

CÁSSIA FRÉ DA COSTA

**Aquisição eletrocardiográfica em equinos:
definindo uma nova e mais adequada
metodologia para a espécie**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título
de Doutora em Ciências

Programa de Cardiologia
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Pastore

São Paulo

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Costa, Cássia Fré da

Aquisição eletrocardiográfica em equinos : definindo uma nova e mais adequada metodologia para a espécie / Cássia Fré da Costa -- São Paulo, 2017.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Cardiologia.

Orientador: Carlos Alberto Pastore.

Descritores: 1.Medicina veterinária/instrumentação 2. Equidae
3.Eletrocardiografia/normas 4. Eletrocardiografia/métodos 5. Técnicas e
procedimentos diagnósticos/veterinária 6. Métodos

USP/FM/DBD-461/17

Nome: COSTA, Cássia Fré da

Título: Aquisição eletrocardiográfica em equinos: definindo uma nova e mais adequada metodologia para a espécie

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutora em Ciências no Programa de Cardiologia

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e principalmente aos meus pais, Paulo e Eugênia, por terem me apoiado em absolutamente todas as decisões ao longo da minha vida. Devo tudo a vocês dois.

À Andréa Fré, irmã, amiga e médica veterinária, desejo que este trabalho sirva de inspiração para sua carreira.

À minha querida avó Tereza que vibra hoje ao meu lado por minhas conquistas e em memória dos meus amados Ovídio e Eunice que torcem por mim lá de cima. Vô, não há um só dia que não pense em ti!

Ao meu querido marido, companheiro, amigo e médico veterinário, Eduardo Zart, que ao longo desses quatro anos de estudo esteve sempre ao meu lado me apoiando, incentivando e discutindo comigo todas as possibilidades para que este trabalho desse certo.

Amo todos vocês!

Dedico este trabalho também aos meus companheiros de quatro patas, Pituca, Teca, Bidu, Sunshine, Toby, Cindy, Melanie e em especial à minha “finha” Thora, que me ensinaram um amor puro e verdadeiro. Amo o que faço por causa de vocês.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar preciso agradecer aos cavalos do Jockey Club que me foram gentilmente cedidos para a realização desta tese. Apesar dos coices, eletrocardiógrafo voador, eletrodos pisoteados e eco ao chão, todos saímos ilesos e o aprendizado foi encantador.

Meu profundo agradecimento pela ajuda dos treinadores e veterinários do Jockey Club de São Paulo, que viabilizaram a execução deste trabalho. Muito obrigada a todos vocês, especialmente aos colegas veterinários José Aranha e Estanislau Petrochinski Junior.

Agradeço a toda equipe de veterinários do Centro de Controle de Zoonoses de São Paulo que gentilmente me receberam e apoiaram meu trabalho com a cardiologia.

Agradeço a todos os professores da graduação e da especialização pelo conhecimento adquirido e por me darem a base de formação necessária para que eu chegasse até aqui. Agradeço especialmente ao veterinário Cassiano Rios, que em apenas 2 dias de aula fez com que eu me apaixonasse pela cardiologia equina.

Agradeço todas as minhas amigas de longa data (veterinárias ou não) que sempre me apoiaram e acreditaram no meu trabalho. Cada uma de vocês me ajudou de maneira única, com conhecimento, com técnica, com apoio e muito carinho. Agradeço por todos os amigos veterinários que fiz pelo caminho desta jornada e que acreditam no meu trabalho.

Agradecimento especial à equipe do Departamento de Eletrocardiografia do InCor por toda ajuda prestada. Essa equipe é muito querida e foi essencial para a confecção deste trabalho como um todo. Muito obrigada Gisele, Francisco e Juliana.

Obrigada Dr. Horácio por tirar muitas dúvidas, pelas aulas que assisti escondida enquanto aguardava minhas reuniões com os chefes e pelas revisões feitas conosco.

Agradeço ao Dr. Caio que nos ajudou com a análise do Holter, à equipe do departamento de Holter do InCor e ao médico veterinário Dr. Mauricio Miriam que nos ajudou a realizar esse experimento. Vocês abrilhantaram essa tese de uma maneira muito especial.

Agradeço pelo carinho e companheirismo da amiga Rosângela Gundim que acreditou no meu potencial como aluna da pós-graduação e como coordenadora do curso de eletro e sempre me ajudou em tudo que precisei. Rô, colheremos muitos frutos e ainda teremos muito trabalho em conjunto pela frente com a telemedicina.

Marcinha (Dancini) posso dizer com toda a certeza que jamais chegaria aqui se não fosse pelo seu trabalho. Você me ajudou desde o começo, a lidar e resolver todos os problemas chatos e burocráticos que nunca pararam de surgir ao longo desses anos. Também agradeço muito pela ajuda com todas as traduções necessárias para as publicações nos congressos internacionais e no artigo que publicamos este ano. Já aproveito para agradecer antecipadamente por toda ajuda que logo virá para publicarmos essa tese. E não posso deixar de agradecer é claro, pelo carinho e paciência de sempre em ouvir minhas longas histórias e, por todo apoio e incentivo. Você é muito especial!

Agradeço aos médicos que participaram da minha banca de qualificação, Dra. Vera Aiello, Dr. Maurício Scanavacca e Dr. Cesar Gruppi. Muito obrigada por aceitarem nossa sugestão de mudança do projeto como um todo. Essa troca foi essencial para o sucesso dessa tese, que contou ainda com as brilhantes sugestões que nos foram feitas. E muito obrigada a Dra. Vera por aceitar participar de um projeto anátomo-patológico com corações equinos. O desafio é literalmente enorme, mas tenho certeza que teremos um lindo retorno.

Palavras não descrevem meus sentimentos de gratidão ao meu orientador Dr. Carlos Alberto Pastore e (co) Dr. Nelson Samesima que me acolheram e me receberam na Instituição, me incentivaram e muito me ensinaram. Foi necessária muita paciência e compreensão para trabalhar com uma jovem

médica veterinária, mas o resultado superou minhas expectativas e valeu a pena cada obstáculo percorrido no caminho. Agradeço de coração por tudo que fizeram por mim e por acreditarem e apostarem no meu trabalho. Essa tese jamais seria possível se não fosse por vocês dois e serei eternamente grata. Encontro vocês no meu pós doc!

Agradeço de coração ao Paulo Seabra da Costa, querido arquiteto, ilustrador e amado pai, pelas imagens feitas exclusivamente para esta tese, para os artigos dos congressos que surgiram ao longo desse caminho e por todo o trabalho que terá pela frente, com os frutos deste projeto. Sou sua fã número 1.

Agradeço todo o suporte recebido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP para a realização desta tese, sob número 2013/15320-0 e também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa cedida com número 142321/2013-3, essenciais para a finalização deste projeto. Muito obrigada!

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas e siglas

Lista de tabelas

Lista de figuras

Resumo

Abstract

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Método de Einthoven.....	02
1.2 Método Ápice-base.....	03
1.3 Método de Dubois.....	04
1.4 Comparação entre os métodos.....	06
2. OBJETIVO.....	09
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1 Estudo.....	10
3.2 Localização.....	10
3.3 População.....	11
3.4 Critérios de inclusão.....	11
3.5 Critérios de exclusão.....	11
3.6 Eletrocardiograma.....	11

3.6.1 Métodos eletrocardiográficos.....	13
3.6.1.1 Método de Dubois.....	13
3.6.1.2 Método Fré.....	13
3.6.2 Parâmetros eletrocardiográficos.....	14
3.6.2.1 Eixo elétrico médio.....	15
3.7 Ecocardiograma.....	15
3.8 Holter.....	16
3.9 Análise estatística.....	18
3.10 Puro Sangue Inglês.....	19
4. RESULTADOS.....	21
5. DISCUSSÃO.....	25
6. CONCLUSÃO.....	37
6.1 Limitações do estudo.....	37
6.2 Conflitos de interesse.....	38
7. REFERÊNCIAS.....	39

Apêndice A. Aprovação pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq)

Apêndice B. Alteração do projeto e prorrogação do prazo de encerramento pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq)

Apêndice C. Tabela com os valores ecocardiográficos dos animais estudados

Apêndice D. Exemplo de traçado eletrocardiográfico obtido pelo método Fré

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ao	Aorta
Ao/AE	Relação entre aorta e átrio esquerdo
AD	Átrio direito
AE	Átrio esquerdo
AV	Átrioventricular
bpm	Batimentos por minuto
cm	Centímetro
DI	Derivação I
DII	Derivação II
DIII	Derivação III
DP	Desvio padrão
ECG	Eletrocardiograma
ECO	Ecocardiograma / ecodopplercardiograma
EIC	Espaço intercostal
et al	E outros
etc	Et cetera
F	Fêmea
FC	Frequência cardíaca
g	Gramma
GE	General Electric
HCFMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
IMC	Índice de massa corporal
InCor	Instituto do Coração
kg	Quilograma
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
m	Metro
M	Macho

MHz	Megahertz
mm/s	Milímetro por segundo
mS	Milisegundo
mV	Milivolt
n	Número
p	Probabilidade de significância
PSI	Puro Sangue Inglês
QTc	Intervalo QT corrigido
SA	Sinusal
SAS	<i>Statistical Analysis System</i>
TEB	Tecnologia Eletrônica Brasileira
TWA	Microalternância da onda T
VD	Ventrículo direito
VE	Ventrículo esquerdo
x	<i>versus</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Características demográficas da população estudada.....	21
Tabela 2.	Duração do complexo QRS.....	22
Tabela 3.	Amplitude do complexo QRS.....	22
Tabela 4.	Demais dados eletrocardiográficos.....	23
Tabela 5.	Dados obtidos através do Holter.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema de derivações de Einthoven.....	02
Figura 2A.	Sistema de derivações Ápice-base descrita por Patteson (1996).....	04
Figura 2B.	Sistema de derivações Ápice-base descrita por Marr e Bowen (2010).....	04
Figura 3.	Sistema de derivações de Dubois.....	05
Figura 4.	Relação anatômica entre o VD e o VE e o triângulo virtual gerado pelo método de Dubois.....	06
Figura 5.	Fluxograma do projeto.....	10
Figura 6.	Método Fré.....	14
Figura 7.	Medidas em duração e amplitude do ECG.....	15
Figura 8.	Posicionamento dos eletrodos para obtenção do Holter.....	17
Figura 9.	Holter em PSI.....	18
Figura 10.	Anatomia do PSI.....	20
Figura 11.	Triângulo de Einthoven e sua relação com as derivações do plano frontal.....	25
Figura 12.	Comparação entre os planos no bípede e no quadrúpede.....	26
Figura 13.	Relação anatômica entre o VD e o VE e o triângulo virtual gerado pelo método Fré.....	27
Figura 14.	Método Fré no plano frontal proposto para a espécie equina.....	30

Figura 15. Esquema vetorial comparativo entre os métodos de Dubois e Fré nos planos frontal e horizontal.....	31
Figura 16. Sistema elétrico cardíaco dos equinos.....	33
Figura 17. Eixo elétrico médio dos métodos Dubois e Fré.....	34

RESUMO

Costa CF. Aquisição eletrocardiográfica em equinos: definindo uma nova e mais adequada metodologia para a espécie [Tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2017.

INTRODUÇÃO: Vários sistemas de derivações eletrocardiográficas são utilizados na espécie equina e os principais incluem o método de Einthoven, o Ápice-base e o Dubois. O intuito desses sistemas é de captar ondas e complexos de modo que o processo de condução elétrica seja avaliado de maneira eficaz. A disposição dos eletrodos pela metodologia de Dubois tenta posicionar o coração do equino no meio de um triângulo virtual dentro do tórax, assim como descrito por Einthoven, que se baseou no modelo humano. Entretanto, ao se fazer um paralelo com o posicionamento desses eletrodos no ser humano é possível verificar que, apesar da centralização do coração do equino no triângulo virtual, as referências de direita e de esquerda não são respeitadas. Este fato é explicado pela relação entre o ventrículo direito e o ventrículo esquerdo, que nos equinos e outros animais domésticos (na maioria quadrúpedes) se faz no sentido crânio-caudal, enquanto que a posição do coração dentro do tórax do ser humano (bípede) é predominantemente no sentido ântero-súpero-pósteroinferior. **OBJETIVOS:** O objetivo primário desta tese é o estabelecimento de uma nova e mais adequada metodologia de aquisição eletrocardiográfica para a espécie equina e o objetivo secundário é usar as medidas das variáveis eletrocardiográficas aqui encontradas como valores de referência para essa espécie. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foram utilizados 22 cavalos da raça Puro Sangue Inglês, sendo 11 fêmeas e 11 machos, com idades variando entre 2 e 5 anos, residentes do Jockey Club de São Paulo, Brasil. Foram realizados 2 eletrocardiogramas sequenciais em cada animal, sendo o primeiro pelo método de Dubois e o segundo de acordo com a nova metodologia aqui instituída, a qual foi nomeada de método Fré. Foi

realizado ecocardiograma prévio em todos os equinos e estudo Holter em quatro animais do experimento, os quais foram submetidos à análise de TWA. RESULTADOS: Pelo eletrocardiograma, foi constatado que as derivações esquerdas do plano frontal (DI e aVL) apresentaram complexo QRS de maior duração e amplitude pela nova metodologia e o inverso ocorreu nas derivações inferiores (DII, DIII e aVF), com $p < 0,0001$. CONCLUSÃO: O método Fré proposto neste estudo mostrou ser mais adequado, quando comparado ao método de Dubois, na obtenção dos fenômenos elétricos cardíacos que ocorrem nos animais da espécie equina. As medidas eletrocardiográficas obtidas pelo método Fré podem ser usados como referência de valores normais para a espécie equina.

Descritores: medicina veterinária/instrumentação; equidae; eletrocardiografia/normas; eletrocardiografia/métodos; técnicas e procedimentos diagnósticos/métodos; métodos.

ABSTRACT

Costa CF. Equine electrocardiographic acquisition: defining a new and most adequate methodology for the species [Thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2017.

INTRODUCTION: Many electrocardiographic methods are used for the equine species, among which the most used include Einthoven, Base-apex and Dubois lead systems. They aim to capture waves and complexes to evaluate the process of electric heart conduction in the most effective way. Placement of the electrodes by the Dubois lead system attempts to position the equine heart at the center of a virtual triangle inside the animal's thorax, as described by Einthoven, who based his system on the human model. However, in attempting to make a parallel with the positioning of electrodes in the human torso, it is possible to find out that, despite the centralization of the equine heart inside the virtual triangle, the references of right and left are not respected. This can be explained by the relationship between the right and left ventricles, which in the equines and pets (mostly quadrupeds) is done in the cranio-caudal direction, while the position of the heart inside the human thorax (biped) determines that this relationship is predominantly in the anterior-superior-posterior-inferior direction. **OBJECTIVES:** The primary objective of this thesis is the establishment of a new and most suitable methodology of electrocardiographic acquisition in equines and the secondary objective is the establishment of the electrocardiographic variables thus obtained as reference for this species. **MATERIALS AND METHODS:** Twenty-two Thoroughbred horses were used, 11 females and 11 males, aged 2 to 5 years old, all reared at the São Paulo Jockey Club, Brazil. Two sequential electrocardiograms were recorded from each animal, the first according to the Dubois lead system and the second according to the new methodology here suggested, which was denominated Fré lead system. All the horses had a previous echocardiogram recorded, in

addition to a Holter-ECG obtained from four animals of this experiment, which were subjected to TWA analysis. RESULTS: Through the electrocardiogram it was observed that the values obtained in the left leads of the frontal plane (DI and aVL) showed a larger and taller QRS complex by the new methodology, the reverse happening with the inferior leads such as DII, DIII and aVF, with $p < 0,0001$. CONCLUSION: The Fré lead system proposed here is more suitable when compared to the Dubois lead system to acquire the cardiac electric phenomena in equines. Electrocardiographic measurements obtained by the Fré lead system can be used as normal reference values for equines.

Descriptors: veterinary medicine/instrumentation; equidae; electrocardiography/standards; electrocardiography/methods; diagnostic techniques and procedures/veterinary; methods.

1. INTRODUÇÃO

Equinos saudáveis apresentam uma alta incidência (25% a 30%) de arritmias consideradas fisiológicas, quando comparados com outras espécies de animais domésticos (Melchert et al., 2012; Robertson, 1992). Algumas dessas arritmias são facilmente reconhecidas pela auscultação cardíaca, porém só podem ser realmente confirmadas através do estudo eletrocardiográfico (Belgrave, 1990; Diniz et al., 2008).

O eletrocardiograma (ECG) é o exame padrão-ouro para detecção de arritmias em qualquer espécie animal. É um método diagnóstico de fácil aquisição, não invasivo, indolor e relativamente de baixo custo, bem difundido no mercado brasileiro (Fernandes et al., 2004; Pastore et al., 2016), capaz de refletir a soma de todos os vetores elétricos cardíacos (Marr; Bowen, 2010).

Um eletrocardiógrafo grava diferentes potenciais elétricos cardíacos, captados através de eletrodos posicionados em diferentes locais da superfície corporal do animal. Os locais onde os eletrodos devem ser posicionados são escolhidos de modo que representem, de maneira incontestável, a atividade elétrica cardíaca e suas possíveis alterações, mesmo sabendo que diversos fatores são capazes de afetar diretamente o traçado eletrocardiográfico, tais como o posicionamento do coração dentro do tórax, a propagação da atividade elétrica cardíaca, a conformação torácica, a condutividade dos tecidos entre o coração e os eletrodos e, ainda, o local exato de posicionamento dos eletrodos (Marr; Bowen, 2010).

Ao longo de muitas décadas e de estudos intensificados, vários sistemas de derivações foram criados e utilizados para determinação gráfica do campo elétrico cardíaco na espécie equina e as principais delas, descritas na literatura especializada, incluem o método de Einthoven, o Ápice-base e o Dubois, além de técnicas modificadas oriundas das mesmas.

O intuito desses sistemas é a captação de ondas e complexos de modo que o processo de condução elétrica possa ser precisamente avaliado,

somando informações sobre a magnitude e direção dos vetores cardíacos (Marr; Bowen, 2010).

1.1 Método de Einthoven

O sistema de derivações de Einthoven utiliza uma disposição de eletrodos na qual se assume que o coração esteja no meio de um triângulo formado entre os dois membros torácicos e o membro pélvico esquerdo, capaz de avaliar o coração através do plano frontal (Wilson et al., 1946).

Este sistema de derivações é ainda hoje utilizado na medicina humana e, na medicina veterinária, é reproduzido em animais de pequeno porte, como cães e gatos, e em animais de grande porte, como os cavalos (Figura 1). Ele é capaz de fornecer informações sobre o ritmo e a condução da atividade elétrica cardíaca (Marr; Bowen, 2010).

O problema dessa metodologia foi sua transposição inadequada da medicina humana para a medicina veterinária, uma vez que o plano frontal dos animais quadrúpedes é totalmente diferente do plano frontal do ser humano (bípede).

Figura 1. Sistema de derivações de Einthoven

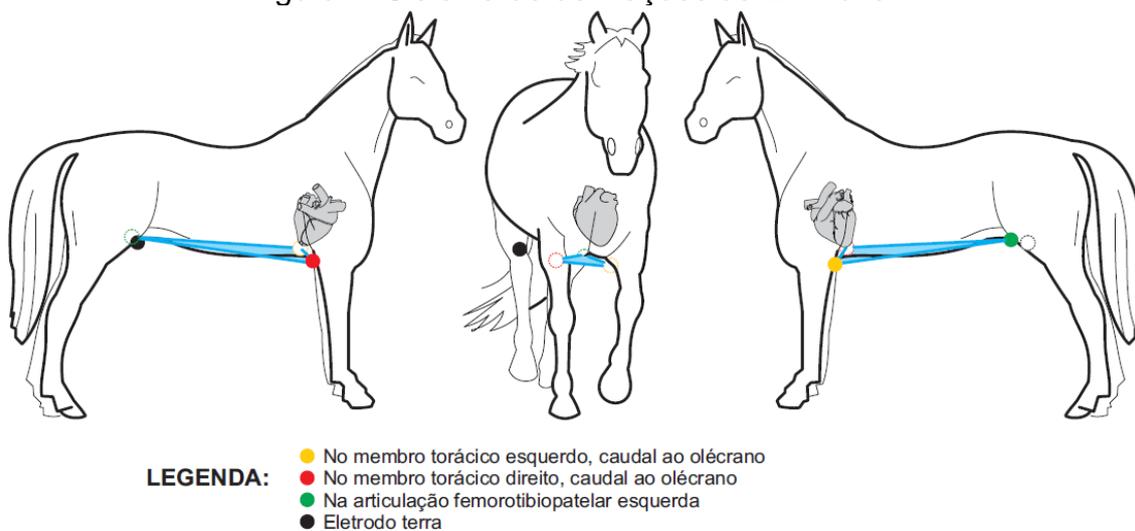


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

Apesar de ser utilizado em diversas publicações ao redor do mundo, o sistema de derivações de Einthoven não é adequado para animais da espécie equina e sua habilidade em detectar adequadamente o campo elétrico cardíaco já foi muito questionada no passado por diversos autores (Ayala et al., 1994; Physic-Sheard, 1991).

A partir desse sistema de derivações, outros foram instituídos com o decorrer dos anos para a espécie equina, uma vez que o coração dos cavalos não se apresenta ao centro de um triângulo formado entre os membros torácicos e pélvico (Marr; Bowen, 2010), como acima descrito e facilmente observado na Figura 1.

1.2 Método Ápice-base

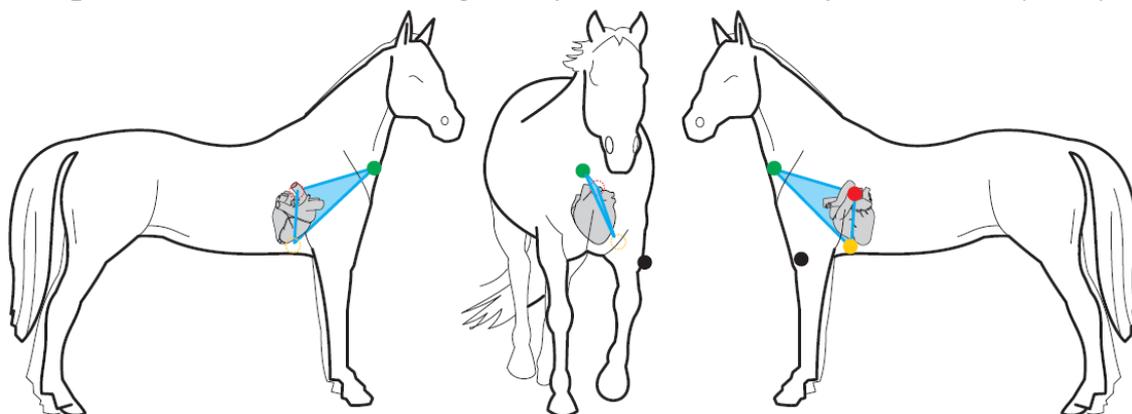
O sistema de derivações Ápice-base é descrito na literatura como um excelente método para a obtenção do ritmo cardíaco, uma vez que ele é capaz de fornecer ondas e complexos de grande amplitude, que facilitam a visualização do traçado (Diniz et al., 2008).

O que chama a atenção nessa metodologia é exatamente o local de posicionamento dos eletrodos, descrito de maneira discrepante na literatura especializada, conforme verificado a seguir em dois exemplos.

Patteson (1996) descreve a disposição dos eletrodos da seguinte maneira: eletrodo positivo no ápice cardíaco (na parede torácica atrás do olécrano); eletrodo negativo sobre a base cardíaca; eletrodo verde no sulco da veia jugular esquerda ou direita, ou em uma área cranial à escápula onde haja pele sobrando para melhor fixação do eletrodo (Figura 2A).

Célia M. Marr e Mark Bowen em 2010, por sua vez, descrevem o método Ápice-base da seguinte maneira: eletrodo positivo (amarelo) no ápice cardíaco; eletrodo negativo (vermelho) no terço distal do sulco da veia jugular direita ou no topo da escápula direita; o terceiro eletrodo (verde) deve ser posicionado em qualquer local distante do coração (Figura 2B).

Figura 2A. Sistema de derivações Ápice-base descrito por Patteson (1996)

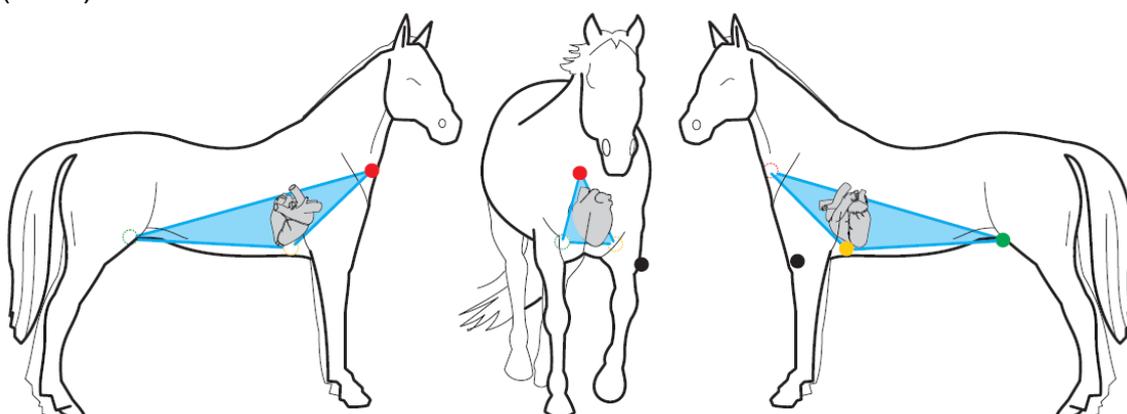


LEGENDA:

- No hemitórax esquerdo, caudal ao olécrano (5^ª EIC), no ápice cardíaco
- Na altura da base cardíaca
- No sulco da veia jugular direita
- Eletrodo terra

Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

Figura 2B. Sistema de derivações Ápice-base descrito por Marr e Bowen (2010)



LEGENDA:

- No hemitórax esquerdo, caudal ao olécrano (5^ª EIC), no ápice cardíaco
- Na altura da base cardíaca
- No suco da veia jugular direita
- Eletrodo terra

Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

1.3 Método de Dubois

A descrição do método de Dubois é mais facilmente encontrada na literatura especializada europeia (Ayala et al., 2000), mas é verificada também a preferência de alguns autores brasileiros pelo uso dessa metodologia (Bello et al., 2012; Palma et al., 2013).

Nesse sistema de derivações, o eletrodo positivo (amarelo) é posicionado entre a cernelha e a articulação escápulo-umeral esquerda; eletrodo negativo

(vermelho) entre a cernelha e a articulação escápulo-umeral direita; o eletrodo verde é colocado sobre o processo xifóide, conforme observado na Figura 3.

Figura 3. Sistema de derivações de Dubois

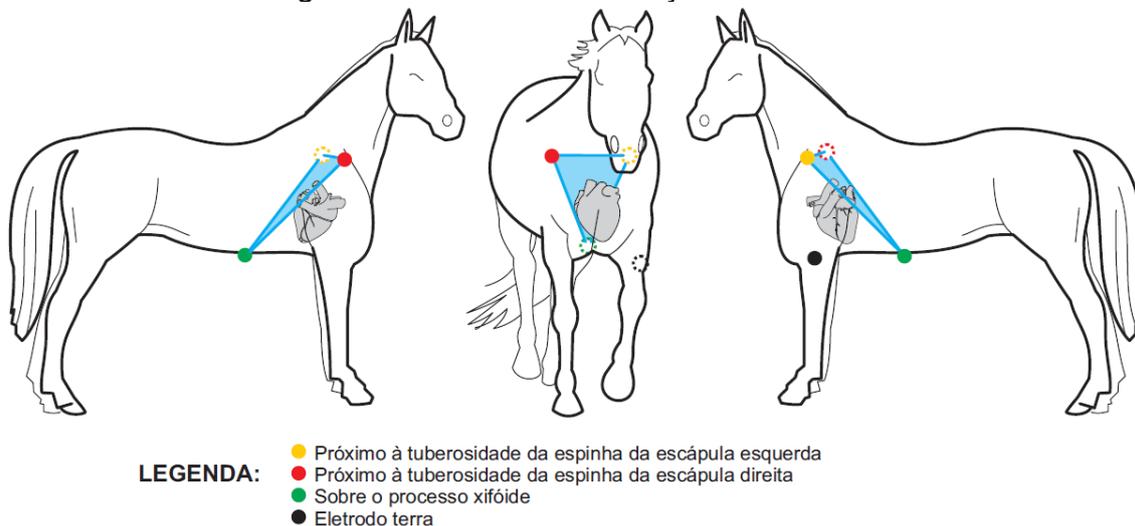


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

A figura acima mostra a disposição dos eletrodos pela metodologia de Dubois e nela é observada uma tentativa clara de posicionar o coração do equino no meio de um triângulo virtual dentro do tórax, assim como descrito por Einthoven que se baseou no modelo humano.

Entretanto, ao se fazer um paralelo com o posicionamento desses eletrodos no ser humano é possível verificar que, apesar da centralização do coração do equino no triângulo virtual, as referências de direita e de esquerda não são respeitadas. Este fato é explicado pela relação entre o ventrículo direito e o ventrículo esquerdo nos equinos, a qual se faz no sentido crânio-caudal, conforme verificado logo abaixo na Figura 4.

É importante ressaltar mais uma vez que a posição do coração dentro do tórax do ser humano (bípede) é diferente dos animais domésticos, quadrúpedes em sua maioria, e a relação entre o ventrículo direito e o ventrículo esquerdo se faz predominantemente no sentido ântero-súpero-pósterio-inferior.

Figura 4. Relação anatômica entre o VD e VE e o triângulo virtual gerado pelo método de Dubois

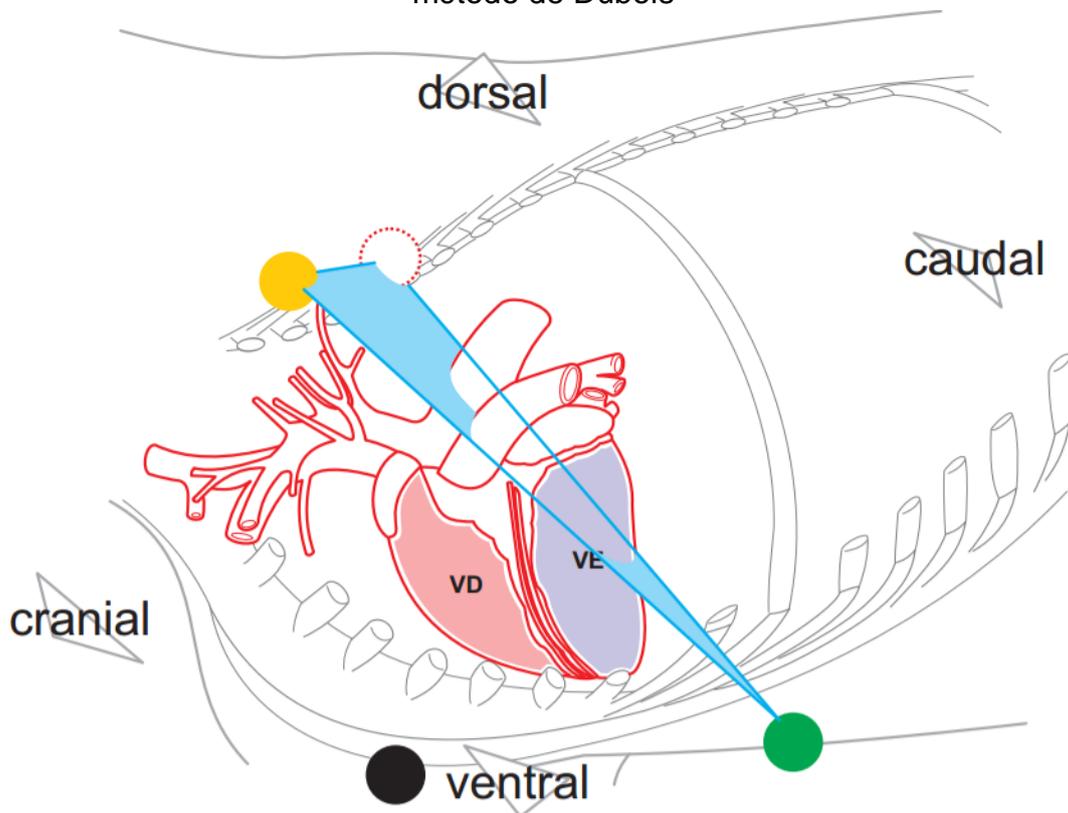


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

1.4 Comparação entre os métodos

Utilizando qualquer um dos métodos de posicionamentos de eletrodos acima mencionados, é possível obter um traçado eletrocardiográfico capaz de identificar, quantificar e até mesmo qualificar o tipo de arritmia que o animal apresenta, com alto grau de precisão. Porém, nenhum dos métodos acima citados representa, de maneira precisa, a posição do coração dentro do tórax.

Nosso grupo de pesquisa realizou um estudo comparativo entre os dados eletrocardiográficos obtidos através dos três métodos acima descritos, recentemente publicado (Costa et al., 2017), com o intuito de definir qual a melhor metodologia de aquisição do ECG para a espécie equina. Foi constatado que os métodos de Einthoven e Ápice-base são impróprios para os equinos, sendo, desta forma, o método de Dubois o que mais se aproximou do posicionamento ideal para esta espécie, assim como sugerido por Ayala e colaboradores (1994).

O conceito do “eletrocardiograma ideal” é que ele sirva não apenas para diagnóstico das arritmias, mas que também indique ao clínico ou cardiologista, o processo de ativação elétrica do coração. Além disso, o ECG deve fornecer indicadores eletrocardiográficos relativos à hipertrofia ou sobrecarga das câmaras através da morfologia, amplitude e/ou duração das ondas e complexos, deve ser capaz de identificar os bloqueios tronculares e fasciculares e deve também informar a correta direção e magnitude dos vetores da despolarização cardíaca. Não se deve esquecer a repolarização ventricular (pouco estudada na medicina veterinária) que é influente na gênese das arritmias cardíacas ventriculares malignas (Pastore et al., 2016).

Outro dado subutilizado deste exame é o eixo elétrico médio, também conhecido como eixo cardíaco. Ele revela a orientação e direção da despolarização ventricular, fornece informações pertinentes sobre dilatação e/ou hipertrofia das câmaras cardíacas, além de identificar ou sugerir defeitos de condução intraventricular, desde que sua aquisição seja realizada da maneira correta (Pastore et al., 2016).

É importante reforçar que as doenças cardiovasculares são a terceira causa mais comum de intolerância ao exercício e queda de *performance* dos equinos, ficando atrás apenas de disfunções musculoesqueléticas e respiratórias (Deem; Fregin, 1982; Melchert et al., 2012). Além disso, mortes súbitas de etiologia desconhecida não são raras em competições equestres. Portanto, otimizar as funções diagnósticas do eletrocardiograma é imprescindível para a clínica de equinos.

O ECG deveria ser amplamente empregado na rotina clínica de equinos, sendo também indicado na medicina preventiva, nos exames para a compra de animais, no pré, trans e pós-cirúrgico, na avaliação do condicionamento físico e também na racionalização da campanha atlética do animal (Diniz et al., 2008).

Faltam na literatura especializada em cardiologia equina, trabalhos capazes de diagnosticar as hipertrofias e sobrecargas das câmaras cardíacas através do eletrocardiograma, pois o ecodopplercardiograma (ECO), ainda hoje utilizado como padrão-ouro, não está presente em muitas clínicas e hospitais de equinos do nosso país, tanto pelo alto custo com equipamento e com

treinamentos especializados como também pela falta de profissionais capacitados para a realização deste exame de maior complexidade.

Baseados nos fatos acima descritos, foi aqui proposta uma modificação dos locais de posicionamento dos eletrodos para aquisição do eletrocardiograma de equinos saudáveis. Para tal, foram consideradas a anatomia e a topografia cardíaca da espécie, bem como o sentido da despolarização ventricular, agregando sempre os clássicos conceitos vetoriais, estabelecidos na literatura médica humana.

2. OBJETIVO

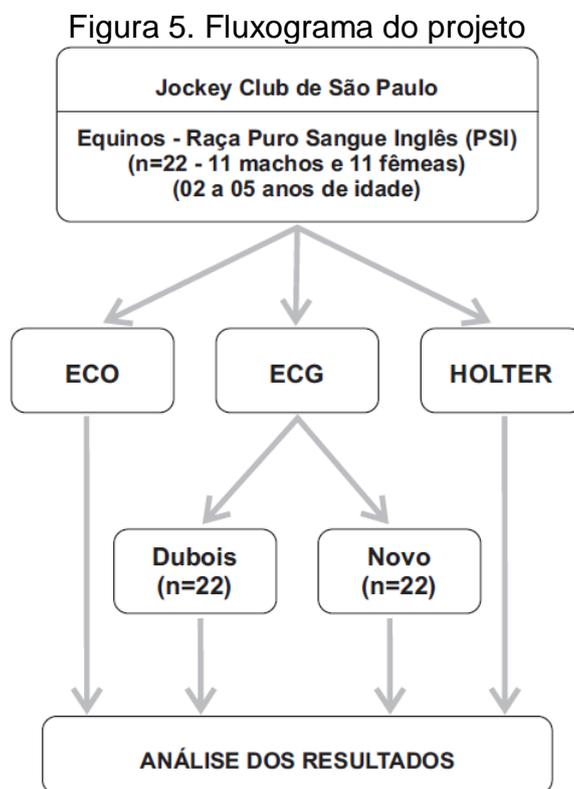
O objetivo primário deste estudo é estabelecer uma nova e mais adequada metodologia de aquisição eletrocardiográfica para a espécie equina.

O objetivo secundário é determinar novos valores de referência de todas as variáveis eletrocardiográficas de equinos sadios, baseados na nova disposição dos eletrodos aqui proposta.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Estudo

Esta tese foi desenvolvida através de um estudo descritivo de centro único, aberto, transversal, prospectivo, não randomizado, auto-pareado, no qual foram utilizados 22 equinos atletas de alta *performance* da raça Puro Sangue Inglês (PSI), conforme descrito no fluxograma abaixo (Figura 5).



* ECO = ecocardiograma; ECG = eletrocardiograma; Holter = ECG ambulatorial de três derivações

3.2 Localização

Os exames (ECG, ECO e Holter) foram realizados no Jockey Club da cidade de São Paulo, conforme descrito a seguir. Toda a análise de dados, estatística e redação da tese ocorreram na Unidade Clínica de

Eletrocardiografia de Repouso do Instituto do Coração de São Paulo (InCor) - HCFMUSP.

3.3 População

Vinte e dois cavalos de corrida, da raça Puro Sangue Inglês, sendo 11 machos e 11 fêmeas, com idade variando entre 2 e 5 anos, todos residentes no Jockey Club de São Paulo foram utilizados para esta tese.

Este trabalho foi avaliado e aprovado pela comissão de ética do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) sob protocolo de pesquisa 255/13. A utilização e os cuidados tomados com cada animal levaram em consideração as leis de bem-estar animal (Lei número 11.794 de 8 de outubro de 2008), assim como as diretrizes e políticas estabelecidas pela mesa diretora do Jockey Club de São Paulo.

3.4 Critérios de inclusão

Para a realização deste estudo foram incluídos apenas cavalos da raça Puro Sangue Inglês, residentes do Jockey Club da cidade de São Paulo com idade superior a 2 anos.

3.5 Critérios de exclusão

O critério de exclusão foi a presença de qualquer doença que pudesse ser diagnosticada através do exame clínico, do exame físico, da anamnese ou mesmo através do ecocardiograma realizado em cada animal, incluindo as cardiopatias que frequentemente acometem essa espécie.

3.6 Eletrocardiograma

Os exames eletrocardiográficos foram obtidos nos próprios grupos de cocheiras onde os animais vivem, em ambiente calmo e com piso nivelado. Os

animais permaneceram em posição ortostática (em estação) para a realização do exame e nenhum método de contenção física ou química foi utilizado.

Foi utilizado um eletrocardiógrafo portátil com software veterinário TEB ECGPC VET (TEB – Tecnologia Eletrônica Brasileira, São Paulo, Brasil), composto por 10 canais, três sensibilidades e duas velocidades distintas.

O equipamento foi programado com velocidade de 25mm/s e sensibilidade de 1cm = 1mV. Foram adquiridas as derivações bipolares (DI, DII e DIII), as unipolares de membros (aVR, aVL e aVF) e também as precordiais (rV2, V2, V4 e V10), simultaneamente.

As derivações precordiais utilizam eletrodos exploradores posicionados no tórax e determinam o plano horizontal do coração. O eletrocardiógrafo conecta os eletrodos amarelo, vermelho e verde entre si para formar uma referência zero equivalente ao potencial no centro do coração. Desta forma, é possível medir a voltagem gerada do centro do coração até o eletrodo localizado no tórax do animal (Tilley, 1992).

As precordiais utilizadas nesta tese foram nomeadas na medicina veterinária de maneira particular há muitos anos atrás, mas se comparam às precordiais da medicina humana da seguinte maneira, como descrito por Ettinger e Feldman (2005):

CV5RL (rV2) = V1
CV6LL (V2) = V2, V3
CV6LU (V4) = V4, V5
CV10 (V10) = V6

Os eletrodos foram fixados a prendedores metálicos do tipo jacaré e foram presos à pele dos animais com o uso de álcool para melhor condução da informação elétrica. Sempre foi aguardado até que o animal permanecesse calmo e tranquilo para que a aquisição do traçado eletrocardiográfico fosse realizada.

Dois eletrocardiogramas foram obtidos em sequência de cada animal. Primeiramente os eletrodos foram fixados seguindo o posicionamento estabelecido por Dubois e em seguida, foram posicionados com a nova metodologia proposta, a qual será citada deste ponto em diante como método Fré.

3.6.1 Métodos Eletrocardiográficos

Qualquer um dos métodos descritos na Introdução pode ser utilizado para obtenção de traçado eletrocardiográfico nos equinos. Porém, conforme descrito em publicação prévia pelo nosso grupo de pesquisa (Costa et al., 2017), os métodos de Einthoven e Ápice-base mostraram-se impróprios para a realização do eletrocardiograma na espécie aqui estudada (Ayala et al., 1994).

O método de Dubois é o que mais se aproxima do posicionamento ideal de eletrocardiograma para os equinos (Ayala et al., 1994; Costa et al., 2017) e por isso, apenas esse sistema foi utilizado como base comparativa para a nova metodologia aqui proposta.

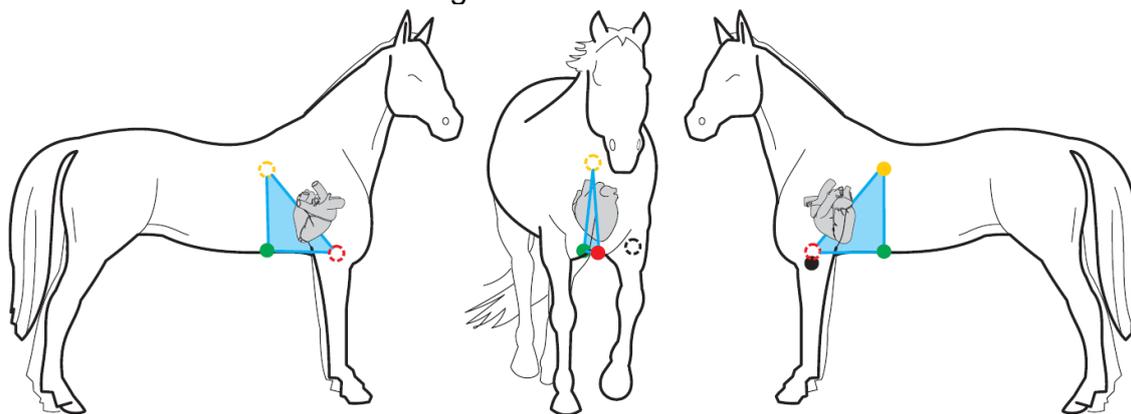
3.6.1.1 Método de Dubois

O método de Dubois dispõe os eletrodos da seguinte maneira: eletrodo amarelo na crista escapular esquerda; eletrodo vermelho na crista escapular direita; eletrodo verde no processo xifóide; o eletrodo preto (terra) foi posicionado na região lateral do membro torácico esquerdo próximo à articulação úmero-radio-ulnar (Figura 3).

3.6.1.2 Método Fré

O método Fré dispõe os eletrodos da seguinte maneira: eletrodo amarelo no 12º espaço intercostal (EIC) na altura da 7ª vértebra cervical; eletrodo vermelho no esterno entre os membros torácicos; eletrodo verde no processo xifóide; o eletrodo preto (terra) foi posicionado na região lateral do membro torácico esquerdo próximo à articulação úmero-radio-ulnar (Figura 6).

Figura 6. Método Fré



LEGENDA:

- No hemitórax esquerdo na altura da 7ª vértebra cervical, sobre o 12º espaço intercostal
- Entre os membros torácicos na região ventral
- Sobre o processo xifóide
- Eletrodo terra

Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

Para os dois posicionamentos acima descritos (Dubois e Fré), as derivações precordiais foram dispostas da seguinte maneira: rV2 (representada pelo eletrodo de número 1) no músculo peitoral descendente no hemitórax direito; V2 (eletrodo 2) no músculo peitoral descendente no hemitórax esquerdo; V4 (eletrodo 3) no 6º EIC do hemitórax esquerdo na altura da articulação escápulo-umeral; e V10 (eletrodo 4) no 10º EIC do hemitórax esquerdo também na altura da articulação escápulo-umeral.

3.6.2 Parâmetros eletrocardiográficos

Todas as medidas eletrocardiográficas foram realizadas por dois observadores, através da análise sistemática feita com o *software* do próprio eletrocardiógrafo, de maneira semiautomática.

Foram feitas as seguintes mensurações: determinação do ritmo cardíaco, frequência cardíaca (em batimentos por minuto), pico de P (em ms), duração da onda P (em ms), do intervalo PR (em ms), do complexo QRS (em ms) e dos intervalos QT e QTc (em ms), além das amplitudes (em mV) da onda P, do complexo QRS, do segmento ST e da onda T na derivação DII. Nas derivações DI, DIII, aVR, aVL, aVF e nas precordiais rV2, V2, V4 e V10 foram mensuradas as durações (em ms) e as amplitudes (em mV) dos respectivos complexos

QRS. As medidas eletrocardiográficas em duração e amplitude foram feitas conforme mostra a Figura 7.

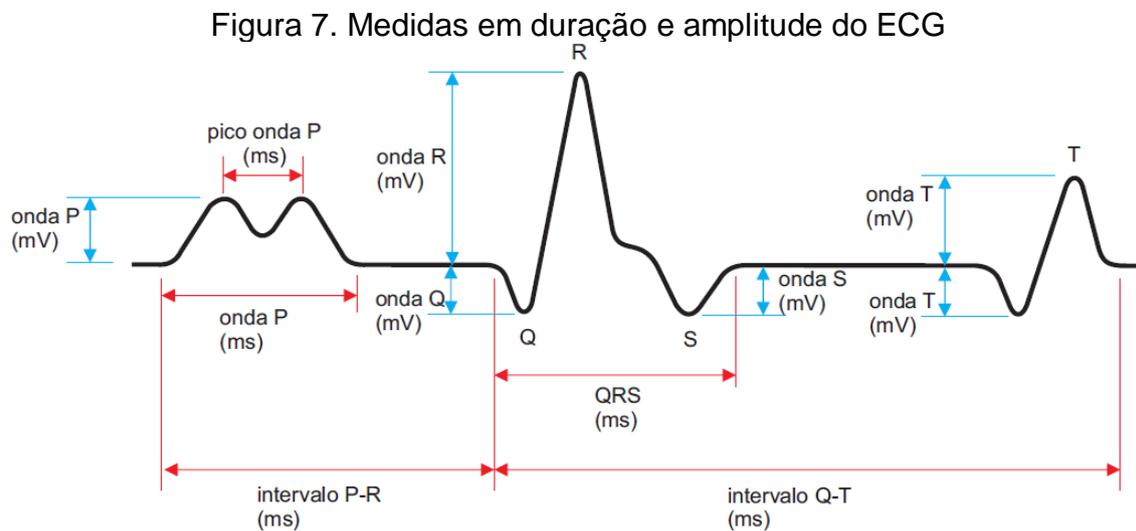


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

3.6.2.1 Eixo elétrico médio

Os valores do eixo cardíaco foram obtidos através do cálculo trigonométrico ($\tan \alpha = \text{cateto oposto} / \text{cateto adjacente}$), amplamente utilizado na medicina humana, e que utiliza apenas as amplitudes do complexo QRS das derivações DI e aVF.

3.7 Ecocardiograma

O ecocardiograma (ECO) permite uma investigação morfológica e funcional das estruturas cardíacas e foi realizado por profissional habilitado, também nas coxilhas dos animais, que permaneceram em ambiente calmo e em posição ortostática.

Todos os exames foram realizados antes que os animais seguissem para a raia de treinamento para que não pudessem sofrer interferências da atividade física e nenhum método de contenção física ou química foi utilizado.

Foram feitas as seguintes mensurações: diâmetro da aorta (Ao), diâmetro do átrio esquerdo (AE), relação Ao/AE, diâmetro sistólico e diastólico do

ventrículo esquerdo (VE), espessura septal, espessura da parede posterior do VE, massa do VE, fração de ejeção e fração de encurtamento do ventrículo esquerdo e espessura relativa.

Foi utilizado um ecocardiógrafo portátil com *software* veterinário Esaote (Esaote – Gênova, Itália) modelo MyLab 30 Gold com transdutor de 2,5MHz.

O ecocardiograma foi utilizado nesta tese apenas para comprovação de que todos os animais aqui estudados eram hípidos e não apresentavam nenhuma alteração cardiovascular que pudesse, de alguma maneira, comprometer o experimento.

3.8 Holter

As arritmias cardíacas que acometem a espécie equina podem ser frequentes, intermitentes ou persistentes. A última classificação é facilmente diagnosticada no eletrocardiograma de repouso, já as duas primeiras são mais facilmente identificadas através do sistema Holter, uma análise eletrocardiográfica de 24 horas (Physic-Sheard, 1991).

Neste experimento o Holter foi realizado em apenas quatro animais devido à rotina dos mesmos e às dificuldades técnicas encontradas, tais como o local de posicionamento e a fixação dos eletrodos, falta de manta protetora do equipamento e principalmente pela dificuldade na obtenção de autorização do tutor e/ou responsável pelo cavalo, entre outros. Desta forma, foi possível realizar este exame por apenas seis horas e a análise dos dados foi adquirida por um único observador.

O Holter foi realizado com o equipamento Seer Light Extend da empresa GE (General Electric, Brasil) por ele apresentar uma ferramenta moderna que fornece mais detalhes da repolarização ventricular, utilizando a análise da microalternância da onda T (TWA), capaz de prever eventos arrítmicos malignos e graves. O cabo do equipamento é composto por sete fios, capazes de oferecer três derivações, e que foram dispostos nos cavalos, conforme demonstrado na Figura 8.

A escolha do equipamento se deu pela possibilidade de análise da microalternância da onda T na espécie equina, a qual não foi encontrada descrição na literatura.

Figura 8. Posicionamento dos eletrodos para obtenção do Holter



Fonte: Arquivo pessoal.

A ilustração mostra os locais de posicionamento dos eletrodos para obtenção do Holter

A escolha do local de posicionamento dos eletrodos levou em consideração a anatomia cardíaca da espécie equina. Desta maneira, foi feita uma transposição da colocação dos eletrodos no tórax humano para o hemitórax esquerdo dos equinos e nenhum método de contenção física ou química foi utilizado.

Para melhor aquisição do exame, colocamos uma manta ao redor do tórax do cavalo, feita sob medida com o intuito de proteção do equipamento e para manutenção dos eletrodos pelo maior período possível, conforme visualizado na Figura 9.

Figura 9. Holter em PSI



Fonte: Arquivo pessoal.
Cavalo submetido ao Holter com a manta

3.9 Análise estatística

Não foi utilizado cálculo amostral por se tratar de uma pesquisa original.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para determinação da característica da amostra estudada (distribuição normal ou não gaussiana). A partir deste resultado os dados contínuos foram analisados pelo teste *t* pareado (expressos em média \pm desvio-padrão). Os dados categóricos foram analisados pelo teste exato de Fischer e estão expressos em porcentagem. Significância estatística: $p < 0,05$.

O programa *Statistical Analysis System* (SAS, 2001) foi utilizado para a comparação dos resultados.

3.10 Puro Sangue Inglês

A escolha de trabalhar com a raça Puro Sangue Inglês se deu pela facilidade de acesso aos animais na cidade de São Paulo. Outro quesito é o fato de que a conformação anatômica desses animais auxilia muito no ganho de velocidade, o que faz com que essa raça esteja presente em outros esportes como o Polo, além de ser usada no cruzamento com o Quarto de Milha, para dar mais velocidade nos trabalhos desenvolvidos por essa raça, o que a torna facilmente encontrada em território nacional.

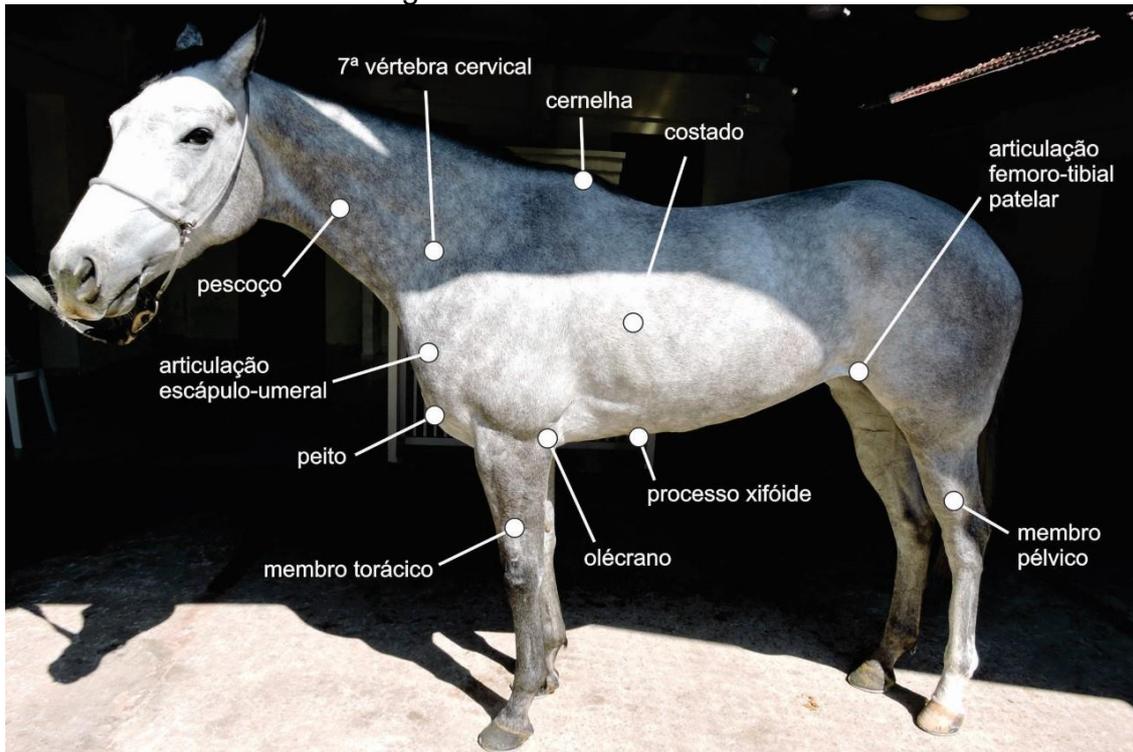
Os cavalos utilizados neste projeto pertencem a entidades particulares e foram gentilmente cedidos para a obtenção dos exames deste experimento, com o consentimento do tutor e/ou treinador do animal. Eles permanecem instalados em baias individuais dentro dos grupos de cocheiras do Jockey Club de São Paulo e recebem alimentação em forma de ração concentrada ou pastagens (feno, alfafa) de acordo com suas necessidades individuais. Os treinamentos são realizados por profissionais capacitados e são desenvolvidos individualmente para cada atleta.

A anatomia do coração dos equinos é similar à de qualquer outro mamífero. A estrutura e a função do sistema cardiovascular dos cavalos são fundamentais para sua *performance* atlética superior. A massa cardíaca de cavalos de corrida é de aproximadamente 4-5 kg, ou 1% do peso corporal, sendo ligeiramente maior em animais atletas (1,1% do peso corporal) e um pouco menor (0,94%) para animais sedentários, o que sugere a teoria do coração de atleta, na qual o treinamento leva à hipertrofia cardíaca fisiológica (Hodgson et al., 2013).

Também é sabido que não há diferença no tamanho do coração equino entre diferentes fases do treinamento, ou seja, cavalos que treinaram por dois meses e os animais que treinaram por 19 meses não apresentaram diferença significativa na massa cardíaca, sugerindo que a hipertrofia seja uma resposta rápida do coração ao treinamento (Hodgson et al., 2013).

Para facilitar o entendimento sobre a espécie equina, a Figura 10 ilustra algumas descrições anatômicas e zootécnicas utilizadas no texto.

Figura 10. Anatomia do PSI



Fonte: Arquivo pessoal.

A ilustração mostra as regiões anatômicas e zootécnicas descritas ao longo desta tese

4. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a idade (em anos), peso (kg), altura (m), circunferência torácica (m) e índice de massa corpórea (IMC) em kg/m² de todos os animais utilizados neste projeto.

Os dados foram obtidos através de estudo realizado em 22 animais, sendo 11 machos e 11 fêmeas, com idade média de $3,5 \pm 0,9$ anos, peso médio de $466,91 \pm 28,85$ kg, altura média de $1,63 \pm 0,03$ metros (medida pela cernelha), IMC médio de $175,18 \pm 11,69$ kg/m² e circunferência torácica média de $1,90 \pm 0,05$ metros.

Tabela 1. Características demográficas da população estudada

Cavalo	Sexo	Idade	Peso	Altura	IMC	Circunferência torácica
1	F	3,6	392	1,64	146	1,82
2	F	2,8	490	1,64	182	1,90
3	F	2,5	460	1,58	184	1,86
4	F	3,6	476	1,60	186	1,92
5	F	3,6	481	1,68	170	1,98
6	M	2,6	470	1,64	175	1,86
7	M	4,6	480	1,68	170	1,90
8	M	4,6	480	1,66	174	1,90
9	M	3,5	465	1,64	173	1,90
10	M	5,6	480	1,60	188	1,90
11	M	2,7	466	1,60	182	1,90
12	F	2,7	450	1,62	171	1,84
13	M	2,6	470	1,62	179	1,86
14	F	3,7	460	1,58	184	1,88
15	F	3,6	455	1,60	178	1,92
16	F	2,6	475	1,68	168	1,94
17	F	3,5	465	1,65	171	1,94
18	F	3,1	422	1,60	165	1,87
19	M	2,6	475	1,64	177	1,86
20	M	4,5	520	1,64	193	1,97
21	M	3,7	420	1,68	149	1,96
22	M	5,2	520	1,66	189	1,98

* F = fêmeas; M = machos

Na Tabela 2 estão dispostos os valores das durações dos complexos QRS (em ms) em todas as 10 derivações adquiridas, tanto através da metodologia de Dubois como pelo novo método aqui proposto (método Fré).

Tabela 2. Duração do complexo QRS

Duração QRS	Dubois	Fré	p
DI	73,3 ± 11,4	107,9 ± 12,7	< 0,0001
DII	120,6 ± 8,9	93,6 ± 9,7	< 0,0001
DIII	118,7 ± 12,1	113,2 ± 5,8	0,0056
avR	104,5 ± 8,8	100,5 ± 20,5	0,3785
aVL	105,6 ± 9,2	111,3 ± 9,9	0,0193
aVF	118,3 ± 9,4	101,8 ± 8,8	< 0,0001
rV2	103,7 ± 18,8	89,9 ± 11,2	0,0078
V2	103,4 ± 18,1	91,6 ± 10,4	0,0136
V4	78,0 ± 15,6	102,1 ± 11,5	< 0,0001
V10	95,1 ± 15,6	88,0 ± 12,6	< 0,0001

*Duração em ms; valores descritos em média ± DP

Foi observado que as derivações esquerdas do plano frontal (DI e aVL) apresentaram complexos QRS de maior duração pela nova metodologia, ocorrendo o inverso nas derivações inferiores (DII, DIII aVF).

No plano horizontal, foi observado que as derivações cujos eletrodos estão dispostos à frente do ventrículo direito (rV2 e V2) mostraram uma menor duração pelo novo método proposto, enquanto V4, que está disposto próximo à base cardíaca, apresentou maior duração no método Fré.

Também foi verificado na Tabela 2 que a variação da duração dos complexos QRS nas 10 derivações estudadas pelo método de Dubois chegou a 65% (73,3 a 120,6ms). Já pelo método Fré, essa variação foi de no máximo 29% (88,0 a 113,2ms).

Na Tabela 3, estão dispostos os valores das amplitudes dos complexos QRS (em mV) em todas as 10 derivações adquiridas, em ambas as metodologias, Dubois e Fré, respectivamente.

Tabela 3. Amplitude do complexo QRS

Amplitude QRS	Dubois	Fré	p
DI	0,29 ± 0,11	1,52 ± 0,61	< 0,0001
DII	-2,20 ± 0,69	-0,54 ± 0,51	< 0,0001
DIII	-2,57 ± 0,67	-2,08 ± 0,65	< 0,0001
avR	0,98 ± 0,39	-0,54 ± 0,47	< 0,0001
aVL	1,46 ± 0,35	1,80 ± 0,58	< 0,0001
aVF	-2,41 ± 0,68	-1,36 ± 0,49	< 0,0001
rV2	-0,42 ± 0,26	0,20 ± 0,40	< 0,0001
V2	-0,23 ± 0,26	0,44 ± 0,39	< 0,0001
V4	0,66 ± 0,40	1,25 ± 0,49	< 0,0001
V10	0,10 ± 0,37	0,75 ± 0,38	< 0,0001

*Amplitude em mV; valores descritos em média ± DP

Com relação à amplitude dos complexos QRS, assim como na duração, foi constatado que as derivações esquerdas do plano frontal (DI e aVL) apresentaram-se maiores (até 5 vezes mais em DI) pela nova metodologia, ocorrendo o inverso nas derivações inferiores (DII, DIII e aVF).

Já no plano horizontal foi observado, em ambos os métodos, um crescente aumento de rV2 a V4 seguido da diminuição da amplitude em V10. Esta sequência de ativação ventricular respeita o sistema elétrico e a posição do coração dentro do tórax.

Foi verificado na Tabela 3 que a variação da amplitude dos complexos QRS pelo método de Dubois foi 14 vezes maior (0,10 a 1,46ms) enquanto pelo método Fré, essa variação foi de 9 vezes (0,20 a 1,80ms).

Na Tabela 4 estão dispostas todas as outras variáveis estudadas, como ritmo, frequência cardíaca, distância entre os picos da onda P, duração da onda P, do intervalo PR, do intervalo QT e do QTc (em ms), bem como a amplitude (em mV) da onda P, do segmento ST e da onda T na derivação DII, em ambas as metodologias, Dubois e Fré.

Tabela 4. Demais dados eletrocardiográficos

DII	Dubois	Fré	p
Ritmo sinusal % (n)	86 (19)	86 (19)	p = 1,000
Taquicardia sinusal % (n)	9 (2)	9 (2)	p = 1,000
Fibrilação atrial % (n)	5 (1)	5 (1)	p = 1,000
FC (bpm)	37 ± 9	36 ± 6	p = 0,1138
Pico P (ms)	60,5 ± 11,6	61,1 ± 13,6	0,8072
Duração P (ms)	154,2 ± 26,7	127,3 ± 17,2	0,0002
Intervalo PR (ms)	306 ± 38	296 ± 37	0,2575
Eixo elétrico médio	-82,7 ± 3,2	-42,5 ± 11,7	< 0,0001
Intervalo QT (ms)	509 ± 33	510 ± 37	0,8232
QTc (ms)	397 ± 36	391 ± 37	0,3700
Amplitude P (mV)	0,32 ± 0,08	0,21 ± 0,06	< 0,0001
Amplitude ST (mV)	0,30 ± 0,09	0,07 ± 0,05	< 0,0001
Amplitude T (mV)	0,83 ± 0,49	0,29 ± 0,41	< 0,0001

*Valores descritos em n e média ± DP

Os dois métodos foram igualmente capazes de identificar o ritmo cardíaco, assim como a frequência cardíaca e a duração do pico da onda P. As aferições dos intervalos PR, QT e QTc também não diferiram entre os métodos estudados. A duração da onda P e as amplitudes da onda P, do segmento ST e

da onda T, assim como o eixo elétrico cardíaco, mostraram-se significativamente menores no método Fré.

Os resultados dos ecocardiogramas foram normais para a população estudada e os dados individuais de cada animal encontram-se no Apêndice C.

Na Tabela 5 estão dispostos os valores do TWA obtidos através do Holter, realizado em apenas quatro cavalos do projeto, devido às dificuldades técnicas previamente descritas.

Tabela 5. Dados obtidos através do Holter

Cavalo	Sexo	TWA	FC
1	M	43	50
2	F	49	47
3	F	37	25
4	M	36	37
Média	-	41,3	39,8
DP	-	6,0	11,3
Mediana	-	40,0	42,0
Máx	-	49,0	50,0
Mín	-	36,0	25,0
IC 95%	-	6,6	12,5

* F = fêmeas; M = machos; TWA em microvolts; FC em bpm

5. DISCUSSÃO

O objetivo primário deste trabalho é o estabelecimento de uma nova e mais adequada metodologia de aquisição eletrocardiográfica para os cavalos, que foi denominada de método Fré, com o intuito de obter através do ECG informações que sejam compatíveis com a anatomia e a eletrofisiologia equina.

A descrição do triângulo de Einthoven, proposta para a medicina humana no século XX (Figura 11), consiste em uma imagem triangular virtual, na qual três eletrodos periféricos (relativos aos membros superiores esquerdo e direito e o membro inferior esquerdo) formam um triângulo equilátero no qual o coração está disposto ao centro (Wilson et al., 1946).

Figura 11. Triângulo de Einthoven e sua relação com as derivações do plano frontal

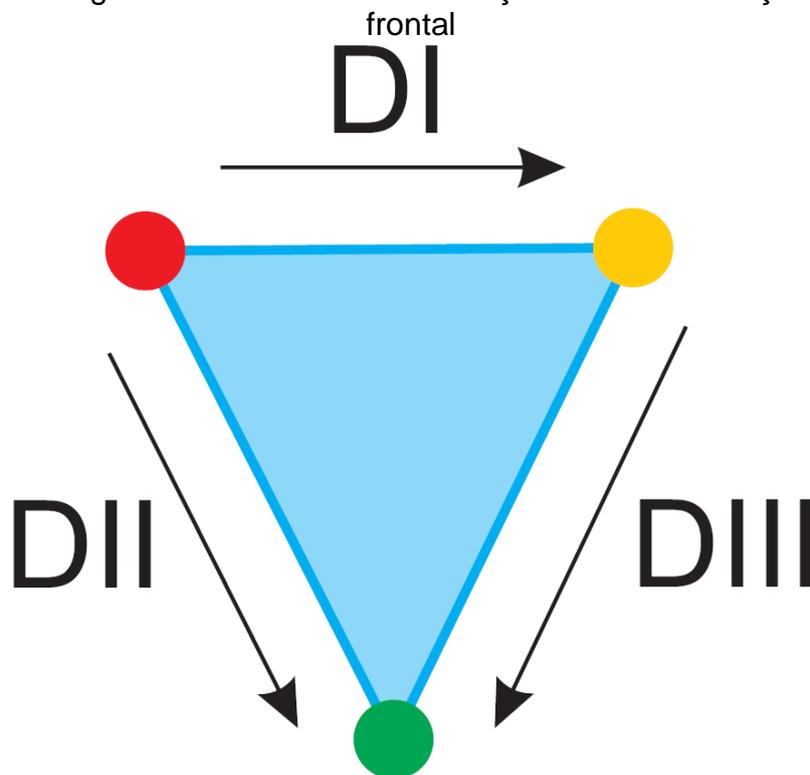


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.
A ilustração mostra como as derivações DI, DII e DIII do plano frontal são adquiridas no eletrocardiograma através do triângulo de Einthoven

O que aconteceu na veterinária, ao longo dos anos, foi a pura e simples transferência dessa imagem virtual para o tórax de animais quadrúpedes, de maneira equivocada.

O primeiro ponto a ser destacado é que nenhuma metodologia de posicionamento eletrocardiográfico na medicina veterinária que utiliza o triângulo de Einthoven como referência levou em consideração a posição do coração dentro do tórax dos animais domésticos estudados (quadrúpedes em sua maioria, como os cães, gatos e cavalos).

O triângulo de Einthoven só pode ser utilizado no plano frontal, caracterizando o que ocorre à direita, à esquerda, na região superior e na região inferior de uma espécie bípede (Figura 12). Quando se transpõe essa determinação para uma espécie diferente (e além disso, quadrúpede), é preciso levar em consideração a anatomia do animal e o posicionamento exato do coração dentro do tórax.

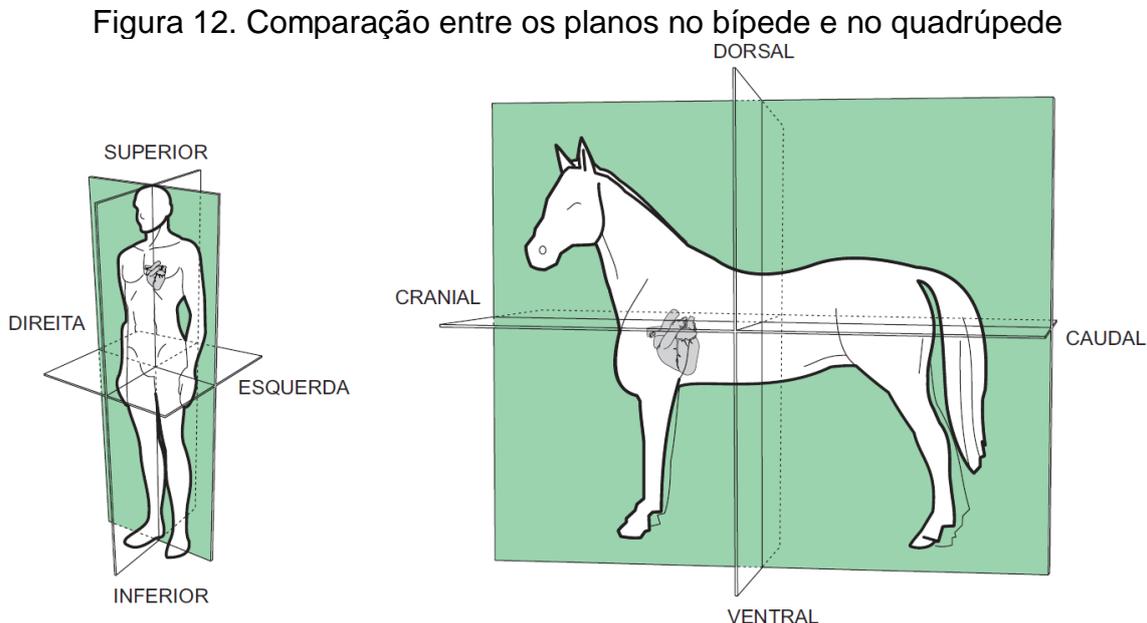


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

A ilustração mostra o plano frontal (destacado em verde) no homem e no cavalo, respectivamente

A proposta desta tese é que o plano frontal utilizado no eletrocardiograma dos equinos leve em consideração a posição do coração dentro do tórax do

cavalo, e não o animal como um todo, conforme proposto na Figura 12, caracterizando o que ocorre à direita (cranial), à esquerda (caudal), na região superior (dorsal) e na região inferior (ventral), apenas do coração.

Assim, o conceito do triângulo de Einthoven continuará sendo aproveitado na medicina veterinária, utilizando as derivações da mesma maneira como foram originalmente descritas na medicina humana.

Desta forma, no decorrer deste estudo, o objetivo foi evidenciar o que ocorre nas regiões superior e inferior (dorsal e ventral, respectivamente, para os quadrúpedes) e também à direita e à esquerda (cranial e caudal, respectivamente, para os quadrúpedes) do coração e não do animal como um todo (Figura 13).

Figura 13. Relação anatômica entre o VD e VE e o triângulo virtual gerado pelo método Fré

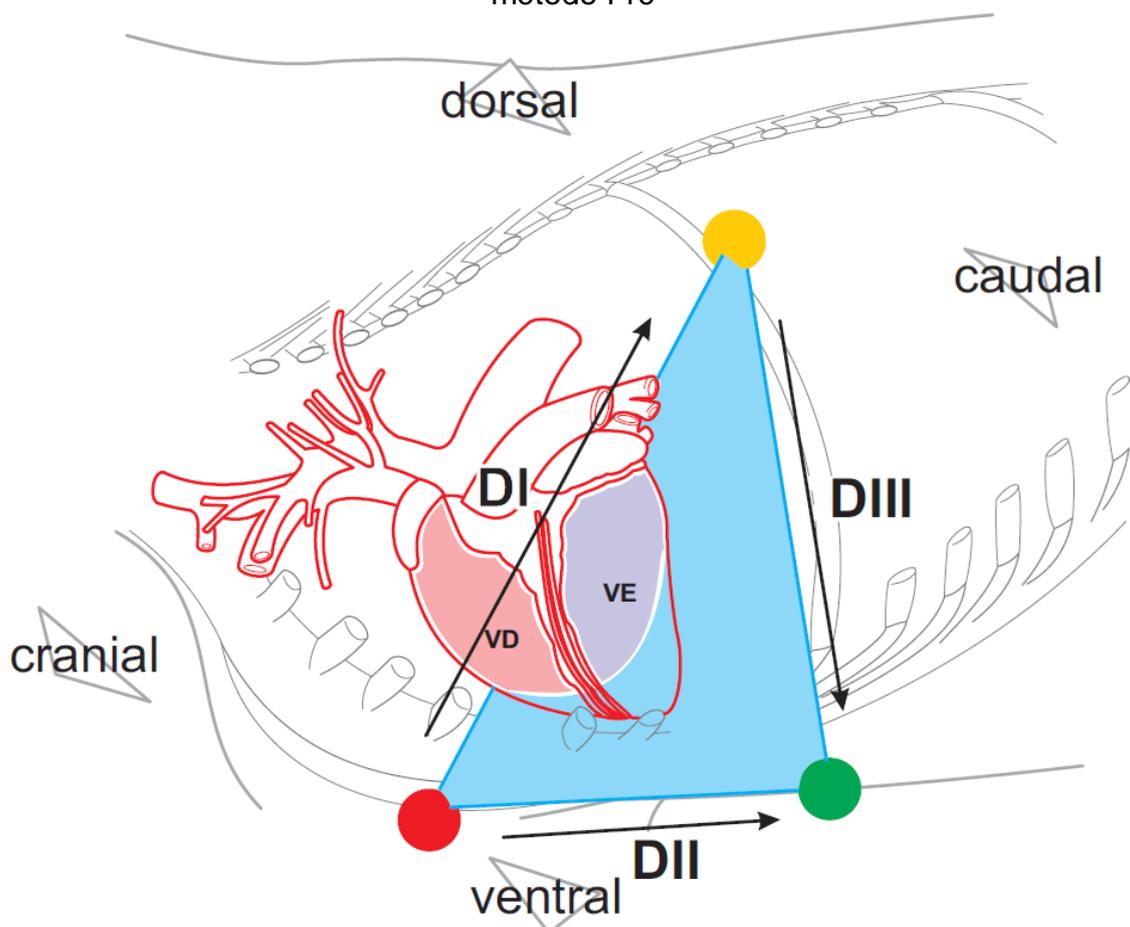


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

Para que o eletrocardiograma possa fornecer informações compatíveis com a anatomia e fisiologia equina, deve-se considerar as características do triângulo de Einthoven acima discriminadas.

Para embasar esta hipótese, foram analisadas as durações e amplitudes dos complexos QRS e demais variáveis eletrocardiográficas, de duas metodologias distintas, cujos parâmetros serão discutidos a seguir.

Antes de esmiuçar os resultados obtidos, é importante salientar que a depender da angulação que se tem em relação a um objeto, esse poderá ser visto com menor ou maior “largura” e “tamanho”, o que explica as diferenças encontradas nas durações e amplitudes em ambos os métodos estudados.

O primeiro resultado que chama a atenção (Tabela 2) foi a maior duração dos complexos QRS nas derivações à esquerda do plano frontal (DI e aVL) pela nova metodologia, quando comparado com o método de Dubois.

As durações dos complexos QRS do método Fré foram menores nas derivações inferiores do plano frontal (DII, DIII e aVF) quando comparados ao método de Dubois.

Não houve diferença estatística entre as durações dos complexos QRS na derivação aVR nas duas metodologias acima descritas.

Os dados obtidos pela nova metodologia proposta atenderam às expectativas da equipe de pesquisa. Uma vez que a despolarização ventricular sabidamente ocorre da direita para a esquerda e no sentido ventro-caudal, as derivações superiores esquerdas (DI e aVL) devem apresentar complexos QRS mais alargados que as derivações inferiores (DII, DIII e aVF).

Essa afirmação também é válida para o plano horizontal, onde as derivações que “enxergam” o VD de frente, rV2 e V2, mostraram menor duração no novo método (a menor duração é esperada quando o vetor eletrocardiográfico encontra-se mais perpendicular à derivação em questão), enquanto a derivação que melhor “enxerga” o sentido da despolarização ventricular dos equinos, que se faz no sentido ápice-base (V4), apresentou maior duração no método Fré, pois os vetores eletrocardiográficos estão caminhando paralelamente a esta derivação.

A diminuição da duração do QRS em V10 no método Fré mostrou-se menos expressiva quando comparada ao método Dubois, pois o vetor dessa derivação também está perpendicular ao real sentido da despolarização ventricular, assim como rV2 e V2.

O primeiro achado que corrobora a impropriedade do método Dubois foi a grande variação (65%) na duração do complexo QRS, observada na comparação entre as derivações dessa metodologia. Este dado revela que o posicionamento dos eletrodos não possibilita uma real representação da atividade elétrica cardíaca, pois é difícil justificar a presença de grande variação (73,3ms a 120,6ms) da duração do QRS em duas derivações do mesmo plano frontal, DI e DII, respectivamente.

Na nova metodologia proposta também foi encontrada uma variação entre a duração mínima do complexo QRS em V10 (88ms) e máxima em DIII (113ms), a qual apresentou pequena variação (29%), como normalmente ocorre na espécie humana.

Quando os valores das amplitudes dos complexos QRS nas derivações dos planos frontal e horizontal (Tabela 3) são analisados, encontram-se também achados muito significativos.

O padrão de voltagem dos complexos QRS nas derivações à esquerda do plano frontal (DI e aVL), no método Fré, apresentou-se semelhante ao padrão discutido anteriormente para a duração do QRS. Desta forma, houve também o aumento da amplitude dos complexos nessas mesmas derivações.

Assim, foi observado que, da mesma maneira que houve diminuição das durações dos complexos QRS nas derivações inferiores (DII, DIII e aVF) no método Fré, quando comparadas ao método de Dubois, houve também diminuição nas amplitudes dos complexos nas mesmas derivações pelo novo método proposto.

A proposta da nova metodologia se baseia na premissa de que o verdadeiro plano frontal deve representar a orientação direita e esquerda, bem como as regiões superior e inferior do coração da espécie estudada. Desta forma, deve-se ter uma DI que percorra o caminho elétrico do lado direito para

o lado esquerdo, gerando um complexo QRS de alta amplitude, capaz de representar o sentido da despolarização ventricular, como observado na nova metodologia aqui proposta (Figura 14).

Figura 14. Método Fré no plano frontal proposto para a espécie equina

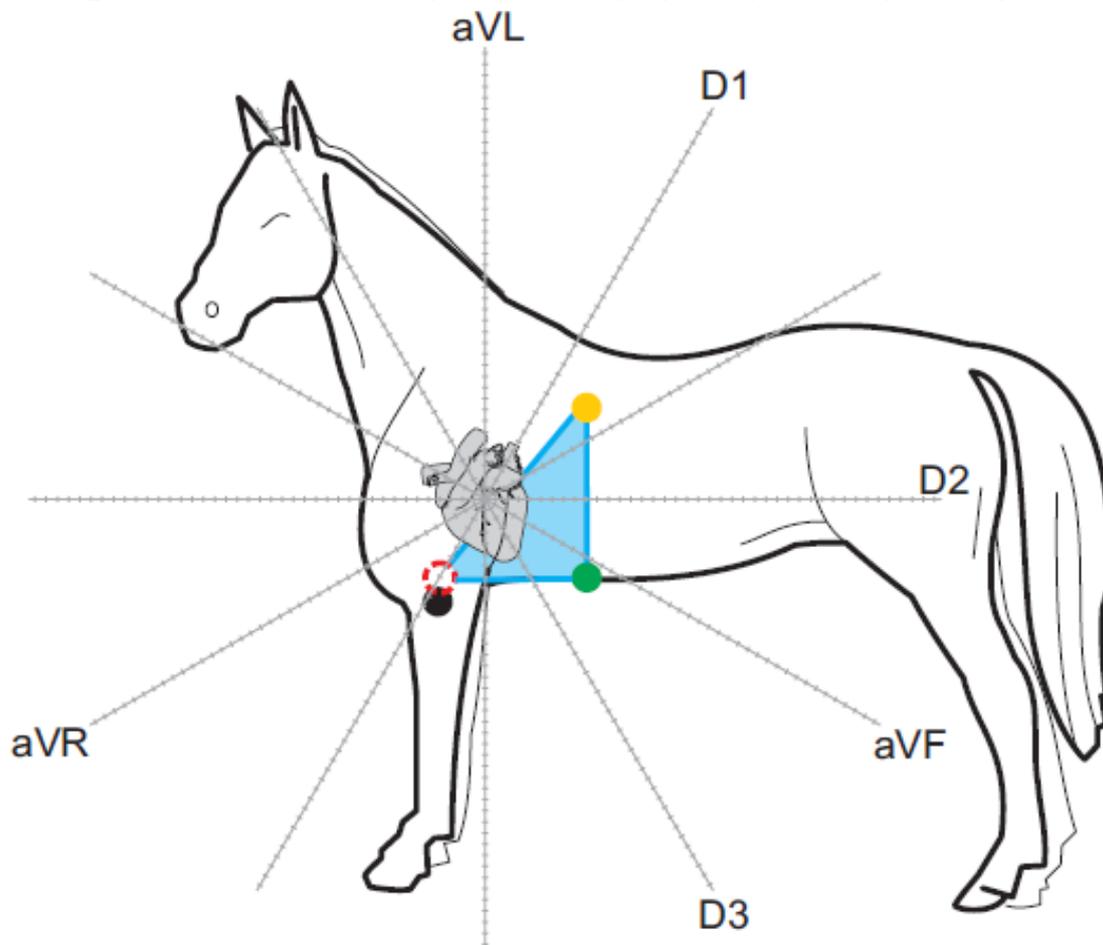


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

Figura representa os eixos do Método Fré já respeitando a nova posição do triângulo de Einthoven, proposta pelo referido método

No método Fré, o complexo QRS de DI apresentou uma amplitude até 5 vezes maior (1,52mV) do que a amplitude do QRS adquirida pelo método de Dubois (0,29mV), com $p < 0,0001$. Este segundo achado também corrobora a hipótese da impropriedade do método de Dubois, pois não é razoável uma representação eletrocardiográfica tão pífia do ventrículo esquerdo (0,29mV), considerando a massa média do VE mensurada, de 4.774g.

No plano horizontal, um mesmo padrão foi observado em ambas as metodologias. Houve um crescente aumento de rV2 até V4, com subsequente diminuição da amplitude de QRS na derivação V10, o que sugere uma sequência que se inicia no ventrículo direito e termina no ventrículo esquerdo.

Também foram observados complexos QRS negativos na derivação DII (conforme exemplo no Apêndice D), diferente do que ocorre na espécie humana e em outras espécies animais, como caninos e felinos. Essa característica eletrocardiográfica se manifesta por causa da bifurcação do Feixe de His que, na espécie equina, é mais apical que nas espécies acima mencionadas, fazendo com que a despolarização ocorra no sentido ápice-base (Ho; Ernst, 2012).

A partir dos dados eletrocardiográficos acima descritos, foi desenhada uma representação esquemática vetorial da ativação elétrica do coração para os dois métodos, com a finalidade de observar espacialmente a imagem vetorcardiográfica nos planos frontal e horizontal (Figura 15).

Figura 15. Esquema vetorial comparativo entre os métodos de Dubois e Fré nos planos frontal e horizontal

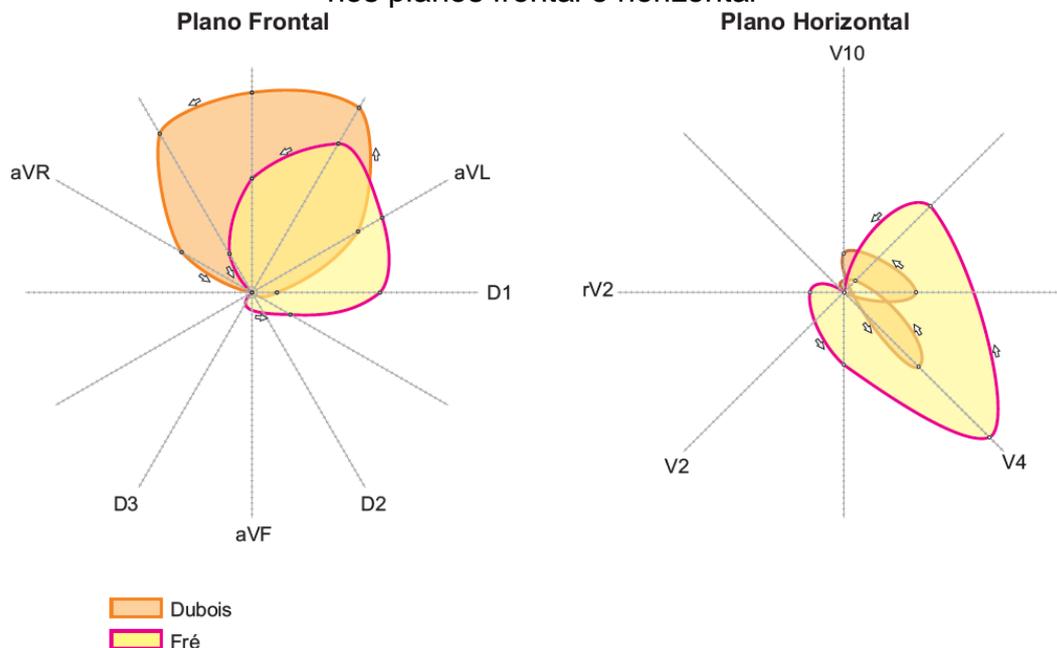


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

A ilustração mostra uma representação das alças vetorcardiográficas formadas através das duas metodologias de aquisição eletrocardiográfica, Dubois e Fré, obtidas através das amplitudes dos complexos QRS, conforme a legenda

A observação dessas alças vetorcardiográficas mostrou que os métodos foram capazes de demonstrar o caminho da ativação elétrica nesses planos, sendo que no método Fré as alças dos planos frontal e horizontal caracterizaram com maior precisão a real representação das derivações utilizadas.

No plano frontal, ambos os métodos mostram que a ativação inicial é para baixo (ventral) e para a esquerda (sentido anti-horário), como se espera nas espécies em que o ventrículo esquerdo é maior que o ventrículo direito. As diferenças começam a partir da representação da ativação das paredes livres, onde, pelo método de Dubois, a alça do QRS rapidamente dirige-se para cima, praticamente a -90° . Nessa situação, entende-se porque a voltagem dos complexos QRS, por esse método, são tão pequenas nas derivações DI e aVL. Pelo método Fré, a alça do QRS também se orienta para cima (em menor angulação: $-82,7 \pm 3,2$ versus $-42,5 \pm 11,7$, Dubois e Fré, respectivamente, sendo $p < 0,0001$), também se mantendo à esquerda, representando de maneira mais fidedigna as dimensões do ventrículo esquerdo.

Na Tabela 3 também foram verificados valores diferentes das voltagens nas derivações precordiais pelos dois métodos. Isto supostamente não deveria ocorrer, uma vez que os eletrodos precordiais permaneceram no mesmo local, tanto no método de Dubois como no Fré, que foram realizados sequencialmente.

A descrição das derivações precordiais na literatura mostra um emparelhamento entre um eletrodo explorador posicionado no precórdio e os eletrodos dos membros (membros torácicos direito e esquerdo e membro pélvico esquerdo). Fica, assim, demonstrado que a soma das diferenças de potencial de ação entre qualquer número de eletrodos e um ponto nodal, conectado a esses eletrodos de resistências iguais, deve ser zero, como consequência da primeira lei de Kirchhoff, central elétrica descrita por Wilson e colaboradores (1946).

Dessa maneira, se a derivação precordial seguir os conceitos acima descritos, ela será considerada praticamente como sendo unipolar. Como neste estudo houve uma modificação do local de posicionamento dos eletrodos

referentes aos membros (eletrodo vermelho e amarelo, negativo e positivo, respectivamente), o ponto central também foi deslocado, fazendo com que as derivações precordiais tenham valores diferentes de um método para outro.

Em relação ao objetivo secundário, estão dispostos nas Tabelas 2, 3 e 4 os novos parâmetros eletrocardiográficos, baseados na nova disposição de eletrodos aqui proposta, que podem ser utilizados como valores de referência para a espécie equina, em especial para a raça Puro Sangue Inglês. Mais uma vez, entende-se que as diferenças significativas encontradas na duração da onda P e nas amplitudes da onda P, do segmento ST, da onda T, bem como do eixo elétrico cardíaco, traduzem um registro mais fiel da fisiologia elétrica do sistema de condução cardíaco equino obtido pelo método Fré. O fato de ter-se aqui comprovado que esses valores são significativamente diferentes, em comparação aos obtidos pelo método de Dubois, reflete as distorções produzidas por ele, em virtude do posicionamento inadequado dos eletrodos.

Sobre o eixo elétrico cardíaco, foi constatado em ambos os métodos estudados, um posicionamento superior esquerdo (quarto quadrante). Esse posicionamento do eixo é explicado pela anatomia do feixe de His e das fibras de Purkinje (Figura 16), característica dos animais ungulados (Ho; Ernst, 2012).

Figura 16. Sistema elétrico cardíaco dos equinos

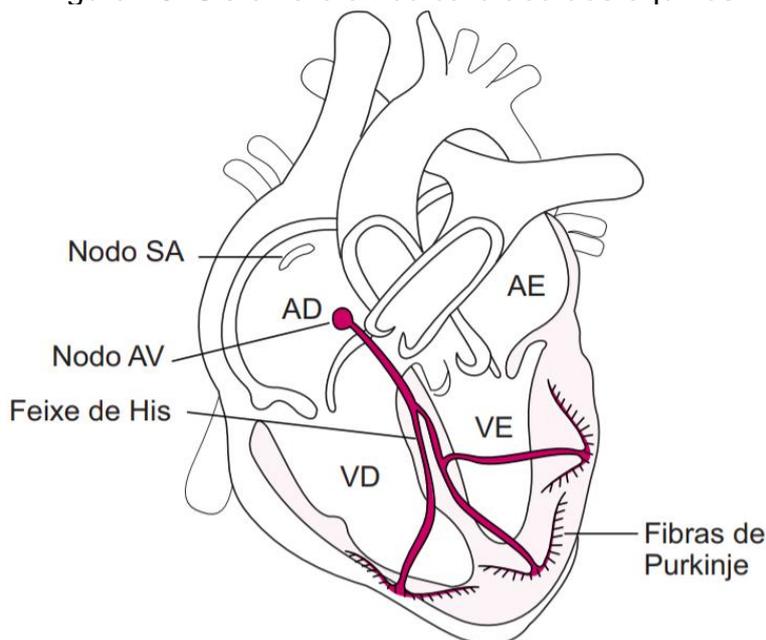


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

Nos eletrocardiogramas obtidos pelo método de Dubois, a média do eixo cardíaco foi de aproximadamente -83° , tendendo à verticalização, não diferindo dos resultados recentemente publicados por nosso grupo (Costa et al., 2017). Já pelo método Fré, o eixo elétrico mostrou uma média de $-42,5^\circ$, estando voltado também para cima, porém mais para a esquerda, apontado para aVL (como observado na Figura 17). A derivação aVL, que melhor “enxerga” o VE, apresentou a maior amplitude ($1,80 \times 1,46\text{mV}$, $p < 0,0001$, Fré x Dubois, respectivamente), em concordância com o fato de haver um predomínio do ventrículo esquerdo sobre o direito. A alça vetorcardiográfica gerada pela distribuição dos eletrodos no plano frontal reforça essa posição superior e esquerda.

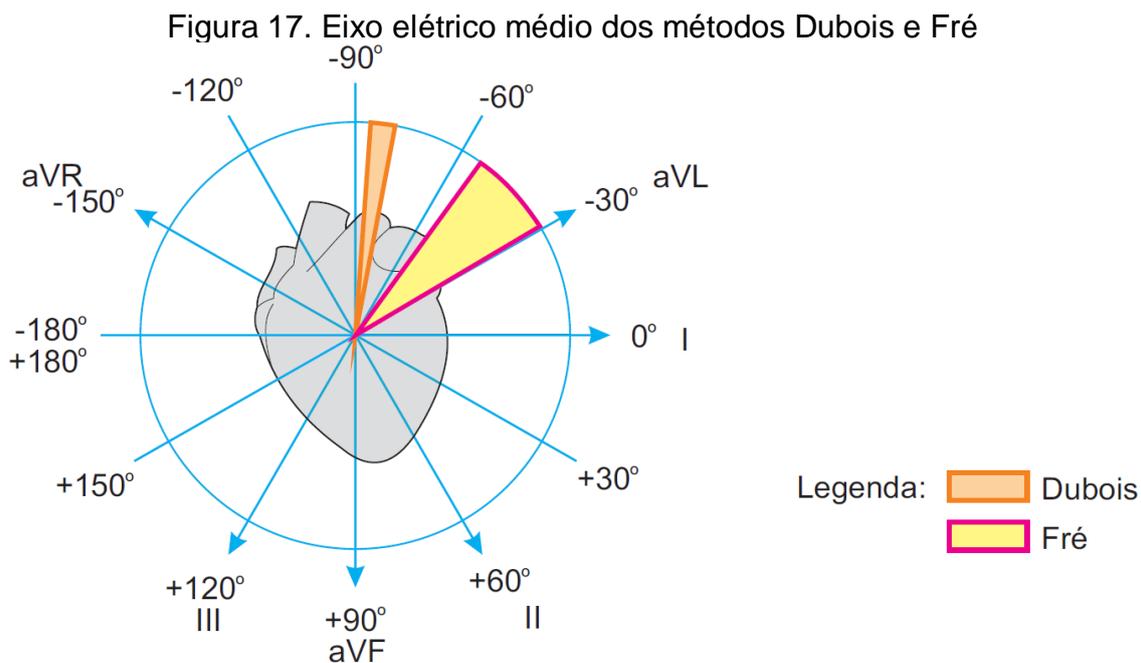


Ilustração feita por Paulo Seabra da Costa, 2017.

A ilustração mostra o eixo elétrico médio das duas metodologias de aquisição eletrocardiográfica, Dubois e Fré, conforme a legenda

Conforme descrito no início desta tese, os equinos saudáveis apresentam alta incidência (25% a 30%) de arritmias fisiológicas, em comparação a outras espécies de animais domésticos. Desta forma, foi proposto o estudo desses eventos através do Holter, incluindo uma nova ferramenta de análise do substrato das arritmias, que é a microalternância da onda T (TWA). Esta nada

mais é do que a flutuação na amplitude ou na morfologia da onda T que se altera a cada batimento analisado e que é capaz de prever eventos ventriculares malignos (Pastore et al., 2016).

Nesta proposta, algumas dificuldades técnicas foram encontradas para a apropriada colocação do sistema de eletrodos nos animais e na manutenção do aparelho conectado ao cavalo pelo número adequado de horas.

Foram realizados adequadamente apenas quatro exames do grupo de equinos estudados, o que limitou as conclusões. De qualquer maneira, foram observadas medidas normais do TWA em comparação com os parâmetros obtidos em humanos saudáveis.

O desafio foi grande, pois foi necessária a criação de um sistema especial para manter o equipamento conectado ao animal e, mesmo não obtendo valores definitivos para indivíduos normais da espécie equina, acredita-se ter sido criado um novo protocolo para o futuro. Essa proposta vem de encontro ao alto grau de dificuldade que os clínicos veterinários de equinos se deparam para fechar diagnósticos mais precisos, principalmente quando os animais apresentam manifestações clínicas pouco expressivas como a queda de *performance*, por exemplo.

Novamente, é salientado que as doenças cardiovasculares são a terceira causa de diminuição de rendimento esportivo, são motivo de aposentadoria precoce de muitos atletas e também são responsáveis por inúmeros casos de morte súbita. Desta forma, é imprescindível que os cavalos atletas sejam submetidos a avaliações cardiovasculares mais abrangentes, realizando exames preventivos e diagnósticos como o eletrocardiograma e o Holter.

Pastore e colaboradores pontuaram em 2016 que cada vez mais os atletas ganham espaço de destaque nas pesquisas científicas e faz-se necessário, portanto, o entendimento do “ECG de atleta”, capaz de nos mostrar as alterações eletrocardiográficas resultantes dos treinamentos de alta intensidade, sem que alterações anatômicas e/ou estruturais concomitantes ocorram, como acontece no “coração de atleta”. O mesmo pensamento pode e deve ser extrapolado para a cardiologia equina.

Reitera-se que qualquer método de aquisição eletrocardiográfica deve ser capaz de identificar o ritmo, a frequência cardíaca e a presença ou ausência de arritmias, o que pôde ser confirmado, conforme apresentado na Tabela 4, onde não há diferença estatística nas variáveis agora mencionadas. Também não foi observada diferença estatística nas variáveis que são diretamente relacionadas com a FC, como os intervalos QT e QTc. Entretanto, para que os demais parâmetros (pouco utilizados pelos veterinários) tenham utilidade na prática clínica, a forma de obtenção do sinal elétrico não pode ser baseada em metodologias com erros conceituais anatômicos.

A reprodução deste experimento em outras raças de equinos faz-se necessária, uma vez que diversos fatores individuais e raciais podem alterar as medidas eletrocardiográficas, que sabidamente se relacionam com o peso do animal, com a massa cardíaca, a condutividade dos tecidos localizados entre o coração e os eletrodos, a conformação torácica, a utilização do equino (atleta ou sedentário), entre outras variáveis.

Essa nova metodologia introduz algumas correções na avaliação da atividade elétrica do coração dos equinos e também deverá estimular novos estudos sobre o tema desenvolvido para outras espécies de animais domésticos quadrúpedes, como cães e gatos, por exemplo.

6. CONCLUSÃO

O novo posicionamento eletrocardiográfico proposto neste estudo mostrou ser mais adequado e representativo da atividade elétrica cardíaca, quando comparado a outro sistema de distribuição de eletrodos, utilizado nos animais da espécie equina.

As medidas de duração e amplitude de todas as ondas, complexos e intervalos do eletrocardiograma obtidos pelo método Fré deste trabalho poderão ser usadas como referência de valores normais para a espécie equina.

6.1 Limitações do estudo

Uma das limitações deste estudo foi o número de animais usados para este projeto ($n = 22$). Porém, apesar de não ser um número muito expressivo, os dados aqui apresentados estão de acordo com a anatomia e eletrofisiologia da espécie equina.

Outro fator a ser considerado é que foram estudados apenas os cavalos da raça Puro Sangue Inglês, por motivos já descritos na metodologia. É imprescindível que seja feita a reprodução deste experimento com equinos de outras raças brasileiras e de fora do país, para melhor entendimento dos fenômenos elétricos cardíacos dessa espécie.

Conforme observado nos resultados, um dos animais do projeto foi diagnosticado com Fibrilação Atrial através do eletrocardiograma. Apesar de ter sido feito o Holter desse cavalo, os dados do mesmo não foram incluídos na análise deste exame, pois não foi possível aferir o TWA devido à arritmia mencionada. Ainda assim, optou-se por mantê-lo no experimento, pois o ecocardiograma desse cavalo não mostrou nenhuma alteração anatômica e/ou funcional que compromettesse nossa pesquisa.

O Holter, por sua vez, foi o exame que trouxe maior grau de dificuldade em sua aquisição. Algumas das limitações encontradas neste projeto incluem a

adesão do tutor/treinador na autorização do exame (animais com tricotomia obrigatoriamente passam por exame *anti-dopping* logo após as corridas), tricotomia inadequada (interferência na linha de base do traçado eletrocardiográfico por longo período), sudorese excessiva dos animais (com subsequente soltura dos eletrodos), retirada dos eletrodos (pelo próprio animal ao se deitar ou espojar-se) e a ausência da manta protetora em alguns exames (capaz de assegurar um exame mais adequado).

6.2 Conflitos de interesse

Não há conflitos de interesse relacionados à autora desta tese.

7. REFERÊNCIAS

Ayala I, Gutierrez-Panizo C, Benedito JL, Prieto F, Montes A. Morphology and amplitude values of the electrocardiogram of Spanish-bred horses of different ages in the Dubois leads system. *Vet. Res.* 2000;31:347-54.

Ayala I, Montes AM, Palacio MJF, Gutierrez-Panizo C. Aportaciones al estudio electrocardiográfico del caballo. *An. Vet.* 1994;9-10:25-35.

Belgrave JOS. A case of atrial fibrillation with congestive heart failure. *Equine Veterinary Education*, 1990;2(1):2-4.

Bello CAO, Dumont CBS, Souza TC, Palma JM, Lima EMM, Godoy RF, Neto GBP, Meryonne M. Avaliação eletrocardiográfica de equinos após exercício de polo (baixo *handicap*). *Pesq. Vet. Bras.*, 2012;32(1):47-52.

Brasil. Leis etc. Lei n.11.794 de 8 de outubro de 2008. Estabelece procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei n.6.638 de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11794.htm.

Costa CF, Samesima N, Pastore CA. Cardiac mean electrical axis in Thoroughbreds – Standardization by the Dubois lead positioning system. *Plos One*, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169619>.

Deem DA, Fregin GF. Atrial fibrillation in horses: A review of 106 clinical cases, with consideration of prevalence, clinical signs and prognosis. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 1982;180:261-65.

Diniz MP, Muzzi RAL, Muzzi LAL, Alves GES. Estudo eletrocardiográfico de equinos da raça Mangalarga Marchador. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 2008;60(3):536-42.

ETTINGER, S. J.; FELDMAN, E. C. *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. Saint Louis: Elsevier; 2005.

Fernandes WR, Larsson MHMA, Alves ALG, Fantoni DT, Belli CB. Características eletrocardiográficas em equinos clinicamente normais da raça Puro Sangue Inglês. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 2004;56(2):143-49.

Ho SY, Ernst S. *Anatomy for cardiac electrophysiologists: a practical handbook*. Minneapolis: Cardiotext Publishing; 2012.

Hodgson D, McGowan C, McKeever K. *The Athletic Horse: principles and practice of equine sports medicine - 2nd ed*. Saint Louis: Saunders; 2013.

Marr CM, Bowen M. *Cardiology of the Horse – 2nd ed*. [S.I.]: Saunders Elsevier; 2010.

Melchert A, Laposy CB, Guasi VHB, Valle HFD, Santos GC. Eletrocardiografia computadorizada em cavalos Puro Sangue Lusitano submetidos a exercício físico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 2012;64(3):547-54.

Palma JM, Caniello NT, Souza, TC, Bello CAO, Dumont CBS, Lima EMM. Avaliação eletrocardiográfica em potros Quarto de Milha de diferentes idades. *Biosci. J.*, 2013;29(1):174-78.

Pastore CA, Pinho JA, Samesima N, Pereira-Filho HG, Kruse JCL, Paixão A, Pérez-Riera AR, Ribeiro AL, Oliveira CAR, Gomes CIG, Kaiser E, Galvão F, Darrieux FCC, França FFAC, Feitosa-Filho G, Germiniani H, Aziz JL, Leal MG, Molina M, Oliveira NMT, Oliveira PA, Sanches PCR, Almeida RM, Barbosa R, Teixeira RA, Douglas RAG, Gundim RS, Atanes SM. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2016;106;(4;1).

Patteson M. *Equine Cardiology*. Cambridge: Wiley-Blackwell; 1996.

Physic-Sheard PW. Diseases of the cardiovascular system. In: Colahan PT *et al*. *Equine Medicine and Surgery – 4th ed*. Goleta: American Veterinary Publications, Inc. 1991. p.187-14.

Robertson SA. Electrocardiography for the equine practitioner. *Vet. Annual.*, 1992;32:192-00.

Tilley LP. *Essentials of canine and feline electrocardiography: interpretation and treatment – 3rd ed*. Malvern: Lea & Febiger; 1992.

Wilson FN, Johnston FD, Rosenbaum FF, Barker PS. On Einthoven's triangle, the theory of unipolar electrocardiographic leads, and the interpretation of the precordial electrocardiogram. *American Heart Journal*, 1946;32(3):277-10.

Apêndice A Aprovação pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq)



APROVAÇÃO

O **Coordenador da CEUA** do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em **05.07.2013**, **APROVOU *ad-referendum*** o Protocolo de Pesquisa nº **255/13** intitulado: **"Novo escore eletrocardiográfico para cavalos de corrida prediz melhor aptidão cardiovascular " que utilizará 300 cavalos**, apresentado pela **Comissão Científica do INCOR**.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, o relatório final sobre a pesquisa, (Lei Procedimentos para o Uso Científico de Animais - Lei No 11.794 -8 de outubro de 2008).

Pesquisador (a) Responsável: Carlos Alberto Pastore

Pesquisador (a) Executante: Cássia Fré da Costa

CEP-FMUSP, 05 de Julho de 2013.

Dr. Eduardo Pompeu
Coordenador
Comissão de Ética no Uso de Animais

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
Av. Dr. Arnaldo, 455 – Instituto Oscar Freire 2º andar CEP 01246903 – Fone : 3061-8004
mail: cep.fm@usp.br

COMISSÃO CIENTÍFICA
RECEBIDO
05/07/12

Apêndice B Alteração do projeto e prorrogação do prazo de encerramento pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq)



A CEUA da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em 02.06.17, **APROVOU** o documento abaixo mencionado para o protocolo de pesquisa nº 255/13 intitulado “**Novo escore eletrocardiográfico para cavalos de corrida prediz melhor aptidão cardiovascular**” apresentado pela Comissão Científica do InCor.

- Alteração do título para: “**Aquisição eletrocardiográfica em equinos – definindo uma nova e mais adequada metodologia para a espécie**”
- Prorrogação do prazo de encerramento até **agosto de 2017**.

Pesquisador Responsável: **Carlos Alberto Pastore**

CEUA-FMUSP, 02 de Junho de 2017



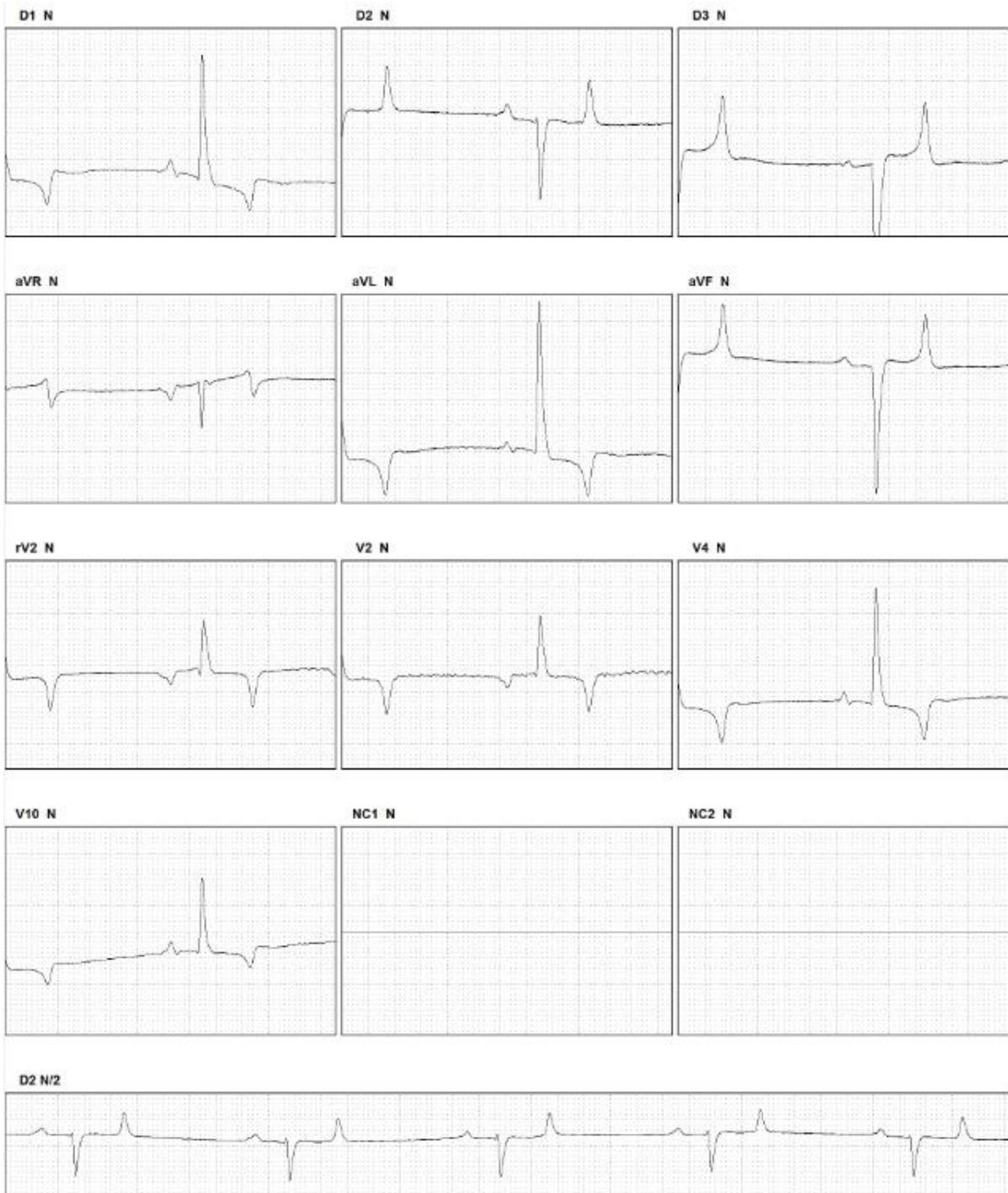
Dr. Eduardo Pompeu
Coordenador
Comissão de Ética no Uso de Animais

Apêndice C Valores ecocardiográficos dos animais estudados

Nº cavalo	Ao	AE	AE/Ao	DVDd	SIVd	DVEd	PLd	SIVs	DVEs	PLs	FEj	FE	MVE	ER
1	7,12	10,53	1,48	1,85	3,96	10,55	3,69	5,80	5,54	4,75	76	48	5,035	0,70
2	6,07	10,89	1,79	2,90	3,96	10,81	3,43	4,75	6,86	3,96	64	37	4,341	0,63
3	6,54	9,37	1,43	1,56	3,58	11,06	2,80	5,14	6,70	3,58	67	39	4,101	0,51
4	6,07	9,54	1,57	3,43	3,43	10,29	3,43	5,01	5,54	3,69	75	46	4,096	0,67
5	7,39	11,30	1,53	5,28	4,48	6,86	3,69	5,54	5,54	4,22	39	19	3,185	1,08
6	7,48	10,85	1,45	5,45	4,05	10,12	3,58	4,98	6,54	4,05	62	35	4,730	0,71
7	8,70	10,58	1,22	5,01	3,43	10,55	3,69	5,04	6,86	3,96	62	35	4,505	0,70
8	8,18	11,50	1,41	4,48	3,96	10,55	3,43	5,54	6,86	4,75	62	35	4,766	0,65
9	7,63	10,46	1,37	3,58	4,52	9,97	2,96	5,76	5,45	4,36	74	45	4,478	0,59
10	6,54	8,52	1,30	2,18	3,27	11,99	2,80	4,98	7,01	4,05	69	42	4,327	0,47
11	8,10	10,32	1,27	2,96	4,36	10,75	3,12	6,54	6,23	3,58	70	72	4,990	0,58
12	8,88	10,29	1,16	1,71	3,27	12,77	2,34	4,36	8,72	4,21	57	32	4,277	0,58
13	6,54	9,34	1,43	4,21	3,74	9,81	2,65	5,76	5,30	4,21	75	46	3,424	0,54
14	7,39	9,98	1,35	2,90	3,17	10,81	2,90	4,48	7,12	4,48	60	34	3,674	0,54
15	6,54	11,15	1,70	2,90	3,96	11,08	3,96	5,54	7,12	6,07	62	36	5,696	0,71
16	8,18	10,93	1,34	2,64	3,43	12,92	2,90	4,75	7,39	3,96	71	43	5,165	0,45
17	7,65	10,92	1,43	3,17	3,43	11,87	2,90	7,12	6,07	3,96	77	49	4,517	0,49
18	6,33	9,49	1,50	3,96	3,69	10,55	3,17	5,01	6,07	3,43	71	43	4,252	0,60
19	7,12	9,42	1,32	2,64	4,22	12,13	4,48	5,80	7,39	5,01	67	39	7,538	0,74
20	7,91	8,95	1,13	2,96	3,27	9,35	3,74	5,45	4,52	4,67	81	52	3,687	0,80
21	7,12	9,46	1,33	2,90	4,22	10,02	4,75	5,01	7,91	4,22	41	21	6,063	0,95
22	7,94	12,34	1,55	2,90	3,96	13,45	3,96	5,80	8,44	6,07	64	37	7,597	0,59
MEDIA	7,3	10,3	1,4	3,3	3,8	10,8	3,4	5,4	6,6	4,3	65,7	40,2	4,774,7	0,6

* Ao = diâmetro da aorta em cm; AE = diâmetro do átrio esquerdo em cm; AE/AO = relação entre aorta e átrio esquerdo; DVDd = diâmetro interno do ventrículo direito na diástole em cm; SIVd = diâmetro do septo interventricular na diástole em cm; DVEd = diâmetro interno do ventrículo esquerdo na diástole em cm; PLd = diâmetro da parede livre do ventrículo esquerdo na diástole em cm; SIVs = diâmetro do septo interventricular na sístole em cm; DVEs = diâmetro interno do ventrículo esquerdo na sístole em cm; PLs = diâmetro da parede livre do ventrículo esquerdo na sístole em cm; FEj = fração de ejeção em porcentagem; FE = fração de encurtamento em porcentagem; MVE = massa do ventrículo esquerdo em gramas; ER = espessura relativa.

Apêndice D Exemplo de traçado eletrocardiográfico obtido pelo método Fré



25 mm/s Filtros: Rede MUSC
170418161158LOCAL001 - 3 - 140302001 - V2.02