprodutores holandeses do estado que posteriormente deu origem ao banco ativo de germoplasma do IPA, tendo como objetivo selecionar animais adaptados às condições do semiárido e difundir germoplasma para fomento da pecuária de leite em Pernambuco e estados vizinhos (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Atualmente, Pernambuco possui um dos maiores rebanhos da raça Holandesa do Norte/Nordeste brasileiro, o qual apresenta produtividade média de 32,46 kg de leite/vaca/dia (ABREU *et al.*, 2020) e constituição genética ímpar diante de décadas de seleção para adaptabilidade às condições edafoclimáticas do agreste semiárido (GUIDO *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2020).

Diferentes testes são utilizados para avaliar a tolerância e a adaptabilidade térmica dos animais ao calor, sempre levando em consideração dados ambientais e fisiológicos e o efeito combinado desses parâmetros (DIKMEN; HANSEN, 2009). Um dos testes de campo frequentemente utilizado por diferentes autores é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) que combina o efeito da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar. Outro teste utilizado é o Coeficiente de Tolerância ao calor (HTC) que avalia a adaptabilidade do animal ao ambiente, tendo em vista os parâmetros fisiológicos. Ambos podem auxiliar na tomada de decisões de manejo, a fim de minimizar os efeitos deletérios decorrentes do estresse térmico (LEES *et al.*, 2019).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a partir de parâmetros fisiológicos e ambientais, a tolerância ao calor e a adaptabilidade de vacas holandesas em região semiárida, durante os meses chuvosos e secos, utilizando índices de temperatura e umidade, índices de tolerância ao calor e coeficiente de tolerância ao calor.

#### **6.4 Material e Métodos**

O estudo foi realizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA/ Estação Experimental de São Bento do Una (8° 31'12" S e 36° 33'00" W; 650m). Foram utilizadas 50 vacas Holandesas divididas em quatro grupos: A= vacas de primeira cria; B= vacas de alta produção; C= vacas de baixa produção; D= vacas secas. Os animais são criados em sistema semi-intensivo, com livre acesso à água, sombra e mistura mineral.

Os parâmetros fisiológicos (Frequência respiratória; Temperatura retal) foram mensurados a partir da contagem dos movimentos da região do flanco realizados pelo animal no intervalo de 1 min e pela leitura do termômetro digital

de uso veterinário introduzido no reto dos animais durante 1 minuto, respectivamente. Os parâmetros ambientais (Temperatura ambiente; Umidade relativa do ar; Temperatura de Bulbo seco; Temperatura de Bulbo Úmido) foram obtidos por meio de Termômetro anemômetro digital e Termo Higrômetro analógico Bulbo Seco e Úmido instalados na sala de ordenha. Todos os dados foram registrados por três dias consecutivos durante os meses de inverno (julho, agosto, setembro) e verão (outubro, novembro e dezembro) nos horários diários das ordenhas: 05:00 am. e 14:00 pm.

Determinaram-se os Índices de Temperatura e Umidade baseado nos modelos propostos por Thom (1959) e Berry (1964), respectivamente, onde:

$$\text{ITU} = (0,8 \times T + (UR / 100) \times (T - 14,4) + 46,4)$$

T= temperatura ambiente (°C)

UR= Umidade relativa do ar (%)

$$\text{THI} = 0.72( Wb + Db) + 40,6$$

Wb = Temperatura de Bulbo Úmido

Db = Temperatura de Bulbo Seco

Os índices de tolerância ao calor (ITC) foram calculados durante o experimento, conforme as equações a seguir:

#### **Índice de Ibéria**

$$\text{ITC}^1 = 100 - 18 (tm - 38,33)$$

tm= a temperatura média retal

#### **Índice de Rauchenback- Yerokhin**

$$\text{ITC}^2 = (1,2 \times ta) - (20 \times d) + 52$$

ta = temperatura do ar (°C)

d=diferença entre as temperaturas retais medida pela manhã e pela tarde.

O Coeficiente de Tolerância ao Calor (HTC) foi determinado com base no índice de tolerância ao calor desenvolvido por Benezra (1954) com a seguinte equação:

$$\text{HTC} = \text{RF}/23 + \text{RT}/38.33$$

RF = Frequência Respiratória (mov min<sup>-1</sup>)

RT = Temperatura Retal (°C)

Os denominadores 23 e 38.33 são RF e RT normais de bovinos em condições ideais.

## 6.5 Resultados e Discussão

Os resultados encontrados nesse estudo para a temperatura ambiental estão apresentados na Figura 1a, onde se observa valores abaixo de 23°C nos meses de inverno e valores máximos acima de 27°C nos meses secos, com exceção no mês de dezembro onde percebe-se uma queda nos valores. Esses resultados são condizentes com as médias observadas na região, contudo, os valores apresentados no mês de dezembro podem ser justificados em razão de chuvas ocasionais que possibilitam essas variações.

De acordo com Bertonecelli *et al.* (2013), para raças europeias como a holandesa, a faixa ideal de temperatura está entre 0° e 16° C, de modo que as temperaturas observadas neste estudo ultrapassam a Zona Termoneutra para essa raça até mesmo durante os meses chuvosos. No mesmo gráfico, observa-se a umidade com valores médios acima de 67% nos meses de chuva e para os meses secos manteve-se com valores abaixo de 63%. Novamente os valores demonstram o comportamento típico da região, à medida que ocorre o aumento das temperaturas nos meses seco, os valores de umidade diminuem.

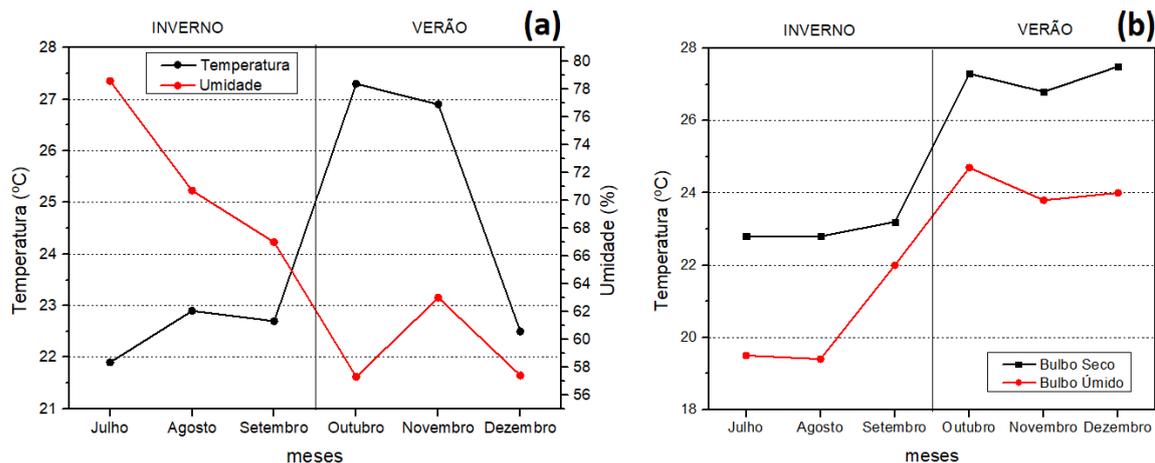


Figura 1 – Valores de Temperatura Ambiente e Umidade Relativa (a), Temperatura de Bulbos Seco e Úmido (b).

As temperaturas do bulbo seco mantiveram-se abaixo de  $24^{\circ}\text{C}$  nos meses de inverno e acima dos  $27^{\circ}\text{C}$  nos meses de verão. Da mesma forma, as temperaturas do bulbo úmido estiveram abaixo dos  $22^{\circ}\text{C}$  nos meses de inverno e em torno dos  $24^{\circ}\text{C}$  nos meses de verão (Figura 1b). De maneira geral, esses resultados demonstram a grande variabilidade sazonal de valores obtidos neste experimento, sendo possível facilmente identificar os meses tipicamente de inverno e verão, neste sentido, os índices calculados a partir destes parâmetros devem refletir diretamente as amplitudes medidas nas duas estações, sabendo que os valores aqui mostrados foram coletados no ambiente do experimento, e desta forma, seus valores se aplicam para todas as vacas de todos os grupos estudados.

Analisando novamente a temperatura do ambiente desta vez comparando com a frequência respiratória dos animais, é possível observar comportamento evidente para os meses de chuvosos, que são mais frios e, conseqüentemente, a frequência respiratória tende a ser mais amena. Em contrapartida, para os meses secos as temperaturas aparecem mais elevadas, assim como a frequência respiratória (Fig. 2), embora ocorra uma notória discrepância para o mês de dezembro onde se observa uma diminuição da temperatura com tal comportamento sendo seguido mimeticamente pela redução da frequência respiratória.

A frequência respiratória, assim como a temperatura corporal são indicadores eficientes do estado de conforto térmico no qual o animal se encontra (Abi Saab & Sleiman, 1995). À medida que a temperatura ambiente aumenta, a eficiência das perdas de calor sensível diminui, de forma que o animal consegue até certo ponto manter a temperatura corporal por meio de vasodilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura da pele, no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir o animal passa a depender da perda de calor por evaporação através da respiração e sudorese (Souza *et al.*, 2021).

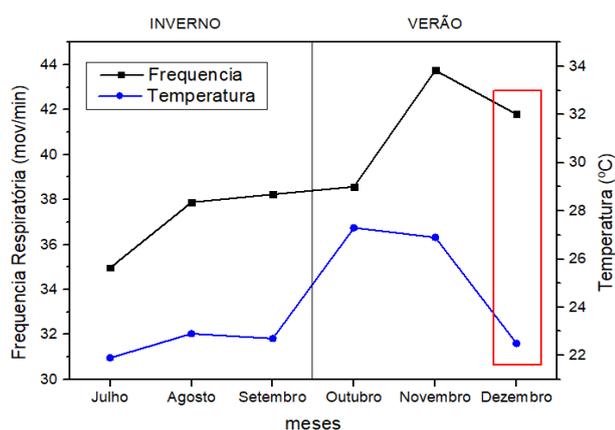


Figura 2 – Valores de Temperatura Ambiente e Frequência Respiratória.

Neste estudo, a temperatura do ambiente foi aferida utilizando Termômetro Anemômetro digital, com a função “OUT”, onde as temperaturas são registradas na extremidade do sensor no cabo externo e susceptíveis às condições intrínsecas no interior da sala de ordenha, tais como o layout ou correntes de vento. Em comparação, às temperaturas registradas pelo Termo-Higrômetro analógico de bulbo seco e úmido, podem responder com maior lentidão às variações em registro, assim, considerando as condições dos equipamentos deste experimento, ora analógicos ora digitais, é possível que ocorra discrepâncias nas medidas registradas durante a coleta de dados.

De qualquer forma, como a temperatura do ambiente medida pelo termômetro digital reduz o valor no mês de dezembro, e a frequência respiratória acompanha esse comportamento, pode-se concluir que estes

dados são mais coerentes no monitoramento das condições ambientais as quais os animais estão submetidos.

O primeiro índice calculado foi o ITU (Índice de Temperatura e Umidade) que apresentou valores abaixo de 71 nos meses de inverno e valores acima de 75 nos meses de verão, exceto em dezembro, com valores em torno de 69 (Figura 3a). Sabe-se que para valores acima de 75, o ITU possui a classificação de ALERTA, e essa situação é observada para os meses de outubro e novembro, indicando maior estresse térmico sofrido pelos animais. Rocha (2012) avaliando índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras mestiças no Ceará encontrou valores de ITU acima de 75 para ambas as estações analisadas, sugerindo que medidas podem ser tomadas a fim de melhorar as condições térmicas das instalações e conseqüentemente melhorar o conforto térmico dos animais.

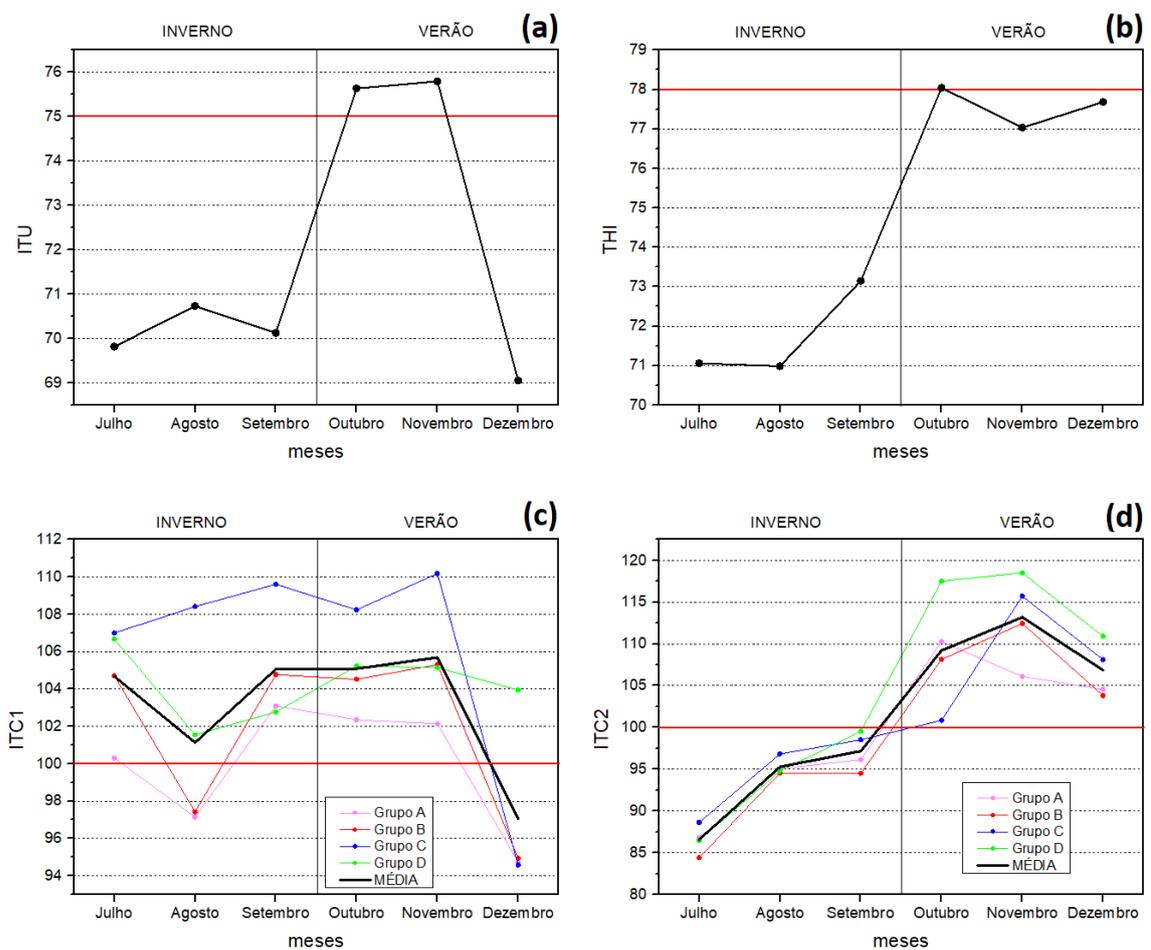


Figura 3 – ITU (a), THI (b), ITC1 (c) e ITC2 (d)

Outro de Índice de Temperatura e Umidade avaliado nesta pesquisa foi o THI (Temperature Humidity Index) que se baseia em temperaturas de Bulbo Seco e Úmido e indica de forma indireta as condições ambientais que as vacas estão inseridas, sendo este índice menos dependente da temperatura e mais dependente da umidade em relação ao ITU. Os valores encontrados aparecem abaixo de 73 nos meses de inverno e entre 77 e 78 nos meses de verão (Figura 3b), demonstrando a tolerância dos animais que não sinalizaram estresse diante das condições apresentadas.

Observando agora o ITC1 (Índice de Tolerância ao Calor – Índice de Ibéria), todos os seus valores médios apresentam-se praticamente acima de 100, exceto para o mês de dezembro sugerindo que os animais são todos tolerantes ao calor, pois apresentam o mesmo comportamento da temperatura ambiente (Figura 3c). Tais valores, mesmo que abaixo de 100, não indicam necessariamente uma redução da tolerância às condições térmicas tanto que, ainda assim, são verificados os valores em torno de 94 que configuram um valor elevado, podendo considerar o animal bastante adaptado às condições do ambiente.

Ainda sobre o ITC1, Para os meses de inverno, as vacas do grupo C possuem valores de ITC1 mais elevados, e as vacas dos grupos A e B mostraram valores inferiores a 100. Tal comportamento pode sugerir que menor volume de produção promove uma menor dependência das condições ambientais, em oposição, as vacas de maior produção de leite sofrem maior influência das variações das condições do ambiente em que se encontram inseridas. Para as vacas do grupo D, os valores mostrados são próximos à média, exceto em dezembro, onde o ITC1 se mantém acima de 100, mesmo com valores anômalos neste mês, sugerindo que se mantêm tolerantes ao calor em todos os meses deste experimento.

Observando agora o ITC2 (Índice de Tolerância ao Calor – Índice de Rauschenbach-Yerokhin), os valores para os meses de inverno estão abaixo de 100 e para os meses de verão, todos se apresentam acima de 100. Da mesma forma, a confecção deste índice foi ampliada para verificar o comportamento de cada grupo de vaca, com as linhas coloridas e com a média

(Figura 3d). Os valores de ITC2, nos meses de inverno, foram bastante uniformes para todos os grupos de vacas e dispersos para os meses de verão, com o grupo D se destacando com os maiores valores apresentados em relação aos demais grupos.

Outra observação importante sobre os índices ITC1 e ITC2, é que, para ambos, quanto mais próximo de 100, indica maior resistência às condições tropicais, e neste caso como foi observado, quando o valor da temperatura cai, a resistência é reduzida, ou seja, são observados menores valores de ITC1 e ITC2. Esse comportamento reflete a princípio, a menor capacidade de perda de calor adquirido pelas vacas através da variação das condições do experimento, que são entre os horários das ordenha da manhã e da tarde.

Assim, quando os índices ITC1 e ITC2 se encontram acima de 100, pode-se sugerir que a vaca está com sua resistência às condições tropicais acentuadas, acima de valores esperados, podendo ser entendido como adaptabilidade extrema. Vale ressaltar que esses índices são um reflexo às condições ambientais impostas ao animal, então se o valor da temperatura ambiental ou retal da vaca muda, é de se esperar que o esforço e a energia para compensar os efeitos das condições externas também mude, principalmente quando se observam as correlações negativas entre o ITC1 e temperatura retal.

Em relação ao comportamento observado para o índice ITC2, que utiliza as duas temperaturas, ambiente e retal, é importante ressaltar que neste experimento a variabilidade das duas temperaturas é distinta devido ao período estabelecido como intervalo de coleta de dados das temperaturas. Embora este critério seja descrito como as condições de contorno disponíveis, não é limitante para a obtenção de informações coerentes e esperadas pelos dados de literatura.

Para o Coeficiente de Tolerância ao Calor (HTC - Heat Tolerance Test), valores próximos a 2,0 representam alto grau de adaptabilidade ao meio ambiente, visto que valores mais elevados sugerem desconforto ao ambiente adverso (MADER; GEBREMEDHIN, 2010). Observa-se na Figura 4a que todos os valores se encontram acima de 2,0, alcançando índices próximos a 3,0 nos meses de verão. Contudo, esses valores são considerados baixos quando

comparados aos resultados obtidos por Souza *et al.* (2021) trabalhando com vacas mestiças Holandesas/Jersey, que registraram HTC médio de 5,1 no Sudeste do Brasil, também quando comparado aos valores registrados por Souza *et al.* (2007), que encontraram valores de HTC 9,8 em novilhas Sindi no Semiárido Paraibano, apesar da raça zebuína ser reconhecida pela adaptabilidade aos ambientes quentes.

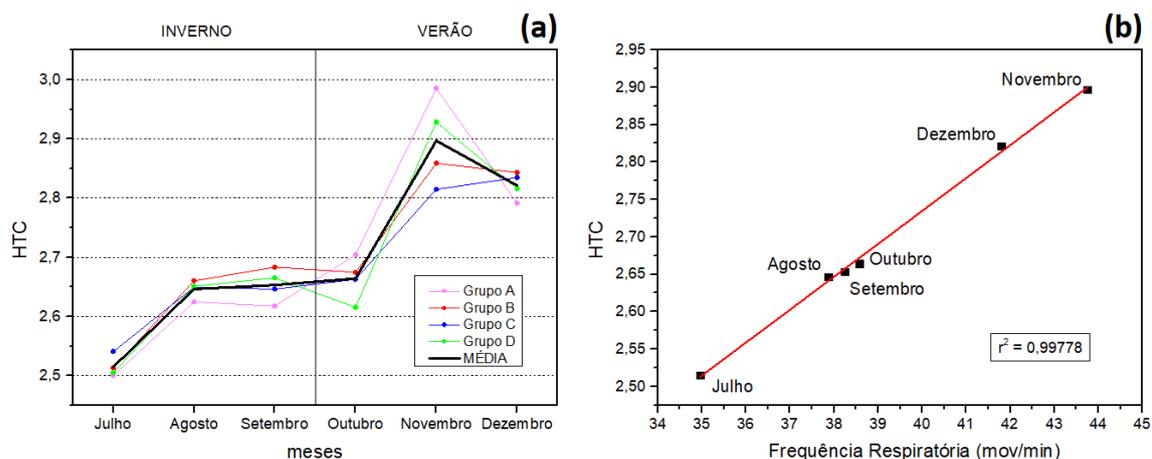


Figura 4 – HTC (a) e Correlação Linear HTC x FR (b)

Observando os valores de HTC separados por grupos de vacas, verifica-se que as vacas do grupo A (primeira cria), apresentaram o maior valor para o estresse térmico nos meses de verão, enquanto as do grupo D (secas) apresentaram o menor valor nesta mesma estação. Idade, peso e estado fisiológico, são segundo Hafez (1973) alguns dos fatores que merecem consideração, visto que conseguem influenciar a zona de termoneutralidade dos animais. Outro fato importante verificado no comportamento do HTC são os valores semelhantes nos meses de setembro e outubro, por ser na transição do inverno para o verão esse comportamento pode sugerir que existe um período de adequação que se estende por esse período nas vacas de todos os grupos em relação ao estresse medido. Quando comparado à Frequência Respiratória (Figura 4b), o HTC mostrou um coeficiente de correlação linear de aproximadamente 1, uma vez que, esse parâmetro é fortemente dependente no processo de termorregulação, em ruminantes.

Analisando de forma conjunta todos os índices deste trabalho, é possível observar a diversidade em seus valores quando comparados com as

duas estações, por exemplo, com os índices de Ibéria e de Rauschenbach-Yerokhin que mostram condições diferentes de tolerância. Este fato também é relatado por MÜLLER (1982) em um estudo comparando dois índices de tolerância, o de Ibéria e o de Benezra, onde foi observado que animais com diferentes graus de tolerância em um teste foram tidos como iguais em outro. Ressaltando que a obtenção de tais índices elaborados com parâmetros fisiológicos e ambientais, pode-se observar na tabela 1, a relação dos índices com seus respectivos parâmetros. Desta forma, pode-se concluir que ITC1, que possui maior significância estatística ( $p < 0,05$ ) para seus valores e os parâmetros fisiológicos, aparece como o índice mais indicado entre os demais utilizados neste trabalho. Apesar de outros índices também apresentarem alguns valores de  $p < 0,05$  o ITC1 é o único estatisticamente confiável exclusivamente com parâmetros fisiológicos.

Tabela 1 – Relação entre os índices estudados e seus parâmetros estatísticos

Índice	Parâmetro	Coef. correlação	Sig. Estatística
ITU	T. Amb	0,983681	$p < 0,05$
ITU	Umi	-0,28547	$p > 0,05$
THI	BS	0,980442	$p < 0,05$
THI	BU	0,980958	$p < 0,05$
ITC1	TR	-0,99999	$p < 0,05$
ITC2	T. Amb	0,787202	$p > 0,05$
HTC	FR	0,999422	$p < 0,05$
HTC	TR	0,296821	$p > 0,05$

## 6.6 Conclusões

O ambiente climático a partir do qual o experimento foi conduzido é propício a causar estresse térmico aos animais, tanto no inverno quanto no verão.

Os valores das variáveis estudadas demonstram adaptabilidade e tolerância ao calor por parte das vacas, que não apresentaram estresse térmico mesmo em condições meteorológicas críticas.

Os índices de temperatura e umidade, índices de tolerância ao calor e o coeficiente de tolerância ao calor, mostraram-se ferramentas eficientes para identificação do estresse térmico em nível de rebanhos leiteiros.

O índice de Ibéria (ITC1) mostrou-se o mais confiável estatisticamente com parâmetros fisiológicos para analisar as vacas desse experimento.

## 6.7 Referências Bibliográficas

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.

ABREU, B. S. *et al.* Desempenho produtivo e reprodutivo de vacas holandesas no Agreste de Pernambuco, no período de 2007 a 2017. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 571-586, 2020.

ARAÚJO, M. D. S. *et al.* Caracterização do gene do choque térmico (HSP-70.1) e sua relação com características de produção em bovinos leiteiros criados no semiárido brasileiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, n. 3, p. 985-992, 2020.

BERTONCELLI, P. *et al.* Conforto Térmico Alterando a Produção Leiteira. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v. 9, n.17, 2013.

BURITI, C.O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas:** por que as políticas hídricas não transformam o semiárido brasileiro. Lisboa: Chiado Books, p. 431, 2018.

CNM - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **Análise sobre a seca do Nordeste.**, v. 6, p. 160-176, 2014.

DALTRO, D. S. *et al.* Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p.374-383, 2017.

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **J Dairy Sci**, v. 92, n. 1, p.109-16, 2009. 10.3168/jds.2008-1370.

GUIDO, S. I. *et al.* Influence of climatic factors on conception rate of Holstein cows reared under semiarid conditions. *In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN EMBRYO TRANSFER ASSOCIATION*, 27., 2011, Chester. **Proceedings [...]**. Chester: AETE, 2011. p.160.

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

LÁPIS, LABORATÓRIO DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE IMAGENS E SATÉLITES **Atualização Mensal da Radiografia da seca no nordeste**.

Universidade Federal de Alagoas (Ufal). 2019. Disponível em:

<https://www.letrasambientais.com.br/posts/atualizacao-mensal-da-radiografia-da-seca-no-nordeste>. Acesso em: 1º out. 2019.

MADER, T. L.; Johnson, L. J.; Gaughan, J. B. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 6, p. 2153-2165, 2010.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia Aplicada aos animais domésticos**. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 1982.

OLIVEIRA, J. C. V. de. *et al.* Conservação de Recursos Genéticos Animais do Instituto Agrônômico de Pernambuco. **Revista de Recursos Genéticos - RG News**, v. 6, n. 2, 2020.

POLLI, V. A. *et al.* **Estresse térmico e o desempenho produtivo de ovinos: uma revisão**. Medicina Veterinária (UFRPE), v. 14, n. 1, 2020.

ROCHA, D.R. *et al.* Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras nos períodos chuvoso e seco no Ceará. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 10, n. 4, p. 335-343, 2012.

SOUZA, B. B. de. *et al.* Estudo do ambiente físico sobre as respostas fisiológicas de novilhas de raça leiteira. **Artigo em Hypertexto**, 2010.

Disponível em:

[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_4/NovilhasLeiteiras/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/NovilhasLeiteiras/index.htm). Acesso em: 31 jan. 2021.

SOUZA, B. B. *et al.* Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 3, p.883-888, maio/jun., 2007.

SUDENE - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2017. **Delimitação do Semiárido**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em : <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 20 out. 2019.

## **7 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA ADAPTABILIDADE TÉRMICA, PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO E QUALIDADE DO LEITE DE VACAS HOLANDESAS EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

### **7.1 Resumo**

A qualidade do leite de vacas Holandesas é notoriamente influenciada pelas condições ambientais que caracterizam a região semiárida no Nordeste brasileiro, podendo resultar na alteração de sua composição e produtividade. Foram usadas várias ferramentas estatísticas para estudar a interação entre os parâmetros fisiológicos e ambientais com o objetivo de avaliar seu comportamento durante os meses de inverno e verão. O estudo dos efeitos e da adaptabilidade das vacas foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, município de São Bento do Una - PE, utilizando-se 50 vacas Holandesas, distribuídas em grupos distintos de acordo com a produtividade do leite. Os valores médios encontrados aparecem superiores aos valores exigidos pelas normas vigentes do país, sugerindo adaptabilidade térmica dos animais. A análise multivariada mostrou que, para um grupo de vacas do experimento, existe relação entre a produtividade e os meses com temperatura mais elevada, sugerindo melhor adaptabilidade desses indivíduos às condições ambientais. Observou-se também que as vacas com menor produtividade possuem significativos teores de proteína, gordura e CCS, sugerindo que maiores volumes de leite possam causar efeito de diluição para o tratamento de dados de origens fisiológicas e ambientais, uma vez que possuem grande variabilidade em seus valores e dificultam a abordagem por vias descritivas. Pode-se concluir que o uso de técnicas estatísticas multivariadas permite estabelecer o grau de influência do ambiente térmico às demais características avaliadas, sugerindo a adaptação dos animais ao ambiente e demonstrando quais animais possuem supremacia nas características de produção ou qualidade do leite.

**Palavras-chave:** Adaptabilidade Térmica, Análise de Componentes Principais, Gado Leiteiro.

### **7.2 Abstract**

The quality of Holstein cows' milk is notoriously influenced by the environmental conditions that characterize the semi-arid region in Northeast Brazil, which may result in changes in its composition and productivity. The study of the effects and adaptability of the cows was carried out at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco, municipality of São Bento do Una - PE, using 50 Holstein cows, divided into different groups according to milk productivity. Various statistical tools were used to study the interaction between physiological and environmental parameters in order to assess their behavior during the winter and summer months. The average values found appear to be higher than the values required by current regulations in the country, suggesting the animals' thermal adaptability. Multivariate analysis showed that, for a group

of cows in the experiment, there is a relation between productivity and the months with the highest temperature, suggesting better adaptability of these individuals to environmental conditions. It was also observed that cows with lower productivity have significant levels of protein, fat and CCS, suggesting that higher volumes of milk may cause a dilution effect for the treatment of data of physiological and environmental origins, since they have great variability in their values and make it difficult to approach in descriptive ways. It can be concluded that the use of multivariate statistical techniques allows the establishment of the degree of the thermal environment's influence to the other characteristics evaluated, suggesting adaptation of the animals to the environment and demonstrating which animals have supremacy in the characteristics of production or quality of milk.

**Keywords:** Thermal Adaptability, Main Component Analysis, Dairy Cattle.

### 7.3 Introdução

A cadeia produtiva de leite vem se destacando no agronegócio brasileiro e passando por consideráveis transformações nas últimas décadas. Em 2018, o país atingiu uma produção de 33,8 bilhões de litros, um crescimento de 1,6% em relação ao ano anterior (AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS, 2019) concomitantemente, a taxa de consumo de leite e derivados apresentou expansão superando até mesmo a taxa de consumo mundial (ANÚARIO, 2019). É válido destacar o crescimento de 2,3 % do setor lácteo formal em 2019, atingindo 25,1 bilhões de litros de leite e alcançando o maior volume de leite inspecionado dos últimos dez anos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE LÁCTEOS LONGA VIDA - ABLV, 2019).

A eficiência da pecuária de leite depende de fatores climáticos que afetam diretamente o bem-estar e a produtividade dos animais. Bovinos leiteiros especializados diminuem o desempenho produtivo e reprodutivo em épocas de verão, quando a temperatura ambiente, umidade relativa do ar e a radiação solar intensa atingem valores considerados estressantes (MOREIRA *et al.*, 2017).

No nordeste brasileiro, encontra-se a maior área semiárida nacional. Nessa região, permanentemente são observadas condições climáticas desfavoráveis que se caracterizam principalmente por temperaturas elevadas e baixos índices de precipitação (BURITI, 2018; SUPERINTENDÊNCIA DO

DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2017) que resultam em carga total de calor superior à capacidade de dissipação dos animais, gerando respostas fisiológicas, comportamentais e celulares, que comprometem a bovinocultura leiteira (DELFINO *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2013).

De acordo com a National Research Council (NRC, 1971), animais de produção possuem uma zona de conforto térmico que é dependente da espécie, do estado fisiológico e das condições ambientais locais (temperatura, umidade relativa, precipitação, velocidade do vento, radiação solar).

Vacas de alta produção de leite submetem-se ao estresse térmico mais rápido quando comparadas a vacas de baixa produção, visto que a imunidade destes animais é reduzida pelo estresse da produção de leite (YOON *et al.*, 2016). Em condições de estresse térmico, a temperatura corporal animal ultrapassa a faixa de temperatura adequada e requer do organismo respostas fisiológicas para manter a homeostase, com tais respostas apresentando relação direta com prejuízos a produção de leite (BERNABUCCI *et al.*, 2010).

Condições climáticas associadas à heterogeneidade dos sistemas de produção podem interferir nos aspectos físico-químicos e higiênico-sanitários do leite (GABBI *et al.*, 2013; VARGAS *et al.*, 2014). Para a cadeia láctea nacional, é de extrema relevância a identificação de sistemas de manejo e produção de rebanhos leiteiros que proporcionem a obtenção de um leite que atenda às normas dos órgãos federais e ofereça aos consumidores produtos de melhor qualidade ao longo de todo o ano (BRASIL, 2018; VARGAS *et al.*, 2015).

É inegável a dificuldade existente para explicar a influência de um conjunto de variáveis utilizando métodos estatísticos tradicionais, porém a aplicação da análise multivariada é uma excelente opção para determinar o grau de associação em um conjunto de variáveis e explorar fatores experimentais correlacionados (MASSARI *et al.*, 2015). Estudos demonstram a utilização desta técnica em pesquisas com gado leiteiro, integrando a investigação sobre tolerância térmica e seus efeitos na produção e composição do leite (DALTRO *et al.*, 2017; GABBI *et al.*, 2018; BATISTA *et al.*, 2019).

Neste sentido, objetivou-se com este estudo avaliar a influência das estações sob a adaptabilidade térmica, assim como sob a produção,

composição e qualidade do leite de vacas holandesas criadas em Região Semiárida.

#### **7.4 Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA / Estação Experimental de São Bento do Una (8° 31'618" S e 36° 27'599" W; 652m). Foram utilizadas 50 vacas Holandesas com peso médio de 500 kg. Os animais foram separados em três grupos, seguindo o manejo utilizado na fazenda: Grupo A= Animais de primeira cria; Grupo B= Animais de maior produção; Grupo C= Animais de menor produção.

Os parâmetros fisiológicos avaliados foram: Frequência Respiratória e Temperatura Retal. A verificação da frequência respiratória ocorreu a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal no intervalo de 1 min, enquanto as medidas da temperatura retal foram realizadas com o auxílio de um termômetro digital de uso veterinário introduzido no reto dos animais durante 1 minuto. Todos os dados foram registrados por três dias consecutivos durante as estações de inverno (julho, agosto, setembro) e verão (outubro, novembro e dezembro) nos horários diários das ordenhas, 5h e 14h.

A produção de leite foi determinada diariamente após as ordenhas, enquanto a composição química (gordura, proteínas, sólidos totais, lactose e caseína) e a contagem de células somáticas (CCS) do leite aconteceram em três coletas mensais para cada estação, com amostras individuais do leite de cada animal. As análises foram realizadas no laboratório do Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste (PROGENE), no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife- PE.

Determinou-se o coeficiente de tolerância ao calor (HTC) baseado na equação desenvolvida por Benezra (1954),

$$\text{HTC} = \text{RR}/23 + \text{RT}/38.33$$

Onde:

RR - Frequência Respiratória (mov min<sup>-1</sup>)

RT - Temperatura Retal (° C)

Os denominadores 23 e 38.33 são RR e RT normais de bovinos em condições ideais.

A influência das estações sobre a adaptabilidade térmica, produção, composição e qualidade do leite foram determinadas por meio de análise multivariada, através da Análise de Componentes Principais (ACP), buscando condensar a maior quantidade de informação contida nas variáveis.

## 7.5 Resultados e Discussão

Na tabela 1, são apresentados os valores médios encontrados para os parâmetros ambientais, fisiológicos e de produção de leite durante os meses de inverno e verão. Não foram observadas diferenças significativas no que se refere às médias de produção de leite e dos parâmetros fisiológicos, apesar dos parâmetros ambientais apresentarem-se bem distintos nas diferentes estações observadas.

Tabela 1 - Valores médios de temperatura (T°), umidade (U), precipitação (P), produção de leite (PL), frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e coeficiente de tolerância ao calor (HTC) durante os meses de inverno e verão.

	T(°C)	U (%)	P (mm)	PL (l)	FR (mov/min)	TR (°C)	HTC
<b>Inverno</b>	26.1	56.8	1,8	18.9	36.9	38.2	2.6
<b>Verão</b>	31.5	42.7	0,0	18.4	41.1	38.2	2,7

Os animais avaliados neste estudo mantiveram-se dentro dos valores tidos como normais para os parâmetros fisiológicos em questão. De acordo com Du Preez (2000), a temperatura retal normal para bovinos leiteiros encontra-se entre 38,0° - 39,3° C, podendo ocorrer variações conforme a idade, sexo, nível nutricional, lactação e estágio reprodutivo. Em relação às frequências respiratórias, existem divergências na literatura sobre os valores ideais. Contudo, para Almeida Neto *et al.* (2014) o intervalo entre 18 e 60 mov.min é considerado normal para vacas leiteiras e indica ausência de estresse por calor.

Os valores encontrados para o Coeficiente de Tolerância ao Calor foram satisfatórios e novamente destacam o bom nível de adaptação térmica do rebanho. Das *et al.* (2017) encontraram, ao avaliar vacas leiteiras de uma região semiárida da Índia, valores médios de HTC no verão de 2,7 para vacas Sahiwal e de 4,1 para vacas Frieswal, demonstrando melhor adaptabilidade das raças Bos Indicus. Entretanto, algumas raças conseguem com o passar dos anos se adaptar bem às características climáticas diferentes das suas de origem. Os resultados deste estudo reafirmam esta informação diante das diferenças mínimas observadas para os valores de FR, TR e HTC no inverno e verão.

Os resultados da Análise de Componentes Principais (ACP) estão representados na Fig. 1. Evidencia-se o agrupamento dos parâmetros fisiológicos (frequência respiratória FR e temperatura retal TR) com o coeficiente de tolerância ao calor (HTC) e a produção de leite, lactose e as vacas dos grupos A e B, na porção positiva do eixo PC1 que contém 30% da informação. Outro agrupamento é observado na porção negativa de PC1 contendo os parâmetros caseína, proteína, CCS, sólidos, gordura e as vacas do grupo C (Fig. 1A).

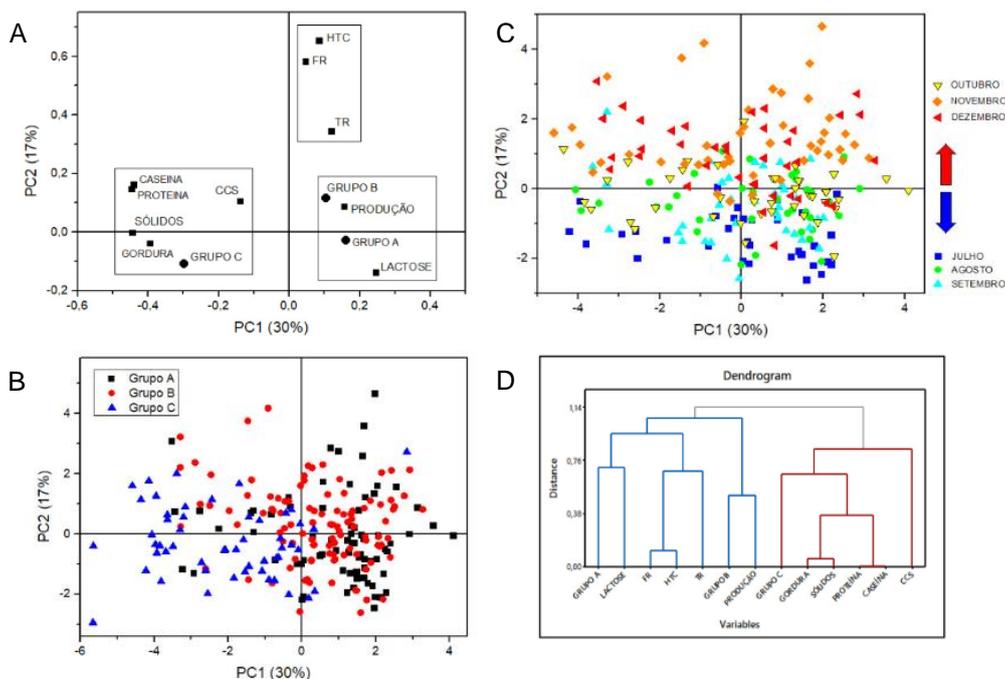


Figura 1 - Componentes Principais para as variáveis fisiológicas, coeficiente de tolerância ao calor, produção, composição e qualidade do leite de vacas holandesas (A); Componentes Principais para os grupos de vacas (B); Componentes Principais para os meses de inverno e verão (C); Dendrograma de similaridade entre as variáveis analisadas (D).

Esse agrupamento sugere grande semelhança entre as vacas dos grupos A e B considerando a produção e o teor de lactose, em comparação com as vacas do grupo C que, por sua vez, possuem maiores teores proteína, caseína, gordura, sólidos CCS e menor produtividade.

A lactose, além de ser o principal carboidrato encontrado no leite, é um regulador osmótico primário, e tem como função extrair água do sangue para equilibrar a pressão osmótica da glândula mamária (LEMOSQUET *et al.*, 2009b; WALL; MCFADDEN, 2012). Assim, o volume de leite produzido depende da quantidade de lactose secretada na glândula mamária (HURLEY; LOOR, 2011) e devido a essa relação ela é o componente com menor variação, quando comparada aos demais parâmetros do leite. É possível que o teor de lactose acompanhe o aumento de volume de leite, ou seja, a produtividade, e que é característica das vacas dos grupos A e B.

Para as vacas do grupo C, observa-se que no agrupamento obtido por ACP, uma vez que ocorrem em oposição à produção do leite, e aumento do teor em caseína, proteína, gordura, sólidos e CCS, pode ser resultante do efeito da diluição do leite, visto que, à medida que a produção de leite aumenta,

as concentrações dos componentes tendem a diminuir (GABBI *et al.*, 2018). Correlações negativas entre os constituintes do leite e a contagem de células somáticas, com valores de produção diária também foram observados em estudo realizado por Galvão Júnior *et al.*, (2010) avaliando matrizes leiteiras de região semiárida. Isso pode ser reflexo do excesso de informações não categorizadas sobre os grupos das vacas, que pode diminuir a qualidade de resposta das correlações, e dificultar o entendimento do comportamento dos parâmetros analisados.

Essa hipótese é fortemente corroborada quando se observa o gráfico de Análise de Componentes Principais dos agrupamentos em PC1 apenas com os tipos de vacas dos grupos A, B e C (Fig. 1B). Neste gráfico, fica evidente que grande parte das vacas possuem comportamentos que se confundem entre si, dentro dos três grupos deste estudo, grupos A, B e C. Assim, pode-se concluir que, mesmo com a separação categorizada destes três grupos de vacas, são perdidas informações e se observa baixa correlação, uma vez que muitas vacas têm comportamentos aleatórios.

Observando agora o eixo PC2 do gráfico dos parâmetros, que contém 17% da informação, o agrupamento localizado na sua porção mais positiva sugere que o HTC é o parâmetro mais representativo nesta dimensão, podendo ser utilizado como elemento de distinção entre os meses mais quentes e mais frios analisados neste experimento. A Figura 1(C) salienta a separação na porção superior pelos meses secos (outubro, novembro e dezembro) e um gradiente de dispersão na porção inferior ao eixo PC2 para os meses chuvosos (julho, agosto e setembro).

Vale ressaltar que, de acordo com o gráfico obtido pela ACP, os meses de setembro e outubro aparecem bastante difusos em torno do eixo de PC2, sugerindo que esse período contém características de períodos quentes e frios simultaneamente, podendo ser retirado do experimento por não fornecer informações robustas características das estações de inverno e verão. Por outro lado, os meses de julho e novembro aparecem mais fortemente caracterizados como os meses tipicamente descritos como inverno e verão, sugerindo que podem ser utilizados como os únicos representantes para o experimento.

Ainda sobre os agrupamentos do eixo PC2, e cientes que, animais de produção apresentam sua capacidade produtiva máxima dentro da zona de termo neutralidade, tal produtividade depende de uma faixa de temperatura que lhe confira conforto térmico (HAFEZ, 1973), tal como observado na porção negativa do referido eixo. Esse comportamento pode ser observado destacando neste grupo que as condições ambientais nos meses mais frios em relação às diferentes épocas do ano mostradas neste experimento, favorecem a produção e aumento da qualidade do leite em todos os grupos de vacas estudados.

É importante ressaltar que, por se tratar de um grande grupo de indivíduos estudados, tendo em vista a extensa variabilidade com que se apresentam os dados ambientais e fisiológicos, é natural que existam dificuldades em perceber tendências e comportamentos uniformes. Isso pode ser amenizado com a Análise de Componentes Principais, pois, como foi mostrado, agrupa os indivíduos mais semelhantes em uma perspectiva gráfica, excluindo as vacas que têm comportamentos antagônicos. Neste caso, é comum que os testes de média, ao utilizar todo o conjunto de dados indiscriminadamente, tenham seus resultados limitados, pois os seus valores numéricos são resultados de uma combinação de comportamentos fisiológicos e ambientais de indivíduos e situações climáticas peculiares e atípicas, ocasionando uma tendência mediana fora do que se espera observar.

Ao avaliarmos a Análise de Agrupamento Hierárquicos (Fig. 1D), observamos a separação do dendograma em dois clusters principais, com o primeiro grupo contendo o HTC, FR e TR, a maior produção de leite e as vacas dos grupos A e B e o segundo grupo contendo as vacas dos grupos C e os demais parâmetros analisados. Tal agrupamento também foi observado no gráfico de ACP, no agrupamento do eixo de PC1 e sugere que as vacas dos grupos A e B, que estão com maior produtividade e relativamente associadas aos parâmetros de menor conforto térmico, podem figurar como os indivíduos com melhor adaptabilidade.

## 7.6 Conclusões

O emprego da Análise de Componentes Principais em geral apresentou respostas positivas na obtenção dos resultados para o conjunto de variáveis estudadas, uma vez que se trata de parâmetros ambientais, sujeitos à grande variabilidade de influências e respostas fisiológicas.

O comportamento do coeficiente de tolerância ao calor indica que está de acordo com os meses mais quentes, mas em razão da grande variabilidade de temperatura que apresentam os meses em estudo, essa resposta é melhor caracterizada se forem selecionados os meses de novembro e julho, reduzindo a dimensão do experimento.

A mesma observação pode ser atribuída às vacas dos grupos A e B, que se confundem entre si, configurando as vacas mais adaptadas do experimento e, segundo a ACP, é possível realizar a mesma observação simultaneamente dentro deste grupo.

As técnicas utilizadas mostraram-se úteis e permitiram estabelecer o grau de influência do ambiente térmico no tocante às demais características avaliadas, sugerindo adaptação dos animais ao ambiente e demonstrando supremacia nas características de produção e qualidade do leite.

## 7.7 Referências

AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS. **Apresentação - PPM 2018**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-detalle-de-midia.html?view=mediaibge&catid=2102&id=3172>. Acesso em: 10 dez. 2020.

ALMEIDA NETO, L. A.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L.; GUISELINI, C. Climatização na pré-ordenha de vacas girolando no inverno do semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, 2014. p. 1072-1078. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1072-1078>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE LÁCTEOS LONGA VIDA. **Relatório anual 2019**. Disponível em: <https://ablv.org.br/wp-content/uploads/2020/05/ABLV-Relatorio-Anual-2019...pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

BATISTA, P.H.D.; ALMEIDA, G.L.; PANDORFI, H. *et al.* Multivariate analysis of the behavior and physiology of Girolando heifers in pasture. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 303-308, 2019.

BENEZRA, M.V. A new index measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. **Journal Animal Science**, v. 13, n. 4, 1954.

BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L.H. *et al.* Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010.

BRASIL. Instrução Normativa n. 76 de 26 de novembro de 2018. Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A, na forma desta Instrução Normativa e do Anexo Único. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 26 nov. 2018.

BURITI, C.O.; BARBOSA, H.A. Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformam o semiárido brasileiro. Lisboa: **Chiado Books**, p. 431, 2018.

DALTRO, D. DOS S.; FISCHER, V.; ALFONSO, E.P.M. *et al.* Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p.374-383, 2017.

DAS, R. *et al.* Single nucleotide polymorphisms in ATP1A1 gene and their association with thermotolerance traits in Sahiwal and Karan Fries cattle. **Indian J. Anim. Res.**, v. 51, n. 1, 2017. p. 70-74.

DELFINO, L.J.B.; SOUZA, B.B.; SILVA, R.M.N. *et al.* Influência de diferentes ambientes de pré-ordenha sobre os valores hematológicos de vacas Pardo-suíças em sistema biodinâmico de produção. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n.2, p. 8-15, 2012.

DU PREEZ, J. H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research.**, v. 67, 2000. p. 263-271.

EMBRAPA GADO DE LEITE. **Anuário Leite 2019**: novos produtos e novas estratégias da cadeia do leite para ganhar competitividade e conquistar os clientes finais. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1109959>. Acessado em: 14 dez. 2020.

FAÇANHA, D.A.E.; FERREIRA, J.B.; LEITE, J.H.G.M. *et al.* Produção de leite e respostas fisiológicas de vacas da raça holandesa em ambiente quente. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.10, n.3, p. 208-215, 2016.

GABBI, A.M.; MCMANUS, C.M.; MARQUES, L.T. *et al.* Typology and physical-chemical characterization of bovine milk produced with different production strategies. **Agricultural Systems**, v. 121, p. 130-134, 2013.

- GABBI, A.M.; MCMANUS, C.M.; MARQUES, L.T. *et al.* Different levels of supplied energy for lactating cows affect physicochemical attributes of milk. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 27, n. 1, p. 11-17, 2018.
- GALVÃO JÚNIOR, J.G.B.; RANGEL, A.H.N.; MEDEIROS, H.R. *et al.* Efeito da produção diária e da ordem de parto na composição físico-química do leite de vacas de raças zebuínas. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n.1, p.25-30, 2010.
- HAFEZ, E.S.E. **Adaptacion de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, p. 563, 1973.
- LE MOSQUET, S.; RAGGIO, G.; LOBLEY, G.E. *et al.* Whole-body glucose metabolism and mammary energetic nutrient metabolism in lactating dairy cows receiving digestive infusions of casein and propionic acid. **J. Dairy Sci.**, v. 92, pp. 6068-6082, 2009b. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2018>
- LIMA, R.S.; ASSUMPÇÃO, M.E.; VISITIN, J.A. *et al.* Alterações celulares induzidas pelo estresse térmico em embriões bovinos. **Braz. J. Vet. Res. An. Sci.**, v. 50, n. 4, p. 257-264, 2013.
- MASSARI, J.M.; CURI, T.M.R de C.; MOURA, D.J de. *et al.* Behavioral characteristics of diferente gender division of growing and finishing swine in “wean to finish” system. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 646-656, 2015.
- MOREIRA, S.J.M.; CARVALHO, C.C.S.; SANTOS, L.V. *et al.* Respostas fisiológicas e adaptabilidade de vacas  $\frac{3}{4}$  Holandês x Zebu ao clima do Semiárido. **Bol. Ind. Anim**, v.74, n. 3, p.162-168, 2017.
- NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **A guide to environmental research on animals**. National Academies, 1971.
- PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. **Delimitação do semiárido mantém formação atual e inclui 54 novos municípios**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/noticias/delimitacao-do-semiarido-mantem-formacao-atual-e-inclui-54-novos-municipios>. Acesso em: 15 dez. 2020.
- VARGAS, D.P.; NÖRNBERG, J. L.; MELLO, R. de O. *et al.* Correlações entre contagem de células somáticas e parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade do leite. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, p. 473-483, 2014.
- VARGAS, D.P.; NÖRNBERG, J.L.; SCHEIBLER, R.B. *et al.* Qualidade e potencial nutracêutico do leite bovino em diferentes sistemas de produção e

estações do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 120, 2015.

WALL, E.H.; McFADDEN, T.B. A local affair: How the mammary gland adapts to changes in milking frequency. **J. Anim. Sci.**, 90, pp. 1695-1707, 2012.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2011-4790>

YOON, Y.; LEE, S.; CHOI, K. Microbial benefits and risks of raw milk cheese. **Food Control**, v. 63, p. 201- 2015, 2016.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse térmico é um desafio de extrema importância na realidade da atividade leiteira, sendo fundamental o conhecimento da resposta animal, assim como das medidas que minimizem esse problema. É concluso que proporcionar conforto e bem-estar aos animais é necessário para garantir uma maior e melhor produção de leite.

Os resultados deste trabalho sugerem que os animais avaliados estão adaptados às condições climáticas da região, pois suas respostas fisiológicas apresentam-se dentro das médias encontradas na literatura, apesar das médias ambientais estarem bem acima dos valores sugeridos para espécies puras. Outro fator que merece ser destacado é o grande potencial melhorador para características produtivas, apresentado pelas fêmeas nos valores de GPTAs aqui encontrados. Apesar de alguma discrepância entre os valores, estas informações podem ser utilizadas como direção em programas de melhoramento genético.

Este estudo aparece em um momento inicial da utilização da seleção genômica em região semiárida brasileira e seu desenvolvimento engloba características de bem-estar animal, produção, qualidade do leite, longevidade, saúde e reprodução. Mas para que este tipo de ferramenta seja efetivamente aplicado, faz-se necessário incentivo financeiro para os custos com a genotipagem, interesse e suporte técnico das empresas para os produtores rurais e educação básica entre produtores, técnicos e pesquisadores para a coleta e armazenamento de dados de fenótipos e de pedigree dos rebanhos.

Em razão da importância do rebanho Holandês (IPA), considerado modelo no cenário de produção leiteira regional e estadual, espera-se que os resultados encontrados nesse trabalho possam contribuir para o desenvolvimento de valores de referências nas avaliações de ambiente e de seleção genética.

## **9 FONTE DE FINANCIAMENTO**

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.