

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AGROPECUÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**TOMAS OTTONI BARROSO DA SILVA**

**VIDEOTERMOMETRIA DE CAMPO ABERTO PARA AVALIAÇÃO DA ISQUEMIA  
CARDÍACA EM COELHOS**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2016**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**

**TOMAS OTTONI BARROSO DA SILVA**

**VIDEOTERMOMETRIA DE CAMPO ABERTO PARA AVALIAÇÃO DA ISQUEMIA  
CARDÍACA EM COELHOS**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, na área de concentração de Sanidade Animal.

**Orientador: Prof. Dr. André Lacerda de Abreu Oliveira**

**Coorientadora: Dra. Daniela Fantini Vale**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2016**

**TOMAS OTTONI BARROSO DA SILVA**

**VIDEOTERMOMETRIA DE CAMPO ABERTO PARA AVALIAÇÃO DA ISQUEMIA  
CARDÍACA EM COELHOS**

**Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, na área de concentração de Sanidade Animal.**

Aprovada em 31 de Maio de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Itabajara da Silva Vaz Junior - UFRGS

---

Por. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Antunes - UENF

---

Dr<sup>a</sup>. Daniela Fantini Vale - UENF  
(Coorientadora)

---

Prof. Dr. André Lacerda de Abreu Oliveira - UENF  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, por todo suporte e apoio durante essa etapa de minha vida, contribuindo de forma fundamental em meu percurso e crescimento profissional. Amor incondicional!

A Nina Quintanilha Costa pelo companheirismo, sempre;

Ao professor André Lacerda de Abreu Oliveira pela orientação e ensinamentos, difundindo com excelência e entusiasmo, toda a sua paixão e vasto conhecimento pela cirurgia cardiotorácica;

A professora Fernanda Antunes pelos ensinamentos, pela paciência, disposição e dedicação, por muitas vezes me norteando, não somente durante a elaboração da pesquisa, mas em minha trajetória nos 2 anos de curso.

A querida Daniela Fantini Vale pela coorientação e grande auxílio durante a elaboração da pesquisa, sendo uma profissional que muito admiro.

Aos meus queridos amigos Leonardo Waldstein de Moura Vidal e Matheus Roberto da Mota Costa, pelos incontáveis momentos agradáveis e numerosas conversas sobre os mais diversos temas. Não poderia jamais esquecer de mencionar as maravilhosas aulas de estatística e todo o nosso desespero na busca pela aprovação. Vocês foram fundamentais na conclusão deste trabalho e espero manter a nossa amizade eternamente!

Aos colegas de trabalho Guilherme Monteiro, Guilherme Vieira, Saulo José Quina, Jussara Peters Scheffer, Sílvia Marcela Ruiz, Paula Cabral e Hércules Lucio Gomes, que também contribuíram para a elaboração deste trabalho.

## RESUMO

A obtenção da imagem térmica tem sido considerada um método de alta aplicabilidade na medicina clínica, sendo utilizada principalmente no auxílio diagnóstico de doenças dermatológicas e oncológicas. Alguns estudos apontam a utilidade do método no auxílio ao tratamento cirúrgico de cardiopatias adquiridas e congênitas. Na medicina veterinária, o método é mais utilizado no diagnóstico de dermatite digital e lesões de casco, em bovinos e na injúria de tendão, em equinos. O estudo da termometria relacionada à isquemia cardíaca, na medicina veterinária, carece de trabalhos. Foram utilizados 20 coelhos fêmeas, os quais foram divididos em dois grupos, tratado e sham, submetidos, respectivamente a 5 minutos de parada circulatória e posterior reperfusão, utilizando-se a técnica de *inflow occlusion*, e 5 minutos de parada ventilatória e posterior ventilação. De forma inédita, durante todo o experimento os animais foram monitorizados pela videotermometria de campo aberto em tempo real, acompanhando as variações térmicas do tecido miocárdico. Não se usou nenhum tipo de dispositivo para manter a normotermia dos coelhos. Foram realizados exames hemogasométricos e avaliações das concentrações de lactato em diferentes momentos durante a pesquisa. No grupo dos animais tratados, observou-se a redução da temperatura do tecido miocárdico durante a parada circulatória total, em comparação com o mesmo momento do grupo sham, mostrando uma área de menor temperatura na região próxima ao óstio da veia cava caudal e átrio direito. No grupo tratado, durante o período de 5 minutos de parada circulatória e posterior reperfusão, observou-se o aumento das concentrações de lactato, da PaCO<sub>2</sub> e uma redução do pH, caracterizando uma acidose respiratória. Não houve variação significativa das concentrações de bicarbonato. Com as alterações observadas é possível afirmar que a videotermometria de campo aberto em tempo real foi eficiente em identificar a variação de temperatura do tecido miocárdio, porém, em coração de coelho, se tornou inviável o estudo termo angiográfico das coronárias, devido ao reduzido tamanho das estruturas.

Palavras-chave: Temperatura; cirurgia torácica; termometria; coração

## ABSTRACT

Obtaining the thermal image has been considered a method of high applicability in clinical medicine, used mainly for the diagnosis of dermatologic and oncologic disease. Some studies suggest the usefulness of the method to aid in the surgical treatment of acquired and congenital heart disease. In veterinary medicine, the method is most used to aid in the diagnosis of digital dermatitis and hoof lesions in cattle and tendon injury in horses. To the author's knowledge there are no known studies in veterinary medicine regarding the use of thermometry in cardiac ischemia. Using 20 female rabbits, which were divided into two groups, one treatment group and one sham group. The treatment group underwent 5 minutes of cardiac arrest and reperfusion, using the inflow occlusion technique. The sham group underwent 5 minutes of ventilatory arrest and ventilatory return. Throughout the experiment, in an unprecedented manner, the animals were monitored by open field videothermometry in real time, observing the thermal variations of the myocardial tissue. This study did not utilize any type of device to keep the normothermia of the rabbits. During the research, at different times, blood gas tests and tests to evaluate the lactate concentrations were performed. In the treated group there was a reduction in temperature of the myocardial tissue during the circulatory arrest comparing to the sham group at the same moment. Also, was possible to observe a colder area next to caudal vena cava ostium and the right atrium. Regarding the treated group there was also an increase in lactate and PaCO<sub>2</sub> levels besides pH reduction, featuring a respiratory acidosis. The bicarbonate levels were maintained without significant variation. Based on the results observed, it is fair to say that open field videothermometry in real time was efficient in identifying the range of myocardial tissue temperature. Yet, in regards to the angraphic coronary thermography, the study proved unfeasible due to the small size of the coronary.

Keywords: Temperature; toracic surgery; termometry; heart.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Espectro eletromagnético e luz visível.	13
Figura 2	Animal anestesiado, preparado para toracotomia. Unidade de Experimentação Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2015.	21
Figura 3	Dissecção dos planos anatômicos até o acesso a cavidade torácica. UEA/UENF, 2015.	22
Figura 4	Parada circulatória cardíaca instituída com o auxílio das pinças. Oclusão da veia cava cranial (A), ázigos (B) e veia cava Caudal (C), vide setas. UEA/UENF, 2015.	23
Figura 5	Estação M.A.R.T. Equipamento de videotermometria.	24
Figura 6	Variação de temperatura do tecido miocárdico, com a isoterma azul evidenciando a variação de calor no interior do coração. (A), (B), (C), (D), (E), (F). Veia cava caudal, átrio direito e ventrículo direito, respectivamente, 1, 2, 3. Barra indicadora de temperatura ao lado direito. UEA/UENF, 2015.	26
Figura 7	Média das temperaturas da veia cava caudal, nos diferentes momentos do experimento. Redução da temperatura no momento M5 do grupo tratado em comparação com o grupo sham.	27
Figura 8	Média das temperaturas do átrio direito, nos diferentes momentos do experimento. Redução da temperatura no momento M5 do grupo tratado em comparação com o grupo sham.	27
Figura 9	Média das temperaturas do ventrículo direito, nos diferentes momentos do experimento. Redução da temperatura no momento M5 do grupo tratado em comparação com o grupo sham.	28
Figura 10	Grupo sham no período de parada ventilatória (A); grupo tratado no período de isquemia cardíaca (B). Observar nas respectivas barras de temperatura, as variações de calor do tecido miocárdico.	28

Em (A) foi utilizado uma isoterma verde e nota-se a temperatura entre 36,9°C e 39°C, e em (B) foi utilizado uma isoterma azul, nota-se uma temperatura entre 32,8°C e 34,5°C. 1 e 2 indicam a localização do coração. UEA/UENF, 2015.

- Figura 11 Grupo tratado. Imagem obtida no momento M0 (A). Notar a isoterma azul, indicando uma temperatura entre 35,1°C e 36,4°C (1). Imagem obtida no momento M5 (B). Notar a ausência da isoterma azul e a presença de coloração que indica uma temperatura entre 31,1°C e 32,8°C (2). UEA/UENF, 2015. 29
- Figura 12 Acidemia apresentada pelos coelhos do grupo tratado e do grupo sham. 30
- Figura 13 Aumento da PaCO<sub>2</sub> durante a isquemia/reperfusão (grupo tratado) e durante a parada ventilatória/retorno da ventilação (grupo sham). 30
- Figura 14 Aumento da concentração de bicarbonato no grupo sham, em relação ao grupo tratado. 31
- Figura 15 Aumento da concentração de lactato no grupo tratado, em relação ao grupo sham. 31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

pH	Potencial Hidrogeniônico
PaCO <sub>2</sub>	Pressão Parcial de Gás Carbônico
HCO <sub>3</sub>	Bicarbonato
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
BE	Excesso de Bases
M 0	Momento 0
M 5	Momento 5
M 10	Momento 10
M.A.R.T.	Metabolic Activity Real Time

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA</b>	12
2.1- TERMOMETRIA INFRAVERMELHA	12
2.2 - ISQUEMIA MIOCÁRDICA	16
2.3 - TÉCNICA DE <i>INFLOW OCCLUSION</i>	17
2.4 - MODELO EXPERIMENTAL	19
<b>3 - MATERIAL E MÉTODO</b>	19
3.1 - ANIMAIS DE EXPERIMENTAÇÃO	19
3.2 - METODOLOGIA	20
<b>3.2.1 - Protocolo anestésico</b>	20
<b>3.2.2 - Protocolo cirúrgico</b>	21
<b>3.2.3 - Morte induzida sem dor</b>	25
3.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	25
<b>4 - RESULTADOS</b>	26
<b>5 - DISCUSSÃO</b>	32
<b>6 - CONCLUSÃO</b>	35
<b>REFERÊNCIAS</b>	36

## 1 INTRODUÇÃO

O interesse por um novo método capaz de diagnosticar de forma precoce a presença de isquemia miocárdica, principalmente durante o tratamento cirúrgico de cardiopatias adquiridas e congênitas, vem assumindo destaque na medicina veterinária.

Atualmente, os principais métodos disponíveis para avaliar a presença de isquemia miocárdica nos animais de companhia, no período transoperatório de cirurgias cardíacas, são a eletrocardiografia contínua (MARTINS et al., 2009) e a ecocardiografia transesofágica (KLEIN et al., 2009), sendo esperadas alterações eletrocardiográficas e redução dos índices sistólicos, em resposta a um processo isquêmico estabelecido (MARTINS et al., 2009; CAVALCANTI et al., 2012).

A possibilidade da detecção precoce das áreas de isquemia cardíaca, torna a videotermometria de campo aberto em tempo real uma ferramenta promissora, podendo favorecer o prognóstico dos animais submetidos à cirurgia cardíaca, uma vez que a identificação dessas lesões pelo método, ocorre antes das alterações eletrocardiográficas ou da redução dos índices sistólicos. Na medicina, é utilizada a termometria com essa mesma finalidade, como por exemplo, para as detecções da obstrução coronariana transoperatória (VAN SON et al., 1997) e da doença cardiovascular aterosclerótica, antes mesmo do desenvolvimento dos sinais clínicos de inflamação e do infarto agudo do miocárdio (YU et al., 2011). Na medicina veterinária, em animais de produção, a termometria tem ampla utilização para detectar a variação de temperatura, indicando a presença de um processo inflamatório local. Porém, não são encontrados dados na literatura a respeito do uso da termometria, no transoperatório de cirurgias cardíacas.

Dessa forma, este trabalho colabora, de forma inédita, com o estudo da isquemia cardíaca na medicina veterinária, trazendo a possibilidade de aumentar os subsídios para o melhor conhecimento da evolução do processo isquêmico cardíaco durante a parada circulatória cardíaca. A fim de verificar a aplicabilidade da videotermometria na detecção da isquemia cardíaca, utilizou-se como modelo para o estudo a técnica de *inflow occlusion*, que leva a uma isquemia cardíaca temporária.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a possibilidade de detecção precoce da isquemia cardíaca. Para tal, foi utilizado a videotermometria, com o intuito de observar as variações de temperatura do coração de coelhos, submetidos à isquemia miocárdica induzida e posterior reperfusão, avaliar os parâmetros hemogasométricos (pH, PaCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>) e a concentração de lactato de coelhos submetidos à isquemia miocárdica induzida e posterior reperfusão, nos momentos 0, 5 e 10. A relevância do trabalho consiste em favorecer o prognóstico dos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, possibilitando a detecção de áreas de isquemia, antes da ocorrência de qualquer manifestação clínica.

Na literatura é observado o termo "termometria", como um exame que analisa áreas específicas, observando a atividade microcirculatória cutânea e sua distribuição na superfície da pele, permitindo investigar a natureza térmica produzida pela doença. No presente trabalho, a nomenclatura "videotermometria de campo aberto em tempo real" se refere ao escaneamento cirúrgico, que analisa alterações térmicas de vasos, tecidos e órgãos em busca de alterações do metabolismo, em tempo real. A hipótese deste trabalho é que este método diagnóstico seja eficiente na detecção de áreas de isquemia cardíaca em coelhos submetidos à isquemia e reperfusão cardíaca.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TERMOMETRIA INFRAVERMELHA

Desde os primórdios da medicina, a temperatura é considerada um indicador da saúde física, onde naquela época, os médicos detectavam sinais de variação térmica através de avaliações subjetivas, como, por exemplo, a sensação tátil sobre o corpo do paciente examinado, permitindo a percepção do calor irradiado por esse paciente (RING, 2007). Essa técnica semiológica só permite discriminar diferenças de temperatura maiores que 2° Celsius (ABERNATHY, 1984).

O metabolismo corporal reflete a totalidade das reações químicas em todas as células do organismo e a intensidade metabólica é expressa em termos de liberação de calor durante as reações químicas (GUYTON & HALL, 2011). Dessa forma, o calor é produzido pelo corpo de forma contínua, sendo um produto do metabolismo. A taxa metabólica basal, a atividade orgânica específica e a atividade muscular determinam o grau de produção de calor. Já os mecanismos de regulação e perda térmica são influenciados pela convecção, condução, evaporação e radiação (BRAZ, 2005).

A transferência de calor de uma parte do corpo para outra, ocorre por meio do movimento dos fluidos. O sangue aquecido pelo metabolismo visceral e somático é convecionado pela rede vascular e transferido primeiro para o interior do corpo e em sequência, para áreas de baixa temperatura. Desta forma, a convecção é o maior mecanismo de transferência de calor dentro do corpo (HOUDAS e RING, 1982). O primeiro método de mensuração da temperatura só foi desenvolvido a partir do século 16, com o Termoscópio de Galileo (RING, 2007).

Em 1800, Wiliam Herschel descobriu a radiação infravermelha e seu filho, John Herschel, gravou a primeira imagem térmica solar, abrindo novas possibilidades no estudo da temperatura (RING, 2007).

A radiação infravermelha está, no espectro eletromagnético, entre a luz visível e as micro-ondas, apresentando o comprimento de onda maior que o das ondas visíveis e menor que o das micro-ondas. Sua frequência de onda é menor que a das

ondas visíveis e maior que as micro-ondas. A radiação infravermelha é classificada em três categorias: infravermelho curto, médio e longo.

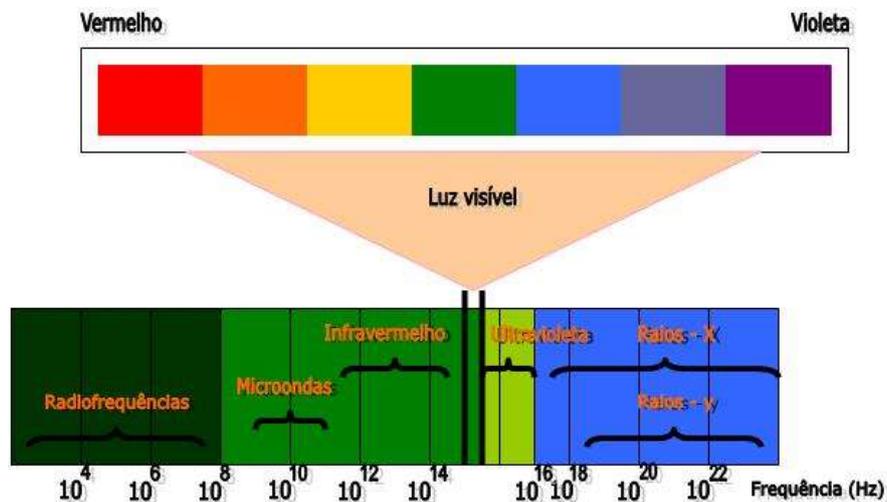


Figura1 - Espectro eletromagnético e luz visível.  
www.colegioweb.com.br

Os infravermelhos curtos estão na região do espectro mais próximas das ondas visíveis. Os infravermelhos longos estão na região do espectro mais próximas das microondas e os infravermelhos médios localizam-se entre os infravermelhos curtos e longos, sendo que todos os objetos que possuem a temperatura acima do zero absoluto emitem radiação infravermelha ou radiação térmica (JONES, 1998).

O primeiro detector infravermelho foi originalmente desenvolvido para o uso militar ( ASIMOV, 1994) e seu uso na área das ciências médicas se iniciou apenas em 1934, através dos experimentos de J. Hardy, principalmente no estudo do câncer de mama (RING, 2007).

Com o avanço tecnológico, a imagem térmica e os equipamentos, que respectivamente, possuíam uma fraca qualidade de imagem e necessitavam de 4 a 5 minutos para a obtenção de uma imagem, foram sendo substituídos por imagens e equipamentos de melhor qualidade (RING, 2004). Atualmente as imagens apresentam alta qualidade e resolução, sendo produzidas por modernos detectores infravermelhos, se tornando uma ferramenta diagnóstica mais precisa no estudo dos padrões de temperatura (LAHIRI, et al., 2012).

A aplicação biomédica da termometria infravermelha na medicina veterinária é relativamente recente. A termometria ou termografia infravermelha é um método diagnóstico seguro, não invasivo e de baixo custo, que permite gravar a energia

irradiada pelo objeto em estudo (RING, 2014; NG, 2009), formando uma representação pictural da temperatura irradiada através da superfície deste objeto (TURNER et al., 1986). Não provoca nenhum dano a qualquer paciente ou operador, uma vez que não utiliza substâncias radioativas, ultrassom ou radiação penetrante. (REDAELLI, et al., 2014).

A captura da imagem é realizada por uma câmera infravermelha que detecta a radiação térmica emitida pelo objeto em estudo, e a intensidade dessa radiação é convertida em temperatura, dependendo da umidade, do fluxo de ar e da temperatura ambiente (LAHIRI et al., 2012). Portanto, é de extrema importância na realização da termografia infravermelha, que o objeto em estudo esteja em um ambiente controlado (RING E AMMER, 2000). Diferentes autores preconizam a manutenção de diferentes temperaturas do ambiente, para a realização do exame. Tal preconização está diretamente relacionada ao tipo de tecido que será submetido ao exame, sendo observada uma faixa de temperatura de 18°C - 25°C (LAHIRI et al., 2012). Já a distância entre a câmera e o tecido em estudo não são fatores relevantes para o sucesso do exame (TOPALIDOU e DOWNE, 2016).

A faixa espectral ideal para a utilização médica das câmeras de infravermelho são faixas de ondas longas de 7,5 a 13 microns. A imagem obtida pela câmera térmica é bidimensional, com cada ponto da imagem contendo dados de temperatura. De um modo geral, para determinar se a área em estudo apresenta uma temperatura alta ou baixa, preconiza-se que em área de temperatura baixa, a representação é dada por cores escuras e em áreas de temperatura elevada, por cores brilhantes (BATISTA, 2001).

Esse método tem sido utilizado em pesquisas, tanto na medicina quanto na medicina veterinária, visando, principalmente, a detecção de inflamação local em decorrência de injúrias ou doenças (SCHAEFER et al., 2003). Como o calor é considerado um dos sinais cardinais do processo inflamatório, sua variação pode indicar a presença de inflamação do tecido em estudo e alterações no metabolismo tecidual (STEWART et al., 2005; VAN HOOGMOED e SNYDER, 2002). É uma técnica incapaz de fornecer informações sobre a etiologia das doenças, fornecendo somente uma imagem em tempo real das alterações térmicas ao longo do tempo (SCHAEFER et al., 2003).

Algumas pesquisas já evidenciam a utilidade da termometria infravermelha na detecção precoce de doenças, como, por exemplo a raiva em animais selvagens de

cativeiro, a peste suína clássica, a tuberculose bovina, a gripe aviária e outros distúrbios infecciosos (BRIOSCHI, et al., 2003).

Na cardiologia clínica, a termometria é utilizada no auxílio diagnóstico da doença cardiovascular aterosclerótica, uma vez que o método é capaz de evidenciar uma disfunção vascular através da variação de temperatura da pele do paciente, em áreas específicas, sendo essa variação diretamente relacionada ao nível de oclusão arterial pelos ateromas (THIRUVENGADAM, et al., 2014). Em coelhos com aterosclerose, através da imagem térmica, foi observado um aumento da temperatura arterial, mesmo antes dos animais desenvolverem sinais clínicos de inflamação. Essa variação de temperatura foi correlacionada com o aumento da densidade celular, conforme a progressão da aterosclerose (YU, et al., 2011). Além disso, é usada para medir e mapear a temperatura da pele, na região pré-cordial, em pacientes que sofrem de angina. Nesses pacientes, foi observado que o tamanho da área de variação térmica e a própria temperatura da região pré-cordial foi maior do que em pacientes normais. A doença arterial coronariana, nesses pacientes, foi confirmada por angiografia. Portanto, a doença arterial coronariana é associada, de forma marcante, com um aumento da temperatura na região pré-cordial (BRIOSCHI, 2008).

A utilização da imagem térmica por infravermelho também tem sido estudada em procedimentos cirúrgicos, avaliando a microcirculação de órgãos e tecidos. O uso do método permite a análise da vascularização do local cirúrgico e, assim, graus de isquemia, necrose ou mesmo a viabilidade de enxertos cutâneos podem ser investigados (BRIOSCHI et al., 2003).

Nas cirurgias cardíacas, sua utilidade inicial ocorreu em procedimentos de revascularização do miocárdio, onde o uso do método assegura a patência e viabilidade dos enxertos e anastomoses nas cirurgias coronarianas (MOHR, et al., 1989), indicando, através do grau de perfusão do enxerto, a área cardíaca que está sendo suprida, o comportamento do fluxo sanguíneo e se há ou não a presença de estenoses (BRIOSCHI et al., 2003).

Além de possibilitar, no transoperatório, a detecção precoce e a correção cirúrgica da obstrução do óstio coronário, há relatos do uso da termometria no auxílio à correção de defeitos cardíacos congênitos, envolvendo os grandes vasos, as valvas atrioventriculares e semilunares (VAN SON et al., 1997).

A radiação infravermelha emitida pelo coração é diretamente proporcional a sua temperatura, e esta, é diretamente proporcional ao fluxo coronariano (ROBICSEK et al., 1978). Dessa forma, uma elevada emissão de calor pelo tecido miocárdio indica um aumento do fluxo sanguíneo, enquanto que uma emissão diminuída, indica uma hipoperfusão (BRIOSCHI et al., 2002). Assim, o elevado fluxo sanguíneo cardíaco e sua considerável atividade metabólica, fazem do miocárdio um excelente órgão para exame por termometria infravermelha (BRIOSCHI et al., 2002)

### 2.3 ISQUEMIA MIOCÁRDICA

A isquemia miocárdica é conhecida como a privação de oxigênio, acompanhada de inadequada remoção dos metabólitos devido ao déficit de perfusão no tecido miocárdico (SANTOS et al., 2011). A partir da década de 50, em decorrência do grande número de pacientes com doença cardíaca isquêmica, diversas pesquisas foram desenvolvidas buscando melhor compreender a biologia da isquemia e estipular possíveis tratamentos, visando o controle de sua progressão (HEARSE, 2001). Na medicina, o infarto agudo do miocárdio ocorre em consequência da obstrução do fluxo coronário, resultando em isquemia e necrose dos cardiomiócitos. É uma das maiores causas de morbidade e mortalidade no mundo (WHITE & CHEW, 2008), sendo a aterosclerose o principal fator responsável pela obstrução coronariana (DAHLOF, 2010). Durante a sua progressão, as placas ricas em gordura que estão localizadas na parede arterial, são rompidas pela ação de células mieloides, culminando na obstrução coronária, isquemia e infarto do miocárdio (DUTTA et al., 2014).

Em cães, o desenvolvimento de aterosclerose é uma condição rara, mas pode ocorrer associado a dislipidemias, hipotireoidismo e estenose aórtica (WARE, 2007). A presença de isquemia miocárdica, nesta espécie, já foi relatada como consequência do embolismo coronariano, endocardite infecciosa, sepse e neoplasia pulmonar (THOMAS, 1987). Ainda é citado que cães com dilatação cardíaca e redução dos índices sistólicos, apresentam áreas isquêmicas no miocárdio. Além disso, a necrose miocárdica e a isquemia focal podem ocorrer em resposta a afecções sistêmicas, em decorrência das arritmias (BURGENER et al., 2006).

Na correção cirúrgica das cardiopatias, a isquemia miocárdica pode estar presente devido à cardiopatia de base ou pode ser induzida pela intervenção cirúrgica, como, por exemplo, quando utilizada a técnica de parada circulatória total ou *inflow occlusion*, podendo causar arritmias e redução dos índices sistólicos no transoperatório, em resposta à isquemia (STOPIGLIA et al., 2001; MARTINS, et al., 2009).

Como o estudo da isquemia cardíaca ainda é relativamente recente na medicina veterinária, a literatura a respeito dos processos relacionados a isquemia cardíaca e infarto do miocárdio ainda é escassa. (CAVALCANTI et al., 2012).

## 2.4 A TÉCNICA *INFLOW OCCLUSION*

A cirurgia cardíaca engloba um grande número de procedimentos e é dividida em procedimentos cardíacos fechados, ou seja, aqueles que não necessitam da abertura de uma câmara cardíaca e procedimentos cardíacos abertos, onde uma câmara cardíaca precisa ser acessada, para a realização de algum reparo cirúrgico. Para realizar uma cirurgia cardíaca aberta, é necessário induzir uma parada circulatória, sendo essa manobra obtida através da técnica de *Inflow occlusion* ou da circulação extracorpórea com parada cardiopulmonar (BRAILE & GODOY, 2012). A *Inflow occlusion* é uma técnica que foi introduzida em 1951, a princípio, para auxiliar no tratamento de pacientes com estenose da valva pulmonar, estenose da valva aórtica e septectomias atriais (VARCO, 1951). Na medicina humana, sua utilidade foi considerável até 1980, porém, a partir desse momento, com o advento da circulação extracorpórea, a técnica de *Inflow occlusion* deixou de ser o procedimento padrão ouro para a realização da cirurgia cardíaca aberta, passando apenas a ser utilizada em intervenções cardíacas rápidas ou quando o uso da circulação extracorpórea fosse contraindicada. (JONAS et al., 1985; KIZILTEPE et al., 2003). A técnica consiste na oclusão das veias cava cranial, caudal e da veia ázigos, interrompendo o retorno venoso ao coração, permitindo rápidas intervenções extra ou intracardíacas, com um menor risco de hemorragias (JONAS et al., 1985). Com a indução de uma parada circulatória, passa a ser grande o risco do paciente desenvolver lesões neurológicas e metabólicas como consequência dessa isquemia

tecidual, sendo esse risco e a gravidade da lesão definidos pelo tempo da estase circulatória. Na medicina humana, os cirurgiões não excedem dois minutos de parada circulatória, afirmando que acima desse período, podem ser observadas lesões neurológicas irreversíveis (JONAS et al., 1985), e até mesmo lesão cardíaca e morte dos cardiomiócitos (ZHENG et al., 2014). Em cães, não há definição referente ao período de tempo ideal para realização de parada circulatória sem causar danos metabólicos e neurológicos. Portanto, é observada uma variação de cinco a oito minutos, em normotermia (HUNT et al., 1992; ORTON, 1995; FREITAS et al., 2005). Em coelhos, quando é realizado um período de cinco minutos de recirculação sanguínea, a técnica do *inflow occlusion* pode ser prorrogada por mais 5 minutos (VALE et al., 2010).

As cirurgias cardíacas cursam com importantes alterações do equilíbrio ácido-básico, onde geralmente se instala um quadro de acidose metabólica, que ocorre devido à mudança do metabolismo aeróbico para anaeróbico na *inflow occlusion* (RAIA & ZERBINI, 1998). A presença de estase sanguínea secundária a aplicação da técnica de *inflow occlusion*, desencadeia alterações no equilíbrio ácido-básico do paciente, que podem ser reversíveis de acordo com o tempo de oclusão (STOPIGLIA et al., 2001). O diagnóstico das desordens ácido-básicas está baseado na interpretação das alterações do potencial hidrogeniônico (pH), do excesso de bases (EB), da pressão parcial de gás carbônico (PaCO<sub>2</sub>) e concentração de bicarbonato (HCO<sub>3</sub>) no sangue. Assim, mudanças no pH podem ser um sinal tanto de um aumento nos íons hidrogênio, indicando uma acidose, quanto de uma redução na concentração destes, indicando uma alcalose. A análise em conjunto das alterações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e concentração de HCO<sub>3</sub> ajuda a determinar a causa da diferença de pH (KWASNICKA et al., 2000). Portanto, a análise hemogasométrica torna-se essencial para o sucesso da cirurgia, e conseqüentemente, para a manutenção da vida do paciente (HASKINS e ALDRICH, 1994).

## 2.5 MODELO EXPERIMENTAL

A utilização de animais em experimentos científicos é descrita desde o século V antes de Cristo. No entanto, sua crescente aplicação ocorreu a partir do início do século XIX. Vários avanços científicos na área da saúde são atribuídos aos modelos animais (MIZIARA et al, 2012).

A escolha de um modelo experimental é determinada por fatores como custo, viabilidade técnica do procedimento, princípios científicos e semelhanças anatômicas e fisiológicas com o ser humano (CALANSANS-MAIA et al., 2009).

O coelho apresenta um baixo custo de aquisição e é frequentemente utilizado como animal de experimentação nas áreas das ciências odontológica e médica, principalmente em procedimentos ortopédicos, craniomaxilofacial, oftalmológicos, de plastia e de cirurgia vascular (CALANSANS-MAIA et al., 2009; SCHANAIDER & SILVA, 2004), sendo a fisiologia do miocárdio dos coelhos, quando comparada à dos humanos, muito similar.

A temperatura corpórea considerada normal para coelhos é de 38°C-39.6°C (GRAENER, 1984).

### **3 MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1 ANIMAIS DE EXPERIMENTAÇÃO**

Foram utilizados 20 coelhos fêmeas *Oryctolagus cuniculus*, oriundos da Universidade Federal de Viçosa, com peso variando entre 2,5 kg e 3 kg.

Os animais foram acomodados em gaiolas individuais e arejadas, localizadas no Hospital Veterinário da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), com fornecimento de ração própria para a espécie e água *ad libitum*. O projeto foi aprovado em aditivo, dando mais 4 anos de validade, pela Comissão de Ética de Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, sob o protocolo de número: 171/2012, segundo a lei federal nº 11794/08. Os experimentos serão realizados no setor de cirurgia de alta complexidade da Unidade de Experimentação Animal - UENF.

## 3.2 METODOLOGIA

### 3.2.1 Protocolo Anestésico

Os coelhos foram contidos manualmente e receberam protocolo pré-anestésico a base de acepromazina<sup>1</sup>, na dose de 0,5mg/kg<sup>-1</sup>, associado a sulfato de morfina<sup>2</sup>, na dose de 4mg/kg<sup>-1</sup> pela via intramuscular. Após obtenção do efeito anestésico desejado, foi realizada a tricotomia dos pavilhões auriculares esquerdo e direito, seguido de cateterização da veia marginal do pavilhão auricular externo esquerdo, com cateter intravenoso calibre 22 *Gauge* (22G). Esse acesso permitiu a administração de fluido a base de solução fisiológica a 0,9%<sup>3</sup> através de infusão controlada por bomba de seringa<sup>4</sup> na dose de 15ml/h<sup>-1</sup>. A cateterização da artéria central do pavilhão auricular externo direito, com cateter intravenoso calibre 20 *Gauge* (20G), permitiu a realização das coletas sanguíneas destinadas à análise hemogasométrica,. As seringas para coleta, receberam flushing com heparina sódica<sup>5</sup> e a leitura do material realizada imediatamente após a coleta. Na sequência, foi realizada a tricotomia da região cervical ventral e da região torácica direita, possibilitando, respectivamente, a realização da traqueostomia e do acesso cirúrgico. Por fim, foi administrado bolus de propofol<sup>6</sup>, na dose de 10mg/kg<sup>-1</sup> pela via intravenosa, sendo em seguida realizada a traqueostomia e intubação dos animais, permitindo a realização da ventilação manual (figura 2). A sonda traqueal, número 3.0, foi acoplada ao aparelho de anestesia inalatória<sup>7</sup> através do sistema baraka<sup>8</sup>. Os

---

<sup>1</sup> Acepran 0,2%, Vetnil, Louveira-SP.

<sup>2</sup> Dimorf 10mg/ml, Cristália, Itapira-SP.

<sup>3</sup> Sanobiol Cloreto de Sódio 500ml, Pouso Alegre - MG.

<sup>4</sup> Syli 500v SK, Shangai - China.

<sup>5</sup> Hepamax-S, Blausiegle, Cotia-SP.

<sup>6</sup> Propovan 10mg/ml, Cristália, Itapira - SP.

<sup>7</sup> Vet1000, Brasmed, Recanto do Lago Paulínia - SP.

<sup>8</sup> Baraka 1/2 litro, Oxigel, São Paulo - SP.

animais foram mantidos em plano anestésico com anestesia volátil a base de Isoflurano<sup>9</sup>, em vaporizador universal.



Arquivo Pessoal, 2015.

Figura 2: Coelho anestesiado, em decúbito lateral esquerdo, preparado para toracotomia intercostal direita. Unidade de Experimentação Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2015.

### 3.2.2 Protocolo Cirúrgico

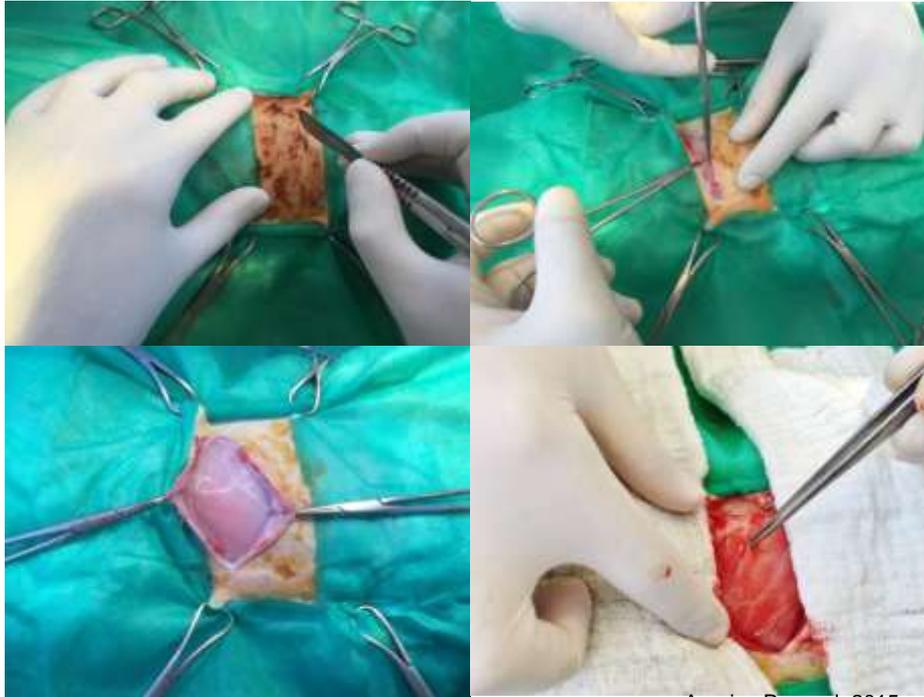
A temperatura estabelecida para o condicionamento da sala cirúrgica foi de 18°C. Todos os coelhos foram submetidos à coleta sanguínea controle (momento 0) para avaliação hemogasométrica, que foi realizada pelo analisador de sangue portátil<sup>10</sup>, obtendo os resultados de pH, PaCO<sub>2</sub> e HCO<sub>3</sub>. O mesmo analisador forneceu os valores do lactato. Optou-se por não utilizar colchão térmico durante o procedimento, sendo a temperatura dos animais monitorada através da videotermometria de campo aberto em tempo real.

Os animais foram divididos em dois grupos: o grupo tratado, composto por 10 animais que foram submetidos à toracotomia lateral direita, no quarto espaço intercostal, seguido de dissecação dos planos anatômicos até o acesso à cavidade torácica (figura 3), sendo realizada a retração dorsal dos lobos pulmonares, para

<sup>9</sup> Isoforine, Cristália, Itapira - SP.

<sup>10</sup> ISTAT Co - Abbot Laboratories - EUA.

exposição do mediastino caudal. Após a incisão no mediastino caudal e cuidadosa dissecação, foram identificadas e individualizadas as veias cava caudal, cava cranial e ázigos, seguido de retração dorsal do nervo frênico, sendo o pericárdio incisado ao longo do eixo cardíaco.

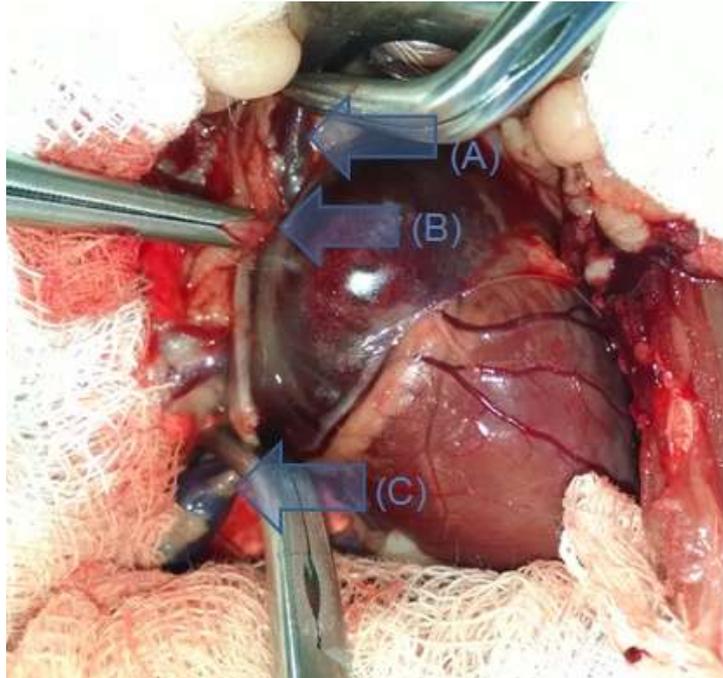


Arquivo Pessoal, 2015

Figura 3: Sequência para realização de toracotomia intercostal direita, evidenciando a dissecação dos planos anatômicos até o acesso à cavidade torácica. UEA/UENF, 2015.

Em sequência, pinças do tipo Satinsky foram posicionadas de modo a ocluir, respectivamente as veias cava caudal, ázigos e cava cranial. Imediatamente antes da oclusão foi realizado um período de 30 segundos de hiperventilação.

O clampeamento dos vasos mediante o uso das pinças foi mantido por um período de 5 minutos (figura 4), onde ao final desse tempo, coletou-se sangue para avaliação hemogasométrica e concentração do lactato (momento 5). Ao término dos 5 minutos de *inflow occlusion*, as pinças do tipo Satinsky foram liberadas, permitindo a reperfusão cardíaca, sendo estabelecidos 5 minutos de recirculação. Ao final desse período, foi realizada nova coleta de sangue para avaliação hemogasométrica, bem como da concentração do lactato (momento 10). Em seguida, foi realizada a morte sem dor dos coelhos.



Arquivo Pessoal, 2015

Figura 4: Parada circulatória cardíaca realizada em coelho após toracotomia intercostal direita, instituída com o auxílio das pinças vasculares. Oclusão da veia cava cranial (A), ázigos (B) e veia cava Caudal (C), vide setas. UEA/UENF, 2015.

Os animais do grupo Sham foram submetidos à mesma metodologia referente ao acesso cirúrgico que os animais do grupo tratado. A partir da incisão do pericárdio ao longo do eixo cardíaco, foi estabelecido aos animais 5 minutos sem qualquer tipo de ventilação e sem parada circulatória. Ao final deste tempo, foi coletada nova amostra sanguínea para a realização da hemogasometria e da concentração do lactato (momento 5). Após esta etapa, os animais foram ventilados manualmente por 5 minutos, seguido de nova coleta sanguínea para a realização da hemogasometria e concentração do lactato (momento 10), sendo na sequência, realizada a morte sem dor dos coelhos.

Para a geração de imagens videotermométricas de campo Aberto em tempo real foi utilizada a estação M.A.R.T. (*Metabolic Activity in Real Time*), composta de uma ilha de trabalho computadorizada, acoplada a um gerador de imagem infrared, através de uma lança ajustável à distância, o que permite posicioná-la sobre o paciente deitado sobre a maca cirúrgica, a uma altura de 1 metro de distância, sendo capaz de enquadrar o campo de avaliação. A estação M.A.R.T. (figura 5) encontra-se distante do campo cirúrgico, deixando espaço livre para o fluxo cirúrgico

normal, e dispondo de um termografista (que executa a edição de imagens através do software dedicado Mart 1.0.), que processa e devolve imagens em tempo real, durante a cirurgia. A Estação M.A.R.T. capta imagens multi e hiperespectrais, realiza mapeamento da textura térmica multimodal, fusão de sensores e imagiamento tridimensional livre de radiação para leitura e diagnóstico médico, sendo capaz de gravar vídeos e transformar os dados (gráficos temperatura x tempo) em forma numérica, e ainda disponibilizando-os em tempo real.



Figura 5 : Estação M.A.R.T. Equipamento de videotermometria acoplado a ilha de trabalho e gerador de imagem.

Durante o experimento, os animais foram monitorados com a videotermometria de campo aberto em tempo real, sendo estabelecido para o grupo tratado: M0 (período de tempo imediatamente antes da parada circulatória); M5 (período de tempo em que o animal foi submetido à parada circulatória); M10 (período de tempo em que o animal foi submetido à reperfusão), sendo avaliada a temperatura cardíaca, de forma constante, em cada um dos momentos. Para cada momento foi obtido três valores de temperatura, sendo realizada uma média para cada momento.

Para o grupo sham, foi estabelecido: M0 (período de tempo imediatamente antes da parada ventilatória); M5 (período de tempo em que o animal foi submetido à parada ventilatória); M10 (período de tempo em que o animal foi submetido ao retorno da ventilação), sendo avaliada a temperatura cardíaca, de forma constante, em cada um dos momentos. Para cada momento foi obtido três valores de temperatura, sendo realizada uma média para cada momento.

A fim de avaliar as lesões e o grau de isquemia do tecido miocárdico, o coração dos coelhos foi separado e seccionado de suas estruturas adjacentes, sendo armazenado em formol a 10%, para avaliação histopatológica realizada no Laboratório de Consultoria e Diagnóstico Anatomopatológico Veterinário, no setor de Patologia Animal.

### 3.2.3 Morte induzida sem dor

Respeitando os princípios éticos da experimentação animal, imediatamente após o experimento, os animais foram submetidos à anestesia geral profunda, com administração de propofol<sup>6</sup>, e posteriormente, 5 ml de cloreto de potássio 19,1%<sup>11</sup>, na dose de 10 ml/coelho<sup>-1</sup>, foram administrados pela via intracardíaca.

## 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

No estudo estatístico da hemogasometria e da concentração de lactato, foi realizada a análise estatística dentro de cada grupo através de Análise de Variância (ANOVA) seguido do pós-teste de Tukey para comparação das médias entre os momentos (M0, M5 e M10). E, posteriormente foi feita a comparação entre os grupos pelo teste t de Student. O grau de significância estabelecido para o teste estatístico foi de ( $p < 0,05$ ).

Em relação à videotermometria, foi realizada a análise estatística dentro de cada grupo através de Análise de Variância (ANOVA) two way, seguido do pós-teste t e pós-teste de Mann Whitney para comparação das médias entre os momentos (M0, M5, M10). O grau de significância estabelecido para o teste estatístico foi de ( $p < 0,05$ ).

---

<sup>11</sup> Cloreto de Potássio 19,1%, Samtec, Ribeirão Preto - SP

## 4 RESULTADOS

### 4.1 VIDEOTERMOMETRIA

Durante a videotermometria foi possível observar a variação de temperatura do tecido miocárdico.

Na figura 6, podem ser visualizadas pela isoterma azul, variações de temperatura no interior do coração dos animais do grupo tratado, durante o momento M0. A isoterma é uma coloração aplicada à imagem, dentro de uma faixa de temperatura específica, visando demonstrar um aspecto particular. No caso, esse aspecto é a variação de calor dentro do miocárdio, indicando o movimento do fluxo sanguíneo da veia cava caudal para o átrio direito e ventrículo direito.

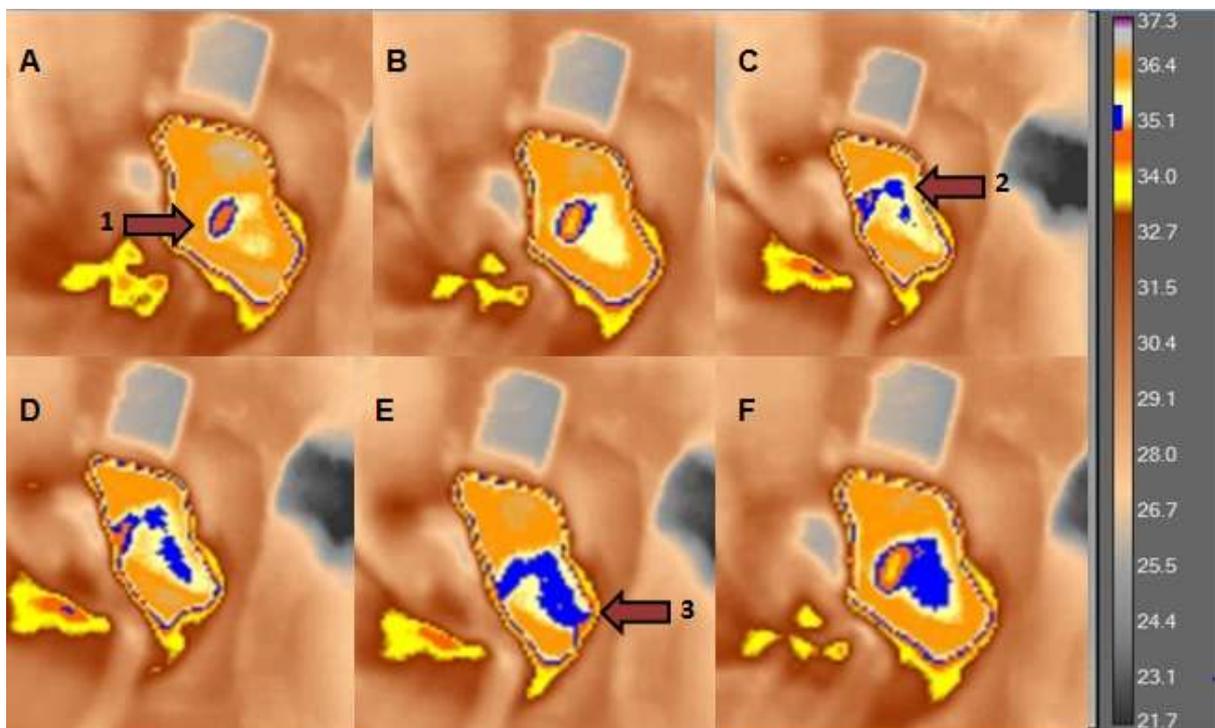


Figura 6: Variação de temperatura do tecido miocárdico, com a isoterma azul evidenciando a variação de calor no interior do coração. (A), (B), (C), (D), (E), (F). Veia cava caudal, átrio direito e ventrículo direito, respectivamente, 1, 2, 3. Barra indicadora de temperatura ao lado direito. UEA/UENF, 2015.

No experimento, durante o momento 5 (M5), foi observada a redução da temperatura da veia cava caudal, do átrio direito e do ventrículo direito dos animais do grupo tratado, em comparação com o mesmo momento do grupo sham. O resultado pode ser visualizado nas figuras 7, 8 e 9.

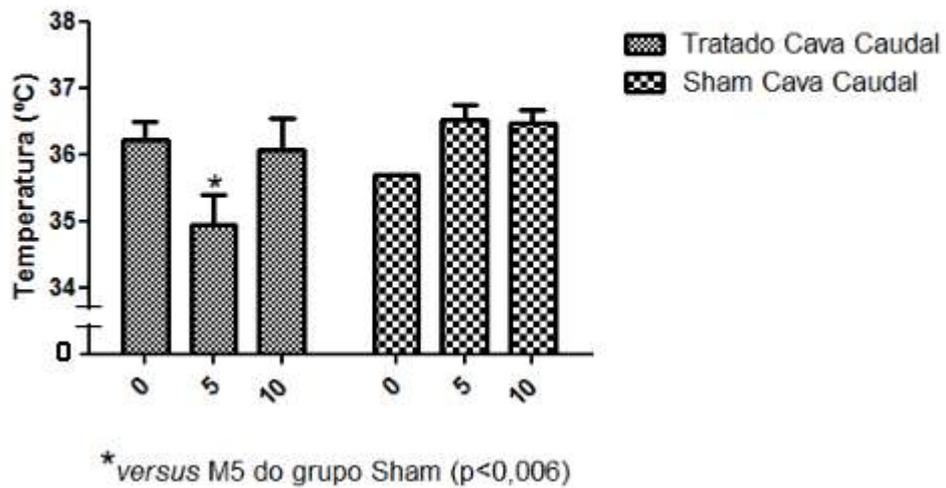


Figura 7: Média das temperaturas da veia cava caudal, nos diferentes momentos do experimento. Redução da temperatura no momento M5 do grupo tratado em comparação com o grupo sham.

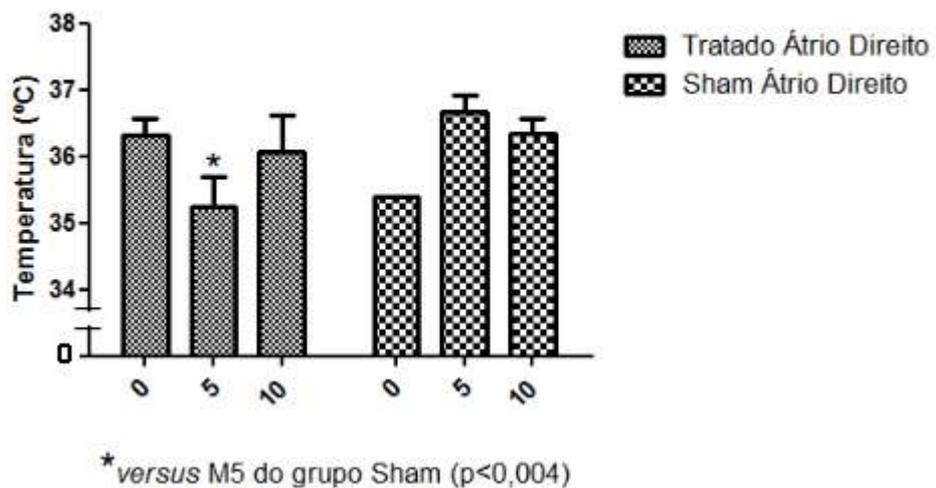


Figura 8: Média das temperaturas do átrio direito, nos diferentes momentos do experimento. Redução da temperatura no momento M5 do grupo tratado em comparação com o grupo sham.

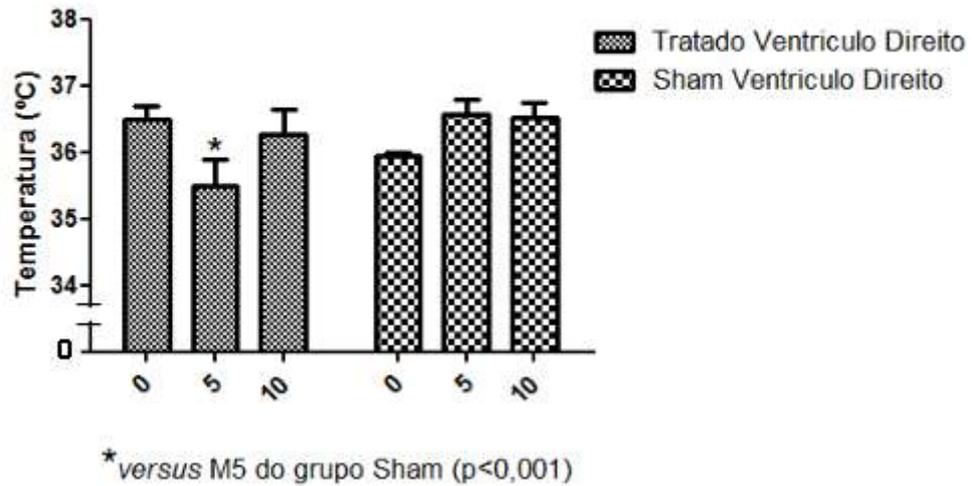


Figura 9: Média das temperaturas do ventrículo direito, nos diferentes momentos do experimento. Redução da temperatura no momento M5 do grupo tratado em comparação com o grupo sham.

Na figura 10 observa-se a redução de temperatura cardíaca entre o grupo tratado e o grupo sham, durante o momento M5. Pode ser visualizada com a isoterma verde, a variação de temperatura dentro do miocárdio (grupo sham).

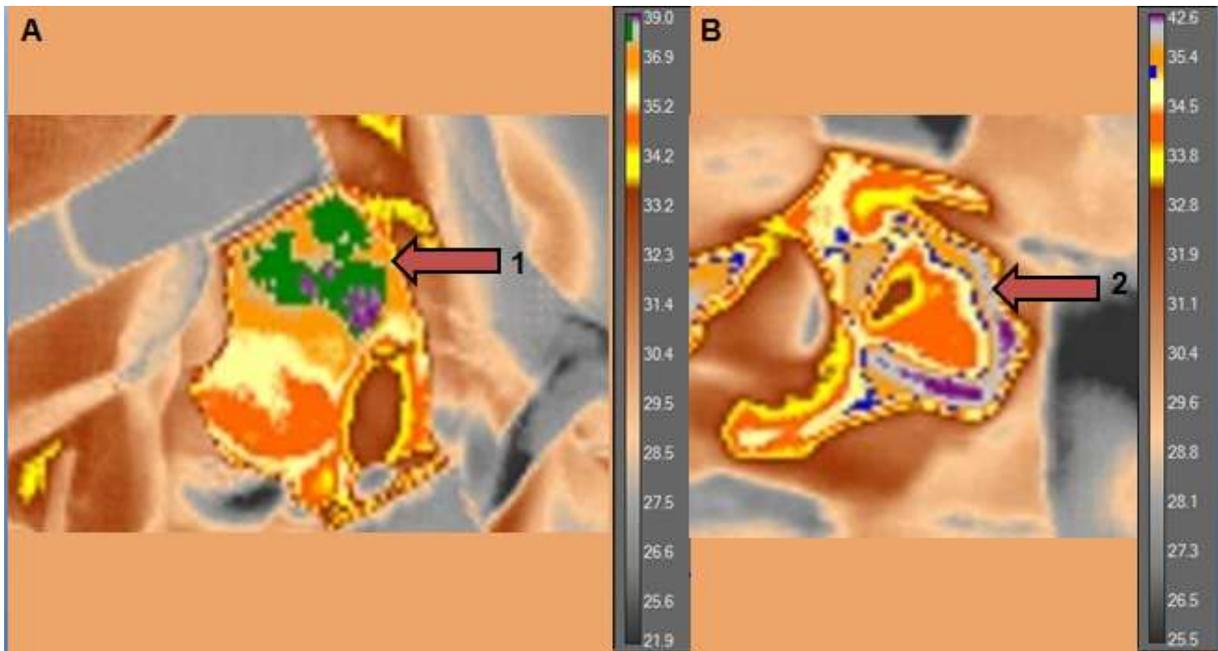


Figura 10: Grupo sham no período de parada ventilatória M5 (A); grupo tratado no período de isquemia cardíaca M5 (B). Observar nas respectivas barras de temperatura, as variações de calor do tecido miocárdico. Em (A) foi utilizada uma isoterma verde e nota-se a temperatura entre 36,9°C e 39°C, e em (B) foi utilizada uma isoterma azul. Nota-se uma temperatura entre 32°C e 34,5°C. Na região de veia cava caudal e átrio direito, é possível verificar a área mais fria, em marrom, apresentando uma temperatura de 32°C. 1 e 2 indicam a localização do coração. UEA/UENF, 2015.

Na figura 11 é possível visualizar a redução de temperatura do tecido miocárdico, quando é estabelecido o período de parada circulatória, nos animais do grupo tratado.

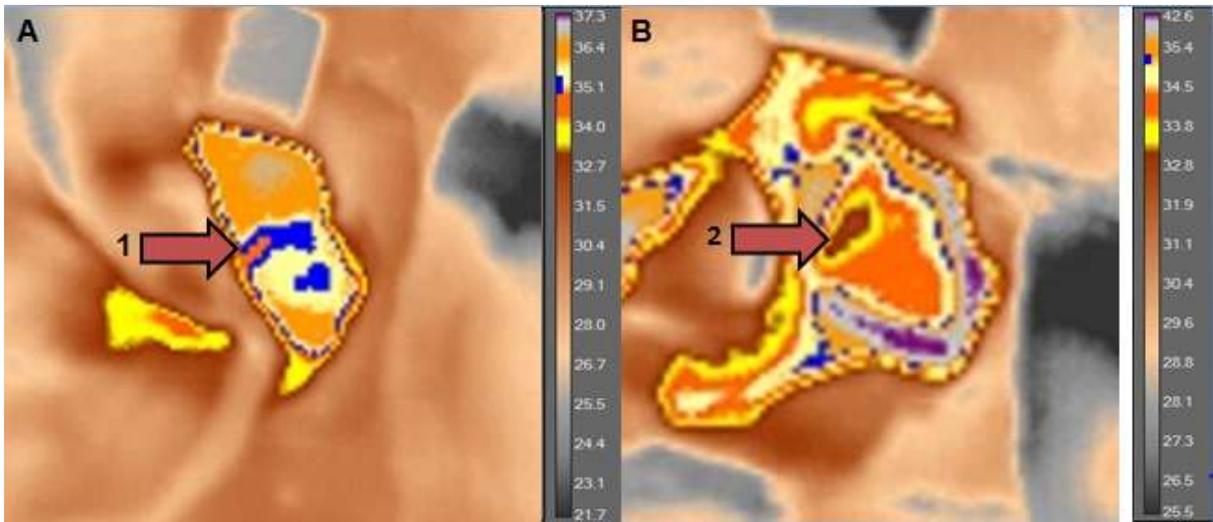


Figura 11: Grupo tratado. Imagem obtida no momento M0 (A). Notar a isoterma azul, indicando uma temperatura entre 35.1°C e 36.4°C (1). Imagem obtida no momento M5 (B). Notar a ausência da isoterma azul e a presença de coloração que indica uma temperatura entre 31.1°C e 32.8°C (2). UEA/UENF, 2015.

## 4.2 HEMOGASOMETRIA

Para avaliação hemogasométrica foram analisados os seguintes parâmetros: pH, bicarbonato e PaCO<sub>2</sub>. O momento M0 foi considerado o controle para os animais do grupo tratado. Os valores de pH diminuíram significativamente no período de isquemia e reperfusão, indicando a presença de acidose (figura 12).

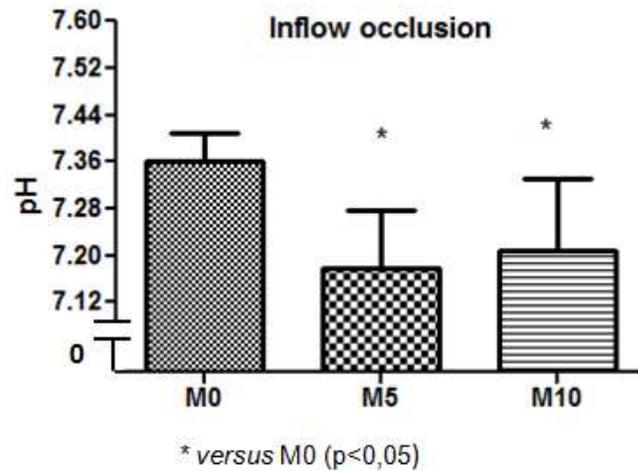


Figura 12: Acidemia apresentada pelos coelhos do grupo tratado. Redução do pH nos momentos M5 e M10, quando comparados com M0.

Os valores de PaCO<sub>2</sub> se elevaram durante a isquemia/reperfusão. Esse resultado indica que a presença da acidose é de origem respiratória (figura 13).

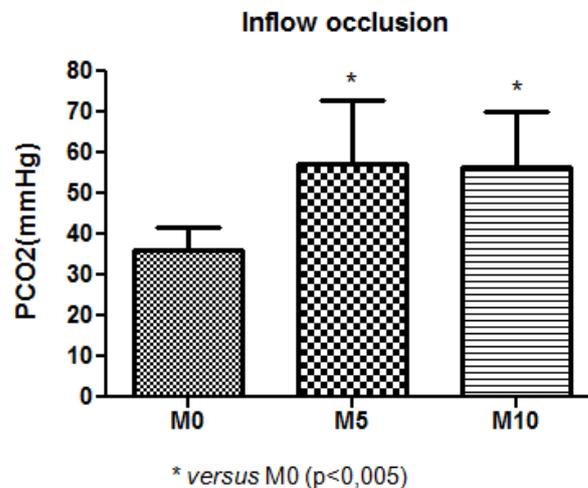


Figura 13: Aumento da PaCO<sub>2</sub> apresentada pelos coelhos do grupo tratado nos momentos M5 e M10, quando comparado com M0.

Não houve uma variação estatisticamente significativa nos valores do bicarbonato em comparação ao momento M0 (figura 14).

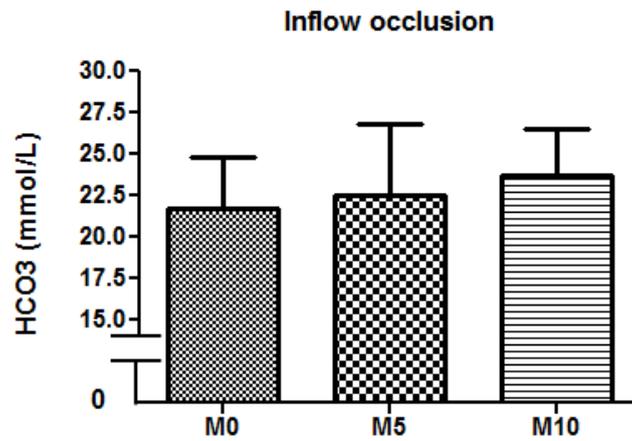


Figura 14: Sem variação da concentração de bicarbonato entre os momentos M0, M5 e M10.

### 4.3 Lactato

Durante os momentos M5 e M10 foi observada uma variação estatisticamente significativa nos níveis de lactato, quando comparado com o momento M0 (figura 15).

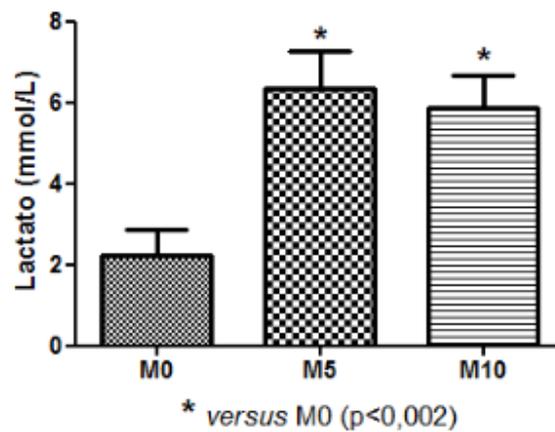


Figura 15: Aumento da concentração de lactato nos momentos M5 e M10 dos coelhos do grupo tratado, quando comparado com o momento M0.

## 5 DISCUSSÃO

Durante a cirurgia cardíaca, o gradiente térmico gerado pelo fluxo de enchimento das coronárias, permite de maneira não invasiva, o delineamento das artérias e formação de uma imagem térmica angiográfica. Desse modo, no período transoperatório, o método possibilita um grande auxílio nos procedimentos que envolvem as artérias coronárias, como, por exemplo, testando a viabilidade de enxertos e anastomoses, além de fornecer a velocidade do fluxo sanguíneo coronariano, identificando possíveis áreas de obstrução (MOHR et al., 1989; EMERY et al., 1996; VAN SON et al., 1997). Apesar do presente trabalho utilizar de forma inédita a videotermometria de campo aberto em tempo real no estudo da isquemia cardíaca, o tamanho do coração do coelho não permitiu a observação e delimitação das artérias coronárias. Porém, foi possível acompanhar a variação de calor de todo o tecido miocárdico, demonstrando uma redução significativa da temperatura no período de parada circulatória, quando comparado com o mesmo momento do grupo sham (Figura 10). Segundo Brioschi (2002), essa redução de calor ocorre porque o fluxo sanguíneo para o coração é obstruído, levando a uma hipoperfusão e conseqüentemente uma reduzida emissão de calor pelos cardiomiócitos. Essa emissão de calor pelo miocárdio é determinada pelo fluxo sanguíneo cardíaco e seu metabolismo. Foi observada uma área de menor temperatura localizada próxima ao óstio da veia cava caudal e no átrio direito, indicando que essas regiões podem ser as primeiras a sofrerem os efeitos deletérios da isquemia.

Pode inferir que a indução da parada circulatória foi a responsável pela hipotermia, no momento M5 dos animais do grupo tratado. Orton (1995), em sua pesquisa sobre parada cardiopulmonar, concluiu que a relação entre a temperatura do paciente no período transoperatório e o tempo da parada circulatória está intimamente relacionada à aplicação da técnica de *inflow occlusion*, sendo observado hipotermia nos pacientes submetidos a essa técnica. Uma vez que o retorno venoso cardíaco é ocluído e é estabelecida a estase sanguínea, a queda da temperatura observada constituiu-se em mecanismo de defesa orgânica metabólica contra a parada circulatória total. De forma contraditória, Stopiglia et al. (2001), em sua pesquisa, observaram que o grupo que sofreu parada circulatória total, apresentou, neste momento, a temperatura maior que no momento anterior. Essa

menor temperatura no momento em que antecedeu à parada circulatória foi justificada pela indução anestésica.

A videotermometria de campo aberto em tempo real pode ser afetada por alguns fatores externos, como por exemplo, a temperatura do ambiente onde é realizado o exame. Portanto, um ambiente controlado é essencial para garantir a confiabilidade da imagem videotermográfica (ALSAAOD & BUSCHER, 2012). Em nosso estudo, o ambiente da sala cirúrgica foi mantido a um condicionamento de 18°C, não sendo observada nenhuma interferência da temperatura ambiente na obtenção das imagens térmicas.

Os episódios de desequilíbrio ácido-básico são comumente observados durante cirurgias cardíacas, em especial, quando há oclusão do retorno venoso para o coração, determinando hipóxia tecidual. Esse tipo de quadro ocorre em procedimentos que envolvem a técnica de *inflow occlusion* (RAIA & ZERBINI, 1998). O diagnóstico das desordens ácido-básicas é baseado no pH, na PCO<sub>2</sub> e nas concentrações de bicarbonato no sangue, onde um aumento dos íons H<sup>+</sup> é indicativo de acidose e uma redução dos mesmos íons, uma alcalose (BROOKS & FRELDMAN, 1962). A análise da PCO<sub>2</sub> e das concentrações de bicarbonato auxiliam a determinar a causa exata da variação de pH (BATEMAN, 2008). Segundo o estudo de Bailey (1998), onde foi observado que a cada grau centígrado o pH sofre uma variação de 0,15 unidades, indicando que variações de temperatura influenciam em alterações significativas do pH sanguíneo. Em um estudo similar, Smith e Yamat (2000) chegaram a mesma conclusão em sua pesquisa.

No presente trabalho verificou-se que, nos momentos M5 e M10 do grupo tratado, houve uma redução nos valores de pH arterial, mas não pode atribuir essa redução isoladamente à variação da temperatura corporal. Essa redução ocorreu quando foram estabelecidas condições de anaerobiose metabólica, conforme Kwasnicka et al (2000) e Vale et al (2016) observaram em seu trabalho. No grupo tratado, esta condição foi obtida através da parada circulatória.

Kwasnicka et al (2000) e Vale et al (2016) observaram a redução do pH arterial dos animais submetidos a cinco minutos de oclusão do retorno venoso ao coração, utilizando a técnica de *inflow occlusion* e posterior recirculação, o que está de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa. A recirculação sanguínea no grupo tratado não foi suficiente para reverter o quadro de acidose que foi estabelecido logo após a oclusão das veias cava caudal, cava cranial e ázigos.

A PaCo<sub>2</sub> aumentou significativamente em resposta ao período de parada circulatória, devido à redução da oferta de oxigênio, mantendo-se elevada mesmo após a recirculação sanguínea, corroborando com os resultados obtidos por Vale et al (2016), que também identificaram uma desordem respiratória aguda.

Não houve variação estatisticamente significativa das concentrações de bicarbonato no período de 5 minutos de parada circulatória, ratificando os achados de Kwasnicka et al (2000), que em sua pesquisa com cães, não encontraram variação nas concentrações de bicarbonato nos animais do grupo submetido a 5 minutos de parada circulatória e posterior reperfusão. Porém, houve um discreto aumento no momento M5, em provável tentativa de compensar a acidose respiratória, como conclui em seu trabalho Terra Filho (1998). A compensação renal na acidose respiratória é lenta, começando em horas e ficando completa de 2 até 5 dias (SCHWADERER & SCHWARTZ, 2004).

Foi observado o aumento da concentração de lactato no momento de isquemia cardíaca induzida e o aumento se manteve mesmo com a recirculação sanguínea. Durante o momento 5, o quadro de anaerobiose metabólica, decorrente da redução da perfusão tissular e da oferta de oxigênio, resulta em acidose láctica e aumento do lactato. É um achado comum na hipóxia tecidual associada à falha circulatória aguda (DE BACKER, 2003). Vale et al (2010) concluíram que o estabelecimento da técnica de *inflow occlusion* leva a um aumento significativo do lactato, no momento da parada circulatória, devido à transição para o metabolismo anaeróbico e que nem mesmo o período de recirculação estabelecido em sua pesquisa, foi suficiente para normalizar os valores de lactato.

O aumento do lactato ocorre pela manutenção da hipóxia tecidual, onde a glicose produzida no fígado retorna aos tecidos, sofrendo glicólise fermentativa, contribuindo para o aumento do ácido láctico. Com o aumento dos níveis de ácido láctico, há deficiência de neutralização pelo bicarbonato plasmático, resultando em acidose láctica. A associação da acidose láctica e da carência de energia, conduz a morte celular (TERZI, 1995), que no tecido cardíaco, de forma crônica, leva a injúria irreversível de suas células, ocorrendo infarto ou necrose do cardiomiócitos (GIRALDEZ; RAMIRES, 2000).

## 6 CONCLUSÃO

A videotermometria de campo aberto em tempo real foi eficiente em identificar a variação de temperatura do tecido miocárdio, sendo observada uma área de menor temperatura no óstio da veia cava caudal e no átrio direito, no período de isquemia cardíaca. Tal observação pode indicar, de forma precoce, que as primeiras áreas cardíacas a sofrerem com os processos relacionados à isquemia, são as estruturas previamente citadas.

Conclui-se também, que em coração de coelho, se tornou inviável o estudo termo angiográfico das coronárias, devido ao reduzido tamanho das estruturas, sendo necessária a utilização de uma espécie maior de animal de experimentação para essa finalidade.

## REFERÊNCIAS

ABERNATHY, M.; BRANDT, M. M.; ROBINSON, C. Noninvasive testing of the carotid system. **American, Family Physician**, v. 29, p. 157-171, 1984.

ALSAAOD, M. BUSCHER, W. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 735-742, 2012.

ASIMOV, I. **Asimov's Chronology of Science and Discovery**. Harper Collins Publishers, 1994.

BAILEY, J. E.; PABLO, L. S. Practical approach to acid-base disorders. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 28, n. 3, p. 645-661, 1998.

BATEMAN, S. W. Making sense of blood gas results. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 38, p. 543-557, 2008.

BATISTA, J. C. H. Detecting A H1N1 in Tocumen International Airport in Panama. **FLIR Technical Series** Application Note for Research & Science, 2011.

BRAILE, D. M.; GODOY, M. F. História da cirurgia cardíaca no mundo. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 27, n. 3, p. 125-134, 2012.

BELETTINI, S. T.; ALBERTON, L. R.; SILVA, R. P. B.; STEL, R. F.; LOURENÇO, W. S.; PACHALY, J. R. Avaliação dos níveis séricos de lactato em cães submetidos a anestesia dissociativa. **Arquivos de Ciências Veterinária e Zoologia da Unipar**, v.11, n.2, p. 87-95, 2008.

BRAZ, J. R. C. Fisiologia da termorregulação normal. **Revista Neurociências**, v. 13, n. 3, 2005.

BRIOSCHI, M. L.; CIMBALISTA, M. J.; COLMAN, D. et al. Termo-coronário-angiografia: padronização do método e primeiras aplicações técnicas no Brasil. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 17, n. 2, p. 15-19, 2002.

BRIOSCHI, M. L.; MACEDO J. F.; MACEDO, R. A. C. Termometria Cutânea: Novos Conceitos. **Jornal Vascular Brasileiro**, v.2, n. 2, p. 151-160, 2003.

BRIOSCHI, M. L.; SILVA, F. M. R. M.; MATIAS, J. E. F. et al. Infrared Imaging for Emergency Medical Services (EMS): Using an IR camera to identify life-threatening emergencies. **InfraMation Proceedings ITC**, 126A, 2008.

BROOKS, D. K.; FELDMAN, S. A. Metabolic acidosis (A new approach to "neostigmine resistant curarization"). **Anesthesia**, v. 17, n.2, p. 161-162, 1962.

BURGENER, I. A.; KOVACEVIC, A.; MAULDIN, G. N. et al. Cardiac Troponins as Indicators of Acute Myocardial Damage in Dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v.20, p.277-283, 2006.

CALASANS-MAIA, M. D.; MONTEIRO, M. L.; ÁSCOLI, F. O. et al. The rabbit as an animal model for experimental surgery. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 325-328, 2009.

CAVALCANTI, G. A. O.; ARAÚJO, R. B.; MELO, E. G. et al. Infarto agudo do miocárdio e injeção intramiocárdica experimental em cães: estudos clínico, enzimático, eletrocardiográfico e ecocardiográfico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 2, p. 286-294, 2012.

DAHLOF, B. Cardiovascular disease risk factors: epidemiology and risk assessment, **American Journal of Cardiology**, v. 105, (Suppl. 1), p. 3A-9A, 2010.

DE BACKER, D. Lactic acidosis. **Minerva Anestesiologica**. v. 69, n. 4. p. 281-284. 2003.

DUTTA, P.; COURTIES, G.; WEI, Y. et al. Myocardial infarction accelerates atherosclerosis. **Nature**, v. 487, p. 325-329, 2012.

EMERY, R. W.; EMERY, A. M.; FLAVIN, T. F. et al. Revascularization using angioplasty and minimally invasive techniques documented by thermal imaging. **Annals of Thoracic Surgery**, v. 62, p. 591-593, 1996.

FRANGOIANNIS, N. G.; PERRARD, J. L.; MENDOZA, L. H. et al. Stem cell factor induction is associated with mast cell accumulation after canine myocardial ischemia and reperfusion. **Circulation**, v. 98, n. 7, p. 687-698, 1998.

FREITAS, R. R.; STOPIGLIA, A. J.; FANTONI, D. T. et al. Surgical correction of atrial septal defect using the Inflow Occlusion Technique. **Brazilian Journal of Veterinary Animal Science**, v. 42, n. 3, p.193-195, 2005.

GARAGIOLA, U.; GIANI, E. Use of telethermography in the management of sports injuries. **Sports Medicine**, v. 4, p. 267-272, 1990.

GIRALDEZ, R. R. C. V.; RAMIRES, J. A. F. Fisiopatologia da isquemia miocárdica: da isquemia às novas síndromes isquêmicas e lesão de reperfusão In: ROCHA E SILVA, M. **Fisiopatologia cardiovascular**. São Paulo. Editora Atheneu, 2000, p. 91-100.

GRAENER, R.; WERNER, J. BUSE, M. Properties of central control of body temperature in rabbit. **Biological Cybernetics**, v. 50, n. 6, p. 437-445, 1984.

GUYTON & HALL. Tratado de Fisiologia Médica, cap. 72. Energética Celular e o Metabolismo Basal, Rio de Janeiro, 12° ed., 2011.

HASKINS, S.; ALDRICH, J. Monitoring the critically ill patient. In: Proceedings from a series of intensive care seminars, held in Auckland and Christchurch. **Publication for Veterinary Continuing Education**, n.156, p.1- 27, 1994.

HEARSE, D. J. Ischemia, reperfusion and cardioprotection: successes and failures in the journey from molecule to man. **Europe Heart Journal Supplements**, v. 3, n. *Supplement C*, p. C11-C21, 2001

HOUDAS, Y.; RING, R. F. J. Human body temperature - its measurements and regulation. New York, Plenum, 1982.

HUNT, G. B.; MALIK, R.; BELLENGER, C. R. et al. Total Venous Inflow Occlusion in the normothermic dog: a study of haemodynamic, metabolic and neurological consequences. **Research in Veterinarian Science**, v. 52, n. 3, p. 371-377, 1992.

JONAS, R. A.; CASTANEDA, A. R.; FREED, M. D. Normothermic caval inflow occlusion: application to operations for congenital heart disease. **Journal of thoracic and cardiovascular surgery**, v. 89, n, 5, p. 780-786, 1985.

JONES, B. F. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine, **IEEE Transactions on Medical Imaging**, v. 17, p. 1019–1027, 1998.

.KIZILTEPE, U.; EYILETEN, Z. B.; UYSALEL, A. et al. Acute pulmonary hypertensive crisis after Total Anomalous Pulmonary Venous Connection repair treated with atrial

septectomy with inflow occlusion. **Internal Journal of Cardiology**, v. 87, n. 1, p. 107-109, 2003.

KLEIN, A. A.; SNELL, A.; NASHEF, S. A. M. et al. The impact of intra-operative transoesophageal echocardiography on cardiac surgical practice. **Journal of the Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland**, v. 64, p. 947-952, 2009.

KWASNICKA, K. L.; STOPIGLIA, A., J.; FREITAS, R. R. et al. Avaliação hemogasométrica durante a parada circulatória total - Inflow Occlusion - aplicada por diferentes períodos de tempo em cães saudáveis. **Brazilian Journal of Veterinary research and Animal Science**, v. 37, n. 3, p. 234-242, 2000.

LAHIRI, B. B.; BAGAVATHIAPPAN, S.; JAYAKUMAR, T. et al. Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 55, p. 221-235, 2012.

LUZ, H. L. M.; JUNIOR, J. O. C. A. Temperatura e alterações no equilíbrio ácido-base de pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea, sob normotermia e hipotermia. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 52, n. 2, p. 197-208, 2002.

MARR, C. M. Microwave thermography: a non invasive technique for investigation of injury of the superficial flexor tendon in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v.4, n. 24, p. 269-273, 1992.

MARTINS, L. G. A.; RAISER, A. G.; BRAGA, F. V. A.; RAPPETI, J. C.; POHL, V. H. Ventriculectomia parcial mediante oclusão do influxo venoso cardíaco em cães. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1830-1835, 2009.

MIZIARA, I. D.; MAGALHÃES, A. T. M.; SANTOS, M. A. et al. Ética da pesquisa em modelos animais. **Brazilian journal of otorhinolaryngology**, v. 78, n. 2, p. 128-131, 2012.

MOHR, F. W.; MATLOFF, J.; GRUNDFEST, W. et al. Thermal Coronary Angiography: a method for assessing the graft patency and coronary anatomy in coronary bypass surgery. **Annals of Thoracic Surgery**, v. 42, p. 441-449, 1989.

NG, E. Y. K.; A review of thermography as promising non-invasive detection modality for breast tumor. **International Journal of Thermal Sciences**, v. 48, p. 849-859, 2009.

ORTON, E. C.; BRUECKER, K. A.; MCCRACKEN, T. O. An Open Patch-Graft Technique for Correction of Pulmonic Stenosis in the Dog; **Veterinary Surgery**, v. 19, n. 2, p. 148-154, 1990.

ORTON E. C. 1995. and cardiopulmonary bypass, p.185 - 202. In: Orton E.C. (Ed.), *Small Animal Thoracic Surgery*. Lea and Febiger, Philadelphia.

REDAELLI, V.; LUDWIG, N.; COSTA, L. N. et al. Potencial application of thermography (IRT) in animal production and for animal welfare. A case report of working dogs. **Annali dell' Istituto Superiore di Sanità**, v. 50, n. 2, p. 147-152, 2014.

RAIA, A. A.; ZERBINI, E. J. **Clínica cirúrgica Alípio Correa Netto**, p. 502-515, 1998.

RALSTON, W. H.; ROBBINS, M. S.; JAMES, P. Reproduction developmental, and genetic toxicology of ioversol. **Investigative Radiology**, v. 24, n. 1, p. 16-22, 1989.

RING, E. F. J. Pioneering progress in infrared imaging in medicine, **Quantitative Infrared Thermography Journal**, p. 1-9, 2014.

RING, E. F. J. The historical development of temperature measurement in medicine, **Infrared Physics & Technology**, v. 49, p. 297–301, 2007.

RING, E. F. J.; AMMER, K. The technique of infrared imaging in medicine, **Thermology International**, v. 7, p. 7–14, 2007.

ROBICSEK, F.; MASTERS, T. N.; SVENSON, R. H. et al. The application of thermography in the study of coronary blood flow. **Surgery**, v. 84, p.858-864, 1978.

SANTOS, A. L. F.; LARSSON, M. H. M. A.; PEREIRA, G. G. et al. Dosagem sérica de troponina I em cães com desnível do segmento ST utilizando quimioluminescência. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1330-1336, 2011.

SCHANAIDER, A.; SILVA, P. C. Uso de animais em cirurgia experimental. **Acta de Cirurgia Brasileira**, v. 19, p. 441-447, 2004.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N.; TESSARO, S. V. et al. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, p. 73–80, 2003.

SCHAEFER, P. C.; PROKOP, M. MDCT for the diagnosis of acute pulmonary embolism. **Europe Radiology**, v. 15, Suppl, 4, p. D37–D41, 2005.

SCHWADERER, A. L.; SCHWARTZ, G. J.; Back to basics: Acidosis and alkalosis. **Pediatrics in Review**, v. 25, n.10, p. 350-357, 2004.

SMITH, C. E.; YAMAT, R. A. Avoiding hypothermia in the trauma patient. **Current Opinion in Anaesthesiology**, v. 13, p. 167-174, 2000.

STEWART, M.; WEBSTER, J. R.; SCHAEFER, A. L. et al. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, v. 14, p. 319–325, 2005.

TERRA FILHO, J. Avaliação laboratorial da função pulmonar. In: SIMPÓSIO: DOENÇAS PULMONARES, 31, 1998, Ribeirão Preto. p. 191-207.

THIRUVENGADAM, J.; ANBURAJAN, M.; MENAKA, M. et al. Potential of thermal imaging as a tool for prediction of cardiovascular disease. **Journal of Medical Physics**, v. 39, p. 98-105, 2014.

TERZI, R. G. G. Acidose láctica no paciente hemodinamicamente instável. In: TERZI, R; ARAÚJO, S. **Monitorização hemodinâmica e suporte cardiocirculatório do paciente crítico**. São Paulo. Editora Atheneu, 1995, p. 219-232.

THOMAS, W.P. Myocardial disease of the dog. In: BONAGURA, J. D. (Ed.). **Contemporary issues small animal practice: Cardiology**, v. 7, p.117-155, 1987.

TOPALIDOU, A.; DOWNE, S. Investigation of the use of thermography for research and clinical applications in pregnant women. **Infrared Physics & Technology**, 75, p. 59-64, 2016.

TURNER, T. A.; PUROHIT, R. C.; FESSLER, J. F. Thermography: A review in equine medicine. **Equine Veterinary Science** v. 5, p. 8–10, 1986.

VALE, D. F.; RAMOS, R. M.; FERREIRA, F. S. et al. Comportamento da frequência cardíaca e da temperatura corpórea em coelhos submetidos à parada circulatória cardíaca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 4, p. 923-930, 2010.

VALE, D. F.; DA SILVA, R. M.; DE AGUIAR, R. R. et al. The Correlation of Glycogen Metabolism in Rabbit Myocardial Ischemia. **Veterinary Science and Technology**, v. 7, issue 1, 2016.

VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. Use of infrared thermography to detect infections and palmar digital neurectomy in horses. **The Veterinary Journal**, v. 64, p. 129-141, 2002.

VAN SON, J. A. M.; FALK, V.; WALTHER, T. et al. Thermal Coronary Angiography for Intraoperative Testing of Coronary Patency in Congenital Heart Defects. **Annals of Thoracic Surgery**, v. 64, p. 1499-1500, 1997.

VARCO, R. L. Discussion of Muller W H, Longmire HP Jr. The surgical treatment of cardiac vascular stenosis. **Surgery**, v. 30, p. 29-42, 1951.

WARE, W. A. Cardiovascular disease in small animal medicine, 1.ed., London: Manson Publishing, p. 396, 2007.

WHITE, H. D.; CHEW, D. P. Acute myocardial infarction. **Lancet**, v. 372, n. 9638, p. 570-584, 2008.

YU, F.; AI, L.; DAI, W. et al. Thermal sensors to detect changes in heat transfer in the pre-atherosclerotic regions of fat-fed New Zealand white rabbits. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 39, p.1736-1744, 2011.

ZHENG, J.; WEI, C. C.; HASE, N. et al. Chymase Mediates Injury and Mitochondrial Damage in Cardiomyocytes during Acute Ischemia/Reperfusion in the Dog. **Public Library of Science ONE**, v. 9, n. 4, p. e94732, 2014. Disponível em: <[www.plosone.org](http://www.plosone.org)>. Acesso em: 17 dez. 2014.