

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**USO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO
ÍNDICE DE BEM-ESTAR ANIMAL EM VACAS PRODUTORAS DE
LEITE**

MIRELLA DOS SANTOS ADAMKOSKY

VILA VELHA
FEVEREIRO / 2016

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**USO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO
ÍNDICE DE BEM-ESTAR ANIMAL EM VACAS PRODUTORAS DE
LEITE**

Dissertação apresentada a Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, para a obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

MIRELLA DOS SANTOS ADAMKOSKY

VILA VELHA
FEVEREIRO / 2016

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

A193u Adamkosky, Mirella dos Santos.
Uso da variabilidade da frequência cardíaca como índice de bem-estar animal em vacas produtoras de leite / Mirella dos Santos Adamkosky – 2016.
26 f.:

Orientadora: Clarisse Simões Coelho.
Dissertação (mestrado em Ciência Animal)
Universidade Vila Velha, 2016.
Inclui bibliografias.

1.Epidemiologia Veterinária. 2. Bovino – Leite. 3. Produção – Leite. I. Coelho, Clarisse Simões. I. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 636.08944


MIRELLA DOS SANTOS ADAMKOSKY

**USO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO
ÍNDICE DE BEM-ESTAR ANIMAL EM VACAS PRODUTORAS DE
LEITE**

Dissertação apresentada a Universidade
Vila Velha, como pré-requisito do
Programa de Pós-graduação em Ciência
Animal, para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em 29 de fevereiro de 2016,

Banca Examinadora:



PROF. DR. Douglas Haese (UVV)



PROF. DR. Elcio das Graças Lacerda (IFES)



PROF. DRA. Clarisse Simões Coelho (UVV)

Orientadora

DEDICATÓRIA

A conquista por este mestrado dedico aos meus pais Clézio e Eloiza e a minha irmã Ariana, com todo meu amor. Muito obrigada pelo apoio, por estarem sempre prontos a acalmar meus anseios e por não medirem esforços para me ajudar.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pelas bênçãos recebidas e por ser a minha força. Agradeço a minha orientadora prof. Dra. Clarisse Simões Coelho, pela oportunidade, confiança, conselhos, incentivos nesta caminhada, prontidão, dedicação e principalmente paciência. A você, o meu obrigada é especial.

Aos demais professores da universidade vila velha, que contribuíram para minha formação profissional.

Ao proprietário da estância paraíso (fazenda fiore) Marcos Corteletti, por permitir o uso do seu estabelecimento.

Os colaboradores da propriedade pela ajuda no manejo com os animais e pela paciência. Obrigada pelo apoio.

A fundação de amparo à pesquisa e inovação do espírito santo (FAPES) pela bolsa de estudo possibilitando a realização do mestrado.

A Dra Tatiana Champion e a mestre Laura Monteiro de Castro Conti, pela colaboração e apoio na formulação e nas análises do trabalho.

A professora Bárbara Loureiro, pela disposição, pelo esclarecimento e ajuda na estatística do trabalho;

A minha família pelo amor sempre recebido e pelo incentivo durante toda a trajetória.

As minhas amigas Carolina D'Ávila Possatti e Marcela Bucher Binda, pela disposição, prontidão e importante colaboração na realização do trabalho, um obrigada muito especial a vocês.

Obrigada a todos.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 <i>Bem-estar animal</i>	4
2.2 <i>Variabilidade da frequência cardíaca</i>	7
3. OBJETIVOS	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
7. REFERÊNCIAS	20
8. APÊNDICE	26

RESUMO

ADAMKOSKY, Mirella, S., M.Sc. Universidade Vila Velha- ES, fevereiro de 2016. **Uso da variabilidade da frequência cardíaca como índice de bem-estar animal em vacas produtoras de leite.** Orientadora: Clarisse Simões Coelho.

O bem-estar de um animal é determinado pela capacidade de evitar seu sofrimento mantendo seu desempenho produtivo, mas ainda existem muitas opiniões divergentes sobre os conceitos de bem-estar. As preocupações envolvendo o bem-estar animal adentraram o ambiente acadêmico, pois, inicialmente, a prerrogativa de evitar o sofrimento envolvia apenas animais de produção pecuária. Atualmente, isso estende-se aos animais usados em ensino e pesquisa. A avaliação do bem-estar animal é um procedimento científico e deve incluir aspectos relacionados com saúde, fisiologia, performance e medidas comportamentais. Dentre as formas de avaliar o estresse animal, podemos destacar a avaliação cardiológica, mais precisamente através de variáveis clínicas, tais como a frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca. O sistema nervoso autônomo participa da regulação dos processos fisiológicos, atuando em situações normais e também em condições patológicas. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é uma medida simples e não-invasiva que está surgindo para determinar essa avaliação, sendo um dos mais promissores marcadores quantitativos do balanço autonômico. A VFC representa as oscilações entre as frequências cardíacas, ou seja, intervalos entre os batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R). Uma VFC elevada representa uma boa adaptação de um indivíduo, possuindo mecanismos autonômicos eficientes, sugerindo ser um indivíduo saudável, e uma baixa da VFC representa uma ineficiência do sistema nervoso autônomo, levando a um mau funcionamento fisiológico, representando uma adaptação anormal do indivíduo. Essa mudança nos valores da VFC representa um indicativo do comprometimento da saúde de um indivíduo. Os objetivos desse experimento foram melhor compreender e interpretar a influência do estresse da cadeia produtiva leiteira sobre a variabilidade da frequência cardíaca de forma a torná-la um possível índice de mensuração do bem-estar animal em vacas produtoras de leite.

Palavras-chave: bovinos, bem-estar, cardiologia, ECG, produção leiteira.

ABSTRACT

ADAMKOSKY, Mirella, S., M.Sc. Universidade Vila Velha- ES, February, 2016. **The heart rate variability as an index of welfare in dairy cows.** Supervisor: Clarisse Simões Coelho.

The animal welfare is determined by the ability of avoiding its suffering and maintaining the animal productive performance. However, still there are many differing opinions about the concept of animal welfare. The concerns involving the animal welfare are now part of the academic world because initially, the concerns of avoiding the animal suffering was only about animal livestock production. Nowadays, these concerns extend to animals used in teaching and researches. The welfare evaluation is a scientific method and should contain on it aspects health, physiology, performance, and behavior measurement. Among the ways to measure the animal stress, we can highlight the cardiac evaluation - more specifically through clinic variable such as the heart rate and the heart rate variability. The autonomic nervous system participates in the adjustment of the physiologic processes, operating in normal and pathological conditions. The heart rate variability (HRV) is a common and non-invasive measure that is emerging to determine this type of evaluation; it is becoming one of the most promising quantitative markers of autonomic balance. The HRV represents the variations between the heart rate, which means gaps between consecutive heart rate (R-R intervals). When the HRV is high, it means that the animal is well-adapted, possessing efficient autonomic mechanisms, which suggests to be a health animal. On the other hand, when the HRV is low, it means an inability of the autonomic nervous system leading to poor physiologic functions, which produces an unusual animal's adaptation. These variations in the HRV values are indicative of compromising the animal health. The main aim of this experiment was to understand and explain better the stress influence in the milk production upon the heart rate variability in order to make it a possible indicator of animal welfare measurement in dairy cows.

Key-words: bovine, welfare, cardiology, ECG, milk production.

1. INTRODUÇÃO

Em 1965, iniciaram-se os estudos envolvendo bem-estar animal, mais especificamente, o bem-estar animal das espécies de produção. O bem-estar de um animal é determinado pela capacidade de evitar seu sofrimento mantendo seu desempenho produtivo, porém os conceitos de bem-estar são divergentes e vieram evoluindo devido às interações multidisciplinares. Entretanto, ainda existem diferentes interpretações por parte de consumidores, produtores e políticos (VIEIRA et al., 2011).

As preocupações com o bem-estar animal vêm ganhando importância, paralelamente ao desenvolvimento sócio-econômico, pois os consumidores estão se preocupando com a qualidade dos produtos, a segurança alimentar e com o respeito ao bem-estar dos animais, bem como ao meio ambiente (WARRISS, 2000). Horgan e Gavinelli (2006) descrevem que tanto em qualidade como em quantidade, os animais que são criados em condições de bem-estar são mais saudáveis e, conseqüentemente, mais produtivos. Viegas et al. (2011) ainda reforçam que existe uma forte relação do bem-estar animal com a segurança e qualidade dos alimentos e, dessa forma, consumidores procuram por produtos gerados nesse sistema, mesmo sendo produtos mais onerosos. Nesse contexto, Arfini et al. (2006) descreveram que é importante o estabelecimento de novas medidas políticas, regulamentações e medidas de suporte.

O bem-estar não está relacionado somente com o animal, mas também com o sistema de produção, incluindo o manejo adequado, condições climáticas, alimentação e alojamento (VIEIRA et al., 2011).

Dentro dessa visão, pesquisas estão sendo realizadas e mostram que, melhorando o bem-estar dos animais, podemos obter melhores resultados econômicos, aumentando a eficiência do sistema de criação, e, dessa forma, pode-se atender o mercado, proporcionando um produto de melhor qualidade (PARANHOS DA COSTA e CROMBERG et al., 1997). Tais pesquisas visam, portanto, adequar sistemas de criação, manejo e estratégias reprodutivas (BLOKHUIS et al., 2008).

Na década de 1970, as preocupações com o bem-estar animal invadiram o meio acadêmico, tendo como fundamento a complexidade da vida animal individual, fazendo relação com a provável presença de consciência e sentimento (MOLENTO,

2007). A prerrogativa de evitar o sofrimento se estendeu, posteriormente, aos animais usados em pesquisas experimentais (RUDACILLE, 2000).

A avaliação do bem-estar animal é um procedimento científico e deve incluir a avaliação da saúde do animal, fisiologia, performance e medidas comportamentais (VIEIRA et al., 2011).

Dentre as formas de avaliar o estresse do animal podemos destacar a avaliação cardiológica, através das variáveis clínicas, tais como a frequência cardíaca (FC) e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), e dosagens hormonais, tais como cortisol sérico (BORELL et al., 2007).

A regulação do sistema cardíaco é composta pela modulação intrínseca (nódulo sinoatrial), pela resposta humoral (adrenalina e noradrenalina) e, principalmente, pela ação do sistema nervoso autônomo (SNA), representado por terminações simpáticas (nervos aferentes e eferentes por todo o miocárdio) e terminações parassimpáticas (nódulo sinusal) (VANDERLEI et al., 2009; CAVALCANTE et al., 2010) .

O coração responde a estímulos fisiológicos e ambientais. A FC é influenciada pelas respostas das vias parassimpáticas e simpáticas, adaptando-se às diferentes situações. No aumento da FC tem-se uma ação maior da via simpática e menor ação da via parassimpática (inibição vagal), enquanto que a diminuição da FC está relacionada ao predomínio da atividade vagal (VANDERLEI et al., 2009; DOURADO et al., 2010).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) são as oscilações no intervalo entre os batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R ou NN) e as oscilações das frequências cardíacas consecutivas, necessárias para manter a homeostase cardiovascular (MADEIRO et al ., 2004; VANDERLEI et al., 2009). Ela reflete o tempo irregular dos intervalos entre os batimentos cardíacos consecutivos, sendo uma técnica não-invasiva que avalia o equilíbrio entre a atividade simpática e vagal do sistema nervoso (BORELL et al., 2007). Essas alterações são normais e esperadas, mostrando a habilidade do órgão em se adaptar a estímulos diversos (VANDERLEI et al., 2009).

A VFC é uma forma segura, simples, eficaz e um valioso instrumento para conhecer e avaliar a atividade autonômica, e vem sendo amplamente empregada na medicina humana, estendendo-se, mais recentemente, à medicina veterinária (ANTELMÍ et al., 2008; VANDERLEI et al., 2009; VIEIRA et al., 2011).

Os valores da VFC reduzem quando ocorre um aumento do tônus do sistema nervoso autônomo simpático e, quando há ação do parassimpático, ocorre um aumento dos valores da VFC (MONTANO et al., 2001). É possível considerar que uma alta VFC significa uma boa adaptação e resposta autonômica eficiente, sendo um indivíduo saudável, e uma baixa VFC, mostra uma adaptação anormal do SNA, devido a uma atividade simpática excessiva ou uma redução vagal, representando um mau funcionamento fisiológico (PUMPRLA et al., 2002; VANDERLEI et al., 2009).

As mensurações da VFC podem ser obtidas utilizando um eletrocardiográfico de alta qualidade (ECG), podendo gravar por um período de tempo suficiente longo para emitir uma boa resolução de frequência (AUBERT et al., 2003).

Segundo Madeiro et al. (2004), a VFC pode ser medida por cada complexo QRS que foram gravadas no ECG, sendo detectados os intervalos NN (SDNN), que são resultados da despolarização sinusal, refletindo a variação do ritmo cardíaco.

A VFC é uma abordagem promissora para avaliar o estresse e o bem-estar dos animais, considerando que é uma técnica não invasiva, sem causar estresse ao animal. Apresenta uma grande possibilidade de uso, tendo um bom custo-benefício e podendo levar a um melhor entendimento dos processos neurofisiológicos de animais submetidos ao estresse (BORELL et al., 2007).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Bem-estar animal*

O bem-estar de um animal é determinado pela capacidade de evitar seu sofrimento, mantendo seu desempenho produtivo (VIEIRA et al., 2011). Duncan (1993) descreve que “o bem-estar está dependente do que os animais sentem”; Webster (1994) afirma que "o bem-estar de um animal é determinado pela sua capacidade de evitar sofrimento e manter performance"; Broom (1996) apresenta o bem-estar animal como o "estado de um indivíduo no que concerne às suas tentativas de lidar com o ambiente" (VIEIRA et al., 2011).

Molento (2003) cita que existe uma preocupação dos seres humanos com o bem-estar animal. Todavia, existem prioridades que entram em conflitos, onde é necessário obter produtos de origem animal com um mínimo custo, ao mesmo tempo em que é necessário um ambiente favorável aos animais, visando o bem-estar desses. O bem-estar é o estado de um indivíduo e a produção de alimento refere-se a produtividade em quantidade de produto por recursos a serem utilizados. Isso reforça as diferentes interpretações envolvendo o conceito de bem-estar por parte dos consumidores, produtores e políticos (QUINTILI e GRIFONI, 2004; VANHONACKER et al., 2007; BLOKHUIS et al., 2008).

As preocupações com o desempenho animal, visando maior produção e, conseqüentemente, um aumento dos lucros, fez com que os métodos de produção sofressem grandes mudanças caracterizando a industrialização da agropecuária (WARRISS, 2000). Entretanto, essa modernização dos processos de produção teve que se adequar às novas exigências envolvendo um processo ambientalmente benéfico, socialmente aceitável e eticamente defensável. Nesse contexto, as propriedades que mantêm seus animais em conforto têm como resultado uma qualidade alimentar, se enquadrando nos novos conceitos de bem-estar animal e se tornando eticamente aceitáveis perante a sociedade moderna (FRASER, 1999). O bem-estar dos animais passou a ser um crescente tópico na produção moderna, devido as preocupações com a qualidade alimentar e reforçando a necessidade de estratégias relacionadas com o desenvolvimento de políticas sustentáveis de produção de produtos de origem animal (BLOKHUIS et al., 2008; VIEIRA et al., 2011).

O assunto “Bem-estar animal” é abrangente e possibilita diversas abordagens. A ênfase, muitas vezes, é sobre as questões éticas, por atuarem nas ações do homem em respeito aos animais, refletindo no mercado. Entretanto, melhorando o bem-estar dos animais obtemos melhores resultados econômicos, aumentando a eficiência do sistema de criação, e obtendo produtos de melhor qualidade, atendendo às expectativas do mercado consumidor (PARANHOS DA COSTA e CROMBERG, 1997).

A preocupação com o bem-estar dos animais se reflete principalmente em produtos de carne bovina (VEISSIER et al., 2007), fazendo com que animais de produção sejam vistos como peça integrante de preocupações sociais, levando em consideração a segurança e a qualidade dos alimentos, proteção ambiental e sustentabilidade (BLOKHUIS et al., 2008). Corroborando com tal afirmativa, Aguiar Fontes et al. (2008), em sua pesquisa, relatam que os consumidores preferem produtos de animais criados em condições de bem-estar e os consomem mesmo sendo produtos mais onerosos. Associam tais produtos com menor estresse, segurança e qualidade alimentar e, conseqüentemente, a qualidade de vida do animal em si (VIEGAS et al., 2011). Além da maior qualidade alimentar, Horgan e Gavinelli (2006) citaram em seu estudo que animais em condições de bem-estar são mais produtivos.

Inicialmente, a prerrogativa de evitar o sofrimento envolvia somente os animais de produção e, posteriormente, passou a envolver também os animais usados em ensino e pesquisas (RUDACILLE, 2000). Em 1970, as preocupações com o bem-estar animal adentraram o ambiente acadêmico, baseando no reconhecimento da complexidade da vida animal individual e no detalhamento crescente da provável presença de consciência e sentimento (MOLENTO, 2007). Reforçando tal linha de pensamento, Vieira et al. (2011) descrevem que a avaliação do bem-estar é um procedimento científico e deve incluir aspectos relacionados com saúde, fisiologia, performance e medidas comportamentais.

Uma forma de avaliação do bem-estar animal em animais de produção são as chamadas “5 Liberdades”, que é atualmente uma referência para os estudos, e elas identificam os elementos e definem as condições necessárias para determinar o bem-estar. Consistem em: (1) livre de fome e de sede, os animais devem possuir acesso a água de qualidade e possuírem uma dieta equilibrada; (2) livre de desconforto, o ambiente deve ser adequado e apresentar uma zona de descanso; (3) livre de dor, ferimentos e doenças, inclui a prevenção de doenças e caso

apresentarem devem ser oferecidos tratamentos adequados; (4) liberdade de expressar comportamento normal, possuírem um espaço adequado com instalações favoráveis e terem a companhia de outros animais da mesma espécie; e (5) livre de estresse, medo e ansiedade, oferecendo condições de manejo adequadas (VIEIRA et al., 2011).

Dentre outras formas de avaliar o estresse animal, novas propostas incluem a avaliação cardiológica, mais precisamente as determinações de variáveis como frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que apresentam um grande potencial de interpretação e um melhor entendimento do estresse e bem-estar dos animais de produção (BORELL et al., 2007).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) vem sendo bastante estudada na medicina humana para compreender melhor as doenças cardiovasculares, diabetes, hipertensão e distúrbios psicológicos. Adicionalmente, o estudo da VFC também adentrou nas pesquisas realizadas na medicina veterinária, para analisar mudanças no sistema nervoso, estresse psicológico e ambiental e também características individuais dos animais (BORELL et al., 2007).

A VFC é uma ferramenta de fácil aplicabilidade, não invasiva e bem difundida atualmente. Entretanto, sua compreensão mostrou-se um pouco complexa devido a vários índices usados para sua interpretação. Dentro desse contexto e devido ao grande número de trabalhos realizados sobre essa ferramenta, a Sociedade Européia de Cardiologia e a Sociedade Americana de Estimulação Cardíaca e Eletrofisiologia padronizaram os métodos de mensuração da VFC e os índices para a melhor compreensão dos resultados. Dessa forma, o uso da VFC como análise da função cardíaca tanto em condições fisiológicas como patológicas, vem se destacando (PORTELA, 2006; VANDERLEI et al., 2009; MARK et al., 2011).

Segundo Borell et al. (2007), a avaliação do estresse e do estado emocional dos animais através da VFC, é uma abordagem promissora, pois é uma avaliação não invasiva, de fácil aplicabilidade e apresenta um grande potencial para a compreensão dos processos neurofisiológicos em resposta ao bem-estar de um animal, principalmente os animais de produção. Todavia, mesmo sendo um método bastante estudado nas pesquisas, a VFC, como indicador de bem-estar em bovinos, ainda necessita de estudos, pois as pesquisas realizadas com essa espécie são pequenas (BOREL et al., 2007).

2.2. Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

Nos bovinos, o coração tem forma mais globosa e está localizado ventralmente na cavidade torácica, estendendo-se do terceiro ao sexto espaços intercostais, com a base dorsal alcançando a metade da altura vertical do toráx. O ápice do coração está localizado logo acima do esterno. O coração está direcionado levemente à esquerda e caudalmente, com 5/7 do mesmo situado a esquerda e 2/7 ocupando o lado direito do plano mediano, mais precisamente a valva atrioventricular direita (valva tricúspide). Devido a anatomia do órgão, realiza-se o exame do lado esquerdo, mas não podendo negligenciar o exame do lado direito. O exame do coração é realizado por inspeção, palpação, percussão sonora e dolorosa e auscultação (ROSENBERGER, 1993; FEITOSA, 2008).

O coração tem como principal função manter uma boa circulação sanguínea, para um bom funcionamento de todos os órgãos e tecidos, levando oxigênio para todas as células do corpo, permitindo o transporte de gás carbônico, nutrientes e eletrólitos e também transportar substâncias indesejadas para serem metabolizadas e eliminadas por órgãos como rim e fígado (FEITOSA, 2008).

A mecânica cardíaca é basicamente controlada e mantida pelo sistema nervoso autônomo, se dividindo em dois sistemas, onde os nervos cardíacos emergem dos trocos simpáticos que atuam como acelerador e os e parassimpáticos (vagal) que atuam como modulador (FEITOSA, 2008; GRUPI, 1994).

A frequência cardíaca (FC) é controlada pela atividade simpática e parassimpática, e durante o ritmo sinusal normal o seu valor resulta da influência instantaneamente de vários mecanismos fisiológicos que a regulam (CAMBRI et al., 2008). Os valores de referência da FC para uma vaca em lactação variam de 60 a 90 batimentos por minutos (bpm) (ROSENBERGER, 1993; HEAD, 1995).

O aumento da FC é devido a uma maior ação da via simpática e uma menor ação da via parassimpática, resultando em inibição vagal. Isso ocorre em situações de estresse, tais como exercício, doença e calor excessivo. Quando ocorre uma atuação basicamente exclusiva da atividade vagal, tendo ação do parassimpático ocorre uma diminuição dos batimentos cardíacos, diminuição da força de contração do músculo e diminuição da condução dos impulsos através do nódulo AV (auriculo-ventricular) (BERNTSON et al., 1997; VANDERLEI et al., 2009).

Os neurotransmissores (acetilcolina e noradrenalina) são responsáveis pelos efeitos do sistema nervoso que atuam sobre o sistema cardiovascular, embora a liberação de outros neurotransmissores nas terminações pós-ganglionares

simpática e parassimpática podem minimizar ou aumentar a ação da acetilcolina e noradrenalina, gerando um aumento do controle cardiovascular por aumentar ou diminuir a sensibilidade do músculo a estimulação simpática e parassimpática (FRANCHINI, 1998).

O débito cardíaco pode ser modificado com a liberação da acetilcolina e da noradrenalina no coração, atuando na alteração da força de contração das fibras miocárdicas e a frequência cardíaca. A liberação da noradrenalina nos vasos de resistência da circulação sistêmica modifica o estado contrátil, modificando também a resistência vascular periférica, e com esta liberação o simpático pode atuar sobre as células musculares lisas e miocárdicas (COWLEY et al., 1996; VICTOR e MARK, 1995).

Os ajustes do débito cardíaco e da resistência vascular periférica são mediadas pelas respostas reflexas do simpático e do parassimpático contribuindo, desta forma, para a estabilização e manutenção da pressão arterial sistêmica em varias condições fisiológicas. Os arcos reflexos estão envolvidos na modulação da atividade parassimpática para o coração e simpática para coração e vasos, ligados aos receptores arteriais (alta pressão), aos receptores cardiopulmonares (baixa pressão) e aos quimiorreceptores arteriais (IRIGOYEN et al., 2003).

Fatores como respiração, estresse, temperatura e pressão sanguínea podem determinar o balanço exercido pelo sistema nervoso autônomo. Como exemplo, o movimento respiratório pode inibir a ativação simpática centralmente através de receptores de pressão arterial e estimular periféricamente o nervo vago. As variações da pressão arterial, percebidas por barorreceptores, induzem resposta compensatória por inibição ou estimulação simpática central. A resistência vascular periférica ou débito cardíaco podem ser modificados com a ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona e a termorregulação modificando a pressão arterial e ativando as vias modulatórias da pressão (ACHARYA et al., 2006).

Os métodos não-invasivos usados para avaliar as funções simpática e parassimpática, ou seja, avaliação da função cardíaca, incluem a variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo (VFC).

A VFC é uma medida não invasiva que vem sendo utilizada para representar e melhor compreender a atuação do sistema nervoso autonômico em diferentes indivíduos (PUMPRLA et al., 2002; AUBERT et al., 2003). Ela representa as oscilações dos intervalos dos batimentos cardíacos consecutivos (intervalos RR), possuindo relação com o sistema nervo autonômico (SNA) sobre o nódulo sinusal

(VANDERLEI et al., 2009). A irregularidade dos batimentos cardíacos é normal e esperada e indica a habilidade do órgão em responder a estímulos (RAJENDRA et al., 2006). Pumplra et al. (2002) descrevem que elevações na VFC representam uma boa adaptação do indivíduo e uma baixa da VFC pode indicar uma adaptação anormal. Nesse contexto, os valores da VFC reduzem quando ocorre um aumento do tônus do sistema nervoso autônomo simpático e quando há ação do parassimpático ocorre um aumento dos valores da VFC (MONTANO et al., 2001).

A variação dos intervalos de despolarização cardíaca, promovida pela influência autonômica, pode ser detectada ao eletrocardiograma (ECG) pelas diferentes distâncias entre as ondas R normais (intervalos RR ou NN) (STEIN e KLEIGER, 1999).

O eletrocardiograma (ECG) é utilizado para a análise da avaliação da VFC, é um aparelho de qualidade, não-invasivo e representa de forma eficiente os intervalos cardíacos, podendo durar um tempo mínimo gravando sequências de batimentos cardíacos e também duração de 24 horas de gravação (AUBERT et al., 2003).

Segundo Porto e Junqueira (2009), os instrumentos utilizados para obter o valor de VFC são os conversores analógicos, ou cardiofrequencímetro, que se destacam pela facilidade de utilização a campo e por não ser invasivo, e o eletrocardiograma (ECG), que são muito utilizados e também não invasivos, mas que apresentam algumas limitações quanto ao seu uso, pois podem sofrer influências quando utilizados fora do ambiente laboratorial (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003). Entretanto, Pimentel et al. (2010) citam que o uso do ECG é primordial na avaliação cardiológica, mesmo com o uso dos cardiofrequencímetros.

Na interpretação do ECG a onda P, significa a despolarização atrial, resultante de um impulso gerado no nódulo sinusal e sendo distribuídos pelos átrios. Esse impulso gerado inicialmente é conduzido através do nódulo atrioventricular e dissipado pelas fibras de Purkinje aos ventrículos, gerando a despolarização deste, onde no ECG é representado pelo complexo QRS (ondas Q, R, S), e a onda T no ECG, é a repolarização ventricular (JAMES et al., 2007).

Para a análise da VFC índices são obtidos através dos intervalos RR, podendo ser por métodos lineares no domínio do tempo, sendo avaliada por índices estatísticos e geométricos, e no domínio da freqüência, podendo ser avaliadas em um curto período de tempo de 0,5 a 5 minutos ou durante 24 horas (AUBERT et al., 2003; CAMBRI et al., 2008).

A análise no domínio do tempo expressa os resultados em unidade de tempo, sendo em milissegundos, onde cada intervalo RR é detectado em um tempo determinado, e em sequência é calculada os índices (RASSI, 2000).

As variáveis calculadas por este método são representadas por valor médio dos intervalos NN, desvio padrão entre todos os intervalos NN (SDNN), desvio padrão dos intervalos NN médios obtidos a cada 5 minutos (SDANN), média dos desvios padrão entre intervalos NN obtidos a cada 5 minutos (SDNNi), raiz quadrada da média entre as diferenças ao quadrado dos intervalos NN consecutivos (rMSSD), expresso em ms e percentagem de intervalos consecutivos com diferença superior a 50 ms (pNN50) (STEIN e KLEIGER, 1999; BITTENCOURT et al., 2005).

Outro método de análise da FVC é no domínio da frequência, implica nos registros de intensidade das ondas, e são verificadas em intervalos de tempo menores. Os componentes desse método são HF (High Frequency), variação de 0,15 a 0,4Hz correspondendo a modulação respiratória, demonstrando a atuação do nervo vago; LF (Low Frequency): variação entre 0,04 e 0,15Hz, mostrando uma maior atuação do sistema nervoso simpático, entretanto ocorrendo também uma ação simultânea parassimpático; e por ultimo os índices VLF (Very Low Frequency) e ULF (Ultra Low frequency), que ainda não possuem uma explicação fisiológica, e com isso são menos utilizados (ROCHA et al., 2005).

Na análise de variabilidade da frequência cardíaca podem ocorrer influências no processo de segmentação do complexo QRS, por serem interpretadas por pessoas, que devem ser treinadas para essa análise, evitando assim possíveis erros (MADEIRO et al., 2004).

Possui também os métodos não-lineares, que estão sendo utilizados para interpretar e explicar os comportamentos biológicos. Esses parâmetros vem se destacando nos casos clínicos, mas ainda há a necessidade de maiores estudos para melhor entender esse métodos. Os métodos não-lineares para a avaliação da VFC são a análise de flutuações depuradas de tendências, função de correlação, expoente de Hurst, dimensão fractal e o expoente de Lyapunov (NOVAIS et al., 2004; LOGIER et al., 2004).

A avaliação da VFC demanda de mais estudos, pois estes podem contribuir para a compreensão da ligação entre as funções cardíacas e neurais, resultando em uma melhor compreensão e padronização das alterações autonômicas em desordens crônicas como as cardiovasculares, tornando-se uma nova ferramenta de auxílio no diagnóstico clínico (BARBOSA et al., 2011).

3. OBJETIVOS

O presente estudo foi motivado pela necessidade de melhor compreender e interpretar a influência do estresse da cadeia produtiva leiteira sobre a variabilidade da frequência cardíaca de forma a torná-la um possível índice de mensuração do bem-estar animal em vacas produtoras de leite.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo incluiu 27 fêmeas bovinas, primíparas, sendo 15 animais da raça Holandesa, pesando $559,2 \pm 32,0$ kg, com idades entre 18 e 29 meses, e 12 animais da raça Girolanda, pesando $458,7 \pm 21,8$ kg, com idades entre 12 e 26 meses, todos considerados normais baseado em exame físico prévio. Estes animais pertencem a propriedade produtora de leite Estância Paraíso - Fiore, localizada no município de Santa Teresa, estado do Espírito Santo, Brasil.

Todas as vacas são submetidas ao mesmo manejo alimentar e sanitário. A alimentação dos animais consiste em uma dieta balanceada, fornecida três vezes ao dia, às 5h:00, 12h:00 e 17h:00, para cada lote. A dieta é constituída com 30 kg de silagem de milho, 2 kg de silagem pré-seca de capim (Mombaça - *Panicum maximum*) ou feno de *tifton* (*Cynodon* spp), 2 kg de caroço de algodão, 2 kg de polpa cítrica e 8 kg de ração comercial, constituída de fubá de milho, farelo de soja e premix mineral (Coopeave) água e sal mineral são fornecidos *ad libitum*. Os animais são vacinados contra brucelose, febre aftosa, raiva, clostridiose, botulismo, leptospirose, IBR, BVD e mastite ambiental (Merial ou Biogénesis Bagó). As vacas em lactação são vermifugadas com Eprinex (Merial) de descarte zero no leite.

As vacas usadas pertencem ao lote de fêmeas de primeiro parto (primíparas) contendo 60 animais, das raças Girolanda e Holandesa. Os animais são ordenhados diariamente, três vezes ao dia, em sistema mecanizado, sendo o modelo espinha de peixe. O lote de vacas a serem ordenhadas é alojado em uma sala onde os animais recebem um banho com aspersores, que dura aproximadamente 30 minutos, para promover a limpeza antes de entrar na linha de ordenha e ajudar a reduzir o estresse térmico dos animais. Após o banho, as vacas se alojam na sala de espera, contendo ventiladores, novamente para minimizar o estresse térmico, e permanecem até entrar na linha de ordenha, que acomoda cinco animais em cada linha, totalizando dez vacas para serem ordenhadas. Após a entrada na ordenha, as vacas são identificadas no monitor localizado no fosso da ordenha pelo seu número, através de brinco numerado e por um colar numerado. Esses monitores registram a produção de leite de cada ordenha. Após o registro dos animais, o ordenhador faz o teste da caneca de fundo preto nos quatros tetos para verificar a presença de grumos e, posteriormente faz o *pré-dipping* e seca os tetos; posteriormente, coloca as teteiras, que são retiradas automaticamente após o término de liberação do leite e

fazem o pós-*dipping*.

Previamente ao experimento, os animais foram submetidos a um período de adaptação de duas semanas. Nesse período, as vacas foram manipuladas 3 vezes na semana, durante o qual foram realizados exame clínico completo e colocação dos cliques do eletrocardiograma. As vacas leiteiras a serem usadas de cada raça foram selecionadas ao acaso, conforme entravam na linha de ordenha e se direcionavam ao local do exame, sem influência por parte do pesquisador, bem como dos tratadores. O procedimento foi feito até que se atingisse, pelo menos, 12 vacas de cada raça.

Para a presente pesquisa, cada uma das vacas foi avaliada na segunda ordenha do dia, no horário de 13h:00. No dia do experimento foram registradas temperatura ambiente e produção de leite da ordenha avaliada, além dos parâmetros clínicos (frequência cardíaca - FC, frequência respiratória - FR, temperatura corpórea - TC, coloração de mucosas, tempo de preenchimento capilar) e informações relatadas pelo tratador, referentes ao comportamento dos animais.

Os eletrocardiogramas (ECG), cada um com duração de 5 minutos, foram obtidos de cada animal em três momentos (antes, durante e após a ordenha), usando um com 12 canais eletrocardiógrafo ECG-PC (Tecnologia Eletrônica Brasileira - TEB - Brasil), com uma sensibilidade de 1 mV = 1 cm para derivação bipolar II e uma velocidade de 25 mm/s para avaliar o ritmo e FC e 50 mm/s para medir a duração e amplitude das ondas e intervalos. Eletrodos foram fixados na pele do animal usando clips jacaré, sendo colocados na parte caudal dos membros anteriores na altura do olécrano e nos membros posteriores lateral a articulação do joelho, para registro das derivações bipolares I, II e III e derivações unipolares aVR, aVF e aVL. Todas as gravações foram feitas com as vacas em posição quadrupedal contidas na ordenha, com os membros paralelos entre si e perpendiculares em relação ao eixo do corpo.

A VFC foi calculada no domínio do tempo, através da análise de 10 intervalos NN consecutivos a partir do qual foi criada uma variação da amostra cujo logaritmo neperiano representa a real VFC (TÁRRAGA, 2002). Intervalos NN com arritmias ou distúrbios de condução foram excluídos.

A fórmula matemática abaixo foi utilizada:

$$VFC = \log_e \left(\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n(n-1)} \right),$$

onde VFC = variabilidade da frequência cardíaca (VFC); loge = logaritmo natural (neperiano); n = número de intervalos NN analisados; x = intervalo de NN.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, considerando normal quando $p > 0,10$. Posteriormente, foi feita a análise de variância de VFC nos momentos antes, durante e após a ordenha, pelo teste de ANOVA para análises repetidas seguido do teste de Tukey, para cada raça. Foi utilizado o teste-t para comparar os valores de FC, FR, TC, produção de leite e VFC entre as raças estudadas. Os resultados foram analisados através do programa estatístico GraphPad InStat 3.0 (GraphPad, La Jolla, CA, EUA). Finalmente, as análises de correlação entre a VFC e a FC e a VFC e produção de leite, para cada raça, foi feita através do teste de Pearson, usando o procedimento CORR do Sistema de Análise Estatística (SAS System 9.2, SAS Inst., Cary, NC, EUA). Uma correlação forte ocorre quando o valor de r está próximo de 0,9 e $p < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os exames físicos realizados para selecionar os animais foram: frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), presença de ruídos ruminais normais na auscultação abdominal, temperatura corpórea (TC) e avaliação das mucosas. Todos os parâmetros físicos usados para selecionar os animais estavam dentro da normalidade para a espécie segundo ROSENBERGER (1993).

Todos os animais foram avaliados em um total de sete dias, no mês de agosto, com uma média de temperatura ambiente local registrada de 27,6°C, característico de região tropical.

Os valores médios de FC, FR, TC, produção de leite e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) registrados no período experimental estão apresentados na Tabela 1. Todas as variáveis tiveram distribuição normal com $p > 0,10$ pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Como não houve diferença significativa para os valores de VFC registrados nos momentos antes, durante e depois da ordenha, tanto para a raça Girolanda ($p = 0,1883$) quanto para a raça Holandesa ($p = 0,0653$), foi usada apenas o valor médio da referida variável na Tabela 1, bem como nas análises de correlação.

Com relação a FC dos animais, observa-se que os valores médios apresentados na Tabela 1 demonstraram-se abaixo dos limites de referência para a espécie, sendo estes de 60 a 90 bpm para bovino adulto em repouso, segundo ROSENBERGER (1993). De acordo com PORCIONATO et al. (2009), analisando comportamento de vacas Holandesas em início de lactação durante a ordenha, vacas primíparas tiveram um aumento na porcentagem de coices, sobrepessos, derrubadas de teteira, micções e vocalizações quando comparadas as vacas multíparas, resultando em animais mais estressados e com FC e FR alteradas. Entretanto, os valores registrados na presente pesquisa para FC, ligeiramente abaixo dos valores de referência e sem diferença entre as raças estudadas, sugere estresse mínimo no momento da ordenha.

Opostamente, os valores médios da FR para os animais de ambas as raças, mostraram-se superiores a faixa de referência, sendo de 24 a 36 movimentos por minutos (mpm), para animais adultos de 500 a 600 kg de peso corporal, segundo ROSENBERGER (1993). Tal fato poderia ser explicado pelo estresse térmico gerado pela temperatura ambiental. NÄÄS (1989) cita que a temperatura ambiente ideal

para a maioria dos ruminantes fica na faixa de 13 a 18 °C, mas constatou que a temperatura confortável para vacas em lactação é na faixa de 4 a 24 °C, podendo ser restringidas essas faixas em função da umidade relativa e da radiação solar. Deve-se lembrar que a temperatura registrada no presente estudo era de 27,6°C, possibilitando realmente um estresse térmico aos animais, e demonstrando uma ineficiência, do sistema de climatização. HUBER (1995) ressalta que animais em condições de estresse térmico reagem com mudanças fisiológicas, que são o aumento da frequência respiratória, podendo ser superior a 40 movimentos respiratórios por minuto, aumento da frequência cardíaca, aumentando também o consumo de água e diminuição na ingestão de alimento.

Ao analisar os valores de temperatura corpórea nota-se que os animais de ambas as raças apresentaram valores médios abaixo dos limites de referência, que variam de 37,8 a 39,2°C (ROSENBERG, 1993). Essa temperatura corpórea mais baixa pode ser explicada pela maior dissipação de calor feita pelo sistema respiratório. Conforme supracitado, a temperatura local estava acima do ideal, caracterizando estresse térmico. Entretanto, o mecanismo compensatório adotado pelos animais foi o aumento da FR, que foi eficiente visto que os valores da temperatura corpórea ficaram próximos da faixa de normalidade (SOUZA et al., 2010). Adicionalmente, apesar de uma temperatura baixa, os animais foram considerados clinicamente hígidos, visto que os valores não chegaram aos citados por ROBERTSHAW (2006), que caracterizariam hipotermia (abaixo de 35°C).

Corroborando com a hipótese de controle eficaz do estresse térmico, não houve diferença entre FC das vacas da raça Holandesa e das vacas da raça Girolanda, bem como para FR e temperatura corpórea. Isso pode ser explicado pelo controle térmico do no local da ordenha. A temperatura no local foi controlada por meio de aspersão de água nos animais no período antecedente a ordenha e com ventiladores antes, durante e após a ordenha. Esse controle do ambiente térmico fornece condição favorável para minimizar a sensação térmica dos animais, possibilitando que tanto a FC como a FR podem muitas vezes serem mantidas dentro da faixa de referência, como foi afirmado por SILVA et al. (2002), que a utilização em seu estudo de aspersão de água e ventiladores em animais da raça Holandesa possibilitam menos estresse térmico durante a ordenha, resultando em uma diminuição da FC.

A produção de leite das vacas da raça Holandesa foi superior à das vacas da

raça Girolanda e esse achado pode ser explicado pela seleção genética das fêmeas taurinas para produção de leite (FREITAS et al., 1995), visto que todos os animais estudados estavam sob o mesmo controle térmico de ambiente, manejo e mesma alimentação. Adicionalmente, MAGNABOSCO et al. (1993) e SOUZA et al. (1996) relataram em seus estudos que vacas mestiças são pouco adaptadas a ordenha mecânica, fato este que também pode explicar a menor produção de leite das vacas da raça Girolanda, oriundas do cruzamento entre a raça Holandesa e a raça Gir.

Com relação a VFC, observa-se que as vacas da raça Holandesa apresentaram valores significativamente superiores do que as vacas da raça Girolanda e, segundo VANDERLEI (2009), a alta VFC significa que o animal possui uma boa adaptação e resposta autonômica eficiente. Associando tal achado com os dados anteriormente discutidos, isso sugere que a maior produção de leite nas Holandesas, mesmo em um ambiente com elevada temperatura, reforça a hipótese de uma possível maior adaptação ambiental da raça Holandesa, antes considerada muito sensível ao estresse térmico de condições tropicais de criação, bem como maior adaptação ao sistema de ordenha mecânica.

Nos animais da raça Girolanda, não houve correlação entre VFC média e FC ($r=-0,4441 / p=0,1481$) e, de forma semelhante, nos animais da raça Holandesa, não houve correlação entre VFC média e FC ($r=0,3104 / p=0,2601$). Tais achados discordam da literatura. Segundo MONTANO (2011), quanto menor o número de batimentos cardíacos (FC), maior será a VFC, ou seja, mais adaptado o animal estaria ao ambiente e/ou manejo. Todavia, nesse estudo, observou-se que os animais da raça Holandesa que apresentaram maior VFC, e em teoria uma maior adaptação visto que apresentaram uma maior produção leiteira, apresentaram também uma FC maior quando comparados com aos animais da raça Girolanda, que tiveram menor VFC. Entretanto, era esperado uma menor FC para esses animais, fato não comprovado na presente pesquisa e sem justificativa aparente. Diferentemente, MOHR et al. (2002), em seu estudo realizado para avaliar a VFC em bezerros e vacas leiteiras como indicador de bem-estar, demonstraram que os animais apresentaram uma diminuição da VFC, quando ocorria um aumento do estresse, elevando sua frequência cardíaca, alterando o sistema nervo autonômico, diminuindo o tônus vagal.

Não foram observadas correlações também entre VFC média e produção leiteira na raça Girolanda ($r=-0,1673 / p=0,6033$) e na raça Holandesa ($r=0,0842 /$

$p=0,7653$). Apesar das vacas Holandesas terem produzido mais leite e terem registrado maiores valores de VFC, tal correlação não foi confirmada.

Ao analisar as variáveis produção de leite animal e temperatura corpórea, observa-se que houve correlação ($p<0,05$) entre essas variáveis para as vacas da raça Girolanda ($r=0,6163$ / $p=0,0328$). Opostamente, essa correlação não foi observada nos animais da raça Holandesa ($r=0,0842$ / $p=0,7653$). Isso sugere que nas fêmeas mestiças, a produção de leite foi diretamente proporcional ao aumento do metabolismo e aumento do calor endógeno. Entretanto, pode-se afirmar que a dissipação desse calor foi eficiente, mesmo em condições tropicais, visto que a temperatura corpórea média dos animais Girolanda usados ficaram dentro da faixa de normalidade da espécie, conforme discutido anteriormente.

Houve correlação entre produção de leite e o peso do animal para as fêmeas da raça Girolanda ($r=0,6683$ / $p=0,0175$) e as fêmeas da raça Holandesa ($r=0,5331$ / $p=0,0407$). Nota-se que as vacas Holandesas apresentaram maior peso vivo, bem como apresentaram maior produção de leite por ordenha. Proporcionalmente, as vacas da raça Girolanda, que são mais leves, produziram menos leite. Baseado nas pesquisas realizadas por SASAKI et al. (1993), fêmeas da raça Holandesa são maiores produtores de leite devido sua aptidão e por apresentarem maior período de lactação, exigência nutricional e peso vivo. Corroborando com tal citação, SANTOS (1996) relata que, no pós-parto, vacas que perdem mais peso têm maior dificuldade em aumentar o consumo de matéria seca, e vacas que perdem menos peso atingem o balanço energético mais cedo e aumenta o consumo de alimento. Vacas mais gordas ao parto mobilizaram mais reservas corporais e tenderam a perder mais peso (REID et al., 1986; PEDRON et al., 1993), havendo uma relação inversa entre consumo de alimento e mobilização de gordura. Nesse contexto, vacas Holandesas possuem um maior período de lactação, resultando em maior produção em volume de leite, quando comparadas com vacas da raça Girolanda. Por serem maiores, as vacas Holandesas apresentam maiores exigências energéticas, necessitando de um maior consumo de alimento (TEIXEIRA et al. 1994).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos na presente pesquisa, é possível concluir que a variabilidade da frequência cardíaca não foi fidedigna como um indicador de bem-estar animal em vacas produtoras de leite, visto que não houve correlação da mesma com a frequência cardíaca ou com a produção leiteira tanto nos animais da raça Girolanda quanto nos animais da raça Holandesa.

Mais estudos são necessários nesta área para determinar tal indicador como índice de bem-estar animal.

7. REFERÊNCIAS

- ACHARYA, U.R. et al. Heart rate variability: a review. *Medical & Biological Engineering & Computing*, Heidelberg, v. 44, n. 12, p. 1031-1051, 2006.
- ACHTEN J, JEUKENDRUP AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medecine*,v.33,p.518-38,2003.
- AGUIAR FONTES M., LEMOS J.P.C., BANOVIC M., MONTEIRO A.C.G, LÚCIO C., DUARTE F., FRAUSTO DA SILVA & M., BARREIRA M.M. Is beef differentiation a real source of competitiveness? A combination of procedures to achieve an answer. In Fanfani R., Ball E., Gutierrez L. & Ricci Maccarini E. (Eds.) *Competitiveness in Agriculture and Food Industry: US and EU Perspectives*,p. 137-153, 2008.
- ANTELMÍ, I.; CHUANG, E.Y.; GRUPI, C.J.; LATORRE, M.R.D.O.; MANSUR, A.J. Recuperação da frequência cardíaca após teste de esforço em esteira ergométrica e variabilidade da frequência cardíaca em 24 horas em indivíduos saudáveis. *Arquivo Brasileiro de cardiologia*, p. 413-418, 2008.
- ARFINI, F.; CERNICCHIARO, S.; MANCINI, M.C. Animal welfare in the CAP and large scale distribution, Public social policy and consumer trust. In; 99th EAAE Seminar “Trust and risk business networks”, Bonn, Germany, FEB 8-10, p.449-458,2006.
- AUBERT, A.E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, v.33, n.12, p.889-919, 2003.
- BARBOSA J.L.R, BELASCO D.J. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com lesão medular. *Rev Neurocienc*, v.19,p.294-299, 2011.
- BARBOSA E.C, BRASIL F, et al. Avaliação da função autonômica na cardiomiopatia hipertrófica. *Arquivo Brasileiro Cardiologia*, v.85, p. 388-396, 2005.
- BERNTSON, G.; BIGGER, J.; ECKBERG, D.; GROSSMAN, P; KAUFMANN P; MALIK, M.; NAGAJARA, H.; PORGES, S.; SAUL, J.; STONE, P.; VAN DER MOLEN, M. Heart Rate Variability: Origins, methods and interpretive caveats. *Psychophysiology*,v.34, p. 623-648, 1997.
- BITTENCOURT, M.I.; BARBOSA, P.R.B.; DRUMOND NETO, C.; BEDIRIAN, R.; BORELL, E.; LANGBEIN, J.; DESPRES, G.; HANSEN, S. et al. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals – a review. *Physiology & Behavior*, v.92, p.293-316, 2007.

BLOKHUIS, H.; KEELING, L.J.; GAVINELLI, A.; SERRATOSA, J. Animal welfare's impact on the food chain. *Trends Food Science and Technology*, v.19, p.79-87, 2008.

CAMBRI, L.T.; OLIVEIRA, F.R.; GEVAERD, M.S. Modulação autonômica cardíaca em repouso e controle metabólico em diabéticos tipo 2. *HU Revista*, v. 34, p. 115-121, 2008.

CAVALCANTE, M.D.S.; REINERT, J.; DE-OLIVEIRA, F.R.; BERTUZZI, R.C.M.; PIRES, F.O.; LIMA-SILVA, A.E. Resposta da variabilidade da frequência cardíaca e glicemia durante o exercício Incremental. *Brazilian Journal of Biomotricity*, v. 4, n. 4, p. 256-265, 2010.

COWLEY JR, A.C.; FRANCHINI, K.G. Autonomic control of blood vessels. In: Robertson D, ed. *Primer on the Autonomic Nervous System*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.p.49-55,1996.

DOURADO, V. Z.; BANOVA, M. C.; MARINO, M. C.; SOUZA, V. L; ANTUNES, L. C. O.; MCBURNIE, M. A. A simple approach to assess VT during a field walk test. *International Journal of Sports Medicine*, v. 31, p. 698 – 703, 2010.

FEITOSA, F.L.F. *Semiologia veterinária: A arte do diagnóstico*. Editora Roca, 2ªed, p. 201–211, 2008.

FRANCHINI, K.G. Função e disfunção autonômica na doença cardiovascular. *Rev Soc Cardiologia*, v. 8,p.285-297,1998.

FRASER, D. Animal ethics and animal welfare science: bridging the two cultures. *Appl. Animal Behavior Science*, v. 65, p. 171-189, 1999.

FREITAS, A. F.; LEMOS, A.; WILCOX, C. Crossbreeding zebu and european cattle in Brazil. In: *International conference on livestock in the tropics, 1995, Gainesville. Proceedings*. Gainesville: University of Florida, p.124-130, 1995.

GRUPI, J.; MOFFA, J.; SANCHES, R.; BARBOSA, A.; BELLOETTI, V.; PILEGGI, C. Variabilidade da frequência cardíaca: significado e aplicação clínica. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v, 40, p.129-136, 1994.

HEAD, H.H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: *Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 2, Anais*. SBBiomet, Jaboticabal, p.26-68,1995.

HORGAN, R.; GAVINELLI, A. The expanding role of animal welfare within EU legislation and beyond. *Livestock Scie*, v.103, p.303-307, 2006.

HUBER, H. Manejo de animais em sistema de estabulação livre visando maximizar o conforto e a produção. In: *Congresso Brasileiro de Gado Leiteiro, 2, Anais*.

Piracicaba, p.41-68, 1995.

IRIGOYEN, M.C.; LACCHINI, S.; DE ANGELIS, K.; MICHELINI, L.C.; Fisiopatologia da Hipertensão: O que avançamos? Rev Soc Cardiologia, v. 1, p. 20-45, 2003.

RASSI JR, A. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. J Diag Cardiol.,v.8, 2000.

JAMES, A.F.; CHOISY, S.C.; HANCOX, J.C. Recent advances in understanding sex differences in cardiac repolarization. Prog Biophys Mol Biol, v. 94,p. 265-319, 2007.

LOGIER, R.; DE JONCKHEERE, J.; DASSONNEVILLE, A. An efficient algorithm for R-R intervals series filtering. Conf Proc IEEE Eng Med Biol, v. 6, p. 3937-3940, 2004.

MAGNABOSCO, C.U.; LOBO, R.B.; BEZERRA, L.A. Estimate of genetic change in milk yield in a Gyr herd in Brazil. Revista Brasileira Genética, v.16, p.957- 965, 1993.

MOHR E; LANGBEIN J; NÜRNBERG G. Heart rate variability—a noninvasive approach to measure stress in calves and cows. Physiology Behavior, v. 9, p. 75-251, 2002.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: qual é a novidade? Acta Scient. Vet, v.35, p. 224-226, 2007.

MOLENTO, C.F.M. Medicina veterinária e bem-estar animal. Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária e Zootecnia, Brasília, v.28/29, p.15-20, 2003.

MADEIRO, J. P. V.; CORTEZ, P. C.; OLIVEIRA F. I. AND SIQUEIRA, R. S. “Algoritmo para detecção do complexo QRS e reconhecimento de contração ventricular prematura em eletrocardiograma”, IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, v. 5, p. 1415-1418, 2004.

MARK, L. R.; CHAD. M T.; CHRISTIAN, A. O.; THAI, V.; KENNETH, G.P. Clinical applications of heart rate variability in the triage and assessment of traumatically injured patients. Anesthesiol Res Pract , p. 1-8, 2011.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: qual é a novidade? Acta Scient. Veterinária, v.35, p. 224-226, 2007.

MONTANO, N.; COGLIATI, C.; SILVA, V.J.D. Sympathetic rhythms and cardiovascular oscillations. Auton. Neuroscie, v.90, p.29-34, 2001.

NÄÄS, I.A. Princípios de conforto térmico na produção animal. 1 ed. São Paulo: Icone Editora Ltda, p. 183, 1989.

NOVAIS, L.D.; SAKABE, D.I.; TAKAHASHI, A.C.M.; GONGORA, H.; TACIRO, C.; MARTINS, L.E.B. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso de

homens saudáveis sedentários e de hipertensos e coronariopatas em treinamento físico. *Revista Brasileira Fisioterapia*, v. 8. p, 207-213, 2004.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R. e CROMBERG, V.U. Alguns aspectos a serem considerados para melhorar o bem-estar de animais em sistema de pastejo rotacionado. *FEALQ*, p. 273-296, 1997.

PEDRON, O., CHELI, F., SENATORE, E. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci*, v. 76, p. 2528-2535, 1993.

PIMENTEL, A.S.; ALVES, E.S.; ALVIM, R.O.; NUNES, R.T.; COSTA, C.M.A.; LOVISI, J.C.M.; LIMA, J.R.P. Polar S810 como recurso alternativo ao eletrocardiograma no teste de exercício de 4 segundos. *Arquivo Brasileiro Cardiologia*, v. 94. p, 580-584, 2010.

PORCIONATTO, M.A.F.; FERNANDES, A.M.; NETTO, A.S.; SANTOS, M.V. Influencia do estresse calórico na produção e qualidade do leite. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*, v.7, n.4, p.483-490, 2009.

PORTELLA, R.B. Disfunção na regulação autonômica vagal cardíaca em pacientes com hipertireoidismo subclínico sem cardiopatia aparente [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 63, 2006.

PORTO, L.G.G.; JUNQUEIRA, J.L.F. Comparison of Time-Domain Short-Term Heart Interval Variability Analysis Using a Wrist-Worn Heart Rate Monitor and the Conventional Electrocardiogram. *pacing clin electrophysiol*, v. 32, p. 43-5, 2009.

PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHESTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *Int. J. Cardiologia*, v.84, n.1, p.1-14, 2002.

QUINTILI, R.; GRIFONI, G. Consumer concerns for animal welfare: from psychosis to awareness, *Proc. Global Conference on Animal Welfare: an OIE initiative* (pp. 93-96). Paris: OIE. 2004.

RAJENDRA ACHARYA U.; PAUL JOSEPH, K.; KANNATHAL, N.; LIM, CM.; SURI, JS. Heart rate variability: a review. *Med Bio Eng Comput*, v. 44, p. 1031-1051, 2006.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico, In: Swenson M.J. (Ed). *Dukes` Fisiologia dos Animais Domésticos*. 12^a ed. Guanabara. Rio de Janeiro. p.897-905, 2006.

ROCHA, R.M.; ALBUQUERQUE, D.C.; ALBANESI FILHO, F.M. Variabilidade da frequência cardíaca e ritmo circadiano em pacientes com angina estável. *Rev Socerj*,

v. 18, p. 429-42. 2005.

ROSENBERGER. Exame Clínico dos Bovinos. 3^a ed. Guanabara. Rio de Janeiro. p. 98-101;139-144. 1993.

REID, I.M., ROBERTS, C.J., TREACHER, R.J.. Effect of body condition at calving on tissue mobilization, development of fatty liver and blood chemistry of dairy cows. *Animal Production*, n. 43, p. 7-15,1986.

RUDACILLE, D. The Scapel and the Butterfly: the conflict between animal research and animal protection. Berkeley: University of Califórnia Press, p.389, 2000.

SANTOS, J.E.P. Effect of degree of fatness prepartum on lactational performance and follicular development of early lactating dairy cows. Thesis Master of Animal Science- University of Arizona, p. 107, 1996.

SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; ACARARO JUNIOR, I.; PIEDADE, S.M.S.; MOURA, D.J. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.

SOUZA, E.M.; MILAGRES, J.C.; REGAZZI, A.J. et al. Genetic and environmental effects on milk yield in Gir dairy herds. *Revista Soc. Brasileira Zootecnia*, v.25, p.889-901, 1996.

SOUZA, B.B; SILVA, I.J.O; MELLACE, E.M; SANTOS, R.F.S; ZOTTI, C.A; GARCIA, P.R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.6, p. 59-65. 2010.

SASAKI, O.; TOGASHI, K.; YOKOUCHI, K. Analysis of annual genetic gain in milk yield in a dairy herd. *Research bulletin of the Hokkaido Agricultural Experiment Station*. v, 158, p. 21-30, 1993.

TEIXEIRA, N. M.; FREITAS, A.F.; RIBAS, N.P. Tendências genéticas em rebanhos da raça Holandesa no Estado do Paraná. I. Produção de leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*,v. 23, p. 983-991, 1994).

VANDERLEI, L.C.M.; PASTRE, C.M.; HOSHI, R.A.; CARVALHO, T.D.; GODOY, M.F. Noções Basicas de variabilidade de frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular*, v. 24, n.2, p.205-217, 2009.

VANHONACKER, F., VERBEKE, W., VAN, POUCKE E. & TUYTTENS F.A.M Segmentations based on consumers' perceived importance and attitude toward farm animal welfare. *International Journal of Sociology of Food and Agriculture*, v.15, p. 84-100, 2007.

VIEGAS, I.; VIEIRA, A.; STILWELL, G.; SANTOS, J.L.; FONTES, M.A. Is there a link between beef quality and animal welfare in traditional beef system? *New Medit*, n.3, p.17-25, 2011.

VIEIRA, A.; AJUDA, I.; STILWELL, G. Bem estar de ruminantes. *Ruminantes*, v.Outubro-Novembro, p.46-47, 2011.

VEISSIER, I., BEAUMONT, C. & LÉVY F. Les recherches sur le bien-être animal: buts, méthodologie et finalité. *INRA Production Animale*, v.20, p. 3-10, 2007.

VICTOR, R.G.; MARK, A.L. The sympathetic nervous system in human hypertension. In: Laragh JH, Brenner BM, eds. *Hypertension: Pathophysiology, Diagnosis and Management*. Raven Press Ltd, v.2, p. 755-773, 1995.

WARRISS, P.D. *Meat science: an introductory text*. (chapters 1 and 10). Wallingford: CABI Publishing, p.310, 2000.

8. APÊNDICE

Tabela 1. Valores médios e desvios-padrão de valores para a frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura corporal (TC), produção de leite e variabilidade da frequência (VFC) média, em vacas leiteiras, das raças Holandesa e Girolanda, registrados na segunda ordenha do dia.

	Holandesa (n=15)	Girolanda (n=12)	<i>P</i>
FC (bpm)	56,5±14,3 ^{a*}	51,2±13,8 ^a	0,3350
FR (mr/min)	48,0±11,6 ^a	47,0±7,3 ^a	0,7971
TC (°C)	37,5±0,3 ^a	37,3±0,5 ^a	0,3717
Produção de leite (litros)	8,82±1,47 ^b	7,48±1,12 ^a	0,0153
VFC media	15,6±0,2 ^b	15,5±0,2 ^a	0,0404

* Letras minúsculas na mesma linha indicam diferenças significativas entre os valores médios de acordo com o teste-t ($p < 0,05$).

