

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS – CCAE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

CAROLINE SANT' ANNA FEITOSA

**CÃES DE BUSCA, RESGATE E SALVAMENTO: UMA ABORDAGEM SOBRE O
CONDICIONAMENTO FÍSICO**

ALEGRE-ES

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

- F311c Feitosa, Caroline Sant' Anna, 1992-
Cães de busca, resgate e salvamento: uma abordagem sobre o condicionamento físico / Caroline Sant' Anna Feitosa. - 2019.
93 f. : il.
- Orientador: Leonardo Oliveira Trivilin.
Coorientadora: Karina Preising Aptekmann.
Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.
1. Cães. 2. Exercícios físicos - Aspectos fisiológicos. 3. Aptidão física. I. Trivilin, Leonardo Oliveira. II. Aptekmann, Karina Preising. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 619

CAROLINE SANT' ANNA FEITOSA

**CÃES DE BUSCA, RESGATE E SALVAMENTO: UMA ABORDAGEM SOBRE O
CONDICIONAMENTO FÍSICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, linha de pesquisa em Diagnóstico e Terapêutica das Enfermidades Clínico-Cirúrgicas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Oliveira Trivilin

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Karina Preising Aptekmann

ALEGRE-ES

2019

CAROLINE SANT' ANNA FEITOSA

**CÃES DE BUSCA, RESGATE E SALVAMENTO: UMA ABORDAGEM SOBRE O
CONDICIONAMENTO FÍSICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, linha de pesquisa em Diagnóstico e Terapêutica das Enfermidades Clínico-Cirúrgicas.

Aprovado em 28 de fevereiro 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Dedico este trabalho aos animais que em sua pureza despertaram em mim o amor pela medicina veterinária. E em especial, aos cães da equipe K9 do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, onde juntos – cão e homem – se dedicam à nobre missão de salvar vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, em especial ao Tenente Coronel Meriguetti, por organizar e viabilizar o desenvolvimento desta pesquisa. Obrigada por todo o tempo dedicado a este projeto. Também agradeço imensamente a todos os integrantes da equipe K9 – tanto homens, quanto cães – que, ao meu lado, puseram em prática meu projeto de mestrado. Sem o auxílio de vocês a execução deste trabalho não poderia ter sido tão bem-sucedida. Agradeço ainda por terem me contagiado com a paixão por esta nobre atividade desenvolvida por vocês. Ao Capitão BM Heitor por todo o suporte e auxílio, desde os primeiros passos deste projeto, até sua execução.

Ao meu orientador, Leonardo Oliveira Trivilin, por todo o apoio científico concedido a mim no desenvolvimento desta dissertação, mas principalmente pelo encorajamento e pela força. Ser orientador também envolve aconselhamento, direcionamento, motivação! Obrigada por desempenhar essa missão com êxito! Meus momentos de medo, desespero e aflição foram gentilmente acalentados por você, e isso me deu muita força e coragem para seguir adiante nesta missão. Quando minha mente era só dúvida e confusão, você me ajudou a ordenar a bagunça e enxergar as certezas. Mais uma vez, sou muito grata por sua sensibilidade e companheirismo, e muito orgulhosa por ter sido você o meu “pai”.

Também agradeço à minha equipe de pesquisa durante esses dois anos: à minha co-orientadora, Karina Preising Aptekmann, pelos momentos de orientação, sugestões e direcionamentos; e minhas companheiras nesta jornada chamada mestrado, Hévila Dutra Barbosa de Cerqueira e Franciely Mota de Oliveira. Hévila, obrigada pelo companheirismo, ajuda e suporte, desde os tempos da graduação. Sem esquecer da Isabella Cosmo, que foi fundamental na execução deste experimento.

Agradeço à República Breja Flor por ter sido minha família neste tempo de mestrado. Vocês ouviram minhas angústias e vibraram comigo minhas vitórias ao longo desse trajeto; deixaram meus dias mais leves, mais alegres, mais engraçados e agitados. Obrigada por terem sido tão espetaculares, comigo e com o Duke. Nós não poderíamos ter encontrado melhor república em Alegre, e certamente, sentiremos enorme saudade. Vocês ocupam um lugar especial em nossos corações.

Agradeço à minha família, pelo eterno incentivo aos estudos, e por me darem força sempre. Por todos os caminhos que desejei trilhar vocês viabilizaram a jornada e me deram forças para prosseguir. Amo - infinitamente - vocês.

Também sou grata ao Felipe de Mello Rezende Colnago pelos momentos de incentivo, apoio e parceria. Por ter escutado sobre meus medos, dúvidas e ambições, sempre me aconselhando e propondo soluções. Por ter respeitado minha ausência em dedicação ao mestrado, e ter sido meu ponto de equilíbrio. Sou muito grata pelo grande companheiro que és.

Obrigada Deus! Você cuidou de todos os mínimos detalhes necessários para que essa experiência fosse incrível e enriquecedora.

Agradeço à Universidade Federal do Espírito Santo, berço do Programa de Pós-Graduação do qual fiz parte; à CAPES, pela bolsa de estudo; e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo financiamento do projeto.

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

“É preciso que eu suporte duas ou três larvas se quiser conhecer as borboletas”.

Antoine de Saint-Exupéry.

RESUMO

SANT' ANNA FEITOSA, CAROLINE. **Cães de busca, resgate e salvamento: uma abordagem sobre o condicionamento físico.** 2019. 93p Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2019.

Cães militares são frequentemente submetidos a atividades extenuantes que exigem alta atividade metabólica. Traçar o perfil da adaptação fisiológica desses animais ao exercício permite ao treinador trabalhar com maior segurança, bem como adaptá-los de acordo com a performance individual. Entretanto, para projetar um treinamento físico ideal para esses animais é necessário entender as mudanças que ocorrem nos parâmetros fisiológicos durante a modalidade de atividade desenvolvida. Assim, objetivou-se traçar o perfil de troponina I cardíaca (cTnI), lactato e glicose, bem como acompanhar variações de frequência cardíaca (FC) e verificar as alterações eletrofisiológicas cardíacas induzidas pelo exercício em cães do Corpo de Bombeiro Militar do Espírito Santo (CBM-ES). Para tanto, cinco animais pertencentes à equipe K9 do CBM-ES foram submetidos a um treinamento de busca, resgate e salvamento com duração de 60 minutos em uma área de floresta de aproximadamente 50.000m². As variáveis alvo deste estudo foram avaliadas em diferentes momentos. A FC, glicose e lactato foram avaliados antes, durante e em diversos momentos após a atividade, ao passo que o ECG e a cTnI foram avaliados antes e após o exercício, em diferentes momentos. Não houve diferença significativa nos valores de glicose entre o momento pré exercício e os demais tempos de avaliação. O lactato aumentou significativamente ao final do exercício, e diferenças significativas também foram observadas aos trinta minutos e sessenta minutos de recuperação. Os níveis de troponina aumentaram após a atividade física e manteve-se elevada por até quatro horas pós atividade. Com doze horas pós atividade os níveis de cTnI começaram a decair, permanecendo com esse comportamento até vinte e quatro horas após o fim do exercício. Em relação à FC observou-se ausência de diferença significativa nos valores comparados com a FC basal dos animais. No entanto, no momento 60'EXERC observou-se maior frequência cardíaca média, sendo que no momento 15'RECUP os valores obtidos encontravam-se próximos aos basais. O exame eletrocardiográfico revelou aumento de duração de onda P em todos os momentos avaliados e ligeiro aumento de intervalo QRS nos momentos PRÉ, 60'EXERC, 30'RECUP e 60'RECUP, bem como aumento de onda T

nos momentos 60'EXERC, 15'RECUP e 60'RECUP. Os resultados obtidos na presente pesquisa indicam que os animais estão adaptados ao exercício físico na intensidade e duração em que foi praticado, assim como sofrem sobrecarga atrial em função do treinamento de busca, resgate e salvamento.

Palavras chave: Biomarcadores cardíacos. Bioquímica sérica. Fisiologia do exercício.

ABSTRACT

SANT' ANNA FEITOSA, CAROLINE. **Search and rescue dogs: an approach about the physical fitness.** 2019. 93p Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2019

Military dogs are often subjected to strenuous activities that require high metabolic activity. Tracing the profile of the physiological adaptation of these animals to the exercise allows the trainer to work with greater safety, as well as to adapt them according to the individual performance. However, to design an ideal physical training for these animals it is necessary to understand the changes that occur in the physiological parameters during the mode of developed activity. The aim of this study was to trace the cardiac troponin I (cTnI), lactate and glucose profile, as well as to monitor heart rate (HR) variations and to verify cardiac electrophysiological changes induced by exercise in dogs of the Military Fire Brigade of Espírito Santo (CBM-ES). To that end, five animals belonging to the K9 team of CBM-ES underwent 60-minute search and rescue training in a forest area of approximately 50,000m². The target variables of this study were evaluated at different times. HR, glucose and lactate were assessed before, during and at various times after the activity, whereas ECG and cTnI were evaluated before and after exercise at different times. There was no significant difference in glucose values between the pre-exercise moment and the other evaluation times. Lactate increased significantly at the end of the exercise, and significant differences were also observed at thirty minutes and sixty minutes recovery. Troponin levels increased after physical activity and remained elevated for up to four hours post-activity. At twelve hours post-activity the cTnI levels began to decline, remaining with this behavior until twenty-four hours after the end of the exercise. Regarding HR, no significant difference was observed in the values compared to the basal HR of the animals. However, at the 60'EXERC time, a higher mean heart rate was observed, and at the time 15'RECUP values were close to the basal values. The electrocardiographic examination revealed an increase in P wave duration at all moments evaluated and a slight increase in QRS interval at moments PRÉ, 60'EXERC, 30'RECUP and 60'RECUP, as well as increase of T wave at moments 60'EXERC, 15'RECUP and 60'RECUP. The results obtained in the present research indicate that the animals are adapted to the physical exercise in the intensity and duration in which

it was practiced, as well as suffer atrial overload due to search, rescue and rescue training.

Key words: Cardiac biomarkers. Exercise physiology. Serum biochemistry

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA:

Figura 1 – Figura mostrando o cone de odor formado a partir da vítima. Notar que a intensidade do odor reduz com o aumento da distância em relação à vítima, em contrapartida a área de dispersão do odor aumenta nesta mesma condição. Os traçados em zigue-zague em linha contínua retraram o caminho percorrido pelo cão farejando o ambiente até que encontre o cone de odor. A partir deste momento o animal passa a delimitar a área do cone – zigue-zague tracejado – afunilando a mesma até que encontre a vítima.22

Figura 2 - Esquema de músculo cardíaco mostrando a localização da troponina I (cTnI), troponina T (cTnT) e troponina C (cTnC) em relação à actina e tropomiosina.39

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Médias e desvio padrão dos valores de lactato (mmol/L) e glicose (mg/dL) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Mensurações foram realizadas antes (PRÉ), durante (EXERC) e após (RECUP) o treinamento.
Indica diferença significativa do lactato quando comparado com o valor pré-exercício.48

Figura 2 – Média e desvio padrão da troponina I cardíaca (ng/mL) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Mensurações foram realizadas antes (PRÉ), imediatamente ao fim da atividade (60'EXERC) e após (RECUP) o treinamento.
Indica diferença significativa da cTnI quando comparado com o valor pré-exercício.49

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Valores individuais e média da frequência cardíaca (bpm) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Mensurações foram realizadas antes (PRÉ), durante (EXERC) e após (RECUP) o treinamento. A faixa acizentada no gráfico compreende os valores de normalidade de frequência cardíaca para a espécie canina – 70 a 140 bpm (36).67

Figura 2 - Traçados eletrocardiográficos em repouso (PRÉ) de cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois, pertencentes à equipe K9 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo, Brasil que executam atividades de busca, resgate e salvamento. Os números no canto superior esquerdo de cada traçado indicam a identidade dos animais avaliados. Imagens obtidas da derivação DII do traçado eletrocardiográfico. Notar arritmia sinusal respiratória no animal 2 e ritmo sinusal nos demais, e aumento de onda T no animal 1.68

Figura 3 - Valores médios e desvio padrão da onda P medida em duração (segundos) e amplitude (milivolts) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração.

* Indica diferença significativa dos valores PRÉ comparados aos valores dos momentos indicados pela barra ($\alpha=0,05$).

Indica os momentos de avaliação cuja média do grupo apresentou-se acima do valor de normalidade estabelecido para a espécie.....69

Figura 4 – Valores médios e desvio padrão da duração (em segundos) do complexo QRS e intervalo PR de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração.

* Indica diferença significativa do valor PRÉ comparado ao momento 30'RECUP ($\alpha=0,05$).

Indica os momentos de avaliação cuja média do grupo apresentou-se acima do valor de normalidade estabelecido para a espécie.....70

Figura 5 – Valores médios e desvio padrão da duração (em segundos) do intervalo QT e amplitude (em milivolts) do supradesnível do segmento ST de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração.

* Indica diferença significativa dos valores PRÉ comparados aos valores dos momentos indicados pela barra ($\alpha=0,05$).....70

Figura 6 – Valores médios e desvio padrão da amplitude (em milivolts) de ondas eletrocardiográficas Q, R, S e T de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração.

Indica amplitude de onda T superior a 25% de amplitude de onda R.....71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Momentos de mensuração e variáveis avaliadas em cães submetidos ao treinamento de busca, resgate e salvamento incluídos na referida pesquisa	46
---	----

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

ADP –	Adenosina difosfato
ATP –	Adenosina trifosfato
BMP –	Batimentos por minuto
Ca ²⁺ –	Cálcio
CBM	Corpo de Bombeiros Militar
CHCM –	Concentração de hemoglobina corpuscular média
Cl ⁻ –	Cloro
cTn –	Troponina cardíaca
cTnC –	Troponina C cardíaca
cTnI –	Troponina I cardíaca
cTnT –	Troponina T cardíaca
DC –	Débito cardíaco
FADH ₂ –	Flavina adenina dinucleotídeo
FC –	Frequência Cardíaca
H ⁺ –	Hidrogênio
K ⁺ –	Potássio
mV –	Milivolts
Na –	Sódio
NAD ⁺ /NADH –	Nicotinamida adenina dinucleotídeo
Pi –	Fosfato inorgânico
Seg –	Segundos

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1. Cães de busca, resgate e salvamento.....	21
2.1.1. Técnicas de farejamento.....	22
2.1.2. Seleção e treinamento dos animais.....	23
2.1.3. Operação de busca, resgate e salvamento.....	26
2.2. Bioenergética e sua relação com o exercício físico.....	27
2.2.1. Lactato.....	29
2.2.2. Glicose.....	31
2.3. Atividade física induzindo alterações cardiovasculares.....	32
2.3.1. Frequência cardíaca.....	33
2.3.2. Eletrofisiologia cardíaca	36
2.4. Contração miocárdica.....	38
2.4.1. Troponina I cardíaca como marcador de lesão miocárdica.....	40
3. CAPÍTULO 1: Treinamento físico em cães de busca, resgate e salvamento induz alterações nos níveis de glicose, lactato e troponina I cardíaca	42
RESUMO	43
NOVO E DIGNO DE NOTA	43
INTRODUÇÃO	44
MATERIAIS E MÉTODOS	45
RESULTADOS	48
DISCUSSÃO	49
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	57
4. CAPÍTULO 2: Achados eletrocardiográficos: reconhecendo adaptações cardiofisiológicas em cães de busca, resgate e salvamento	61
RESUMO	62
NOVO E DIGNO DE NOTA	62

INTRODUÇÃO.....	63
MATERIAIS E MÉTODOS.....	64
RESULTADOS.....	67
DISCUSSÃO.....	71
CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS.....	77
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	81
6. REFERÊNCIAS GERAIS.....	82
ANEXOS.....	90
ANEXO A – Certificado de aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Espírito Santo para execução da pesquisa.	91

1. INTRODUÇÃO

A eficácia dos cães farejadores nos serviços militares é indiscutível. Apesar dos avanços tecnológicos e de inteligência artificial empregadas em máquinas e sensores, os mesmos são incapazes de se igualar ao êxito do trabalho atingido pelos cães nos serviços de busca de narcóticos, explosivos, entorpecentes, cadáveres, pessoas desaparecidas, entre outros. No entanto, novas técnicas e métodos de treinamento são continuamente desenvolvidas e aprimoradas à medida que se ganham mais experiência a respeito desta importante ferramenta de trabalho de busca, utilizada pelo homem como extensão dos seus sentidos e habilidades (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2008; FERWORM, 2009; PIVA, 2011).

Além da capacidade de detecção do odor humano, obediência e afinidade com o treinador, é necessário que os cães de busca, resgate e salvamento apresentem elevada aptidão e condicionamento físico para o exercício. As características da atividade física variam de acordo com a complexidade e exigência da ocorrência, mas é comum que os animais trabalhem sob diferentes condições climáticas; percorram grandes extensões, nos diferentes tipos de terreno/relevo; e sob diferentes intensidades de exercício – intercalando entre momentos de caminhada, trote e corrida (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2008; DIVERIO et al., 2016).

O campo de pesquisa sobre a fisiologia do exercício em cães é amplo – visto o pouco conhecimento a respeito desse assunto nesta espécie – e apenas nos últimos anos tem sido explorado. Ao longo das últimas décadas, o número de cães praticantes de atividades físicas aumentou consideravelmente, em diversas modalidades do esporte, como em competições de cães de trenó e agilidade, atividades de busca, resgate e salvamento, entre outras. Porém, ainda são necessários estudos que determinem parâmetros clínicos/fisiológicos que sirvam como ferramenta para estabelecer a frequência, intensidade e duração do treinamento físico, objetivando a melhor performance do animal (GILLETTE, 2013; PIRAS, 2013).

Informações sobre a adaptação fisiológica ao exercício em animais atletas podem ser obtidas com dosagens sanguíneas de lactato e avaliação da frequência cardíaca (PICCIONE et al., 2012). Com o aumento do metabolismo durante o exercício, as células não conseguem manter a oxigenação tecidual adequada por meio do metabolismo aeróbico. A partir desse momento tem início a produção de

lactato – metabólito derivado da via glicolítica cuja função é fornecer energia para a contração muscular (ALLEN; HOLM, 2008).

Portanto, o exercício físico leva ao aumento das concentrações séricas de lactato, e o tempo necessário para que os mesmos voltem à normalidade estão relacionados com a adaptação do indivíduo à atividade desempenhada. Isto significa que, animais menos adaptados tendem a permanecer mais tempo com elevações séricas de lactato (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2007).

Comportamento semelhante é observado em relação à frequência cardíaca. Para suprir a nova demanda de oxigênio, a frequência cardíaca se eleva durante o exercício, retornando aos valores basais com o fim da atividade. Animais que demorem mais tempo nesse processo são considerados menos adaptados ao exercício praticado (MUÑOZ et al., 2006; BOFFI, 2007; ROVIRA et al., 2010).

Estudos também mostraram elevações séricas de biomarcadores de lesão cardíaca em cães, cavalos e humanos praticantes de atividade física (HOLBROOK et al., 2006; YONEZAWA et al., 2009; DONNELLAN; PHELAN, 2018). Dentre estes biomarcadores se encontra a troponina, proteína formada por três subunidades: I, T e C, que participam do processo de contração cardíaca, sendo a troponina I a mais específica para lesões miocárdicas (GUYTON; HALL, 1997).

Alterações em traçados eletrocardiográficos também foram descritos em animais atletas (CONSTABLE et al., 1994; CONSTABLE et al., 2000). Sabe-se que o exercício físico pode desencadear o aparecimento de arritmias cardíacas, principalmente quando o preparo (aquecimento) para a atividade física é inadequado, quando o atleta se aproxima de seu desempenho máximo no exercício em execução, ou durante a fase de recuperação rápida, também chamada de período arritmogênico (VÁZQUEZ et al., 1998). Bloqueio atrioventricular de primeiro grau, bloqueio incompleto de ramo direito, e aumento de duração de QRS são alterações eletrocardiográficas comumente encontradas em atletas humanos (CORRADO et al., 2010).

A interpretação dos resultados quanto à adaptação fisiológica ao exercício deve levar em consideração a modalidade da atividade física praticada pelo animal, uma vez que o grau de adaptação do indivíduo varia em função das exigências da atividade física. Portanto, enfatiza-se a importância de se conhecer os valores de referências de parâmetros fisiológicos para as diferentes categorias de atividade, que

possibilitariam a diferenciação entre uma resposta fisiológica de uma patológica (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2008).

Cães militares são frequentemente submetidos a atividades extenuantes que exigem alta atividade metabólica (QUEIROZ et al., 2016). Traçar o perfil da adaptação fisiológica desses animais ao exercício permite ao treinador trabalhar com maior segurança, bem como adaptá-los de acordo com sua performance individual. Melhorar seu desempenho implica em menores tempos de resgate e conseqüente aumento no número de resgates bem-sucedidos (DIVERIO et al., 2016).

Entretanto, para planejar um treinamento físico ideal para estes animais, é necessário entender as mudanças que ocorrem durante a modalidade de atividade desenvolvida. A avaliação de parâmetros no decorrer da atividade também serve como ferramenta de indicação de sucesso do treinamento que vem sendo realizado (ALVES; SANTOS, 2016). Além do mais, cães de busca, resgate e salvamento são fonte de esperança e conforto para vítimas e seus familiares, porque vidas humanas dependem de seus trabalhos. Portanto, a saúde e bem-estar desses animais devem ser considerados e priorizados, prevenindo problemas de saúde que obriguem a retirada dos cães desta nobre tarefa (JONES et al., 2004).

Diante do exposto, objetivou-se traçar o perfil de troponina, lactato e glicose, bem como acompanhar variações de frequência cardíaca e verificar as alterações eletrofisiológicas cardíacas induzidas pelo exercício em cães de busca, resgate e salvamento do Corpo de Bombeiro Militar do Espírito Santo. O desenvolvimento desta pesquisa reforça os estudos relacionados à fisiologia do exercício de cães utilizados no serviço militar, entendendo as alterações fisiológicas causadas pela atividade desempenhada e garantindo treinamento individualizado, bem como a preservação da saúde e do bem-estar animal, sem afetar a eficácia desse importante serviço para a sociedade. A pesquisa permite, ainda, entender o comportamento dos biomarcadores, e a adaptabilidade do animal que substanciaria a importância dessas ferramentas na seleção e na utilização animal, visando a otimização do serviço, e respeitando a complexidade que o trabalho exige.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cães de busca resgate e salvamento

Há muitos anos os cães são utilizados como ferramenta de trabalho pelo homem em diversas atividades, como em assistências a portadores de deficiência visual, auditiva e com dificuldade de mobilidade (AUDRESTCH et al., 2015; CRAIGON et al., 2017), detectores de crise epiléptica (JORY et al., 2016), rastreamento forense (PEMBERTON, 2013), pastoreio de animais, detecção de infestações de insetos (ROLÓN et al., 2011) e cães farejadores de explosivos, narcóticos, e de vítimas (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2008). Sobre as atividades de busca, resgate e salvamento, o olfato apurado dos cães, foco no trabalho e resistência física permitem que os mesmos realizem buscas em áreas extensas, encontrando a vítima, ou descartando a presença da mesma em alguma área, dando continuidade ao serviço de busca (FERWORN, 2009).

O uso de cães farejadores pelas equipes de resgate do Corpo de Bombeiros Militar foi iniciado a partir da segunda metade da década de 90. A inexistência de zonas de riscos naturais, montanhas elevadas, picos gelados, ou ocorrência de fenômenos com grande intensidade de neve no país – além de estar situado em zonas geográficas onde terremotos não são frequentes – fizeram com que o Brasil retardasse a implementação desta atividade (PARIZOTTO, 2013). Como a maioria dos Corpos de Bombeiros pertenciam à Polícia Militar, o objetivo inicial na formação dos cães militares no Brasil foi, em sua maioria, associado à busca de entorpecentes e posteriormente surgiram iniciativas defendendo o uso de cães nas atividades de resgate (ALCARRIA, 2000 apud PARIZOTTO, 2013).

Equipes de trabalho com cães são empenhadas em ocorrências críticas, onde os cães são capazes de detectar o odor humano em condições desfavoráveis à visão humana, como por exemplo, escombros ou ambiente muito escuro, e a longas distâncias. Sua agilidade e capacidade de caminhar/correr com mais rapidez que seu condutor, bem como, maior sensibilidade auditiva fazem do cão uma excelente ferramenta para os trabalhos de busca, resgate e salvamento, aumentando a eficiência e a taxa de sucesso das equipes de busca (ZEAGLER et al., 2016).

2.1.1. Técnicas de farejamento

Existem duas técnicas de farejamento pelas quais os cães são capazes de encontrar pessoas desaparecidas: (1) o rastreio e o (2) venteio. Na primeira técnica é necessário que o animal tenha um indicador prévio do odor que ele deverá buscar, normalmente utiliza-se uma peça de roupa da vítima. Por este motivo, essa técnica é mais utilizada pela polícia para captura de fugitivos, explosivos e entorpecentes (PIVA, 2011; MERIGUETI, 2015).

Ao pôr em prática a técnica do venteio o animal buscará qualquer odor humano – gerado a partir de escamações de pele misturados a secreções glandulares do indivíduo, que por sua vez se misturam a cheiros de xampus, sabonete, perfumes e outras substâncias que a vítima por ventura tenha utilizado. Essa combinação de fatores produzem o odor humano, exclusivo para cada pessoa. O odor é mais forte em sua origem (vítima) e se espalha a partir dela, de forma progressiva e menos concentrada, formando uma espécie de cone de odor (JONES et al., 2004) (Figura 1).

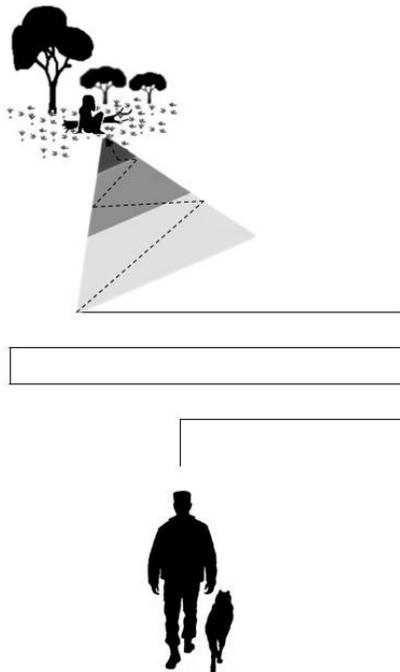


Figura 1 – Figura mostrando o cone de odor formado a partir da vítima. Notar que a intensidade do odor reduz com o aumento da distância em relação à vítima, em contrapartida a área de dispersão do odor aumenta nesta mesma condição. Os traçados em zigue-zague em linha contínua retraram o caminho percorrido pelo cão farejando o ambiente até que encontre o cone de odor. A partir deste momento o animal passa a delimitar a área do cone – zigue-zague tracejado – afunilando a mesma até que encontre a vítima.

Fonte: Arquivo pessoal

Para isso, basta que o condutor indique ao animal a área onde ele deverá fazer a varredura (farejamento). Esta é a técnica mais utilizada pela equipe de salvamento com cães do Corpo de Bombeiros, pois, na maioria das vezes, não há ao alcance da equipe de resgate, algum objeto pessoal da vítima para que o odor seja previamente apresentado ao cão (FERWORN, 2009; PIVA, 2011; MERIGUETI, 2015).

Diversos fatores como: direção e intensidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar, solo e relevo podem variar a forma como o odor se espalha. Por isso, nos serviços de busca, o conhecimento do condutor sobre a dinâmica das correntes de vento no local de operação é uma parte crítica do trabalho, que está diretamente relacionada ao sucesso da operação (JONES et al., 2004).

2.1.2. Seleção e treinamento dos animais

As raças de cães habitualmente selecionados para atividades de busca, resgate e salvamento incluem Pastor Alemão, Pastor Belga de Malinois, Border Collie e Labrador Retriever, não havendo distinção entre sexos (FERWORN, 2009). Os animais são selecionados ainda filhotes – 7ª a 9ª semanas de vida – onde procura-se por um cão com características/personalidade e expertise tal que responda ao treinamento num menor espaço de tempo (FERWORN, 2009; MERIGUETI, 2015).

O Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, por meio do Comitê de Desenvolvimento de Atividade Operacional – Salvamento com Cães, estabeleceu que a raça Pastor Alemão deve ser prioritariamente a raça a ser utilizada pelos operadores K-9 (equipe de operação com cães), devido à sua resistência física, resistência a traumas, fácil adestrabilidade, instinto caça/presa aflorado, temperamento equilibrado, confiabilidade e adaptação à topografia e ao clima do Estado do Espírito Santo (MERIGUETI, 2015).

Os animais selecionados podem pertencer ao Estado e serem mantidos em quartéis do corpo de bombeiros militar ou da polícia; ou, podem pertencer ao bombeiro militar integrante da equipe K-9 – como ocorre no estado do Espírito Santo. Neste caso, o animal viverá na casa do oficial como um animal de estimação (FERWORN, 2009; MERIGUETI, 2015). Lebefvre et al. (2007) observaram que os cães de trabalho que são mantidos como cães de estimação pelo condutor são mais sociáveis, obedientes e eficientes no trabalho. Os laços de proximidade entre cão e homem

podem aumentar a atenção do cão em seu dono/condutor, bem como melhorar a comunicação entre ambos, aumentando o desempenho dos cães de trabalho.

Os cães não nascem prontos para serem cães de resgate. É necessário que sejam preparados ao longo de sua vida, sendo ensinados a executarem as atividades e objetivos propostos para o serviço. O processo de condicionamento inicia-se com o animal ainda filhote, se estendendo até a fase adulta. Todo o processo de treinamento, descrito a seguir, não se finda antes dos 18 meses de treinamento (PARIZOTTO, 2013).

A primeira etapa do treinamento é a etapa de socialização. Desde o momento da aquisição do cão, o condutor inicia seu treinamento ambientando o animal a brincadeiras que incentivem o instinto de caça, e promovendo sua socialização de forma ampla e diversificada. O animal deverá ser habituado aos mais diferentes tipos de terrenos, vegetações, ambientes, barulhos, pessoas e situações, para que haja com naturalidade nas operações, que se darão sob as mais variadas condições. Animais com tendências agressivas, tendência à dominância e/ou muito medrosos são indesejados para esse tipo de trabalho. A fase de socialização é uma etapa de grande importância do treinamento, pois o cão de resgate em hipótese alguma, poderá representar ameaça à vítima, à outras pessoas ou a outros animais (FERWORN, 2009; ALEXANDER; FRIEND; HAUG, 2011; MERIGUETI, 2015).

Outra fase do treinamento é o treino de obediência. Este pode ser iniciado assim que se adquire o animal, concomitantemente à socialização, introduzindo as palavras de ordem no dia a dia do animal, para que o mesmo se familiarize com os comandos. No entanto, apenas entre os 7 e 10 meses de idade do cão é que se dá o período ideal para que o treino de obediência seja intensificado (MERIGUETI, 2015). Durante as operações os cães trabalham livres, sem coleira, para que tenham maior liberdade de farejamento, seguindo os rastros de odor humano. No entanto, é indispensável que eles obedeçam às ordens verbais, sinais manuais e movimentos corporais do condutor – inclusive à distância. Isso permite que o condutor modifique a rota de busca caso receba informações da localização aproximada da vítima ou tome providência quando perceber que o animal está tomando um caminho com algum risco iminente (JONES et al., 2004; FERWORN, 2009).

A etapa seguinte do treinamento consiste no condicionamento próprio do trabalho de busca, despertando o instinto de caça no animal. O cão é incentivado a encontrar uma pessoa – nos treinamentos um figurante faz o papel de vítima – e emitir

um alerta informando ao condutor que encontrou a vítima. Esse alerta poderá ser passivo – onde o animal se senta e espera o condutor vir ao seu encontro; por emissão de latidos até que o condutor dê um comando para encerrar o alerta; o animal ainda poderá ainda escavar o chão; ou retornar até seu condutor e conduzi-lo até a vítima (JONES et al., 2004; FERWORN, 2009; MERIGUETI, 2015).

Feito isso, o animal recebe seu brinquedo ou petisco como recompensa. Inicialmente os treinos são realizados com a vítima no campo de visão do animal, e à medida que seja observada progressão no aprendizado do cão, a vítima vai se escondendo aumentando cada vez mais o nível de dificuldade do treino, fazendo com que o animal tenha que procurá-la por meio do faro, e não mais da visão. Toda vez que o cão encontrar o figurante, emitirá alerta e receberá sua recompensa. As simulações são realizadas em locais que mimetizam ambientes de desastres, como desmoronamento, soterramento, matas ou água (FERWORN, 2009; MERIGUETI, 2015).

Condicionado a este tipo de treinamento, um cão de busca, resgate e salvamento, quando empenhado em alguma operação real, utiliza-se do farejamento de odor humano para encontrar a vítima e assim concluir seu objetivo final, que é ser recompensado com seu brinquedo (FERWORN, 2009). Algumas características individuais podem prever a capacidade de trabalho dos cães, a essas características são dados os nomes de (1) “hunt drive”, (2) “prey drive” e (3) “ball drive” (JONES et al., 2004).

Um animal com forte “hunt drive” terá uma grande atração por caçar, o que o fará procurar pela vítima por períodos prolongados, sem desistir, ou recorrer à ajuda de seu condutor. O animal com “prey drive” terá grande instinto de perseguição, o que é útil em casos policiais de perseguição de fugitivos. E por fim, um animal com “ball drive” é aquele que manifesta tanto interesse pelo brinquedo, que nenhuma outra distração encontrada pelo caminho o fará desistir de buscar pela vítima para ser recompensado. Por esse motivo é desejado que os cães a serem treinados para esta atividade tenham “drive”, ou seja, gana em perseguir seu objetivo final, mesmo que encontrem muitas dificuldades e distrações pelo caminho (FERWORN, 2009; JONES et al., 2004).

2.1.3. Operação de busca, resgate e salvamento

Na maioria das operações, equipes do Corpo de Bombeiros Militar (CBM) ou da Polícia tentam resolver a demanda operacional antes de acionar a equipe K9 para apoiar ou assumir a operação, portanto, é comum que a equipe K9 seja empenhada para a tarefa horas ou dias após iniciada a ocorrência (FERWORN, 2009; MERIGUETI, 2015).

No local da operação os condutores retiram a guia do cão, apontam a direção que o cão deverá tomar para iniciar o trabalho de farejamento e dão o comando verbal “busca” para que o cão inicie a atividade. Esses cães estão habituados a trabalharem a certa distância de seus condutores – e por vezes, sem contato visual com os mesmos – visto que andam livremente pelo ambiente/terreno alvo da operação (FERWORN, 2009), o que faz com que os cães cheguem a andar 2,4 vezes mais do que seus condutores (FERWORN, 2009; GREATBATCH et al., 2015). No entanto, o cão e o condutor trabalham em equipe, pois, enquanto o cão fareja os odores, o condutor o direciona para áreas onde há relatos de localização da vítima (FERWORN, 2009).

Sempre que possível, o condutor indicará ao cão que inicie o trabalho contra o sentido do vento, para facilitar a tarefa. O cão farejará a área de busca, até captar o cone de odor humano, que o conduzirá até a vítima. Ao encontrá-la, o animal latirá para sinalizar ao condutor. Se a operação envolver mais de uma vítima, o mesmo animal poderá ser direcionado novamente ao trabalho de busca, ou então, poderá ser realizada a substituição de binômio – dupla formada pelo homem e pelo cão (FERWORN, 2009).

A conexão entre condutor e cão é de grande importância para o sucesso das operações, pois juntos, cão e homem formam uma equipe de trabalho, que devem conhecer suas personalidades e características, para que trabalhem com êxito. É necessário que os condutores conheçam o comportamento de seus cães para que otimizem a busca de vítimas desaparecidas e saibam reconhecer a mudança de comportamento de seu cão informando-o que encontrou algo (WELL; HEPPEL, 2003; ROONEY et al., 2007).

O desenvolvimento desta conexão homem-cão se dá a partir da rotina de treinamentos, proporcionando uma correta interpretação da expressão/comportamento do animal, por parte do condutor. Uma falsa sinalização,

ou a falta dela, pode levar ao emprego de outras ferramentas – mais caras e dispendiosas – para continuar e encerrar a operação, o que geraria mais gastos para a agência responsável pelo resgate (WELL; HEPPEL, 2003; ROONEY et al., 2007).

O exercício físico realizado pelos cães nos serviços de busca, resgate e salvamento eleva suas taxas metabólicas resultando em adaptações fisiológicas a curto e longo prazo. Essas adaptações ocorrem a nível cardiovascular, pulmonar, muscular e entre outros, e propiciam a melhora do desempenho físico e bem-estar do indivíduo, bem como estão diretamente relacionadas com o sucesso da atividade (DAVIS, 2009).

2.2. Bioenergética e sua relação com o exercício físico

Todas as células do organismo precisam de energia, a qual é extraída de nutrientes alimentares, para desempenharem suas funções. Para tanto, as células executam uma série de reações químicas que resultam tanto em degradação quanto em síntese de moléculas, a fim de converter os nutrientes alimentares em energia biologicamente utilizável. Esses processos recebem o nome de “metabolismo” (POWERS; HOWLEY, 2000).

O exercício físico aumenta o metabolismo celular por retirar o organismo de sua homeostase, aumentando instantaneamente a demanda energética não só da musculatura exercitada, mas do organismo como um todo. Assim, para suprir a nova demanda metabólica ocorrem várias adaptações fisiológicas (BRUM et al., 2004).

A fonte básica de energia para a contração muscular é fornecida pela quebra de moléculas de ATP (adenosina trifosfato). No entanto, a capacidade de armazenamento de ATP muscular é muito pequena e logo sua reserva é esgotada, sendo necessária a constante reconstituição dessas moléculas para que o músculo continue o processo de contração (GUYTON; HALL, 2011).

Existem três vias metabólicas de produção rápida de ATP das quais o músculo faz uso para manter o suprimento constante de energia necessário para a contração muscular, são elas: (1) formação de ATP pela degradação da creatina fosfato / sistema do fosfagênio; (2) formação de ATP a partir da degradação da glicose (glicólise) ou do glicogênio (glicogenólise); e (3) formação oxidativa de ATP (POWERS; HOWLEY, 2000). A depender do tipo, intensidade e duração do exercício, as células dependem

mais de um sistema do que de outro, mas todos funcionam simultaneamente (CAPUTO et al., 2009).

O método mais rápido e simples de reconstituição do ATP é por meio da degradação da creatina fosfato. Para gerar energia para a contração muscular ocorre a quebra do ATP em ADP + Pi. O aumento da concentração sarcoplasmática da ADP (secundária à quebra de ATP) gera estímulo para que a enzima creatina quinase seja ativada, e, portanto, retire o íon fosfato da creatina fosfato, doando-o para o ADP, ressintetizando nova molécula de ATP. Em outras palavras, o ATP muscular doa sua energia para o músculo e a creatina fosfato o regenera. Porém, a quantidade de ATP ressintetizado por essa via é limitada, uma vez que a quantidade da enzima creatina fosfato – catalizadora do processo – disponível no músculo, também é limitada (GUYTON; HALL, 2011).

A creatina fosfato, juntamente com o ATP formado a partir da doação de seu íon fosfato, formam o sistema fosfagênio de liberação de energia, que fornece energia de forma rápida, porém, de curta duração, proporcionando potência muscular máxima por um período de 8 a 10 segundos. Esta via de produção de ATP não é dependente de oxigênio, portanto, é uma via anaeróbia de produção de energia (POWERS; HOWLEY, 2000; GUYTON; HALL, 2011).

No fornecimento de energia para contração muscular por meio da glicólise a molécula de glicose passa por uma série de reações catalisadas por enzimas – em um total de 10 etapas – onde uma molécula de glicose é clivada em duas moléculas de piruvato, e a energia gerada durante esse processo resulta em um saldo final de produção de 2 ATPs (POWERS; HOWLEY, 2000).

Além da produção direta de ATP, algumas reações que ocorrem na via glicolítica liberam energia na forma de íons hidrogênio (H^+), que são capturados por moléculas de NAD^+ , resultando na formação de 2 moléculas de NADH (transportador de elétrons) por molécula de glicose. Este é apenas o primeiro estágio da degradação completa da glicólise (NELSON; COX, 2014).

O NADH leva os íons H^+ até o O_2 (aceptor final de hidrogênio na etapa de fosforilação oxidativa) – em condições aeróbicas. No entanto, em condição intensa de trabalho, o músculo dispõe de baixa pressão de oxigênio, onde não há oxigênio suficiente (anaerobiose) para receber os elétrons do NADH, e – por meio da enzima lactato desidrogenase – o piruvato recebe esses íons, transformando-se em lactato (POWERS; HOWLEY, 2000).

Ao doar o H^+ ao piruvato o NADH volta a seu estado reduzido (NAD^+), disponível para captar novos H^+ produzidos durante a glicólise (que ocorre de maneira contínua), pois caso não houvesse acceptor de elétrons disponível, as reações geradoras de energia da glicólise cessariam (NELSON; COX, 2014). A glicólise gera energia suficiente para um exercício de cerca de 1,3 a 1,6 minutos de duração (GUYTON; HALL, 2011).

Em geral, após a primeira etapa da glicólise as moléculas de piruvato formadas entram na mitocôndria das células musculares e reagem com o oxigênio, formando uma quantidade ainda maior de ATP (34 moléculas de ATP/molécula de glicose) (GUYTON; HALL, 2011). Essa atividade – chamada de fosforilação oxidativa, cadeia transportadora de elétrons ou cadeia respiratória – ocorre em várias etapas sequenciais de transferência de elétrons trazidos da glicólise pelos transportadores de elétrons – NADH e $FADH_2$ (NELSON; COX, 2014).

Vale ressaltar que este é um processo aeróbico, pois apenas na presença de oxigênio os elétrons são estimulados a se desprenderem do NADH e $FADH_2$ para passar pela cadeia transportadora de elétrons. Na ausência do oxigênio, como não ocorre esse estímulo, os elétrons são doados ao piruvato, dando origem às moléculas de lactato (NELSON; COX, 2014). O sistema aeróbico de produção de energia ocorre por tempo ilimitado – enquanto houver nutrientes para serem degradados – e, portanto, são utilizados pelo organismo como geradores de energia para exercícios prolongados (GUYTON; HALL, 2011).

2.2.1. Lactato

Após produzido no músculo, o lactato ganha a corrente sanguínea e vai até o fígado onde entra na cadeia da gliconeogênese e é regenerado em glicose. Esta glicose ganha novamente a corrente sanguínea e é estocada no músculo na forma de glicogênio, para reabastecer os estoques energéticos musculares. Esse processo de produção de glicose a partir do lactato recebe o nome de Ciclo de Cori (GLEESON, 1996; ALLEN; HOLM, 2008; POWERS; HOWLEY, 2000).

Outra peculiaridade do lactato é que nas fibras musculares esqueléticas de contração lenta e nas fibras musculares cardíacas, essa molécula pode ser reconvertida a piruvato, que por sua vez pode ser transformado em acetil-CoA, que

entrará no Ciclo de Krebs e na cadeia de fosforilação oxidativa, produzindo energia. Portanto, além do lactato ser um subproduto da glicólise anaeróbica, ele também é uma fonte energética – tanto pela produção de glicose no fígado, quanto pela sua contribuição no metabolismo oxidativo (POWERS; HOWLEY, 2000).

Acreditava-se que o acúmulo de lactato desencadeado pelo exercício era o causador da acidose metabólica e da fadiga muscular. No entanto, sabe-se hoje, que são as espécies reativas de oxigênio produzidas na cadeia respiratória que reduzem a sensibilidade dos miofilamentos ao cálcio, promovendo a fadiga (ROBERGS, 2001; REID, 2008). A produção de lactato na verdade é essencial para regenerar o NAD⁺, molécula envolvida na produção contínua de ATP via glicólise. A produção de lactato ainda consome prótons, o que retarda o processo de acidose (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004).

A atividade contrátil induz alterações fisiológicas a nível mitocondrial nas células musculares esqueléticas, a depender da intensidade e duração da atividade física. A longo prazo ocorre a biogênese mitocondrial, onde observa-se alterações fenotípicas desencadeadas pelo exercício na fibra muscular – fibras musculares do tipo II¹ transformam-se em fibras musculares do tipo I. Esta condição aumenta a captação de piruvato para entrar na via oxidativa, reduzindo a formação de lactato, e aumentando o desempenho e resistência, por aumentar o metabolismo aeróbico (HOOD, 2001).

A dosagem do lactato sanguíneo em resposta ao exercício é reconhecida como um excelente parâmetro de descrição do desempenho e capacidade aeróbica do indivíduo. A rotina de exercícios de resistência desencadeia considerável aumento na densidade de volume das mitocôndrias, que está diretamente relacionado com o consumo de oxigênio do tecido muscular (POOLE; ERICKSON, 2017).

A duração e intensidade da atividade física são as principais determinantes do acréscimo de lactato, pois grande parte do suprimento energético do início do

¹ Fibras musculares do Tipo II, ou fibras de contração rápida, ou fibras glicolíticas rápidas, possuem pequeno número de mitocôndrias, capacidade limitada de metabolismo aeróbico e são menos resistentes à fadiga muscular. Inversamente, as fibras musculares do Tipo I, ou fibras de contração lenta, ou fibras oxidativas lentas possuem grande quantidade de enzimas oxidativas e são envolvidas por maior quantidade de capilares. Essas particularidades conferem a esse tipo de fibra, elevada capacidade de produção de energia aeróbica e elevada resistência à fadiga (POWERS; HOWLEY, 2017).

exercício é devido à glicogenólise e à glicólise (fontes energéticas não oxidativas), que culminam com a produção de lactato, portanto, exercícios de alta intensidade e curta duração tendem a induzir aumentos de maior escala nas concentrações séricas de lactato (BOTTEON, 2012; PELLEGRINO et al., 2018).

Exercício de resistência (exercícios de longa duração) tendem a manifestar níveis estáveis de lactato, mesmo que ocorra o aumento de sua produção. Isso ocorre porque os mecanismos de eliminação do lactato sanguíneo são suficientemente adequados de modo que a reciclagem do lactato se iguale à sua produção (BOTTEON, 2012).

Em síntese, o lactato é um metabólito produzido na via glicolítica e seu acúmulo no sangue reflete a capacidade oxidativa do indivíduo, bem como seu nível de condicionamento físico. Outra variável de influência na magnitude das variações de lactato é a modalidade/nível de treinamento. Atividades de explosão (curta duração e máxima intensidade) resultam em maiores valores de lactato quando comparados a exercícios de resistência (MUÑOZ et al., 2002; ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2007; PELLEGRINO et al., 2018).

2.2.2. Glicose

Glicose, aminoácidos, ácidos graxos e corpos cetônicos são moléculas que podem entrar no Ciclo de Krebs e gerar energia. Por meio de um processo chamado de “homeostase de combustível”, o organismo mantém seu suprimento constante de energia, regulando processos de armazenamento, metabolização e conversão dessas moléculas em energia (KLEIN, 2014).

O corpo extrai os nutrientes contidos nos alimentos ingeridos e os armazena nos tecidos para utilizá-los quando forem demandados. Após uma refeição, os nutrientes são absorvidos no intestino e entram na corrente sanguínea (aminoácidos e açúcares) ou na linfa (triglicerídeos). Como as concentrações sanguíneas desses nutrientes ficam muito elevadas no período pós-prandial, é necessário que eles sejam retirados da circulação. Portanto, as moléculas de triglicerídeos entram diretamente no tecido adiposo, na forma de quilomícrons, ao passo que os aminoácidos e açúcares passam pelo fígado, onde podem sofrer metabolização hepática antes de serem dirigidas a outros tecidos (GOFF, 2017).

No fígado, sob influência da insulina, a glicose que acabou de ser absorvida dos intestinos é armazenada na forma de glicogênio. No entanto, a capacidade de armazenamento de glicogênio hepático é limitada, correspondendo a cerca de 10% do peso do fígado (KLEIN, 2014).

Para manter as concentrações sanguíneas de glicose dentro do valor de normalidade, a mesma é transformada em ácidos graxos e armazenada no tecido adiposo ou no músculo e outros tecidos periféricos na forma de glicogênio. Uma outra parte da glicose, ainda, será oxidada a dióxido de carbono e água, fornecendo energia imediata às células (GOFF, 2017).

Em situações de jejum ou de grande gasto energético (exercício), em que não há glicose circulante suficiente para manutenção do metabolismo, ocorre mobilização das fontes de glicose previamente armazenadas. Este *feedback* é controlado por hormônios como o glucagon, epinefrina, glicocorticóides e hormônio do crescimento, e é de suma importância, uma vez que a glicose é a principal fonte de energia para as células nervosas (GOFF, 2017).

Durante o período inicial da atividade física, a energia necessária para a contração muscular é proveniente da glicose sanguínea. À medida que o exercício é mantido, o glicogênio (muscular e hepático) sofre glicogenólise e passa a ser a fonte de ATP (KLEIN, 2014). Portanto, durante o exercício, observa-se decréscimo da glicemia concomitante ao aumento do lactato sanguíneo (PICCIONE et al., 2012).

2.3. Atividade física induzindo alterações cardiovasculares

Conforme conceituaram Marcellin-Little, Levine & Taylor (2005) a aptidão é a capacidade de um indivíduo realizar uma determinada atividade física. Em outras palavras, um animal que possui aptidão a determinado tipo de atividade possui adaptações cardiorrespiratórias, força muscular, resistência e flexibilidade – adquiridas ao longo da rotina de treinamentos – que o permitam realizar com êxito a atividade proposta. Ao passo que o condicionamento físico consiste na realização de atividades físicas que preparem o animal física e mentalmente para a realização das atividades físicas propostas.

Exercícios de resistências são aqueles que duram mais de 15 minutos – categoria na qual se enquadra a atividade de busca, resgate e salvamento – e requer

adaptações fisiológicas ao exercício: quanto maior a taxa metabólica do tecido, maior sua necessidade de perfusão sanguínea (STEPIEN et al., 1998; KLEIN, 2014; POOLE; ERICKSON, 2017; RIZZO et al., 2017).

Em animais atletas, o aumento acentuado do metabolismo leva à uma série de rearranjos fisiológicos. Entre eles, as adaptações cardiovasculares são as de maior relevância, pois a manutenção da adequada perfusão tecidual em condições de elevadas demandas é o fator que contribui para o acréscimo no desempenho individual (KLEIN, 2014; POOLE; ERICKSON, 2017).

Um animal bem condicionado ao exercício de resistência apresentará: baixa FC em repouso, aumento do volume sistólico em decorrência do aumento do tônus vagal (o que permite maior tempo de preenchimento ventricular) e conseqüentemente maior débito cardíaco; aumento de espessura do septo interventricular e aumento do peso cardíaco; redução da pressão arterial em repouso; aumento de enzimas envolvidas nas vias glicolíticas, levando à maior produção de ATP em menor período de tempo; aumento da densidade capilar, aumentando a oxigenação do músculo em atividade. Além de aumentar a resistências de ligamentos e tendões, protegendo melhor as articulações (STEPIEN et al., 1998; MARCELLIN-LITTLE; LEVINE; TAYLOR, 2005).

2.3.1. Frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) é o principal determinante do débito cardíaco e do consumo de oxigênio, e estes refletem o nível de esforço sofrido pelo sistema cardiovascular durante o exercício físico (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2008). Seu controle se dá por fatores intrínsecos e extrínsecos, e a regulação intrínseca diz respeito à capacidade de despolarização espontânea de uma célula marca passo – presente no nó sinoatrial (SA). Esse evento gera potenciais de ação, que serão propagados pelas células cardíacas resultando em contração miocárdica. O intervalo entre os vários potenciais de ação gerados de maneira espontânea, correspondem à FC intrínseca (KLEIN, 2014; KLINE; HASSER; HEESCH, 2015).

Os fatores extrínsecos que regulam a FC são os neurotransmissores simpáticos e parassimpáticos do sistema nervoso autônomo – norepinefrina e acetilcolina. A norepinefrina age sobre os receptores beta adrenérgicos nas células

marca-passo, acelerando as mudanças no canal iônico responsáveis pela despolarização espontânea destas células. Este estímulo faz com que as células marca passo atinjam o limiar de excitação mais rapidamente, reduzindo o intervalo entre os potenciais de ação, aumentando a FC acima de seu nível intrínseco. Ao passo que a acetilcolina age sobre os receptores colinérgicos muscarínicos nas células marca passo, retardando as mudanças dos canais iônicos. As células levam mais tempo para atingir o limiar excitatório e o tempo entre um potencial de ação e outro aumenta, reduzindo assim a FC (KLEIN, 2014).

Em outras palavras, a ativação parassimpática resulta em redução da FC (normalmente observado nos animais em repouso, e principalmente durante o sono). Em contrapartida, a ativação simpática – tanto por estímulo de neurônio simpático, quanto por estímulo da glândula adrenal, e neste caso também ocorrerá liberação de epinefrina – resulta em aumento da FC (KLEIN, 2014).

A FC de um animal em repouso está relacionada com seu tamanho, sua taxa metabólica e seu equilíbrio autônomo (KLINE; HASSER; HEESCH, 2015). Em suma, a FC do indivíduo reflete a ação dos tônus simpático e/ou parassimpático a nível cardíaco: FC muito baixas, como por exemplo 55 bpm a 90 bpm, são observadas em animais sob estímulo parassimpático – normalmente em períodos de sono ou de repouso; enquanto FC entre 200 e 250 bpm são observadas em animais sob estímulo simpático – como durante atividade física ou por estímulo emocional de luta ou fuga. Se ambos os sistemas estiverem parcialmente ativos, a FC refletirá a resultante entre as duas forças (BEERDA, et al., 1998; KLEIN, 2014).

A influência emocional na liberação de neurotransmissores excitatórios explica o fato de alguns animais já apresentarem aumento de FC no preparo para a atividade física (ROVIRA et al., 2010). A amplitude dessa resposta pré-exercício está vinculada à atividade para a qual o animal está sendo treinado, por exemplo, cães de corrida de moderada intensidade apresentam elevações de pressão arterial e FC mais brandas quando comparadas a animais de corrida de alta intensidade (POOLE; ERICKSON, 2017; GUYTON; HALL, 1997). Isso acontece devido às diferentes demandas de oxigênio pelas diferentes modalidades esportivas (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2008).

Outro mecanismo de controle neural que auxilia nos ajustes necessários ao exercício é chamado de reflexo de exercício. Esse mecanismo é ativado quando ocorre aumento da atividade muscular e do movimento articular – uma vez que são as terminações nervosas presentes nas articulações e musculatura que sinalizam

esse controle. O aumento da atividade neural desencadeia uma resposta reflexa com descarga eferente simpática e redução da parassimpática, o que aumenta a FC do indivíduo, a contratilidade miocárdica e redução da duração da sístole, resultando em maior DC (KLEIN, 2014).

Quando se inicia a atividade física a FC rapidamente se eleva, atingindo um platô – FC máxima – à medida que os limites de exaustão se aproximam (ROVIRA et al., 2010). Ao fim da atividade física, a FC tende a cair rapidamente dentro do primeiro minuto, sendo observado decréscimo de até 50% dos valores alcançados durante a atividade. Após essa etapa, a FC continua decaindo de maneira lenta por aproximadamente 30 minutos, onde são retomados os valores basais de FC (BOFFI, 2007; POOLE; ERICKSON, 2017). Atividades físicas que não exijam tanto dos animais, especialmente nos que estão condicionados ao exercício, não provocam consideráveis elevações na FC (ALVES; SANTOS, 2016).

Sabe-se que o grau de variação da FC induzida pelo exercício depende do tipo, intensidade e duração da atividade física (PICCIONE et al., 2012), bem como do estado hidroeletrolítico, desempenho, condicionamento e presença de doenças subclínicas do indivíduo (MUÑOZ et al., 1999). Exercícios que requerem rápida resposta simpática por induzirem aumento brusco na taxa metabólica, como corridas, elevam mais intensamente a FC (ILKIW; DAVIS; CHURCH, 1989). Da mesma forma, animais não adaptados ao exercício possuem elevada FC, associado à um padrão respiratório ofegante como resultado da liberação de neurotransmissores simpáticos, porém, desencadeado pelo estresse (RIMOLDI et al., 1990; MORAES et al., 2017).

A monitorização da FC no período de recuperação reflete o estado metabólico e aptidão física do animal. Um cão que apresenta importante redução da FC após um exercício prolongado possui melhor condição física do que outro que apresente dificuldade em fazê-lo (MUÑOZ, et al., 2006). Além disso, a recuperação da FC após o exercício está diretamente ligada ao controle do sistema nervoso autônomo sobre o coração, e uma recuperação prejudicada está relacionada a um pior desempenho (CHEN et al., 2011), falta de condicionamento físico, dor ou exaustão (MUÑOZ et al., 2006; ROVIRA, MUÑOZ; BENITO, 2008).

O acompanhamento das alterações da FC serve, portanto, para melhorar a aptidão física por meio de programas específicos para cada animal e para evitar o overtraining (ROVIRA et al., 2010). Um bom treinamento físico é traçado considerando-se três variáveis importantes: frequência, duração e intensidade do

treinamento, qualquer sobrecarga de uma dessas variáveis poderá levar ao *overtraining*, que por sua vez reduz o desempenho atlético, diminui a resistência física e aumenta a probabilidade de desenvolvimento de lesões osteomusculares (STEISS, 2002; PURVIS; GONSALVES; DEUSTER, 2010).

2.3.2. Eletrofisiologia cardíaca

A principal função do coração consiste em bombear o sangue com fluxo e pressão adequados para todos os órgãos e tecidos, para tanto, é necessário que os sarcômeros (unidades contráteis cardíacas) se contraíam coordenadamente. Esta coordenação da contração muscular cardíaca está relacionada a uma correta geração (excitação) e propagação do impulso elétrico, às fibras musculares (DESMARÁS; MUCHA, 2001).

Qualquer célula muscular cardíaca possui a capacidade de se despolarizar até o limiar e formar um potencial de ação que será propagado para as demais células. No entanto, algumas células especializadas possuem a capacidade de despolarizar-se espontaneamente e com maior agilidade, originando o potencial de ação que culminará com a contração miocárdica. Este grupo de células especializadas que dá início aos batimentos cardíacos recebe o nome de células marcapasso, e são elas que determinam o ritmo de contração muscular (BECKER, 2006). Por apresentar as células marcapasso, o coração não necessita de neurônios motores para iniciar contrações cardíacas, estes, portanto, atuam apenas na FC, por influenciarem a rapidez com que as células marcapasso se despolarizam (KLEIN, 2014).

Após originado no nodo sinoatrial (NSA), o impulso elétrico segue por uma rede de células cardíacas especializadas, chamado de sistema especializado de condução do coração, constituído pelo nodo atrioventricular, feixe de His e fibras de Purkinje, além do nodo sinoatrial. Este sistema faz com que cada batimento cardíaco siga uma sequência padronizada e específica de propagação, que, em um coração normal consiste em: (1) contração quase que simultânea de ambos os átrios; (2) breve pausa causada pela propagação lenta do potencial de ação através do nodo atrioventricular, (3) e contração quase que simultânea dos dois ventrículos (BECKER, 2006; KLEIN, 2014).

A carga iônica propagada entre as células é formada principalmente por cátions (Na^+ , K^+ e Ca^{2+}), pois os ânions, com exceção do Cl^- , são geralmente moléculas grandes, que não se difundem facilmente através das membranas celulares (GILMOUR JR; MOÏSE, 2017). É este transporte de íons que propaga o impulso elétrico detectado pelo eletrocardiograma, e traduzido em formas de ondas (MARTIN, 2007). A despolarização que nasce no NSA e se espalha rapidamente pelos átrios origina a onda P no ECG; em seguida despolarização é conduzida até o NAV, onde ocorre a contração ventricular, traduzidas no ECG pelo complexo QRS, que por sua vez, impede que a onda de repolarização atrial seja visualizada no exame; a repolarização ventricular é representada pela onda T (JAMES; CHOISY; HANCOX, 2007).

O eletrocardiograma (ECG) é o exame de escolha na avaliação clínica de pacientes com arritmias cardíacas, além de ser utilizado para monitorar pacientes com distúrbios eletrolíticos e hipoxemia, e de sugerir anormalidades das dimensões estruturais cardíacas. Os ritmos cardíacos normais de cães são o ritmo sinusal e a arritmia sinusal respiratória – apresentando um aumento na FC durante a fase de inspiração, e redução da FC durante a expiração. Outras alterações na formação e/ou condução dos impulsos elétricos cardíacos configuram arritmias e precisam ser investigadas (CÔTÉ, 2010).

Cães praticantes de atividade física possuem maior predisposição à ocorrência de arritmia – extrassístole ventricular e atrial, bigeminismo ventricular – quando comparados com animais sedentários, sugerindo que o exercício físico desencadeie alterações no ritmo cardíaco (BARRETO et al., 2013). Alterações de ritmo provocado pela rotina de exercício também foram documentadas em cães pastores alemães, submetidos a um treinamento de 6 semanas de duração. Antes do treinamento o ritmo mais observado entre os animais em repouso era o ritmo sinusal, após este período, a arritmia sinusal respiratória passou a ser o ritmo predominante nos animais em repouso (MORAES et al., 2017).

O exercício físico modula a atividade do nodo sinusal elevando o tônus parassimpático (CAVALCANTI et al., 2009), o que induz ao aparecimento de arritmias no período de repouso. Neste caso, a arritmia é considerada fisiológica e não patológica, por se tratar de um animal atleta (SLEEPER, 2008; YONEZAWA et al., 2014). A ausência de arritmias patológicas desencadeadas após uma prática de

atividade física indica que a atividade foi realizada em nível submáximo (ROVIRA et al., 2010).

Adaptações cardíacas secundária à uma rotina de atividade física, também desencadeiam remodelamento cardíaco em cães (CONSTABLE et al., 2000; SANTOS et al., 2018), podendo ser observadas alterações eletrocardiográficas condizentes com esta condição, como: aumento na duração de QRS, do intervalo QT e amplitude de onda S (CONSTABLE et al., 2000; BAVEGEMS, 2009). Mudanças no tamanho e massa muscular cardíaca em animais atletas podem, inclusive, ser utilizados como parâmetros confiáveis para avaliar a melhora do desempenho atlético (PELLEGRINO et al., 2014).

Em contraste, cães de agilidade revelaram uma redução do intervalo QT, que foi associada à rápida despolarização cardíaca. A agilidade consiste em uma atividade física de alta intensidade e curta duração, provocando rápida elevação da FC em um curto espaço de tempo, o que leva a uma redução do intervalo QT (ROVIRA et al., 2010). A discrepância de respostas cardíacas entre modalidade de exercício diferentes revela que alterações fisiológicas secundárias ao exercício variam de acordo com o tipo, intensidade e duração da atividade (ROVIRA; MUÑOZ; BENITO, 2008).

Alterações de polaridade de onda T – positiva, negativa ou bifásica – provocadas pelo exercício também foram relatadas em Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois (MUKHERJEE et al., 2015; SANTOS et al., 2018) e pode não ter muito significado clínico em cães, sendo atribuído à elevação do diafragma durante a respiração (TILLEY, 1992).

2.4. Contração miocárdica

As estruturas fundamentais para a contração muscular são a actina e miosina: proteínas longas e complexas que se estendem pelo comprimento da fibra muscular e estão envolvidas diretamente na atividade contrátil da musculatura; e a troponina e tropomiosina: proteínas com função reguladora na contração (DAVIS, 2009; NELSON; COUTO, 2015), que estão organizadas nos sarcômeros – unidade contrátil do coração (RIEDELSEL, 2017).

A actina e a miosina convertem a energia química do metabolismo celular em energia mecânica para a contração. Seis filamentos de actina circundam cada filamento de miosina e, ao redor dos filamentos de actina, se encontra a tropomiosina, uma proteína reguladora que envolve os sítios de ligação da actina. Ligada à tropomiosina está a troponina (RIEDESEL, 2017).

A troponina ligada ao esqueleto da actina é formada por um aglomerado de 3 subunidades proteicas: troponina I, que possui forte afinidade pela actina, troponina T, com afinidade pela tropomiosina e troponina C com afinidade por íons cálcio. A contração muscular inicia com a liberação de íons cálcio no citoplasma muscular, fazendo com que a troponina se desloque, expondo os sítios de ligação da actina para a miosina, culminando na contração muscular (GUYTON; HALL, 1997) (Figura 2).

Qualquer lesão nas células musculares cardíacas libera a troponina I para a corrente sanguínea, fazendo dessa proteína um biomarcador de lesão cardíaca. Essas lesões podem ocorrer por (1) lesão direta no miocárdio, como inflamações e agressões químicas; (2) hipóxia do miocárdio; (3) aumento da demanda de oxigênio, observada em casos de hipertrofia ventricular esquerda e taquicardia supra-ventricular ou ventricular; (4) privação do fornecimento de oxigênio em condição de alta demanda, como observado nos casos de sepse e de exercício físico extremo ou de resistência (MARTINS, 2009).

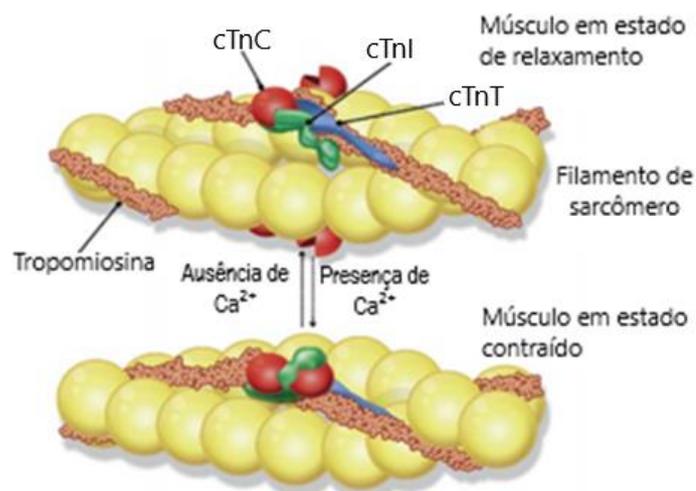


Figura 2 - Esquema de músculo cardíaco mostrando a localização da troponina I (cTnI), troponina T (cTnT) e troponina C (cTnC) em relação à actina e tropomiosina. Fonte: Imagem adaptada de SHAVE et al., 2010.

2.4.1. Troponina I cardíaca como marcador de lesão miocárdica

Biomarcadores cardíacos são moléculas, proteínas ou enzimas, mensuradas no plasma sanguíneo e utilizados como indicadores precoces de injúria miocárdica e como parâmetro para determinar o prognóstico de doenças cardíacas (YONEZAWA, et al., 2009; FERNÁNDEZ et al., 2012).

Essas moléculas são divididas em dois grupos: (1) marcadores de lesão e (2) marcadores de função cardíaca. Dentre os marcadores de lesão estão incluídas as troponinas cardíacas I e T - que foram reconhecidas como marcadores altamente específicos e sensíveis para o diagnóstico de lesão miocárdica em humanos (TERRI, 2008; SIERRA et al., 2015).

O aumento das concentrações séricas de troponina cardíaca (cTn) no plasma ou soro são comumente observadas em casos de necrose do miocárdio. Quando a lesão é aguda, ocorre o aumento da troponina cardíaca sérica dentro de poucas horas, com pico entre 12 a 24 horas após a lesão. Informações relacionadas à lesão crônica do miocárdio levando ao aumento de cTn ainda não estão bem estabelecidas (FUENTES, 2014; NELSON; COUTO, 2015).

A maior vantagem deste biomarcador sobre os demais, é que a troponina I cardíaca (cTnI) é mais específica para diagnosticar lesão miocárdica do que lesão do músculo esquelético e sua presença na circulação sanguínea permanece por até duas semanas após ocorrida a lesão no miocárdio (TERRI, 2008). No entanto, valores elevados de cTnI informam ao clínico simplesmente que há lesão de cardiomiócitos, sem informar se a lesão é primária ou secundária (COSTA et al., 2014).

Em virtude de sua alta especificidade para o tecido cardíaco, a cTnI é muito utilizada como triagem emergencial de humanos com suspeita de infarto agudo do miocárdio. Doença cardíaca crônica também leva a aumentos séricos de cTnI, no entanto, não com a mesma magnitude do infarto (OYAMA, 2015).

Em um estudo com 176 cães saudáveis, Oyama & Sisson (2004) encontraram concentrações plasmáticas de troponina de 0,03ng/mL; ao passo que nesse mesmo estudo, 26 cães portadores de cardiomiopatia dilatada apresentaram concentrações plasmáticas de cTnI de 0,14 ng/mL; 37 cães com degeneração mixomatose valvar, 0,11ng/mL; e 30 cães com estenose da válvula aórtica apresentaram valores de cTnI de 0,08 ng/mL.

Sabe-se que humanos, cães e cavalos praticantes de atividade física apresentam elevações séricas de troponina I cardíaca (HOLBROOK et al., 2006; YONEZAWA et al., 2009; SIERRA et al., 2015), o que provavelmente está relacionado com a adaptação do animal ao exercício, visto que essa elevação ocorre de modo reversível e acredita-se que seja pelo aumento da permeabilidade dos cardiomiócitos (HOLBROOK et al., 2006; YONEZAWA et al., 2009; THARWAT; AL-SOBAYIL; BUCZINSKI, 2013), ou secundário a uma hipóxia miocárdica (PROSEK et al., 2007).

O aumento de cTn também está relacionado ao tipo e duração do exercício, o tempo de coleta da amostra após a atividade física, o kit utilizado e o limite de detecção do teste (SHAVE et al., 2010). Sabe-se, que cães atletas desenvolvem a “síndrome do coração de atleta” em função de adaptações fisiológicas exigidas durante a prática da atividade (SANTOS et al., 2018), a cTnI tem importante papel no diagnóstico de remodelamento cardíaco (LJUNGVALL, et al. 2010).

Apesar dos marcadores cardíacos serem amplamente utilizados, até mesmo na rotina ambulatorial em diversos países, no Brasil, seu uso é restrito à pesquisa devido ao seu elevado custo e baixa disponibilidade (YONEZAWA et al., 2009).

3. CAPÍTULO 1

Artigo a ser submetido para a Revista American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology – Qualis CAPES A1

Treinamento físico em cães de busca, resgate e salvamento induz alterações nos níveis de glicose, lactato e troponina I cardíaca

Caroline Sant' Anna Feitosa¹
Hévila Dutra Barbosa de Cerqueira¹
Franciely Mota de Oliveira¹
Isabella Cosmo da Silva¹
Karina Preising Aptekmann²
Leonardo Oliveira Trivilin²

¹ Médica Veterinária aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias – Centro de Ciências Agrárias e Engenharia – Universidade Federal do Espírito Santo. CCAE-UFES

² Professor Adjunto do Departamento de Medicina Veterinária – Centro de Ciências Agrárias e Engenharia – Universidade Federal do Espírito Santo. CCAE-UFES

Cães de busca, resgate e salvamento: adaptação ao exercício

Autor para correspondência:

Professor Doutor Leonardo Oliveira Trivilin
Departamento de Medicina Veterinária – Centro de Ciências Agrárias e Engenharia
– Universidade Federal do Espírito Santo. CCAE-UFES
Alto Universitário, s/n, Guararema, Alegre – ES, 29500-000
Telefone: +55 28 3552-8649
leotrivilin@gmail.com

Resumo

O trabalho de busca, resgate e salvamento realizado por cães exige um bom condicionamento físico, podendo ser observadas alterações bioquímicas devido às adaptações fisiológicas ao exercício. Objetivou-se avaliar as alterações induzidas pelo exercício físico nas concentrações de glicose, lactato e troponina I cardíaca sérica (cTnI). Cinco cães do serviço de busca, resgate e salvamento do Corpo de Bombeiros Militar, foram submetidos à simulação de operação de busca de 60 minutos de duração. Coletas de sangue para dosagem de glicose, lactato e cTnI foram realizadas antes, durante e após a atividade. Não houve diferença significativa entre os níveis de glicose pré treinamento e os demais tempos de avaliação, com discreta elevação aos 15 minutos de atividade acompanhada por decréscimos variáveis nos demais momentos. Significativas elevações de lactato foram observadas ao final do exercício ($p=0,0063$) e aos 30 minutos ($p=0,0315$) e 60 minutos de recuperação ($p=0,0345$). A troponina I elevou-se significativamente imediatamente após a atividade física ($p=0,0123$) e duas horas após o fim da mesma ($p<0,0001$), com pico após quatro horas do término da atividade ($p=0,0244$). Após decorridas doze horas do fim do exercício os níveis de cTnI iniciaram o declínio, e com 24 horas do término da atividade física os valores obtidos se assemelhavam aos resultados basais. Conclui-se que a atividade física praticada resultou em alterações identificáveis em lactato, glicose e troponina I cardíaca, e que a discreta magnitude dessas alterações sugere adaptação dos cães de busca, resgate e salvamento ao tipo, intensidade, e duração do exercício desempenhado.

Palavras-chave: cães atletas, condicionamento físico, proteína contrátil

Novo e digno de nota

Demonstrou-se que a troponina I cardíaca desponta como biomarcador para o acompanhamento da intensidade do exercício físico em cães, podendo ser utilizada como parâmetro na determinação de protocolos de treinamento individuais, uma vez que variou mediante atividade física, porém abaixo dos limites inferiores de referência considerados para lesão cardíaca. Além disso, a glicose e o lactato somam aos achados de troponina na identificação de alterações metabólicas e adaptativas inerentes ao exercício físico em cães.

Introdução

Os cães têm sido utilizados com maior frequência pelo homem como ferramenta de trabalho (17, 26, 29), e uma das atividades em que são amplamente empregados é nos serviços de busca, resgate e salvamento de órgãos militares (21, 22). As operações que empregam esses animais ocorrem nos mais diversos tipos de ambiente, relevo e clima, o que requer um bom condicionamento físico (9, 16, 31, 33).

Sabe-se que a utilização das diferentes vias do metabolismo energético de produção de energia para a contração muscular – sistema fosfagênio, glicólise aeróbica e anaeróbica – ocorre de forma simultânea. No entanto, a depender do tipo, intensidade e duração da atividade que esteja-se praticando, ocorre predominância de uma dessas vias (5).

O lactato, metabólito da via glicolítica anaeróbica e indicador de fadiga muscular (23, 30), é muito utilizado como medidor do desempenho individual em atletas (6, 11). Testes incrementais em esteira em humanos, mostraram que os valores de lactato permanecem estáveis até determinado ponto (Limiar Anaeróbico), a partir do qual iniciam-se aumentos exponenciais do lactato sanguíneo, indicando neste caso, predominância da utilização da via glicolítica anaeróbica como produtora de ATP. Indivíduos mais treinados, possuem maior limiar anaeróbico, alcançando-os após longos períodos de atividade ou níveis mais altos de intensidade (6, 11).

A sobrecarga cardiovascular para suprir a nova demanda metabólica do animal durante um exercício físico resulta em elevações séricas de troponina I cardíaca (cTnI) (14). A cTnI é um biomarcador sensível e específico para lesão miocárdica, capaz de distinguir cães saudáveis de cães portadores de doença cardíaca, bem como prever a gravidade da insuficiência cardíaca (14, 39). Cães de trenó que realizaram atividades de resistência com vários dias de duração, expressaram aumento de cTnI após atividade física. Entretanto, os autores concluíram que esta não foi indicativa de lesão miocárdica, mas sim de adaptação cardiovascular ao exercício praticado (20).

Estudos a respeito da fisiologia do exercício em cães de busca normalmente são realizados com treinamentos de curta duração (9, 31, 33, 38), ou com intervalos para descanso (38). A interpretação de variáveis indicadoras de condicionamento físico deve levar em consideração a modalidade da atividade física praticada pelo animal, uma vez que o grau de adaptação varia em função das exigências da atividade desenvolvida, enfatizando a importância de se conhecer os valores de referências de parâmetros preditores de condicionamento físico para as diferentes categorias de

atividade. Esta informação permitiria ainda diferenciar uma resposta fisiológica ao exercício de uma patológica, considerando que alguns parâmetros fisiológicos e bioquímicos podem se encontrar fora dos valores de normalidade para a espécie, quando o paciente é um animal atleta (30).

Objetivou-se com este estudo avaliar as alterações nos níveis de glicose, lactato e cTnI cardíaca, desencadeadas por um treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Essas informações auxiliariam no desenvolvimento de programas de treinamento mais eficazes, aumentando o condicionamento físico dos animais e variando a rotina de treinamento – intensidade e duração – de acordo com a necessidade individual.

Materiais e métodos

Aspectos éticos

Os procedimentos experimentais foram revisados e aprovados pelo Comitê de Ética e Utilização de Animais da Universidade Federal do Espírito Santo de acordo com o protocolo 059/2017. Os responsáveis pelos animais assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando a participação dos mesmos no estudo

Animais e critérios de seleção

Utilizou-se cinco cães adultos integrantes da Equipe K9 – Equipe de Operação com Cães, do Corpo de Bombeiros do Estado do Espírito Santo, Brasil, com idade entre 3 e 5 anos, não castrados e em treinamento há no mínimo um ano, sendo: três fêmeas da Raça Pastor Alemão, um macho da raça Pastor Belga de Malinois e um macho mestiço de Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois.

Para serem incluídos na pesquisa os animais foram submetidos a exame físico geral (auscultação cardiorrespiratória e mensuração das frequências cardíaca e respiratória, aferição de pulso, palpação abdominal e de linfonodos, avaliação de mucosas e hidratação, tempo de preenchimento capilar e temperatura corporal), exame eletrocardiográfico e exame ecocardiográfico. Foi coletada amostra sanguínea para realização de hemograma e dosagens bioquímicas (ureia, creatinina, alanino aminotransferase, aspartato aminotransferase, fosfatase alcalina, albumina e

proteínas totais). Animais que apresentassem alguma alteração nesses exames, sugestivo de doença clínica, foram excluídos do estudo.

Delineamento experimental

Amostras sanguíneas foram coletadas antes, durante e após o treinamento, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Momentos de mensuração e variáveis avaliadas em cães submetidos ao treinamento de busca, resgate e salvamento incluídos na referida pesquisa

Momentos	cTnl (ng/mL)	Lactato (mmol/L)	Glicose (mg/dL)
PRÉ	x	x	x
15'EXERC		x	x
30'EXERC		x	x
45'EXERC		x	x
60'EXERC		x	x
15'RECUP		x	x
30'RECUP		x	x
60'RECUP	x	x	x
120'RECUP	x		
4hRECUP	x		
12hRECUP	x		
24hRECUP	x		

PRÉ = Resultados obtidos em repouso;

“EXERC” = coletas de dados realizadas durante a prática da atividade física;

“RECUP” = coletas de dados realizadas após o término da atividade física, na fase de recuperação.

Características do treinamento físico de busca, resgate e salvamento

Foi simulada uma operação de busca, resgate e salvamento em uma área de floresta de aproximadamente 50.000 m² (20°13'30.0"S 40°15'30.6"W) e com duração total de sessenta minutos de atividade. Para garantir que todos os animais trabalhassem durante todo o tempo proposto, a vítima só foi incluída no interior da floresta após decorridos quarenta e cinco minutos de atividade.

Os cães andavam soltos e foram acompanhados por seu condutor, portanto, ficaram livres para executarem qualquer tipo de atividade física, como caminhada, trote, corrida, salto por obstáculos, entre outros. Além disso, os manipuladores encorajavam os animais a trabalhar sempre que necessário. Quando os animais indicavam a localização da vítima, eram recompensados. As temperaturas e umidade

relativa do ar nos dias de execução do experimento variaram entre $25 \pm 2,5$ °C e $70,5 \pm 7,5$ U% respectivamente.

Para que não houvesse interferência de atividades físicas anteriores sobre o valor de cTnI basal, os animais ficaram sem treinamento por uma semana antes da execução do experimento, além de não terem participado de nenhuma ocorrência de busca neste mesmo período.

Exames laboratoriais

As amostras sanguíneas para dosagens de glicose, lactato e de cTnI foram retiradas da veia cefálica ou safena lateral. A mensuração de glicose e lactato foi realizada em aparelho portátil, respectivamente, Accu-Chek® Performa e Accutrend® Plus, ambos da marca Roche, que funcionam com a tecnologia de dosagem em fita. O glicosímetro faz as leituras pelo método de hexoquinase e o aparelho de lactato por fotometria de refletância.

As amostras sanguíneas para dosagem de cTnI foram acondicionadas em tubo sem anticoagulante e mantidas em temperatura entre 2 a 8 °C, até a chegada ao laboratório, onde foram centrifugadas para a obtenção do soro, que foi acondicionado em temperatura de -20 °C por um período não superior a 20 dias. As análises foram realizadas em analisador de imunensaio de bancada IMMULITE® 1000, da marca Siemens Healthcare Diagnósticos S. A., em duplicata, pelo método de quimioluminescência e com sensibilidade de 0,01ng/mL.

Estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk apresentando distribuição normal. Em seguida, os resultados obtidos durante, e após o exercício foram comparados com o valor pré exercício de cada animal, pelo método de Análise de Variância (ANOVA) para duas amostras relacionadas. Os resultados estatisticamente significativos foram indicados por $p < 0,05$. A análise estatística foi realizada com o software BioEstat® 5.3 e as figuras desenvolvidas no software GraphPad Prism® 6 Demo. Os resultados obtidos também foram comparados com os valores de normalidade para a espécie.

Resultados

As variações nas concentrações plasmáticas de lactato e glicose sanguíneas estão demonstradas na Figura 2. Não houve diferença significativa entre os níveis de glicose pré exercício (PRÉ) e os demais tempos de avaliação.

Nas mensurações de lactato, foi observada diferença significativa ao final do exercício (60'EXERC), quando comparado com o valor obtido antes do treinamento (PRÉ) ($p = 0.0063$). Diferenças significativas também foram observadas aos 30 minutos ($p=0,0315$) e 60 minutos ($p=0,0345$) da fase de recuperação, também quando comparados aos níveis de lactato em repouso.

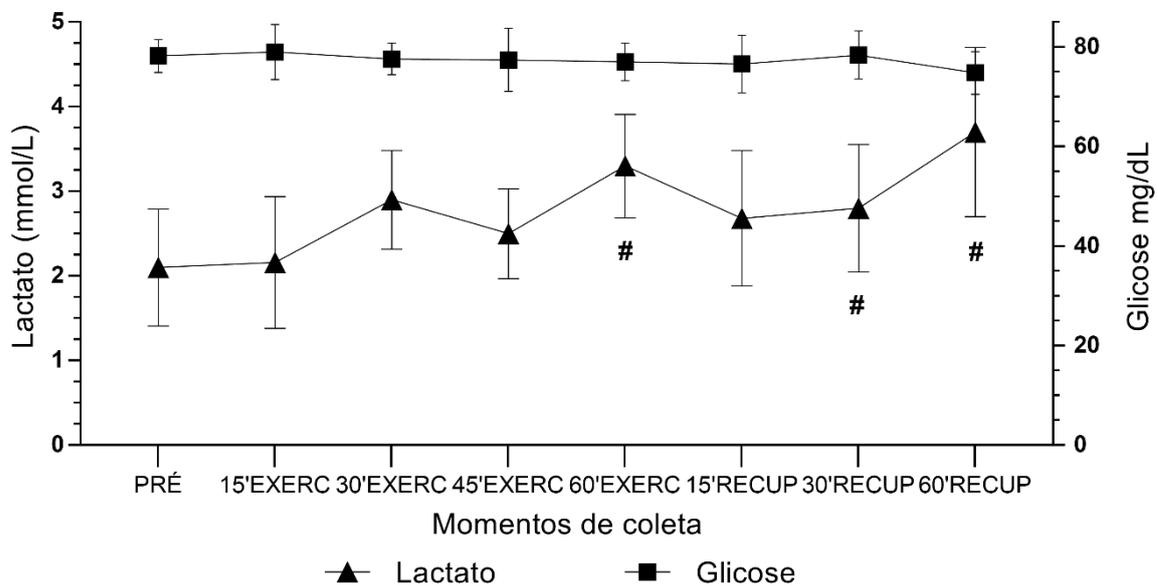


Figura 1 - Médias e desvio padrão dos valores de lactato (mmol/L) e glicose (mg/dL) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Mensurações foram realizadas antes (PRÉ), durante (EXERC) e após (RECUP) o treinamento. # Indica diferença significativa do lactato quando comparado com o valor pré-exercício.

O exercício físico de 60 minutos de duração induziu ao aumento da troponina I cardíaca (cTnI) (60'EXERC), que se manteve elevada por cerca de mais uma hora (60'RECUP), e continuou aumentando após 2 e 4 horas do término do exercício (120'RECUP e 4hRECUP). Após 12 horas de atividade os níveis de cTnI começaram a decair, permanecendo com esse comportamento até 24 horas após a atividade (24hRECUP). A Figura 3 demonstra o perfil da cTnI cardíaca nos momentos avaliados. Quando comparados ao valor de cTnI basal, foram observadas diferenças significativas após 60 minutos do término da atividade física (60'RECUP) ($p=0,0123$),

aos 120 minutos de recuperação ($p < 0,0001$) e após 4 horas de recuperação ($p=0,0244$).

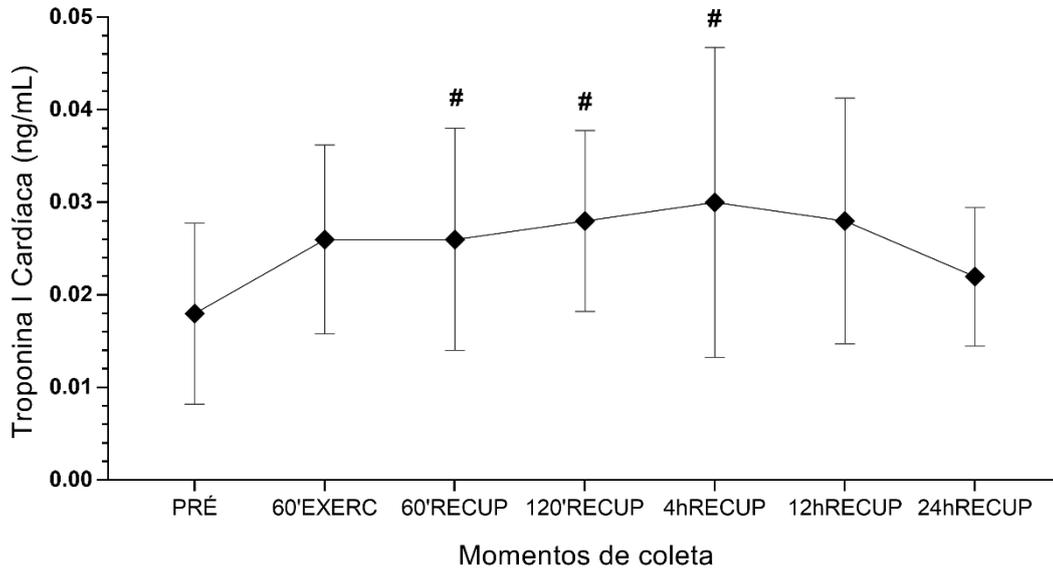


Figura 2 – Média e desvio padrão da troponina I cardíaca (ng/mL) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Mensurações foram realizadas antes (PRÉ), imediatamente ao fim da atividade (60'EXERC) e após (RECUP) o treinamento.

Indica diferença significativa da cTnI quando comparado com o valor pré-exercício.

Discussão

Este estudo procurou avaliar o quanto a atividade de busca, resgate e salvamento desempenhada por cães influenciaria os níveis de glicose, lactato e troponina I e encontrou que o exercício físico induziu aumentos significativos de lactato ao término de uma atividade de 60 minutos, e aos 30 e 60 minutos da fase de recuperação; bem como provocou progressivo aumento de cTnI após uma, duas e quatro horas após o término da atividade física, durante a fase de recuperação. Em relação à glicose, foram observadas oscilações nos resultados entre os momentos avaliados, no entanto, sem diferença significativa. Importante salientar que a atividade desempenhada esteve o mais próximo possível de uma situação real de trabalho desses cães, ou seja, os mesmos estiveram livres para correr, saltar por obstáculos, trotar, caminhar, e, portanto, o esforço físico foi oscilante, porém, suficiente para identificar variações nos níveis de biomarcadores fisiológicos.

A média dos valores de lactato obtida em repouso ($2,1 \pm 0,61$ mmol/L) esteve próxima aos valores descritos por outros autores $2,3 \pm 1,0$ mmol/L (2) e $2,35 \pm 0,92$ mmol/L (3) em cães de trabalho da polícia; bem como está dentro do limite de normalidade reportado para cães (0,7 a 2,8 mmol/L) (1). Esse resultado demonstra que nenhuma alteração nos níveis de lactato foi observada antes das atividades de busca, resgate e salvamento, e que qualquer mudança observada no decorrer do experimento foi estritamente decorrente da atividade física realizada. Nesse sentido, aumento significativo nas concentrações plasmáticas médias de lactato em relação ao momento de repouso foram observadas imediatamente ao término da atividade física desempenhada ($3,3 \pm 0,54$ mmol/L; $p=0,006$) e aos 30 minutos ($2,8 \pm 0,67$ mmol/L; $p=0,031$) e 60 minutos ($3,5 \pm 0,89$ mmol/L; $p=0,034$) da fase de recuperação, com níveis plasmáticos acima dos valores de referência para a espécie.

Um aumento significativo do lactato ao final da atividade física também foi observado por outros autores em cães de busca, sob exercício de 20 minutos de duração (31). O lactato é um indicador de anaerobiose e de intensidade de exercício, onde exercícios extenuantes culminam com valores mais expressivos deste metabólito, quadro que se modifica à medida que o indivíduo esteja mais condicionado ao exercício praticado (30, 31). Desta forma, entende-se que os animais deste estudo estão adaptados à atividade física de 60 minutos de duração, pois mesmo que tenha sido identificado o aumento significativo, este resultado era esperado, e revela que alterações na intensidade da atividade física podem ocorrer dentro de uma mesma categoria de exercício (31). Além disso, após decorridos 15 minutos de descanso (15'RECUP) houve redução dos níveis de lactato mostrando a adaptação dos animais à atividade física praticada e sua duração.

O aumento significativo de lactato na fase de recuperação (30'RECUP e 60'RECUP) pode estar associado a uma nova antecipação ao exercício – condição fisiológica observada em animais atletas, que resulta em alterações antes mesmo do início da atividade (4) – visto que aos 15'RECUP os valores de lactato haviam começado a reduzir ($2,68 \pm 0,71$ mmol/L) e não apresentaram diferença significativa com os valores em repouso ($p=0,12$), o que indica que os animais haviam restabelecido sua condição normal neste momento de avaliação. Entre um momento de avaliação e outro, os animais permaneciam confinados em suas gaiolas, nas viaturas, e a soltura dos mesmos para coleta de dados do experimento gerava notável excitação, por entenderem que um novo trabalho de busca se iniciaria. Nas condições

em que o projeto foi executado, era inviável mantê-los soltos a fim de evitar essa manipulação e ansiedade, que para eles, se assemelhou a uma nova operação a ser executada.

No entanto, outra teoria para explicar essa mesma condição – e acredita-se ser a mais plausível – é de que a drenagem do lactato do músculo para a corrente sanguínea ocorre de forma lenta (3, 12), justificando os dois picos de lactato após o término da atividade física (aos 30 e 60 minutos da fase de recuperação), uma vez que no momento pré atividade também foi observada excitação dos animais, porém, sem aumento do lactato – considerando os valores de normalidade para a espécie.

Em razão de ficarem livres durante a atividade, a intensidade de exercício varia de modo aleatório e não incremental (3, 7), justificando as elevações e reduções do lactato sanguíneo observadas nos momentos durante a atividade que não apresentam dependência em relação ao tempo decorrido de atividade.

Em relação à glicemia, os valores obtidos em repouso ($78,2 \pm 2,92$ mg/dL) estão de acordo com o padrão de normalidade para a espécie (60 a 111 mg/dL) (18). Não houve diferença significativa em nenhum momento, comparado com os valores em repouso (PRÉ), embora haja variação entre os momentos avaliados.

A ausência de diferença significativa entre os momentos de avaliação da glicose indica equilíbrio entre o consumo de glicose pelas vias glicolíticas para produção de ATP, e mobilização hepática de glicogênio para alimentar essas vias metabólicas celulares, e ainda, manter a glicemia (8, 31). Conseqüentemente, os animais estudados encontravam-se em condições adequadas de nutrição e a atividade física executada não exauriu o aporte energético dos animais até condições extremas que os lavassem à hipoglicemia (15, 37). Ausência de diferença significativa entre dosagens de glicose também foram observadas em um exercício incremental em esteira com cães policiais (22) e em uma atividade com cães de busca, resgate e salvamento (31). Portanto, sugerimos adaptação ao exercício em nossos animais, uma vez que conseguiram manter um bom controle glicêmico durante a prática da atividade física.

A média da glicose em todos os momentos avaliados permaneceu próximo do limite inferior de normalidade. Esta situação pode ser atribuída à ação do exercício físico sobre receptores de membrana. As atividades físicas estimulam a translocação do receptor Glut-4 do citosol para a membrana celular, captando a glicose, e reduzindo a glicemia (27). Essa condição foi observada em um estudo cujos animais após

condicionamento a um exercício incremental em esteira, passaram a apresentar menores valores de glicose, e permite-nos inferir que mesmo em condições de elevado gasto energético, os cães do nosso estudo foram capazes de manter um bom controle glicêmico, garantindo seu desempenho atlético (22).

Nosso estudo demonstrou ainda, que a atividade física de 60 minutos de duração executada por cães de busca, resgate e salvamento induziu a significativos aumentos de cTnI sérica a partir de 60 minutos do término do exercício – no período de recuperação – sem apresentar aumento significativo imediatamente após o término da atividade (60'EXERC). Esses resultados corroboram com estudos que afirmam que a cTnI é liberada de forma tardia na circulação (19).

Ainda que tenham sido observadas variações entre os diferentes momentos avaliados, os resultados obtidos não excederam os valores de normalidade para a espécie ($< 0,07$ ng/mL) (36), indicando que a atividade física executada pelos cães do nosso estudo não levou ao desenvolvimento de lesão miocárdica subclínica, além de confirmar a ausência de danos cardíacos crônicos (39).

O início de uma atividade física exige o aumento do débito cardíaco, da frequência cardíaca e da pressão arterial sistólica para manter o organismo em homeostase. Esse conjunto de ajustes culmina com o aumento sustentado do trabalho cardíaco, que por consequência estressa o miocárdio – juntamente com a produção de espécies reativas de oxigênio, aumento da temperatura central e modificação do pH. Essas alterações, quando excedem a capacidade individual de ajuste, levam à lesão dos cardiomiócitos com extravasamento de cTnI (35). A ausência de elevação dos valores de cTnI em nosso estudo sugere que os cães não foram submetidos a uma carga de trabalho superior ao que poderiam suportar.

Ausência de resultados que extrapolassem os valores de normalidade de cTnI para cães também foi relatada em um estudo com cães de trenó, submetidos a uma atividade de enduro de aproximadamente 60 minutos de duração, cujos autores sugeriram que atividades físicas não extenuantes realizadas por animais clinicamente saudáveis não induzem a elevações relevantes desta proteína contrátil, mas reflete, possivelmente, um aumento de permeabilidade de membrana celular cardíaca, caracterizada por um aumento discreto, mas dentro dos valores de normalidade (40).

Outra condição, descrita na literatura (24), e que também explicaria a permanência dos resultados de cTnI dentro dos valores de normalidade é que humanos mais bem preparados para uma atividade de enduro apresentaram menor

oscilação nos valores de cTnT mensurados após uma corrida. Esta situação sugere que indivíduos melhor adaptados ao exercício que se propõe praticar, possuem maior resistência ao dano cardíaco, e elevações séricas de troponina estão fortemente relacionadas ao grau de condicionamento físico. Nós avaliamos a cTnI – marcador específico de dano miocárdico – e como não encontramos elevações desta proteína acima do valor de referência, concluímos que nossos cães estão bem adaptados e condicionados ao exercício praticado.

Em contraste ao exposto acima, já foi relatado valores elevados de cTnI em cães de trenó que percorreram uma distância de 160 km/dia, durante 5 dias consecutivos (25); valores que inclusive se assemelham a resultados de cães portadores de cardiomiopatia ou doença valvular de mitral (20). Importante ressaltar que a atividade física praticada pelos cães de trenó foi considerada extrema (20), e muito mais intensa e duradoura do que a atividade desempenhada pelos cães do nosso estudo, justificando a maior exigência cardíaca, que se traduziu nos elevados valores de cTnI encontrados por eles.

Em estudo realizado com cães com doença valvular de mitral e cães saudáveis, submetidos a um teste de esteira incremental foi identificado a atividade física induziu a aumentos significativamente maiores nos cães doentes do que nos saudáveis; bem como, verificou-se que os cães doentes apresentavam maiores valores de cTnI do que os cães saudáveis, quando avaliados em repouso, mesmo que dentro dos valores de referência (41). Nossos cães não apresentavam doença cardíaca primária, descartada pela realização prévia do ecocardiograma, descartando qualquer influência de doença sobre os valores de troponina.

Aos 60 minutos de recuperação (60'RECUP) foi observado aumento significativo de cTnI sérica ($0,026 \pm 0,012$ ng/mL; $p=0,0123$), comparado ao valor em repouso dos animais ($0,018 \pm 0,009$ ng/mL), fato que também foi observado nos momentos 120'RECUP ($0,028 \pm 0,009$ ng/mL; $p < 0,0001$) e 4hRECUP ($0,03 \pm 0,016$ ng/mL; $p=0,0244$). Em relação ao pico de cTnI e tempo de depuração foi relatado que em casos de infarto agudo do miocárdio a liberação de cTnI para a corrente sanguínea ocorre de maneira bifásica, com uma pequena fração de cTnI extravasada, de forma sustentada, nas primeiras 4 a 6 horas – proveniente do reservatório citosólico de cTnI; e posteriormente um pico de cTnI circulante ocorre entre 12 a 24 horas após a injúria – proveniente do reservatório estrutural em consequência da degradação das miofibrilas (13, 28, 42). Desta forma, a ausência de característica bifásica em nosso

estudo, bem como o pico de cTnI após 4 horas do término da atividade física, sugere que o exercício não induziu hipóxia/necrose tecidual, mas sim, ao aumento da permeabilidade dos cardiomiócitos, resultando no discreto aumento de cTnI (35).

Decorridas 12 horas do fim da atividade física realizada pelos cães, os níveis de cTnI começaram a decair ($0,028 \pm 0,013$ ng/mL; $p=0,075$), permanecendo com esse comportamento até 24 horas após a atividade (24hRECUP; $0,022 \pm 0,077$ ng/mL; $p=0,18$), não havendo diferença significativa nesses momentos em comparação ao momento PRÉ. Rápidos acréscimos ou decréscimos da cTnI, dentro de um período de 24 a 48 horas, ou baixos valores circulantes constantes foram associados à isquemia sem infarto, doenças cardíacas não isquêmicas ou doenças não cardíacas, refletindo uma lesão reversível do miocárdio, com extravasamento apenas de cTnI citosólica (19). Nossa pesquisa também verificou que a liberação de cTnI, associada à atividade física, se comporta de forma semelhante em cães e humanos. Em pessoas atletas saudáveis, praticantes de exercício de resistência, os valores de troponina após a prática da atividade física também reduziram significativamente em um período de 24 horas após a atividade praticada, atingindo seus valores de normalidade (34). Dentro de 24 horas após a atividade física a cTnI voltou aos valores basais, indicando que a variação de cTnI observada no presente estudo deve-se apenas ao extravasamento de troponina citosólica, descartando isquemias e doenças cardíacas não isquêmicas (19).

Em humanos, os efeitos deletérios das atividades de enduro – risco de necrose miocárdica induzida pelo exercício – têm sido alvo de pesquisas nos últimos anos, e atribui-se à cinética de liberação da troponina como um método de diferenciação de síndrome coronariana aguda da liberação de cTnI induzida pelo exercício (10). Considerando o comportamento cinético deste biomarcador de injúria miocárdica em nossa pesquisa, inferimos que os cães não sofreram os efeitos deletérios cardíacos associados à atividade de enduro e, portanto, o grau do esforço físico exigido – considerando a duração e intensidade da atividade praticada – não foi suficiente para interferir na homeostase cardíaca, e conseqüentemente na oxigenação miocárdica.

Por fim, a identificação da variação nos níveis de cTnI nos cães deste estudo foi possível devido a ajustes na sensibilidade de detecção do aparelho utilizado. Divergências nos resultados de cTnI das diferentes pesquisas realizadas no meio científico podem estar relacionadas à metodologia do teste (35). Nesse sentido, optamos por reduzir o limite de detecção do aparelho para 0,01 ng/mL, com o intuito

de entender melhor as variações nos níveis de troponina. Um trabalho utilizando o mesmo kit para detecção de troponina utilizado no nosso estudo, e seguindo as recomendações do fabricante (sensibilidade do aparelho de 0,1 ng/mL e limite inferior de detecção de 0,2 ng/mL) identificou poucas alterações no valor de cTnI em cães, treinados e não treinados, submetidos a teste de esforço incremental em esteira (7). Desta forma, para efeitos de identificação de variações de cTnI induzida por exercício em cães de trabalho, destaca-se a importância do ajuste na sensibilidade de detecção do aparelho, pois o objetivo inicial dos kits de dosagem de cTnI, bem como, os valores de referência consagrados na literatura, visam o diagnóstico de cardiopatias – que resultam em elevações expressivas de cTnI na corrente sanguínea – e não a utilização deste biomarcador como ferramenta na melhoria do desempenho atlético.

Como observado em nosso estudo, a sutil variação de troponina não teria sido identificada se considerarmos a sensibilidade do teste proposta pelo fabricante. Mas é exatamente essa pequena variação de cTnI que nos permitiria com segurança, aumentar a carga de trabalho dos animais (objetivando melhor condicionamento físico e conseqüentemente aumentando seu desempenho atlético) e acompanhar com maior precisão a influência do exercício na cinética de liberação da cTnI. Caso contrário, tais alterações – que mudariam completamente a conduta quanto ao treinamento, condicionamento e até mesmo a utilização do animal para o serviço de busca, resgate e salvamento – poderiam passar despercebidas.

Conclusão

Concluiu-se que a atividade física de 60 minutos de duração foi suficiente para gerar alterações bioquímicas identificáveis em lactato, glicose e troponina I cardíaca, e que a discreta magnitude dessas alterações sugere adaptação dos cães de busca, resgate e salvamento ao tipo, intensidade, e duração da atividade física executada. Esta pesquisa estimula a realização de novos estudos subsequentes a fim de avaliar e definir/sugerir novos métodos de treinamento físico dos cães do serviço de busca, resgate e salvamento além de acompanhar suas respostas adaptativas ao treinamento sugerido, que seria identificado por melhorias nos parâmetros durante o esforço, melhorando gradativamente seu desempenho geral.

Agradecimentos

Agradecemos ao Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

Subsídios

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

Esta pesquisa só pôde ser desenvolvida graças ao financiamento concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

Referências

1. **Allen SE, Holm JL.** Lactate: physiology and clinical utility. *J Vet Emerg Crit Care* 18(2): 123-132, 2008.
2. **Alves JC, Santos A.** Physiological, haematological and biochemical shifts in police working dogs during a riot control exercise. *Comp Exerc Physiol* 12(4): 193-198, 2016.
3. **Alves JC, Santos A, Brites P, Ferreira-Dias, G.** Evaluation of physical fitness in police dogs using an incremental exercise test. *Comp Exerc Physiol* 8: 219-226, 2012.
4. **Angle GT, Wakshlag JJ, Gillette RL, Stokol T, Geske S, Adkins TO, Gregor C.** Hematologic, serum biochemical, and cortisol changes associated with anticipation of exercise and short duration high-intensity exercise in sled dogs. *Vet Clin Pathol* 38(3): 370–374, 2009.
5. **Caputo F, De Oliveira MFM, Greco CC, Denadai BS.** Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Rev Bras Cineantrop Des Hum* 11(1): 94-102, 2009.
6. **Castaño M, Domínguez R, Solano P, Muñoz J.** Acute physiological and mechanical responses during resistance exercise at the lactate threshold intensity. *J Strength Cond Res* 29: 2867-2873, 2015.
7. **Cerqueira JA, Restan WAZ, Fonseca MG, Catananti LA, De Almeida MLM, Junior WHF, Pereira GT, Carcofi AC, Ferraz GC.** Intense exercise and endurance-training program influence serum kinetics of muscle and cardiac biomarkers in dogs. *Res Vet Sci* 121: 31-39, 2018.
8. **De Oliveira JC, Baldissera V, Simões HG, De Aguiar AP, De Azevedo PHSM, Poian PAFO, Perez SEA.** Identificação do limiar de lactato e limiar glicêmico em exercícios resistidos. *Ver Bras Med Esporte* 12(6): 336-338, 2006.
9. **Diverio S, Barbato O, Cavallina R, Guelfi G, Iaboni M, Zasso R, Dimari W, Santoro MM, Knowles TG.** A simulated avalanche search and rescue mission induces temporary physiological and behavioural changes in military dogs. *Physiol Behav* 163 (1): 193-202, 2016.
10. **Donnellan E, Phelan D.** Biomarkers of Cardiac Stress and Injury in Athletes: What Do They Mean? *Curr Heart Fail Rep* 15(2): 116-122, 2018.
11. **Faude O, Kindermann W, Meyer T.** Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Med* 39(6): 469–490, 2009.
12. **Ferasin L, Marcora S.** Reliability of an incremental exercise test to evaluate acute blood lactate, heart rate and body temperature responses in Labrador Retrievers. *J Comp Physiol* 179(7): 839-845, 2009.

13. **Higgins JP, Higgins JA.** Elevation of cardiac troponin I indicates more than myocardial ischemia. *Clin Invest Med* 26: 133-47, 2003.
14. **Holbrook TC, Birks EK, Sleeper MM, Durando M.** Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. *Equine Vet J* 36 Suppl: p.27–31, 2006.
15. **Iowu O, Heading K.** Hypoglycemia in dogs: Causes, management, and dagnosis. *Can Vet J* 59(6): 642-649, 2018.
16. **Jones KE, Dashfield K, Downend AB, Otto CM.** Search-and-rescue dogs: an overview for veterinarians. *J Am Vet Med Assoc* 225(6): 854-860, 2004.
17. **Jory C, Shankar R, Coker D, Mclean B, Hanna J, Newman C.** Safe and Sound? A systematic literature review of seizure detection methods for personal use. *Seizure* 36: 4-15, 2016.
18. **Koenig A.** Hypoglycemia. In: *Small Animal Critical Care Medicine*, edit by Hopper KH, Silverstein DC. Missouri: Saunders Elsevier, 2009. p. 295–298.
19. **Martins CS.** Troponina – estrutura, fisiopatologia e importância clínica para além da isquemia miocárdica. *Arq Med* 23(6): 221-240, 2009.
20. **McKenzie EC, Jose-Cunilleras E, Hinchcliff KW, Holbrook TC, Royer C, Payton ME, Davis MS.** Serum chemistry alterations in Alaskan sled dogs during five successive days of prolonged endurance exercise. *J Am Vet Med Assoc* 230(10): 1486-1492, 2007.
21. **Meriguetti LA.** *Manual Técnico de Resgate com Cães.* Vitória, ES: Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, 2015.
22. **Moraes VS, Soares JKI, Cabidelli JF, Fadini ANB, Ribeiro PA, Pinheiro RM, Conti LMC, Souza VRC, Coelho CS.** Effects of resistance training on electrocardiographic and blood parameters of police dogs. *Comp Exerc Physiol* 13(4): 217-226, 2017.
23. **Muñoz A, Santisteban R, Rubio MD, Riber C, Agüera EI, Castejón FM.** Locomotor response to exercise in relation to plasma lactate accumulation and heart rate in andalusian and anglo-arabian horses. *Vet Res Commun.* 23(6): 369-84, 1999.
24. **Neilan TG, Januzzi JL, Lee-Lewandrowski E, Ton-Nu T, Yoerger DM, Jassal DS, Lewandrowski KB, Siegel AJ, Marshall JE, Douglas PS, Lawlor D, Picard MH, Wood MJ.** Myocardial injury and ventricular dysfunction related to training levels among nonelite participants in the Boston Marathon. *Circulation* 114(22): 2325-2333, 2006.
25. **Oyama MA, Sisson D.** Cardiac Troponin-I concentration in dogs with cardiac disease. *J Vet Intern Med* 18: 831-839, 2004.

26. **Pemberton N.** The bloodhound's nose knows? Dog and detection in anglo-american culture. *Endeavour* 37(4): 196-208, 2013.
27. **Pessin JE, Saltiel AR.** Signaling pathways in insulin action: molecular targets of insulin resistance. *J Clin Invest* 106(2): 165-169, 2000.
28. **Remppis A, Scheffold T, Greten J, Haass M, Greten T, Ktibler W, Katus HA.** Intracellular compartmentation of troponin T – release kinetics after global – ischemia and calcium paradox in the isolated – perfused rat-heart. *J Mol Cell Cardiol* 27(2): 793-803, 1995.
29. **Rolón M, Veja MC, Román F, Gómez A, Arias AR.** First report of colonies of sylvatic *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) in the Paraguayan Chaco, using a trained dog. *PLoS Negl Trop Dis* 5(5): e1026, 2011.
30. **Rovira S, Muñoz A, Benito M.** Hematologic and biochemical changes during canine agility competitions. *Vet Clin Pathol* 36(1): 30-35, 2007.
31. **Rovira S, Muñoz A, Benito M.** Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. *Vet Med* 53(6): 333-346, 2008.
32. **Ruax C, Scollan K, Suchodolski JS, Steiner JM, Sisson D.** Biologic variability in NT-proBNP and cardiac troponin-I in healthy dogs and dogs with mitral valve degeneration. *Vet Clin Pathol* 44(3): 420-430, 2015.
33. **Santos POPR, Santos EA, Reis AC, Santos AMMR, Kuster MCC, Trivilin LO, Aptekmann KP.** Effect of exercise on cardiovascular parameters in search and rescue-trained dogs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 70(4): 1036-1044, 2018.
34. **Scharhag J, George K, Shave R, Urhausen A, Kindermann W.** Exercise-Associated Increases in Cardiac Biomarkers. *Med Sci Sports Exerc* 40(8): 1408-1415, 2008.
35. **Shave R, Baggish A, George K, Wood M, Scharhag J, Whyte G, Gaze D, Thompson PD.** Exercise-Induced cardiac troponin elevation - Evidence, mechanisms, and implications. *J Am Coll Cardiol* 56(3): 169-176, 2010.
36. **Sleeper MM, Clifford CA, Laster LL.** Cardiac troponin I in the normal dog and cat. *J Vet Intern Med* 15(5): 501-503, 2001.
37. **Smith SA.** *The hypoglycemic crisis* (Conference proceeding). San Diego, CA: International Veterinary Emergency and Critical Care Symposium, 2004.
38. **Spoo JW, Zoran DL, Downey RL, Bischoff K, Wakshlag JJ.** Serum biochemical, blood gas and antioxidant status in search and rescue dogs before and after simulated fieldwork. *Vet J* 206(1): 47-53, 2015.

39. **Spratt DP, Mellanby RJ, Drury N, Archer J.** Cardiac troponin I: evaluation of a biomarker for the diagnosis of heart disease in the dog. *J Small Anim Pract* 46(3): 139-145, 2005.
40. **Wakshlag JJ, Kraus MS, Gelzer AR, Downey RL, Vacchani P.** The Influence of high-intensity moderate duration exercise on cardiac troponin I and C-reactive protein in sled dogs. *J Vet Intern Med* 24(6): 1388–1392, 2010.
41. **Wall L, Mohr A, Ripoli FL, Schulze N, Penter CD, Hungerbuehler SO, Bach JP, Lucas K, Nolte I.** Clinical use of submaximal treadmill exercise testing and assessments of cardiac biomarker NT-proBNP and cTnI in dogs with presymptomatic mitral regurgitation. *Plos One* 13(6): e0199023, 2018.
42. **Wu AH, Feng YJ, Moore R, Apple FS, McPherson PH, Buchler KF, Bodor G.** Characterization of cardiac troponin subunit release into serum after acute myocardial infarction and comparison of assays for troponin T and I. *Clin Chem* 44(6 Pt 1): 1198–1208, 1998.

4. CAPÍTULO 2

Artigo a ser submetido para a Revista American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology – Qualis CAPES A1

Achados eletrocardiográficos: reconhecendo adaptações cardiofisiológicas em cães de busca, resgate e salvamento

Caroline Sant' Anna Feitosa¹
Hévila Dutra Barbosa de Cerqueira¹
Franciely Mota de Oliveira¹
Isabella Cosmo da Silva¹
Karina Preising Aptekmann²
Leonardo Oliveira Trivilin²

¹ Médica Veterinária aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias – Centro de Ciências Agrárias e Engenharia – Universidade Federal do Espírito Santo. CCAE-UFES

² Professor Adjunto do Departamento de Medicina Veterinária – Centro de Ciências Agrárias e Engenharia – Universidade Federal do Espírito Santo. CCAE-UFES

Adaptações cardiofisiológicas em cães de busca, resgate e salvamento

Autor para correspondência:
Professor Doutor Leonardo Oliveira Trivilin
Departamento de Medicina Veterinária – Centro de Ciências Agrárias e Engenharia
– Universidade Federal do Espírito Santo. CCAE-UFES
Alto Universitário, s/n, Guararema, Alegre – ES, 29500-000
Telefone: +55 28 3552-8649
leotrivilin@gmail.com

Resumo

Adaptações cardiovasculares ao exercício, como arritmias e hipertrofia cardíaca, são observadas em cães atletas e o adequado ajuste do sistema cardiovascular melhora a performance individual frente ao exercício e/ou trabalho, inclusive o de busca, resgate e salvamento. Cinco cães do serviço de busca, resgate e salvamento foram submetidos a uma simulação de operação que durou 60 minutos, com o objetivo de avaliar a variação da frequência cardíaca (FC) e as alterações eletrocardiográficas induzidas pelo exercício. Avaliou-se a FC em repouso (PRÉ), durante (EXERC) e após (RECUP) a atividade física, enquanto o eletrocardiograma (ECG) foi realizado nos momentos PRÉ, imediatamente ao fim da atividade e na fase de recuperação (RECUP). Não houve diferença significativa da FC durante e após o exercício comparada à FC em repouso, e apenas no momento 60'EXERC extrapolou os limites de normalidade para a espécie. No ECG não foram observadas alterações de ritmo em nenhum momento avaliado. Observou-se que a média da duração de onda P foi superior ao limite de normalidade para a espécie em todos os momentos avaliados. Um discreto aumento de duração do intervalo QRS nos momentos PRÉ, 60'EXERC, 30'RECUP e 60'RECUP. Valores de onda T maiores que 25% da onda R foram encontradas nos momentos 60'EXERC, 15'RECUP e 60'RECUP. Considerando os resultados obtidos conclui-se que os cães avaliados estão adaptados à duração e intensidade do trabalho desempenhado.

Palavras-chave: cão atleta, frequência cardíaca, hipertrofia miocárdica

Novo e digno de nota

Este trabalho mostra o comportamento cardiofisiológico demonstrado por variações da frequência cardíaca e por parâmetros eletrocardiográficos de cães de busca, resgate e salvamento, durante uma atividade física de intensidade variada e duração de 60 minutos. Esta categoria de cães tem sido recentemente estudada e o nosso trabalho fornece informações a respeito da adaptação cardíaca adquirida ao longo do tempo de serviço, bem como das alterações imediatas induzidas pela atividade de busca, resgate e salvamento.

Introdução

O serviço de busca, resgate e salvamento compreende uma especialidade do serviço militar cujas atividades são executadas com o auxílio de cães farejadores empregados em buscas de pessoas desaparecidas (18, 26), onde, o trabalho desempenhado por esta categoria de cães de serviço pode fazer a diferença entre a sobrevivência ou a morte de uma vítima (9).

Mesmo com o avanço tecnológico e de inteligência artificial investidos em máquinas e sensores, a eficácia do farejamento canino nos serviços a que são designados – busca de narcóticos, explosivos, entorpecentes, cadáveres, pessoas desaparecidas – não é superada, fundamentando a importância da utilização destes animais no serviço militar (10, 26, 31).

As operações que empregam as equipes K9 – Grupo de Operação com Cães – ocorrem sobre diversas circunstâncias climáticas, vegetativas e de relevo (31), e, portanto, os cães intercalam a intensidade da atividade desenvolvida entre momentos de caminhada e corrida associados ao farejamento, tanto de rastros da vítima no chão, quanto pela captação de odor dispersado no ar (9). Esta atividade exige, portanto, certo grau de aptidão e condicionamento físico dos cães, que desencadeiam alterações metabólicas significativas (31). Estas alterações se iniciam em consequência da rotina de treinamento físico que ocorre a partir do primeiro ano de vida do animal e perdura durante toda sua vida útil no serviço militar (18).

A prática da atividade física eleva o metabolismo celular do indivíduo, resultando em uma série de rearranjos fisiológicos, dentre os quais podem ser citadas as adaptações cardiovasculares (15). Por ser o principal determinante do débito cardíaco e do consumo de oxigênio, a frequência cardíaca (FC) é utilizada como parâmetro para avaliar o esforço sofrido pelo sistema cardiovascular durante o exercício físico (21, 31), e o grau de variação da mesma em função do exercício revela o condicionamento físico do animal (31). Todavia, deve-se levar em consideração a modalidade esportiva praticada, pois o tipo, duração e intensidade do exercício físico também interferem na magnitude da variação da FC (25). Além disso, animais bem condicionados recuperam sua FC basal mais rapidamente do que animais não condicionados (22).

Adaptações cardíacas secundária à uma rotina de atividade física também desencadeiam remodelamento cardíaco em cães (5, 34), podendo ser observadas alterações eletrocardiográficas condizentes com esta condição, como: aumento na

duração de QRS, do intervalo QT e amplitude de onda S (2, 5). Mudanças no tamanho e massa muscular cardíaca em animais atletas podem, inclusive, ser utilizadas como parâmetros confiáveis para avaliar a melhora do desempenho atlético (24).

Em tempo, alterações significativas ao exame eletrocardiográfico foram observadas em cães farejadores do serviço militar após iniciado um processo de treinamento físico de seis semanas, onde o eletrocardiograma revelou adaptações fisiológicas a nível cardiovascular desencadeados pela prática de atividade física (19). Além do mais, a síndrome do “coração de atleta” foi descrita em cães do serviço de busca, resgate e salvamento em virtude da rotina de atividade física, porém, sem alterações eletrocardiográficas (34).

Um estudo utilizando eletrocardiografia em várias raças de cães identificou que o Pastor Alemão foi a raça que mais apresentou arritmias (23), além disso, esta também é uma raça amplamente utilizada pelos serviços militares (10, 17). Importante ressaltar que a arritmia pode resultar na intolerância ao exercício (8), o que afetaria diretamente a eficácia dos cães nos serviços de busca, resgate e salvamento. Portanto, compreender os aspectos fisiológicos desencadeados pelo trabalho de busca, resgate e salvamento em cães é de extrema importância, principalmente aqueles relacionados a alterações na frequência e eletrofisiologia cardíacas.

Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar a FC e suas variações, bem como as alterações eletrocardiográficas observadas em cães do serviço de busca, resgate e salvamento do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, Brasil a fim de prever a adaptação fisiológica ao exercício apresentada por estes animais.

Materiais e métodos

Aspectos éticos

Os métodos experimentais foram conferidos e ratificados pelo Comitê de Ética e Utilização de Animais da Universidade Federal do Espírito Santo em conformidade com o protocolo 059/2017.

Animais e critérios de seleção

Foram avaliados cinco animais integrantes da Equipe de Busca e Resgate com Cães do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo. Os condutores e responsáveis por cada cão assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando a participação dos mesmos na presente pesquisa. O grupo estudado foi formado por três fêmeas da Raça Pastor Alemão, um macho da raça Pastor Belga de Malinois e um macho mestiço de Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois, sendo todos eles adultos, com idade entre 3 e 5 anos e peso médio de 30 Kg, não castrados, e com rotina de treino superior a um ano.

Para inclusão na pesquisa, os animais foram submetidos a exames de triagem (exame físico geral, exame eletrocardiográfico, exame ecocardiográfico, hemograma completo e dosagens bioquímicas de uréia, creatinina, alaninoaminotransferase, aspartatoaminotransferase, fosfatase alcalina, albumina e proteínas totais). Os cães cujos exames apresentaram alguma discrepância da normalidade, que sugerissem possível doença clínica, não foram incluídos na pesquisa.

Delineamento

Foi realizado exame eletrocardiográfico imediatamente antes (PRÉ) e após (60'EXERC) o treinamento de busca, resgate e salvamento, bem como aos quinze, trinta e sessenta minutos de recuperação (15'RECUP, 30'RECUP e 60'RECUP, respectivamente). A FC foi mensurada nos momentos PRÉ; a cada 15 minutos durante o exercício (15'EXERC, 30'EXERC e 45'EXERC); 60'EXERC; e 15'RECUP, 30'RECUP, 60'RECUP e 120' RECUP.

Características do treinamento físico de busca, resgate e salvamento

Foi simulada uma operação de busca à pessoa perdida em mata com 60 minutos de duração em uma área de floresta de aproximadamente 50.000 m² (20°13'30.0"S 40°15'30.6"W). A atividade foi dividida em quatro ações de busca de 15 minutos cada. Para assegurar que todos os animais trabalhassem por todo o período estipulado na pesquisa, uma vítima só foi inserida no interior da floresta antes da última ação de busca do cão, ou seja, após os quarenta e cinco minutos de simulação.

Durante o exercício, os cães se deslocavam livres pela mata (sem guia), sempre acompanhados por um bombeiro militar (condutor), podendo executar durante

a busca a movimentação que fosse conveniente: caminhada, trote, corrida, salto por obstáculos, entre outros. Ademais, os condutores incentivavam os animais a continuar trabalhando (farejando) sempre que necessário. Quando o cão indicava a localização da vítima, os condutores o recompensavam com brinquedos e carinho.

As temperaturas e umidade relativa do ar nos dias em que foi realizado o experimento registraram variações entre $25 \pm 2,5$ °C e $70,5 \pm 7,5$ U%, respectivamente.

Eletrocardiograma e determinação da FC

O exame eletrocardiográfico foi realizado utilizando um eletrocardiógrafo portátil computadorizado (ECG PV Veterinário – TEB – Tecnologia Eletrônica Brasileira®), com os animais em decúbito lateral direito e os eletrodos posicionados de acordo com as recomendações de Tilley (36). Os traçados eletrocardiográficos foram arquivados e posteriormente foram analisadas as derivações bipolares (I, II e III), unipolares de membros (aVR, aVL e aVF), e realizadas as medidas de durações em segundos de P, PR, QRS e QT e as amplitudes em milivolts de P, Q, R, S, T e o desvio do segmento ST em relação à linha de base. As medidas das ondas foram feitas na tela do computador com sensibilidade N e zoom de 8:1, e obtidas em triplicata em regiões aleatórias do traçado eletrocardiográfico, pelo mesmo observador.

A (FC) foi mensurada por meio de palpação do pulso femoral, uma vez que o estado ofegante dos animais inviabilizou a aferição da FC por meio de auscultação.

Estatística

Os valores de FC e das medidas de ondas eletrocardiográficas obtidos em cada momento de avaliação foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Em seguida, os valores foram comparados com o valor pré exercício (PRÉ) de cada animal pelo método de Análise de Variância (ANOVA) para duas amostras relacionadas. Os resultados estatisticamente significativos foram indicados por $p < 0,05$. A análise estatística foi realizada com o software BioEstat® 5.3 e as figuras desenvolvidas no software GraphPad Prism® 6 Demo.

Informações quanto ao ritmo cardíaco e polaridade de onda T foram analisadas qualitativamente. Os valores dos parâmetros eletrocardiográficos foram comparados com a normalidade para a espécie, segundo Tilley (36).

Resultados

Os valores da FC obtidos antes, durante e após o treinamento de busca, resgate e salvamento estão dispostos na Figura 1. Não houve diferença significativa quando os diferentes momentos foram confrontados com o valor pré exercício. Observou-se maior FC média ao fim do exercício (60'EXERC) e valores próximos aos basais aos 15 minutos da fase de recuperação. Os animais não apresentaram sinais de exaustão durante ou após a atividade física.

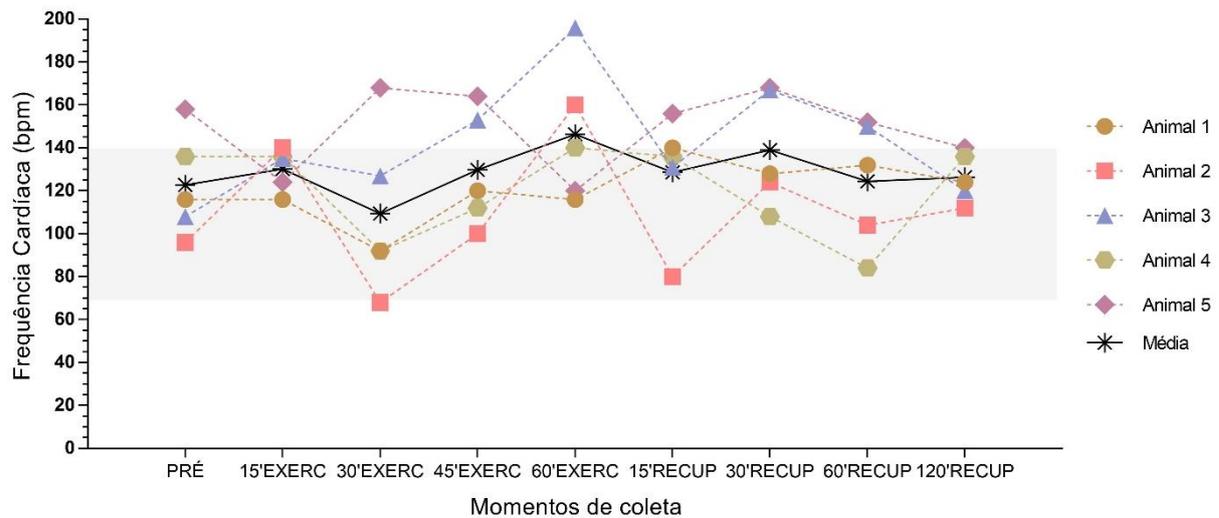


Figura 1 - Valores individuais e média da frequência cardíaca (bpm) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Mensurações foram realizadas antes (PRÉ), durante (EXERC) e após (RECUP) o treinamento. A faixa acizentada no gráfico compreende os valores de normalidade de frequência cardíaca para a espécie canina – 70 a 140 bpm (36).

No que diz respeito à eletrofisiologia cardíaca, dos cinco animais estudados, dois apresentaram ritmo sinusal em todos os momentos de avaliação; um animal apresentou arritmia sinusal respiratória em repouso e passou a apresentar ritmo sinusal após o fim da atividade física, retornando com a arritmia sinusal respiratória no momento 60'RECUP. Taquicardia sinusal foi encontrada em dois animais que apresentavam ritmo sinusal em repouso, em um deles a taquicardia foi observada no momento 30'RECUP e em outro nos momentos 60'EXERC e 30'RECUP. Nenhum animal apresentou distúrbios de formação ou condução elétrica em decorrência da atividade física. A Figura 2 mostra o traçado eletrocardiográfico dos animais em repouso.



Figura 2 - Traçados eletrocardiográficos em repouso (PRÉ) de cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois, pertencentes à equipe K9 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo, Brasil que executam atividades de busca, resgate e salvamento. Os números no canto superior esquerdo de cada traçado indicam a identidade dos animais avaliados. Imagens obtidas da derivação DII do traçado eletrocardiográfico. Notar arritmia sinusal respiratória no animal 2 e ritmo sinusal nos demais, e aumento de onda T no animal 1.

Quanto aos valores das ondas eletrocardiográficas, observou-se que a duração da onda P foi significativamente maior ($p=0,008$) imediatamente após a atividade física (60'EXERC) e aos 15 minutos (15'RECUP) ($p=0,0064$) e 30 minutos (30'RECUP) ($p=0,007$) da fase de recuperação. Os valores estavam todos acima da normalidade para a espécie (36) (Figura 3-A). Em relação à amplitude da onda P, não foram observadas diferenças significativas nos momentos avaliados, tampouco discrepâncias em relação aos valores de referência para a espécie (34) (Figura 3 B).

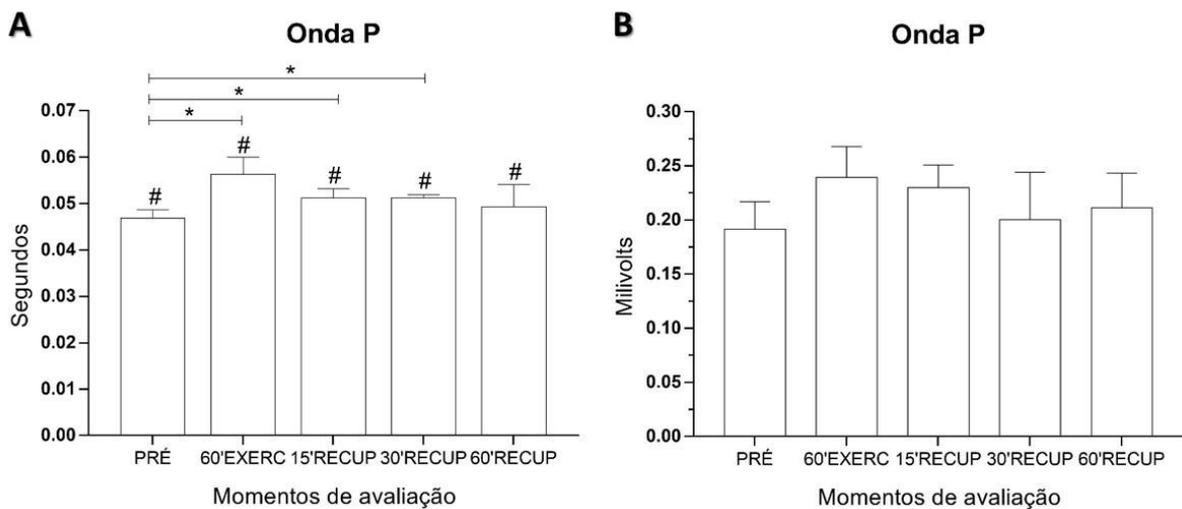


Figura 3 - Valores médios e desvio padrão da onda P medida em duração (segundos) e amplitude (milivolts) de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração.

* Indica diferença significativa dos valores PRÉ comparados aos valores dos momentos indicados pela barra ($\alpha=0,05$).

Indica os momentos de avaliação cuja média do grupo apresentou-se acima do valor de normalidade estabelecido para a espécie.

Em relação ao complexo QRS, observou-se aumento significativo no momento 30'RECUP ($p=0,03$), quando comparado com o PRÉ. Nos momentos PRÉ, 60'EXERC, 30'RECUP e 60'RECUP os valores apresentaram-se superiores ao valor de referência em cães (até 0,06 s) (36) (Figura 4 A). O intervalo PR manteve-se dentro do limite de referência para a espécie canina (0,06 a 0,13 s) (36) em todos os momentos de avaliação e também não apresentou diferença significativa dos momentos de avaliação comparados ao valor basal (Figura 4 B).

O segmento QT não revelou diferença significativa entre os momentos avaliados e os valores basais, com valores dentro dos limites de normalidade para a espécie (0,15 a 0,25 s) (Figura 5 A) (36). Na avaliação do segmento ST, observou-se apenas alterações com supradesnível – e não infradesnível – que apresentaram diferença significativa nos momentos 60'EXERC ($p=0,017$), 15'RECUP ($p=0,003$) e 60'RECUP ($p=0,01$). Entretanto, todos os valores permaneceram dentro dos limites de referência (0,15 mV para supradesnível) (Figura 5 B) (36).

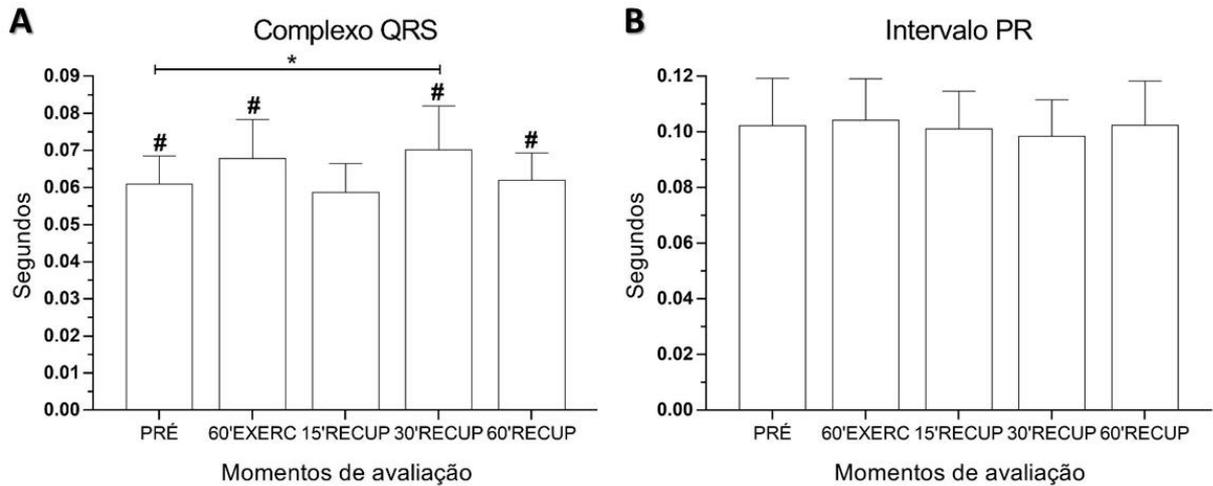


Figura 4 – Valores médios e desvio padrão da duração (em segundos) do complexo QRS e intervalo PR de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. * Indica diferença significativa do valor PRÉ comparado ao momento 30'RECUP ($\alpha=0,05$).

Indica os momentos de avaliação cuja média do grupo apresentou-se acima do valor de normalidade estabelecido para a espécie.

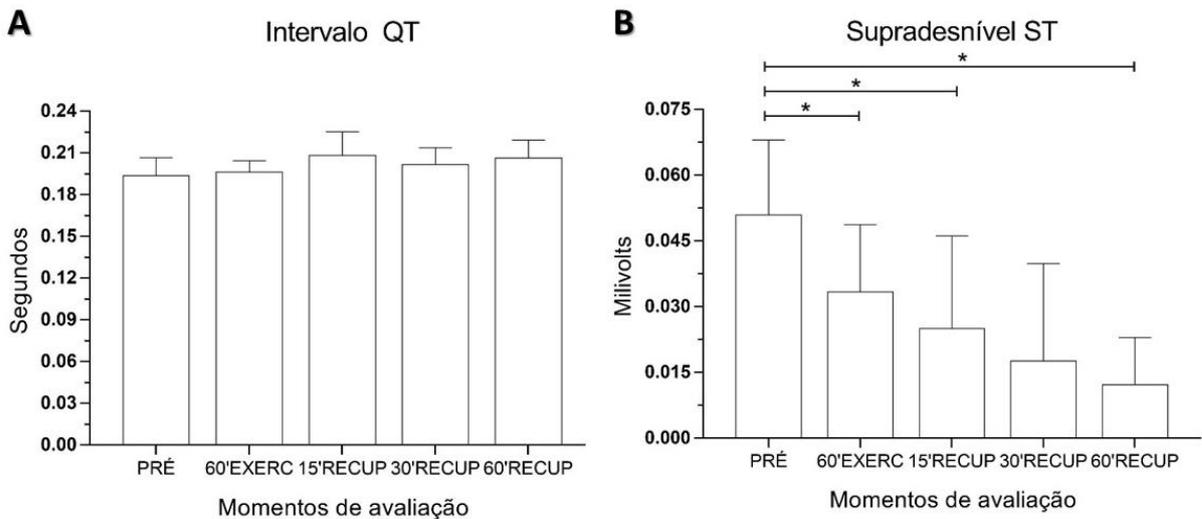


Figura 5 – Valores médios e desvio padrão da duração (em segundos) do intervalo QT e amplitude (em milivolts) do supradesnível do segmento ST de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração.

* Indica diferença significativa dos valores PRÉ comparados aos valores dos momentos indicados pela barra ($\alpha=0,05$).

Não foram encontradas diferenças significativas nas amplitudes das ondas Q, R e S ($p>0,05$); e os valores médios encontravam-se dentro dos limites de normalidade para a espécie (36) (Figura 6-A, 6-B e 6-C).

Não houve diferença significativa entre os valores de amplitude de onda T ($p>0,05$). A onda T apresentou-se com amplitude superior à normalidade ($T>25\%$ de

onda R) nos momentos 60'EXERC, 15'RECUP e 60'RECUP (Figura 6-C). Alteração na polaridade de onda T foi observada em apenas um animal, onde a onda T, que era bifásica em repouso, passou a ser positiva no segundo momento de avaliação.

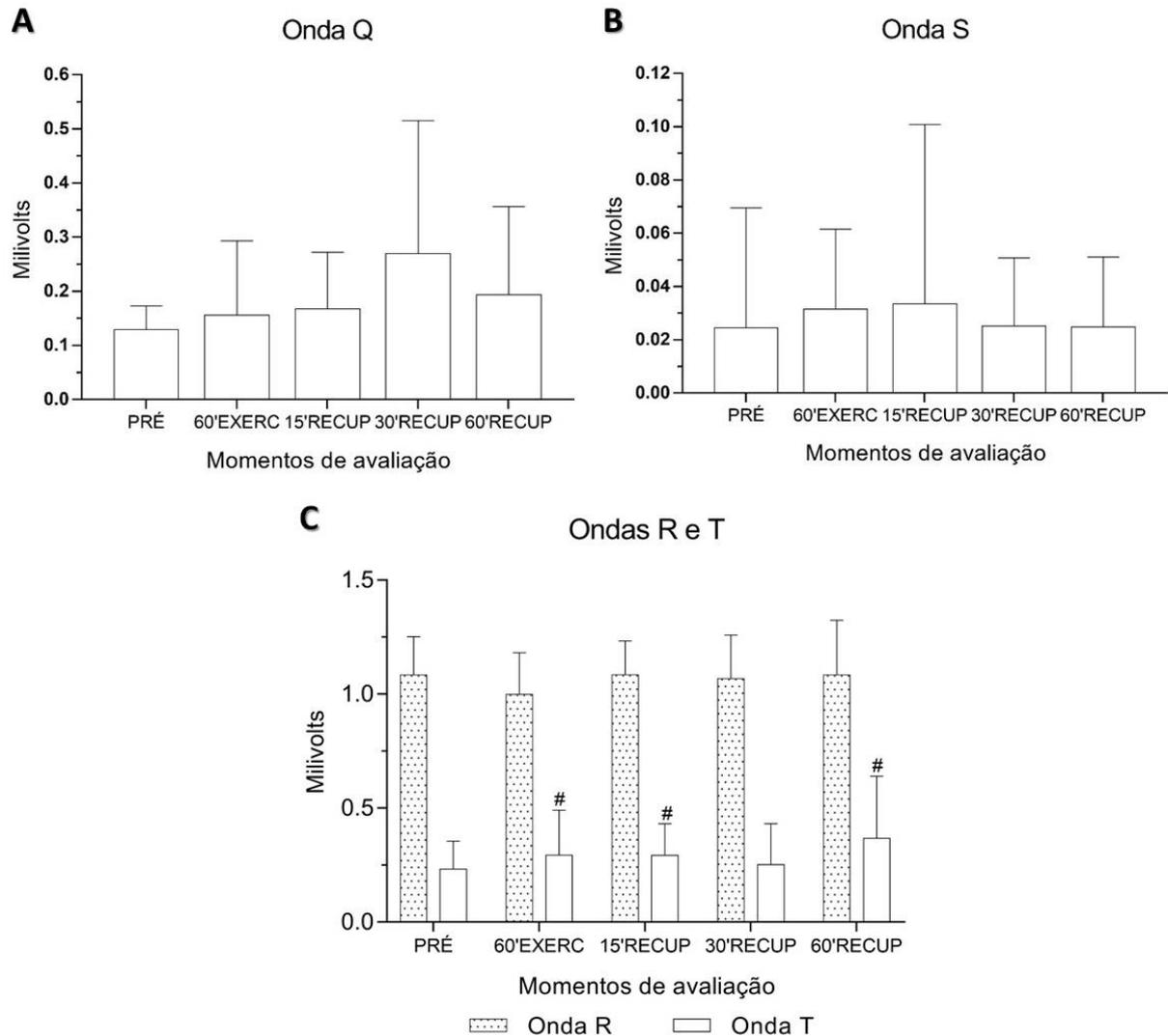


Figura 6 – Valores médios e desvio padrão da amplitude (em milivolts) de ondas eletrocardiográficas Q, R, S e T de cinco cães das raças Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois submetidos a treinamento de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração.

Indica amplitude de onda T superior a 25% de amplitude de onda R.

Discussão

Identificamos que o exercício físico de 60 minutos de duração não resultou em diferenças significativas na FC dos animais, comparado com a FC em repouso, e que em apenas um momento (60'EXERC) a FC se elevou além dos limites de normalidade para a espécie. Ao exame eletrocardiográfico observamos aumento significativo de

duração de onda P nos momentos 60'EXERC, 15'RECUP e 30'RECUP; de complexo QRS no momento 30'RECUP e se supradesnível ST nos momentos 60'EXERC, 15'RECUP e 60'RECUP.

A ausência de diferença significativa nos valores da FC cardíaca basal e imediatamente após o exercício indicou que o esforço físico realizado por esses animais durante o trabalho de busca não foi intenso o suficiente para gerar significativos incrementos na FC. E que os animais estão condicionados ao esforço requerido nesta intensidade e duração de atividade, não havendo necessidade da ativação de mecanismos compensatórios para incremento no débito cardíaco, que resultariam em aumento da FC (25, 29, 31). Além do mais, atividades físicas que não exijam tanto dos animais – especialmente nos que estão condicionados ao exercício não provocam consideráveis elevações na FC (1).

A FC média pré exercício foi de 122,8 bpm, porém, esperava-se que a FC dos animais em repouso fosse menor, uma vez que a FC de animais condicionados tende a ser menor do que cães não condicionados (19) e que a FC tende a aumentar após o início de uma atividade (25, 28, 31). Dessa forma, acredita-se que a ausência de diferença significativa da FC após o início da atividade (comparada com o momento PRÉ) ocorreu em função da FC já estar elevada antes do exercício. Isso pode ser justificado pela resposta antecipatória ao exercício que ocorre em animais que serão submetidos a algum tipo de atividade, conforme demonstrado por outros autores (9). Nesta fase, que antecede o exercício, ocorre uma redução do estímulo vagal, ao mesmo tempo que ocorre um estímulo simpático, aumentando a FC, mesmo em repouso (29). No presente estudo, as mensurações de FC basais foram realizadas logo após a retirada dos cães de suas baias nas viaturas, período no qual eles apresentavam notável excitação pela resposta de antecipação ao exercício.

Uma vez que esses cães trabalham de forma livre para executarem o tipo de atividade necessária ao farejamento do ambiente – alternando entre trote, galope, corrida e caminhada – a intensidade do exercício físico foi determinada por cada indivíduo, explicando a grande variação de FC entre os animais durante a atividade – conforme observado na figura 2 – que não apresentou relação com o tempo decorrido de atividade física. Esses resultados diferem das respostas cardiovasculares ao exercício observada em animais submetidos a testes incrementais em esteira, cuja FC aumenta de forma gradativa, à medida que se aumenta a intensidade do exercício

(25, 28). Portanto, nossos animais não desenvolveram atividade física incremental, mas sim uma atividade física de intensidade aleatória e variação individual.

Apesar da ausência de diferença significativa, a FC média ($146,4 \pm 32,81$ bpm) ao final de 60 minutos de atividade foi superior à média da FC basal ($122,8 \pm 22,47$ bpm). A mesma condição foi observada em um treinamento de cães de busca, resgate e salvamento de apenas 20 minutos de duração (34). Considerando que o aumento da FC provocado pela atividade física ocorre na tentativa de suprir a elevada demanda de oxigênio – principalmente nos músculos em atividade (31) – e que este aumento da demanda do oxigênio está relacionado ao tipo e duração da atividade (29), acreditamos que a maior FC encontrada no presente estudo ao fim da atividade ocorreu em função da maior carga de trabalho dos cães, quando comparadas a outros dados publicados (31, 34), que submeteram os animais a exercícios de menor duração.

Em um estudo, também com cães da raça Pastor Alemão, porém submetendo-os a uma corrida de 60 minutos de duração em esteira (em ambiente com temperatura e umidade controladas), observou-se FC média de 178 bpm (29) após o término do exercício, valor superior à média observada nos animais do presente estudo (146,4 bpm). Isto se deve ao fato de que os animais do estudo citado (29) não eram animais atletas, eles foram apenas adaptados à esteira para a execução da pesquisa, portanto, possivelmente não estavam adaptados ao tipo de exercício que praticaram, o que enfatiza a adaptação cardiovascular ao exercício dos cães avaliados em nosso estudo.

A ausência de diferença significativa entre a FC no momento pré-exercício e a do momento 15'RECUP ($128,6 \pm 28,74$ bpm) revela o bom condicionamento físico destes animais, pois em até 30 minutos após o término da atividade física a FC deve voltar aos valores de normalidade (3, 27). Também foi descrito que em cavalos, uma recuperação prolongada da FC após o exercício é indicativo de exaustão física, o que está associado à falta de preparo físico do animal para a intensidade do exercício praticada (22).

Em relação aos parâmetros avaliados por meio de exame eletrocardiográfico, os tipos de ritmo observados foram todos considerados normais, sendo apenas variações fisiológicas em cães, como a arritmia sinusal respiratória e a taquicardia sinusal (5, 17, 35). Apenas um animal apresentou arritmia sinusal respiratória em repouso e passou a apresentar ritmo sinusal após a atividade física, o que

provavelmente ocorreu em função do aumento da atividade simpática – uma vez que o aumento da FC reduz a ocorrência de arritmia sinusal respiratória (12, 31).

Importante ressaltar que não identificamos a presença de distúrbios na formação do ritmo ou no sistema de condução em nenhum animal avaliado. A ocorrência de arritmias (extrassístoles ventriculares, taquicardia ventricular e alternância elétrica) foi demonstrada em cães de corrida que atingiram sua capacidade máxima (37), além de ter sido reportada em outros estudos com cães, decorrente da atividade física praticada (19, 34). Considerando que os cães deste estudo não apresentaram arritmias e que a média da FC manteve-se relativamente baixa durante a prática da atividade física, podemos inferir que os mesmos praticaram uma atividade física submáxima à sua capacidade atlética (32). Portanto, acredita-se que em função dos resultados e dados publicados, há a possibilidade de intensificar os exercícios físicos nesses animais, aumentando suas performances e efetividade no trabalho.

Aumento de duração de onda P foi encontrada em todos os momentos de avaliação para além dos limites de normalidade para a espécie canina, que é de 0,04 segundos (36). No entanto, foi descrito em pastores alemães o valor de onda P de $0,044 \pm 0,002$ s (19), antes de serem condicionados a um exercício de 6 semanas de duração. Ou seja, mesmo em animais não atletas foi observado aumento de duração de onda P o que nos leva a acreditar que valores de referências de padrões eletrocardiográficos devem ser específicos para cada raça, uma vez que existem grandes diferenças entre a estrutura corporal, peso e conformação torácica entre elas.

Ainda, observamos um aumento significativo da duração da onda P, comparado ao valor basal dos animais, podendo sugerir uma sobrecarga atrial esquerda (36). Essa mesma condição foi relatada em humanos após uma corrida de maratona (13). O início de uma atividade física ativa uma série de mecanismos fisiológicos, resultando em aumento do volume sanguíneo, aumento do débito cardíaco e aumento do inotropismo cardíaco, que somados às bombas muscular e respiratória, amentam o retorno venoso (27). Um trabalho que avaliou cães de trenó antes e após um programa de condicionamento físico, identificou que o exercício físico induziu ao aumento de átrio esquerdo no exame ecocardiográfico, enfatizando a relação que a atividade física possui com o aumento da pré-carga (35). Esta possivelmente foi a causa do aumento de duração de onda P induzida pela atividade física, que após 60 minutos de recuperação (60'RECUP) retornou à condição basal dos animais.

Em relação ao QRS, considerando os limites de normalidade de 0,06s estabelecidos para cães (36), observamos discreto aumento nos momentos PRÉ, 60'EXERC, 30'RECUP e 60'RECUP. O aumento da duração do complexo QRS também foi descrito em um estudo que avaliou cães de trenó após um treinamento de resistência de seis meses de duração, e os autores sugeriram que esta alteração foi decorrente da hipertrofia cardíaca desencadeada pela prática da atividade física (5). Em tempo, é válido ressaltar que não há registro eletrocardiográfico dos animais antes de iniciarem suas atividades na corporação, portanto, não há relatos de seus valores normais antes de iniciarem sua vida profissional. Dessa forma, sugere-se que o exercício não tenha provocado alteração neste parâmetro e que o aumento de QRS observado, mesmo nos cães em repouso, pode ser atribuído a padrões de normalidade inerentes da raça, uma vez que o exame ecocardiográfico realizado como triagem nos animais identificou sobrecarga ventricular em apenas 20% dos animais; e a exclusão deste animal não alteraria o valor médio de QRS encontrados por nós.

As diferenças significativas observadas no segmento ST podem ter sido decorrentes de valores iguais a zero observados em alguns animais, o que gerou, portanto, expressivas diferenças entre as médias dos momentos. Nenhum dos cães do nosso estudo apresentou depressão de segmento ST, fato também observado em um estudo onde, de doze cães da raça Pastor Belga de Malinois avaliados, apenas dois apresentaram infradesnível de segmento ST (porém, dentro dos limites de normalidade para a espécie), e todos os dez cães da raça Pastor Alemão avaliados apresentaram segmento ST isoeétrico (17).

Encontramos alteração na polaridade de onda T em apenas um animal. Alternância de onda T, batimento a batimento, é relatado como precedente a arritmias ventriculares. Essas alternâncias podem ser observadas em morfologia, amplitude e/ou polaridade da onda T (7). No entanto, a alternância de polaridade por nós observada não ocorreu batimento a batimento, e sim entre momentos diferentes de avaliação. Esta condição foi anteriormente descrita em Pastor Alemão e Pastor Belga de Malinois atletas (20, 34), sem que os autores identificassem a causa para esta alteração. O aumento do valor médio da onda T – sem alteração em sua morfologia – nos demais momentos (60'EXERC, 15'RECUP e 60'RECUP) ocorreu em função de dois animais que apresentaram elevação desta onda. Um animal que apresentou esta alteração em todos os momentos de avaliação; e outro animal, membro mais recente

integrante da equipe K-9, que só apresentou aumento de onda T nos momentos 60'EXERC e 15'RECUP.

Dentre as causas de alterações de onda T (36), os cães deste estudo poderiam apresentar alterações deste parâmetro decorrente de sobrecarga ventricular associada ao “coração de atleta”, distúrbios eletrolíticos ou hipóxia do miocárdio decorrentes da atividade física, ou por um aumento agudo na ativação simpática. No entanto, não foi possível identificar qual destas causas poderia estar influenciando na conformação da onda T nesses animais.

Conclusão

Considerando a ausência de arritmias, poucas alterações nos parâmetros eletrocardiográficos e a manutenção dos valores de FC, conclui-se que os cães de busca, resgate e salvamento apresentam bom condicionamento físico e estão adaptados à duração e intensidade do trabalho desempenhado.

Agradecimentos

Agradecemos ao Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

Subsídios

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

Esta pesquisa só pôde ser desenvolvida graças ao financiamento concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

Referências

1. **Alves JC, Santos A.** Physiological, haematological and biochemical shifts in police working dogs during a riot control exercise. *Comp Exerc Physiol* 12(4): 193-198, 2016.
2. **Bavegems V, Duchateau L, Ham LV, Rick AD, Sys SU.** Electrocardiographic reference values in whippets. *Vet J* 182(1): 59-66, 2009. (Corrigendum. *Vet J*. 182(2): Nov 2009, following table of contents)
3. **Boffi FM.** *Fisiologia del Ejercicio en Equinos*. Buenos Aires: Intermédica, 2007.
4. **Constable PD, Hinchcliff KW, Olson JL, Hamlin RL.** Athletic heart syndrome in dogs competing in a long-distance sled race. *J Appl Physiol* 76(1): 433-438, 1994.
5. **Constable PD, Hinchcliff KW, Olson JL, Hamlin RL, Stepien RL.** Effects of endurance training on standard and signal-average electrocardiograms of sled dogs. *Am J Vet Res* 61(5): 582-8, 2000.
6. **Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, Biffi A, Buja G, Delise P, Gussac I, Anastasakis A, Borjesson M, Bjornstad HH, Carré FO, Deligiannis A, Dugmore D, Fagard R, Hoogsteen J, Mellwig KP, Panhuyzen-Goedkoop N, Solberg E, Vanhee L, Drezner J, Estes NAM, Iliceto S, Maron BJ, Peidro R, Schwartz PJ, Stein R, Thiene G, Zeppilli P, McKenna WJ.** Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J* 31(2): 243-259, 2010.
7. **Costantini O, Drabek C, Rosenbaum DS.** Can sudden cardiac death be predicted from the T wave of the ECG? A critical examination of T wave alternans and QT interval dispersion. *Pacing Clin Electrophysiol* 23(9): 1407-1416, 2000.
8. **Côté E.** Electrocardiography and Cardiac Arrhythmias. In: *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, edit by Ettinger SJ, Feldman EC. Missouri: Saunders, 2010, p. 1159-1186.
9. **Diverio S, Barbato O, Cavallina R, Guelfi G, Iaboni M, Zasso R, Dimari W, Santoro MM, Knowles TG.** A simulated avalanche search and rescue mission induces temporary physiological and behavioural changes in military dogs. *Physiol Behav* 163 (1): 193-202, 2016.
10. **Ferworn A.** Canine Augmentation Technology for Urban Search and Rescue. In: *Canine Ergonomics: The science of working dogs*, edit by Helton WS. Boca Raton: CRC Press, 2009, p.205-244.
11. **Gilmour Jr. RF, Möise NS.** Eletrocardiograma e arritmias cardíacas. In: *Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos*, edit by Reece WO. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, p.696-720.

12. **Hanton G, Rabemampianina Y.** The electrocardiogram of the Beagle dog: reference values and effect of sex, genetic strain, body position and heart rate. *Lab Anim* 40(2): 123-136, 2006.
13. **Kaleta AM, Lewicka E, Dabrowska-kugacka A, Lewicka-potocka Z, Wabich E, Szerszynska A, Dyda J, Sobolewski J, Koenner J, Raczak G.** Electrocardiographic abnormalities in amateur male marathon runners. *Adv Clin Exp Med* 27(8): 1091-1098, 2018.
14. **Kaşikçioğlu E, Kayserilioglu A, Oflaz H, Akhan H.** Aortic distensibility and left ventricular diastolic functions in endurance athletes. *Int J Sports Med* 26(3): 165-170, 2005.
15. **Klein BG.** *Cunningham – Tratado de Fisiologia Veterinária.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
16. **Kosić S, Trailović DR, Frstić N.** Age-dependent electrocardiographic and echocardiographic changes in German Shepherd dogs. *Iran J Vet Res* 18(1): 43-48, 2017.
17. **Lima AM, Ferreira LT, Da Silva SC, Jorge SF, Ramos MT, Pascon JPE, Moreira RM, Abidu-Figueiredo M.** Avaliação eletrocardiográfica em cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. *Rev Bras Med Vet* 38(Supl.2): 61-66, 2016.
18. **Meriguetti LA.** *Manual Técnico de Resgate com Cães.* Vitória, ES: Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, 2015.
19. **Moraes VS, Soares JKI, Cabidelli JF, Fadini ANB, Ribeiro PA, Pinheiro RM, Conti LMC, Souza VRC, Coelho CS.** Effects of resistance training on electrocardiographic and blood parameters of police dogs. *Comp Exerc Physiol* 13(4): 217-226, 2017.
20. **Mukherjee J, Das PK, Ghosh PR, Banerjee D, Sharma T, Basak D, Sanyal S.** Electrocardiogram pattern of some exotic breeds of trained dogs: A variation study. *Vet World* 8(11): 1317-1320, 2015.
21. **Muñoz A, Santisteban R, Rubio MD, Riber C, Agüera EI, Castejón FM.** Locomotor response to exercise in relation to plasma lactate accumulation and heart rate in andalusian and anglo-arabian horses. *Vet Res Commun* 23(6): 369-84, 1999.
22. **Muñoz A, Cuesta I, Riber C, Gata J, Trigo P, Castejón FM.** Trot asymmetry in relation to physical performance and metabolism in equine endurance rides. *Equine Vet J* 36 Suppl: 50-54, 2006.
23. **Noszczyk-Nowak A, Michalek M, Kaluza E, Cepel A, Paslawska U.** Prevalence of arrhythmias in dogs examined between 2008 and 2014. *J Vet Res* 61(1): 103-110, 2017.

24. **Pellegrino FJ, Risso A, Relling AE, Blanco PG, Arias DO, Corrada Y.** Effect of treadmill training on cardiac size, heart rate and muscle mass in healthy dogs. *Vet Adv* 4(9): 686-690, 2014.
25. **Piccione G, Casella S, Panzera M, Giannetto C, Fazio F.** Effect of moderate treadmill exercise on some physiological parameters in untrained Beagle Dogs. *Exp Anim* 61(5): 511-515, 2012.
26. **Piva IM.** *A certificação dos Cães de Busca e Resgate do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.* 2011. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) - Florianópolis: CEBM, 2011.
27. **Poole DC, Erickson HH.** Fisiologia do Exercício nos Animais Terrestres. In: *Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos*, edit by Reece WO. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, p.972-1021.
28. **Queiroz RW, Silva VL, Rocha DR, Costa DS, Turco SHN, Silva MTB, Santos AA, Oliveira MBL, Pereira ASR, Palheta-Junior RC.** Changes in cardiovascular performance, biochemistry, gastric motility and muscle temperature induced by acute exercise on a treadmill in healthy military dogs. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 102(1): 122-130, 2018.
29. **Rathore NS, Moolchandani A, Sareen M, Rajput DS.** Effect of treadmill exercise on some physiological and hematological parameters in german sheperd dogs. *Vet Pract* 12(1): 38-39, 2011.
30. **Rimoldi O, Pagani M, Pagani MR, Baselli G, Malliani A.** Sympathetic activation during treadmill exercise in the conscious dog: Assessment with spectral analysis of heart period and systolic pressure variabilities. *J Auton Nerv Syst* 30(Suppl): S129-132, 1990.
31. **Rovira S, Muñoz A, Benito M.** Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. *Vet Med* 53(6): 333-346, 2008.
32. **Rovira S, Muñoz A, Riber C, Benito M.** Heart rate, electrocardiographic parameters and arrhythmias during agility exercises in trained dogs. *Revue Méd Vét* 161(7): 307-313, 2010.
33. **Santos POPR.** *Avaliação cardiovascular de cães em treinamento de busca, resgate e salvamento.* Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Alegre: Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias – Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.
34. **Santos POPR, Santos EA, Reis AC, Santos AMMR, Kuster MCC, Trivilin LO, Aptekmann KP.** Effect of exercise on cardiovascular parameters in search and rescue-trained dogs. *Arq Bras Med Vet Zootec* 70(4): 1036-1044, 2018.
35. **Stepien RL, Hinchcliff W, Constable PD, Olson J.** Effect of endurance training on cardiac morphology in Alaskan sled dogs. *J Appl Physiol* 85(4): 1368-1375, 1985.

36. **Tilley LP.** *Essentials of canine and feline electrocardiography: interpretation and treatment.* Philadelphi: Williams & Wilkins, 1992.
37. **Vázquez JP, Gómez FP, Badillo AA, Luna LFD, Rodríguez LPR.** Arritmias cardíacas inducidas por el ejercicio dinámico máximo de corta duración (sprint): estudio em el galgo greyhound. *Vet Esp Cardiol* 51(7): 559-565, 1998.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Os cães avaliados no presente estudo estão fisicamente condicionados ao exercício de busca, resgate e salvamento de 60 minutos de duração. Tal fato pôde ser concluído em função do bom controle glicêmico, de frequência cardíaca e do lactato sanguíneo, durante e após a atividade física. Além do mais, em relação ao sistema cardiovascular, foi observado alterações sugestivas de coração de atleta no exame eletrocardiográfico, mas não no ecocardiográfico; e nenhuma arritmia induzida pelo exercício. A troponina teve variação em seus níveis séricos, mas não em quantidade suficiente para indicar lesão miocárdica. Com esses resultados, concluímos que os cães avaliados estão fisicamente condicionados ao tipo, intensidade e duração do exercício realizado e que programas incrementais de treinamento podem ser instituídos com segurança, com o objetivo de aumentar o desempenho atlético e resistência física destes animais.

6. REFERÊNCIAS GERAIS

- ALEXANDER, M.; FRIEND, T.; HAUG, L. Obedience training effects on search dog performance. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 132, p. 152-159, 2011.
- ALLEN, S.; HOLM, J. Lactate: physiology and clinical utility. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 18, n. 2, p. 123-132, 2008.
- ALVES, J. C.; SANTOS, A. Physiological, haematological and biochemical shifts in police working dogs during a riot control exercise. **Comparative Exercise Physiology**, v. 12, n. 4, p. 193-198, 2016.
- AUDRESTCH, H. M.; WHELAN, C. T.; GRICE, D.; ASHER, L.; ENGLAND, G. C. W.; FREEMAN, S. L.; D. Recognising the value of assistance dogs in society. **Disability and Health Journal**, v. 8, n. 4, p. 469-474, 2015.
- BARRETO, F. L.; FERREIRA, F. S.; FREITAS, M. V.; SANTOS, V. S.; CORREA, E. S.; CARVALHO, C. B. Electrocardiography ambulatory (Holter) in healthy dogs submitted to different physical exercises. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1625-1634, 2013.
- BAVEGEMS, V.; DUCHATEAU, L.; HAM, L. V.; RICK, A. D.; SYS, S. U. Electrocardiographic reference values in whippets. **The Veterinary Journal**, v. 182, p. 59–66, 2009.
- BECKER, D. E. Fundamentals of electrocardiography interpretation. **Anesthesia Progress**, v. 53, n. 2, p. 53–64, 2006.
- BEERDA, B.; SCHILDER, M. B. H.; VAN HOOFF, J. A. R. A. M.; DE VRIES, H. W.; MOL, J. A. Behavioural, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. **Applied Animal Behavioural Science**, n. 58, p. 365-381, 1998.
- BOFFI, F. M. **Fisiologia del Ejercicio en Equinos**. Buenos Aires: Intermédica, 2007.
- BOTTEON, P. T. L. Lactato na Medicina Veterinária – Atualização conceitual. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, n. 34, v. 4, p. 283-287, 2012.
- BRUM, P. C.; FORJAZ, C. L. M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C. E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 18, p. 21-31, 2004.
- CAPUTO, F.; DE OLIVEIRA, M. F. M.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 1, p. 94-102, 2009.
- CAVALCANTI, G. A. O.; NOGUEIRA, R. B.; SAMPAIO, G. R.; ARAÚJO, R. B.; GONÇALVES, R. S. Avaliação por eletrocardiografia contínua (holter) em cães

da raça Pastor Alemão praticantes de atividade física regular. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 6, p. 1446-1449, 2009.

CONSTABLE, P. D.; HINCHCLIFF, K. W.; OLSON, J. L.; HAMLIN, R. L. Athletic heart syndrome in dogs competing in a long-distance sled race. **Journal of Applied Physiology**, v. 76, n. 1, p. 433-438, 1994.

CONSTABLE, P. D.; HINCHCLIFF, K. W.; OLSON, J. L.; STEPIEN, R. L. Effects of endurance training on standard and signal-averaged electrocardiograms of sled dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 61, n. 5, p. 582-588, 2000.

CORRADO, D.; PELLICCIA, A.; HEIDBUCHEL, H.; SHARMA, S.; LINK, M.; BASSO, C.; BIFFI, A.; BUJA, G.; DELISE, P.; GUSSAC, I.; ANASTASAKIS, A.; BORJESSON, M.; BJORNSTAD, H. H.; CARRÉ, F. O.; DELIGIANNIS, A.; DUGMORE, D.; FAGARD, R.; HOOGSTEEN, J.; MELLWIG, K. P.; PANHUYZEN-GOEDKOOP, N.; SOLBERG, E.; VANHEE, L.; DREZNER, J.; ESTES, N. A. M.; ILICETO, S.; MARON, B. J.; PEIDRO, R.; SCHWARTZ, P. J.; STEIN, R.; THIENE, G.; ZEPELLI, P.; MCKENNA, W. J. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. **European Heart Journal April**, v. 31, n. 2, p. 243-259, 2010.

COSTA, A. P. A.; NASCIUTTI, P. R.; SANTOS JÚNIOR, M. B.; SILVA, R. A.; CARVALHO, R. O. A. Utilização de biomarcadores para avaliação da função cardíaca em pequenos animais. **Enciclopédia Biosfera**, p. 2989-3005, 2014.

CÔTÉ, E. Electrocardiography and Cardiac Arrhythmias. In: ETTINGER, S.J.; FELDMAN, E.C.; **Textbook of Veterinary Internal Medicine**. Saunders: Missouri, 2010, seção XIII, capítulo 235, p. 1159-1186.

CRAIGON, P. J.; HOBSON-WEST, P.; ENGLAND, G. C. W.; WHELAN, C.; LETHBRIDGE, E.; ASHER, E. "she's a dog at end of the day": Guide dog owner's perspective on the behaviour of their guide dog. **PLoS ONE**, v. 12, n. 4, 2017.

DAVIS, M. S. Physiological demands and adaptations of working dogs. In: HELTON, W. S. **Canine Ergonomics: The science of working dogs**. CRC Press: Boca Raton, 2009, cap. 12, p. 245-262.

DESMARÁS, E.; MUCHA, C. J. Fisiología Cardiovascular. In: BELERENIAN, G. C.; MUCHA, C. J.; CAMACHO, A. A. **Afecciones cardiovasculares em pequeños animales**. Buenos Aires: Inter-Médica, 2001, capítulo 1, p. 1-17.

DIVERIO, S.; BARBATO, O.; CAVALLINA, R.; GUELFY, G.; IABONI, M.; ZASSO, R.; DIMARI, W.; SANTORO, M. M.; KNOWLES, T. G. A simulated avalanche search and rescue mission induces temporary physiological and behavioural changes in military dogs. **Physiology & Behaviour**, v. 163, p. 193-202, 2016.

DONNELLAN, E.; PHELAN, D. Biomarkers of Cardiac Stress and Injury in Athletes: What Do They Mean? **Current Heart Failure Reports**, v. 15, n. 2, p. 116-122, 2018.

FERNÁNDEZ, E.; GARCÍA, C.; ESPRIELLA, R.; DUEÑAS, C. R.; MANZUR, F. Biomarcadores Cardíacos: Presente y futuro. **Revista Colombiana de Cardiología**, v. 19, n. 6, p. 300-311, 2012.

FERWORN, A. Canine Augmentation Technology for Urban Search and Rescue. In: HELTON, W. S. **Canine Ergonomics: The science of working dogs**. CRC Press: Boca Raton, 2009, cap. 11, p. 205-243.

FUENTES, V. L. Wich Test in Best in the Dog with Suspected Heart Disease? **World Small Animal Veterinary Association – World Congress Proceedings**, 2015. Acesso em: 03 de Outubro de 2018. Disponível em: <<https://www.vin.com/apputil/content/defaultadv1.aspx?pId=14365&catId=73676&id=7259124&ind=32&objTypeID=17&print=1>>.

GILLETTE, R. L. Conditioning and training in the canine athlete. **Animal Health e Performance Program**, Auburn University, AL, p. 508-510, 2013.

GILMOUR JR, R. F; MOÏSE, N. S. Eletrofisiologia do Coração. In: REECE, W. O. **Dukes – Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 13 ed., parte 6, 2017, cap.31, p. 670-695.

GLEESON, T. Post-exercise lactate metabolism: A comparative review of sites, pathways and regulation. **Anual Reviews of Physiology**, v. 58, n. 1, p. 565-581, 1996.

GOFF, J. P. D. Distúrbios do Metabolismo dos Carboidratos e Lipídios. In: REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, cap. 47, p. 245-262.

GREATBATCH, I; REBECCA, J. G.; SOPHIE, A. Quantifying search dog effectiveness in a terrestrial search and rescue environment. **Wilderness & Environmental Medicine**, v. 26, p. 327–334, 2015.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

HOLBROOK, T. C.; BIRKS, E. K.; SLEEPER, M. M.; DURANDO, M. Endurance exercise is associated with increased plasma cardiac troponin I in horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 36, p. 27–31, 2006.

HOOD, D. A. Invited Review: contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 90, p. 1137-1157, 2001.

ILKIW, J. E.; DAVIS, P. E.; CHURCH, D. B. Hematologic, biochemical, blood-gas, and acid-base values in greyhounds before and after exercise. **American Journal of Veterinary Research**, v. 50, p. 583-586, 1989.

JAMES, F. F.; CHOSE, S. C. M.; HANCOX, J. C. Recent advances in understanding sex differences in cardiac repolarization. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 94, n. 3, p. 265-319, 2007.

JONES, K. E.; DASHFIELD, K.; DOWNEND, A. B.; OTTO, C. M. Search-and-rescue dogs: an overview for veterinarians. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 225, n. 6, p. 854-860, 2004.

JORY, C.; SHANKAR, R.; COKER, D.; MCLEAN, B.; HANNA, J.; NEWMAN, C. Safe and Sound? A systematic literature review of seizure detection methods for personal use. **British Epilepsy Association**, v. 36, p. 4-15, 2016.

KLEIN, B. G. **Cunningham – Tratado de Fisiologia Veterinária**. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

KLINE, D. D.; HASSER, E. M.; HEESCH, C. M. Regulação do Coração. In: REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, cap. 34, p. 754-776.

LEFEBVRE, D.; DIEDERICH, C.; DELCOURT, M.; GIFFROY, J.M. The quality of the relation between handler and military dogs influences efficiency and welfare of dogs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 104, n. 49–60, 2007.

LJUNGVALL, I.; HOGLUND, K.; TIDHOLM, A.; OLSEN, L. H.; BORGARELLI, M.; VENGE, P. Cardiac troponin I is associated with severity of myxomatous mitral valve disease, age, and C-reactive protein in dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, p. 153-159, 2010.

MARCELLIN-LITTLE, D. J.; LEVINE, D.; TAYLOR, R. Rehabilitation and Conditioning of Sporting Dogs. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 35, n. 6, p. 1427-1439, 2005.

MARTIN, M. The electricity of the heart. In: MARTIN, M. **Small Animal ECGs – An introductory guide**. Blackwell Publishing: Oxford, 2 ed., 2007, parte 1, cap.1, p. 4-8.

MARTINS, C. S. Troponina – estrutura, fisiopatologia e importância clínica para além da isquemia miocárdica. **Arquivos de Medicina**, v. 23, n. 6, p. 221-240, 2009.

MERIGUETI, L. A. **Manual Técnico de Resgate com Cães**. Vitória. Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, 2015.

MORAES, V. S.; SOARES, J. K. I.; CABIDELLI, J. F.; FADINI, A. N. B.; RIBEIRO, P. A.; PINHEIRO, R. M.; CONTI, L. M. C.; SOUZA, V. R. C.; COELHO, C. S. Effects of resistance training on electrocardiographic and blood parameters of police dogs. **Comparative Exercise Physiology**, v. 13, n. 4, p. 217-226, 2017.

MUKHERJEE, J.; DAS, P. K.; GHOSH, P. R.; BANERJEE, D.; SHARMA, T.; BASAK, D.; SANYAL, S. Electrocardiogram pattern of some exotic breeds of trained dogs: a variation study. **Veterinary World**, v. 8, n. 11, p. 1317-1320, 2015.

MUÑOZ A.; SANTISTEBAN R.; RUBIO M. D.; RIBER, C.; AGÜERA E. I.; CASTEJÓN F. M. Locomotor response to exercise in relation to plasma lactate accumulation and heart rate in andalusian and anglo-arabian horses. **Veterinary Research Communications**, v. 23, n. 6, p. 369-384, 1999.

MUÑOZ, A.; RIBER, C.; SANTISTEBAN, R.; LUCAS, R. G.; CASTEJON, F. M. Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactate and enzyme concentration in andalusian, anglo-arabian and arabian breeds. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p. 245-251, 2002.

MUÑOZ A.; CUESTA, I.; RIBER, C.; GATA, J.; TRIGO, P.; CASTEJÓN, F. M. Trot asymmetry in relation to physical performance and metabolism in equine endurance rides. **Equine Veterinary Journal Supplement**, v. 36, p. 50–54, 2006.

NELSON, R. W.; COUTO, G. C. **Medicina Interna de Pequenos Animais**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NELSON, D. L. COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2014.

OYAMA, M. A.; SISSON, D. Cardiac Troponin-I concentration in dogs with cardiac disease. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 18, p. 831-839, 2004.

OYAMA, M. A. Using Cardiac Biomarkers in Veterinary Practice. **Clinics in Laboratory Medicine**, v. 35, n. 3, p. 555–566, 2015.

PARIZOTTO, W. **Parâmetros Técnicos para a Aprendizagem dos Cães de Busca; Resgate e Salvamento**. 2013. Monografia (Especialização em Gestão Pública com Ênfase de Bombeiro Militar) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PELLEGRINO, F. J.; RISSO, A.; RELLING, A. E.; BLANCO, P. G.; ARIAS, D. O.; CORRADA, Y. Effect of treadmill training on cardiac size, heart rate and muscle mass in healthy dogs. **Journal of Veterinary Advances**, v. 4, n. 9, p. 686-690, 2014.

PELLEGRINO, F. J.; RISSO, A.; VAQUERO, P. G.; CORRADA, Y. A. Physiological parameter values in greyhounds before and after high-intensity exercise. **Open Veterinary Journal**, v. 8, n. 1, p. 64-67, 2018.

PEMBERTON, N. The bloodhound's nose knows? Dog and detection in anglo-american culture. **Endeavour**, v. 37, n. 4, p. 196-208, 2013.

PICCIONE, G.; CASELLA, S.; PANZERA, M.; GIANNETTO, C.; FAZIO, F. Effect of moderate treadmill exercise on some physiological parameters in untrained beagle dogs. **Experimental Animals**, v. 61, n. 5, p. 511-515, 2012.

PIRAS, A. The athletic dog and physiopathology of exercise related injuries. In: Proceeding of the International Congress of the Italian Association of Companion Animal Veterinarians. **Anais...Pisa**: 2013.

PIVA, I.M. **A certificação dos Cães de Busca e Resgate do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. 2011. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) - Florianópolis: CEBM, 2011.

POOLE, D. C.; ERICKSON, H. H. Fisiologia do Exercício nos Animais Terrestres. In: REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, cap.41, p. 972-1021.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício – Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho**. 3 ed, Manole: São Paulo, 2000.

PROSEK, R.; SISSON, D. D.; OYAMA, M. A.; SOLTER, P. F. Distinguishing cardiac and noncardiac dyspnea in 48 dogs using plasma atrial natriuretic factor, b-type natriuretic factor, endothelin, and cardiac troponin-I. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 21, n. 2, p. 238-242, 2007.

PURVIS, D.; GONSALVES, S.; DEUSTER, P. A. Physiological and psychological fatigue in extreme conditions: overtraining and elite athletes. **American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 2, p. 442-450. 2010

QUEIROZ, R. W.; SILVA, V. L.; ROCHA, D. R.; COSTA, D. S.; TURCO, S. H. N.; SILVA, M. T. B.; SANTOS, A. A.; OLIVEIRA, M. B. L.; PEREIRA, A. S. R.; PALHETA-JUNIOR, R. C. Changes in cardiovascular performance, biochemistry, gastric motility and muscle temperature induced by acute exercise on a treadmill in healthy military dogs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, p. 122-130, 2016.

REID, M. B. Free radicals and muscle fatigue: Of ROS, canaries, and the IOC. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 44, n. 2, p. 169-179, 2008.

RIEDELSEL, D. H. Atividade mecânica do coração. In: REECE, W. O. **Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017, parte 6, cap. 33, p. 721-753.

RIMOLDI, O.; PAGANI, M.; PAGANI, M. R.; BASELLI, G.; MALLIANI, A. Sympathetic activation during treadmill exercise in the conscious dog: Assesment with spectral analysis of heart period and systolic pressure variabilities. **Journal of the Autonomic Nervous System**, v. 30, p. 129-132, 1990.

RIZZO, M.; ARFUSO, F.; ALBERGHINA, D.; GIUDICE, E.; GIANESELLA, M.; PICCIONE, G. Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of ifrared methodology. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, p. 64-68, 2017.

ROBERGS, R. A. Exercise-induced metabolic acidosis: Where do the protons come from? **Sportscience**, v. 5, p. 1-20, 2001.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, p. 502-516, 2004.

ROLÓN, M.; VEGA, M. C.; ROMÁN, F.; GÓMEZ, A.; ARIAS, A. R. First report of colonies of sylvatic *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) in the Paraguayan Chaco, using a trained dog. **PLoS ONE**, v. 5, n. 5, 2011.

ROONEY, N. J.; GAINES, S. A.; BRADSHAW, J. W. S.; PENMAN, S. Validation pf a method for assessing the ability of trainee specialist search dog. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 103, p. 90-104, 2007.

ROVIRA, S.; MUÑOZ, A.; BENITO, M. Hematologic and biochemical changes during canine agility competitions. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 36, n. 1, p. 30–35, 2007.

ROVIRA, S.; MUÑOZ, A.; BENITO, M. Effect of exercise on physiological, blood and endocrine parameters in search and rescue-trained dogs. **Veterinari Medicina**, v. 20, n. 6, p. 333-346, 2008.

ROVIRA, S.; MUÑOZ, A.; RIBER, C.; BENITO, M. Heart rate, electrocardiographic parameters and arrhythmias during agility exercises in trained dogs. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 161, n. 7, p. 307-313, 2010.

SANTOS, P. O. P. R.; SANTOS, E. A.; REIS, A. C.; SANTOS, A. M. M. R.; KUSTER, M. C. C.; TRIVILIN, L. O.; APTEKMANN, K. P. Effect of exercise on cardiovascular parameters in search and rescue-trained dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 4, p. 1036-1044, 2018.

SHAVE, R.; BAGGISH, A.; GEORGE, K.; WOOD, M.; SCHARHAG, J.; WHYTE, G.; GAZE, D.; THOMPSON, P. D. Exercise-Induced cardiac troponin elevation - Evidence, mechanisms, and implications. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 56, n. 3, p. 169-176, 2010.

SIERRA, A. P.; GHORAYEB, N.; DIOGUARDI, G. S.; SIERRA, C. A. Alteração de biomarcadores de lesão miocárdica em atletas após a Maratona Internacional de São Paulo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 3, p. 182-186, 2015.

SLEEPER, M. M. Special diagnostic techniques for evaluation of cardiac disease. In: TILLEY, L. P.; SMITH JR, F. W. K.; OYAMA, M. A.; SLEEPER, M. M. **Manual of canine and feline cardiology**. 4.ed. Philadelphia: WB Saunders, 2008, p. 443.

STEISS, J. E. Muscle disorders and rehabilitation in canine athletes. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 32, n. 1, p. 267-285, 2002.

STEPIEN, R. L.; HINCHCLIFF, K. W.; CONSTABLE, P. D.; OLSON, J. Effect of endurance training on cardiac morphology in Alaskan sled dogs. **Journal of Applied Physiology**, v. 85, n. 4, p. 1368-1375, 1998.

TERRI. Cardiac biomarkers: a blood test for heart disease? In: Latin American Veterinary Conference, 2008.

THARWAT, M.; AL-SOBAYIL, F.; BUCZINSKI, S. Influence of racing on the serum concentrations of the cardiac biomarkers troponin I and creatine kinase myocardial band (CK-MB) in racing greyhounds. **The Veterinary Journal**, v. 197, n. 3, p. 900-902, 2013.

TILLEY, L. P. **Essentials of canine and feline electrocardiography: interpretation and treatment**. Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphi – USA, 1992, vol. 3.

VÁZQUEZ, J. P.; GÓMEZ, F. P.; BADILLO, A. A.; LUNA, L. F. D.; RODRÍGUEZ, L.P.R. Arritmias cardíacas inducidas por el ejercicio dinámico máximo de corta duración (sprint): estudio en el galgo greyhound. **Revista Española de Cardiología**, v. 51, n. 7, p. 559-565, 1998.

WEEL, D. L.; HEPPEL, P. G. Directional tracking in the domestic dog, *canis familiaris*. **Applied Animal Behaviour Science**, n. 84, p. 297-305, 2003.

YONEZAWA, A. L.; DA SILVEIRA, V. F.; MACHADO, L. P.; KOHAYAGAWA, A. Marcadores cardíacos em Medicina Veterinária. **Ciência Rural**, 2009.

YONEZAWA, L. A.; BARBOSA, T. S.; KOHAYAGAWA, A. Eletrocardiograma do equino. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 1, p. 84-93, 2014.

ZEAGLER, C.; BYRNE, C.; VALENTIN, G.; FREIL, L.; KIDDER, E.; CROUCH, J.; STARNER, T.; JACKSON, M. M. Search and Rescue: Dog and handler collaboration through wearable and mobile interfaces. Proceedings Of The Third International Conference On Animal-Computer, **Anais...** United Kingdon, 2016.

ANEXOS

ANEXO A – Certificado de aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Espírito Santo para execução da pesquisa.



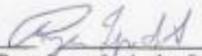

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Perfil de Troponina, Lactato e adaptação Cardiovascular em duas categorias de cães do Serviço Militar" , Protocolo n°.59/2017, sob a responsabilidade de Leonardo Oliveira Trivilin que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata(exceto o homem), para fins de pesquisa científica(ou ensino) encontra-se de acordo com os preceitos da Lei 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto n°.6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal(CONCEA), e pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS(CEUA) DO(A) Centro de Ciências da Saúde-Maruípe-Vitória-ES em 21-12-2017.

Vigência do Projeto	Início: Janeiro/2018 Término: Janeiro/2019
Espécie/Linhagem	Cão(Linhagem: <i>Canis lupus familiaris</i>)
Nº de Animais	Experimento Piloto:0 Protocolo Experimental:18 Total:18 animais
Peso/Idade	Peso:Sem distinção de peso Idade:1 a 7 anos
Sexo	Ambos
Origem	Mamíferos

Vitória (ES), 21 de dezembro de 2017.


Prof. Roger Lyrio dos Santos
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA/CCS/UFES