

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

RODINEY PINHEIRO DENEVITZ

**Avaliação videotermométrica do sistema cardiorrespiratório após inflow
occlusion em suíno *Large White***

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

DEZEMBRO - 2021

RODINEY PINHEIRO DENEVITZ

**Avaliação videotermométrica do sistema cardiorrespiratório após inflow
occlusion em suíno *Large White***

Dissertação de mestrado apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial do programa de pós-graduação em Ciência Animal, na área de concentração de Sanidade Animal.

Orientador: Prof. Dr. André Lacerda de Abreu Oliveira

Profa. Dra. Paula Di Filipp (CCTA - UENF)

Dra. Paula Gebe Abreu Cabral

Dr. Renato Moran Ramos

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

Campos dos Goytacazes – RJ

Dezembro – 2021

Dedico essa jornada aos meus pais, David e Marlene (*in memoriam*), assim como ao meu querido irmão, Roudimar e ao meu sobrinho João Gabriel que me inspira a deixar um legado de exemplos a ser seguido.

Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças, coragem e disposição para chegar até aqui, sei que só estou no início de minha caminhada.

A Henrique Klein e Alice Leite, que me acolheram em seu lar, sem ao menos me conhecer e fizeram de seu lar o meu lar, a eles sempre minha gratidão.

Aos meus pais que me incentivaram a buscar o caminho da educação para sair do meio social em que vivia.

A minha amiga Eliete Ferreira, que esteve presente com palavras incentivadoras me encorajando a não desistir.

A Conceição Sanches, por ser essa pessoa iluminada que se tornou uma amiga nos anos em que trabalhei na Veterinária Bem-Estar, que sempre me acudiu em momentos cruciais, por me instigar e apoiar, por suas palavras acolhedoras e de fé.

A meu orientador, por ter dedicado seu tempo em me orientar e pelas horas de convivência e dedicação à pesquisa, a você o meu mais sincero obrigado.

Ao meu mais que amigo (irmão) Ivaney Azevedo, que esteve comigo nessa caminhada desde o dia em que nos conhecemos no trote, por dividir comigo anseios, medos e incertezas, por seu companheirismo e cumplicidade.

A minha amiga Isabella Morales, por sua lealdade e fraternidade e por dividir comigo idas e vindas à universidade, aos congressos, aos churrasquinhos...

À Universidade Estadual do Norte Fluminense, ao corpo docente, aos técnicos administrativos e todo o pessoal de apoio.

Aos colegas de laboratório e da UEA, por dividir o espaço e as experiências que permitiram meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

A obtenção da imagem térmica tem sido considerada um método de alta aplicabilidade na medicina clínica, alguns estudos apontam a utilidade do método no auxílio ao tratamento cirúrgico de cardiopatias adquiridas e congênitas. O estudo da termometria relacionada à isquemia cardíaca, na medicina veterinária, carece de trabalhos. Para realização de procedimentos intracardíacos é necessário um equipamento de circulação extracorpórea. Alternativamente, outra abordagem cardíaca aberta é possível por intermédio de técnicas de oclusão do fluxo cardíaco, permitindo o acesso intracardíaco por um tempo limitado, sem a necessidade de equipamento específico. O estudo tem como objetivo avaliar com o auxílio da videotermometria, as repercussões hemodinâmicas e estruturais do sistema cardiopulmonar de indivíduos submetidos a parada circulatória temporária (Inflow Occlusion). Foram utilizados seis suínos da raça Large White jovens, hígidos, pesando entre 14 e 20 kg. Os animais foram colocados no acesso para indução anestésica, administração de analgésicos e realização do ecocardiograma com Doppler colorido e tomografia de tórax, no pré e pós-operatório, sendo realizada anestesia inalatória e toracotomia intercostal no quinto espaço intercostal esquerdo. As veias cavas cranial e caudal e veia ázigos foram identificadas e dissecadas de forma que fosse possível o clampeamento temporário utilizando pinças vasculares Debakey, realizando-se a parada circulatória. O tempo foi cronometrado e a circulação liberada após dois minutos. As análises hemogasométricas foram realizadas a partir da punção intracardíaca do ventrículo esquerdo 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. Foram realizados os testes hemogasométricos: CG8⁺ e tempo de coagulação ativado. O CG8 foi analisado em 4 tempos: no início do ato cirúrgico (M0), imediatamente à oclusão (M1), após a liberação da oclusão (M2) e após 10 minutos de recirculação (M3). O tempo de coagulação ativado foi analisado após 7 minutos de heparinização dos pacientes. Os dados foram tabelados e analisados pelo programa Graph Pad Pris versão 6.0. Os dados foram corrigidos pelo teste de Bartlett e posteriormente foi feita análise de variância seguida pelo teste de média Newmann-Keuls ($p < 0,05$). Os resultados demonstraram que houve diferença significativa no pH e pCO₂ no M3 se comparado ao controle M0. Enquanto que os valores de pO₂ foram significativos em M1 e M2 se comparado ao controle. O bicarbonato também apresentou redução significativa em M2 e M3, provavelmente para corrigir uma acidose respiratória, mas a fração final de CO₂ se manteve estável durante todo o período experimental. A glicemia apresentou um aumento gradativo e significativo ao longo do experimento, sugerindo uma mobilização energética. Alterações nas demais variáveis fisiológicas ao final do experimento não foram impactantes clinicamente. 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. 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. Concluímos que o tempo de parada circulatória de dois minutos pela técnica de Inflow Occlusion é segura.

Palavras-Chave: termometria, isquemia, cirurgia cardiovascular; tórax; parada circulatória.

ABSTRACT

Obtaining the thermal image has been considered a method of high applicability in clinical medicine, and studies suggest the usefulness of the method to aid in the surgical treatment of acquired and congenital heart disease. There are a few known studies in veterinary medicine regarding the use of thermometry in cardiac ischemia. In order to perform intracardiac procedures, cardiopulmonary bypass equipment is required. Alternatively, another open cardiac approach is possible through cardiac flow occlusion techniques, allowing intracardiac access for a limited time, without the need for specific equipment. This study aims to evaluate the hemodynamic and structural repercussions of the cardiopulmonary system of individuals undergoing temporary circulatory arrest (Inflow Occlusion). Six healthy young Large White pigs weighing between 14 and 20 kg were used. The color Doppler echocardiogram and chest tomography were realized before and after surgery through sedation. Animals were placed in venous access for anesthetic induction and maintained under inhalation anesthesia. Surgical access was performed from an intercostal thoracotomy in the fifth left intercostal space. The cranial and caudal vena cava and azygos vein were identified and dissected in such a way that temporary clamping using Debakey vascular clamps was possible, and the circulatory arrest was performed. The time was timed and circulation released after two minutes. Blood gas analyzes were performed from the intracardiac puncture of the left ventricle. We performed two hemogasometric tests: CG8+ and Activated Clotting Time. The CG8+ was analyzed in four stages: at the beginning of the surgical procedure (M0), immediately after occlusion (M1), after release of the occlusion (M2) and after 10 minutes of recirculation (M3). Activated clotting time was analyzed after 7 minutes of patients' heparinization. Data were tabulated and analyzed using Graph Pad Pris version 6.0. Data were corrected by Bartlett's test and then analysis of variance followed by Newmann-Keuls mean test ($p < 0.05$). The results showed that there was a significant difference in pH and $p\text{CO}_2$ in M3 compared to control M0. While $p\text{O}_2$ values were significant in M1 and M2 compared to the control. Bicarbonate also showed a significant reduction in M2 and M3, probably to correct a respiratory acidosis, but the final CO_2 fraction remained stable throughout the entire experimental period. Blood glucose showed a gradual and significant increase throughout the experiment, suggesting an energy mobilization. Changes in physiological variables at the end of the experiment were not clinically impactful. 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. 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.

Key words: thermometry, ischemia, cardiovascular surgery; chest; circulatory arrest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espectro eletromagnético e luz visível	15
Figura 2 – Realização da tomografia computadorizada em modelo experimental suíno. (Fonte: SANTOS, 2021)	28
Figura 3 – Manutenção anestésica inalatória por meio de intubação orotraqueal e mensuração da SPO2 por sensor acoplado no lábio inferior. (Fonte: SANTOS, 2021)	29
Figura 4 - Punção cardíaca do ventrículo esquerdo para coleta de amostra sanguínea e sequente análise hemogasométrica. (Fonte: SANTOS, 2021).	30
Figura 5 - Toracotomia sobre o quinto espaço intercostal esquerdo (5º EIC – E). (Fonte: SANTOS, 2021)	31
Figura 6 - Exposição da cavidade torácica e coração com o auxílio de afastador de finochietto. (Fonte: SANTOS, 2021)	31
Figura 7 - Veia cava caudal identificada e dissecada previamente ao clampeamento e execução da Inflow Occlusion. (Fonte: SANTOS, 2021)....	32
Figura 8 – Inflow Occlusion do coração a partir do clampeamento das veias cava cranial, caudal e ázigos utilizando pinças vasculares. (Fonte: SANTOS, 202)	32
Figura 9 - Tomografia Computadorizada (TC) de tórax evidenciando densidade habitual dos campos pulmonares e estruturas cardiovasculares preservadas no momento pré-operatório. (Fonte: SANTOS, 2021)	35
Figura 10 – Análise estatística comparando os achados tomográficos encontrados antes e após o ato cirúrgico. (Fonte: SANTOS, 2021)	36
Figura 11 - Tomografia Computadorizada (TC) de tórax no momento pós-operatório evidenciando densidade de ar na parede torácica esquerda (enfisema subcutâneo) e edema subcutâneo associado a presença do dreno; Retração dos lobos pulmonares caudais (atelectasia) e presença de densidade ar livre na região interna da cavidade pleural, com maior acometimento do hemitórax direito (pneumotórax) evidenciado no aspecto caudal dos campos pulmonares. (Fonte: SANTOS, 2021)	36
Figura 12 - Volume globular (VG), Hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM), e proteínas plasmáticas no pré-operatório (antes) e pós-operatório (depois) de suínos submetidos a Inflow Occlusion. (Fonte: SANTOS, 2021)	37
Figura 13 - Creatinina, AST e Fosforo no pré-operatório e pós-operatório de suínos submetidos a Inflow Occlusion. (Fonte: SANTOS, 2021).....	38
Figura 14 – Análise estatística das mensurações do pH e PCO₂ (Pressão parcial de dióxido de carbono) durante os momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021)	39

Figura 15 – Análise estatística das mensurações de pO₂ (pressão de oxigênio sanguíneo) e HCO₃ (Bicarbonato) durante os momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021)	39
Figura 16 - Análise estatística das mensurações da Saturação de Oxigênio (SatO₂) e TCO₂ (Total de dióxido de carbono) durante os momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021)	40
Figura 17 - Análise estatística das mensurações glicêmicas durante os momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021)	40
Figura 18 - Análise estatística das variações do hematócrito e hemoglobina durante os momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021)	41
Figura 19 - Análise estatística das mensurações de potássio (K) durante os momentos cirúrgicos do transoperatório. (Fonte: SANTOS, 2021).	41
Figura 20 - Tecido Pulmonar Normal. Alvéolos preservados revestidos por células escamosas. (Fonte: SANTOS, 2021)	42
Figura 21 - Miocardiócitos levemente espaçado com citoplasma expandido e leve dissociação de miofibrilas. (Fonte: SANTOS, 2021)	43
Figura 22 - Túbulos com acentuado acúmulo hidrópico intracitoplasmático (degeneração hidrópica). (Fonte: SANTOS, 2021)	43
Figura 23 - Edema Citotóxico. Neurônio aumentado de tamanho com citoplasma finamente e extensamente vacuolizado. (Fonte: SANTOS, 2021)	44
Figura 24: Variação de temperatura do tecido miocárdico, com a isoterma azul evidenciando a variação de calor no interior do coração. (A), (B), (C), veia cava caudal, átrio direito e ventrículo direito, respectivamente. Variação entre 36,6°C e 36,9 °C	45
Figura 25: Diferenças de temperaturas entre os tempos M0, M1, M2, M3. Na figura A, observa-se a isoterma azul indicando o fluxo circulatório com temperatura de 36,9 °C da veia cava caudal, para o átrio direito e ventrículo direito. Na Figura B, observa-se a alteração da coloração, com temperatura de 34°C. Na figura C observa-se mais uma alteração na coloração, indicando a temperatura de 33,4° C. A figura D indica a temperatura de 36,3 após o reestabelecimento do fluxo sanguíneo	45
Figura 24: Média de temperatura nos momentos M0, M1, M2 e M3, observa-se que durante o tempo de 2 min da inflow occlusion (momento M1 e M2) a temperatura cai e no momento M3 reperfusão a temperatura volta a su Figura 24: Media de temperatura nos momentos M0, M1, M2 e M3, observa-se que durante o tempo de 2 min da inflow occlusion (momento M1 e M2) a temperatura cai e no momento M3 reperfusão a temperatura volta a subir	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Graduação da gravidade das lesões através de mediana de escores pela estatística descritiva das alterações encontradas na TC e no histopatológico	35
Tabela 2 - Achados tomográficos das alterações pulmonares pós-cirúrgicas	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

pH - Potencial Hidrogeniônico

PaCO₂ - Pressão Parcial de Gás Carbônico

HCO₃ - Bicarbonato

CO₂ - 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

UEA – Unidade de Experimentação Animal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	12
3 OBJETIVOS	12
3.1 OBJETIVO GERAL	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4 REVISÃO DE LITERATURA	12
4.1 O USO DE SUÍNOS COMO MODELO EXPERIMENTAL	12
4.2 TERMOMETRIA	13
4.3 TERMOMETRIA NA AVALIAÇÃO CARDIOLÓGICA	16
4.4 ISQUEMIA DE MIOCÁRDIO	17
4.5 TÉCNICA DA INFLOW OCCLUSION	18
4.6.1 AVALIAÇÃO HEMOGASOMÉTRICA	19
4.6.2 CG8+	21
4.6.3 Tempo de Coagulação Ativado (TCA)	22
4.7 COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS	22
4.8 MODELO EXPERIMENTAL E LOCAL DE EXPERIMENTAÇÃO	24
4.9 EXAMES LABORATORIAIS	25
4.10 OBTENÇÃO DAS IMAGENS VIDEOTERMOMÉTRICAS	26
4.11 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	26
4.12 PROTOCOLO ANESTÉSICO	27
5 TEMPOS EXPERIMENTAIS E ANÁLISE HEMOGASOMÉTRICA	28
5.1 TÉCNICA OPERATÓRIA	29
5.1.2 Toracotomia	29
5.1.3 Oclusão temporária das vias venosas de entrada (<i>Inflow Occlusion</i>)	30
5.1.4 Toracorráfia	31

5.2 AVALIAÇÃO HISTOPATOLÓGICA	32
5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	32
6. RESULTADOS.....	33
6.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (TC)	33
6.3 EXAMES LABORATORIAIS E HEMOGASOMETRIA	36
6.4 AVALIAÇÃO HISTOPATOLÓGICA	41
6.5 AVALIAÇÃO VIDEOTERMOMÉTRICA	43
7 DISCUSSÃO	44
8 CONCLUSÃO	54
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 **INTRODUÇÃO**

2

3 O interesse por um novo método capaz de diagnosticar de forma precoce a
4 presença de isquemia miocárdica, principalmente durante o tratamento cirúrgico de
5 cardiopatias adquiridas e congênitas, vem assumindo destaque na medicina
6 veterinária. A possibilidade da detecção precoce das áreas de isquemia cardíaca,
7 torna a videotermometria de campo aberto em tempo real uma ferramenta promissora,
8 podendo favorecer o prognóstico dos animais submetidos à cirurgia cardíaca, uma
9 vez que a identificação dessas lesões pelo método, ocorre antes das alterações
10 eletrocardiográficas ou da redução dos índices sistólicos. Na medicina, é utilizada a
11 termometria com essa mesma finalidade, como por exemplo, para as detecções da
12 obstrução coronariana transoperatória (VAN SON et al., 1997) e da doença
13 cardiovascular aterosclerótica, antes mesmo do desenvolvimento dos sinais clínicos
14 de inflamação e do infarto agudo do miocárdio (YU et al., 2011). Na medicina
15 veterinária, em animais de produção, a termometria tem ampla utilização para detectar
16 a variação de temperatura, indicando a presença de um processo inflamatório local.
17 Porém, não são encontrados dados na literatura a respeito do uso da termometria, no
18 transoperatório de cirurgias cardíacas em pequenos animais. A fim de verificar a
19 aplicabilidade da videotermometria na detecção da isquemia cardíaca em correção da
20 estenose pulmonar, uma vez que essa cardiopatia congênita cursa com a
21 hipocirculação pulmonar e conseqüentemente, menor troca gasosa e oxigenação
22 tecidual. Uma das grandes dificuldades da sua correção é a necessidade de obter
23 acesso intraluminal sem iniciar um quadro hemorrágico e conseqüente choque
24 hipovolêmico durante a sua execução. Dentre as abordagens, a “inflow occlusion” é a
25 mais usual e de menor custo, no qual se provoca uma parada circulatória temporária
26 devido a oclusão dos vasos de entrada do coração (veias cava e ázigos), permitindo
27 um tempo limitado de execução, cerca de 2-3 minutos, inviabilizando a execução da
28 técnica por profissionais menos experientes.

29 O objetivo desta pesquisa foi avaliar a possibilidade de detecção precoce da
30 isquemia cardíaca. Para tal, foi utilizado a videotermometria, com o intuito de observar
31 as variações de temperatura do coração de suínos, submetidos à isquemia miocárdica
32 induzida e posterior reperfusão, avaliar os parâmetros hemogasométricos (pH,
33 PaCO₂, HCO₃) de suínos submetidos à isquemia miocárdica induzida e posterior
34 reperfusão. A relevância do trabalho consiste em favorecer o prognóstico dos

1 pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, possibilitando a detecção de áreas de
2 isquemia, antes da ocorrência de qualquer manifestação clínica.

3 Neste projeto a nomenclatura "videotermometria de campo aberto em tempo
4 real" se referirá ao escaneamento cirúrgico, que analisará alterações térmicas de
5 vasos, tecidos e órgãos em busca de alterações do metabolismo, em tempo real. A
6 hipótese deste trabalho é que este método diagnóstico será eficiente na detecção de
7 áreas de isquemia cardíaca em porcos submetidos à cirurgia cardíaca e avaliação de
8 isquemia e reperfusão cardiorrespiratória.

9 10 **2 JUSTIFICATIVA**

11 A avaliação de ambas as técnicas de inflow occlusion e a utilização da ECMO
12 representam novas possibilidades de prognóstico das cirurgias cardíacas de alta
13 complexidade.

14 15 **3 OBJETIVOS**

16 17 **3.1 OBJETIVO GERAL**

18 Avaliar a eficácia da técnica videotermometria em campo aberto durante a
19 realização da técnica da inflow occlusion

20 21 **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 22 • Avaliar se a técnica é aplicável ou não em cirurgia cardíaca, mas
23 especificamente em estenose de pulmonar.
- 24 • Avaliar os índices de isquemia e reperfusão.
- 25 • Avaliar a viabilidade da técnica.

26 27 **4 REVISÃO DE LITERATURA**

28 29 **4.1 O USO DE SUÍNOS COMO MODELO EXPERIMENTAL**

30
31 A utilização de animais em experimentos científicos é descrita desde o século
32 V antes de Cristo. No entanto, sua crescente aplicação ocorreu a partir do início do

1 século XIX. Vários avanços científicos na área da saúde são atribuídos aos modelos
2 animais (MIZIARA et al, 2012).

3 A escolha de uma espécie para experimentação científica é um fator
4 importante, devendo permitir praticidade em sua manipulação, enquadrar-se no
5 estudo a ser feito e refletir um baixo custo operacional (MASSONE, 2003). O uso de
6 modelos animais permite aos pesquisadores a investigação de doenças e a realização
7 de procedimentos que implicam em danos, não sendo ético a sua experimentação em
8 seres humanos (DI SENA, 2007).

9 A espécie suína encontra-se entre as primeiras a serem utilizadas na pesquisa,
10 com dados relatados na antiga Grécia, por Erasistratus (304 – 250 a.C.), para investigar
11 os mecanismos respiratórios, e em Roma, por Galeno (130 – 200 d.C.), no estudo do
12 sistema circulatório (GETTY, 1986). Os suínos são utilizados como modelo cirúrgico
13 geral para muitos órgãos e sistemas, na pesquisa cardiovascular incluindo
14 arteriosclerose, como modelos de sistema digestivo e em pesquisas relacionadas a
15 transplantes e vários tipos de técnicas cirúrgicas têm sido desenvolvidas para testar a
16 sua aplicabilidade em medicina humana, testar novos equipamentos, ou para os
17 cirurgiões desenvolverem a habilidade necessária (GANDARILLAS & BAS, 2009).

18

19 4.2 TERMOMETRIA

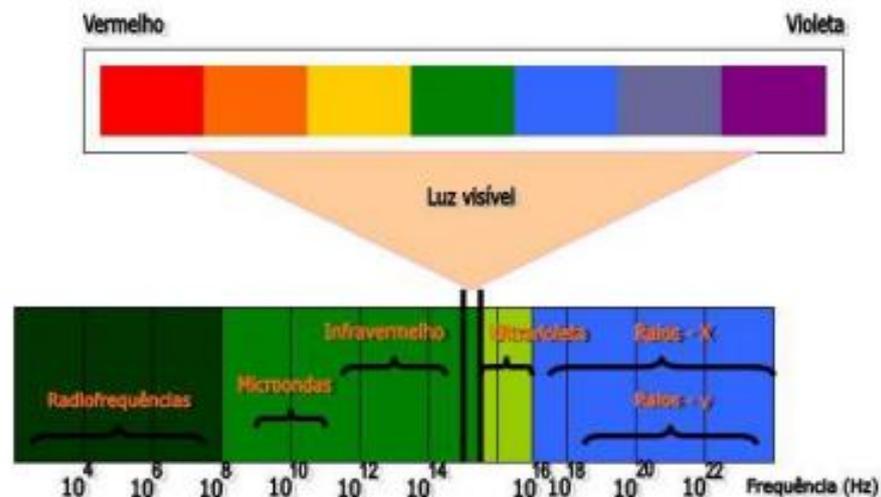
20

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

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

1 movimento dos fluidos. O sangue aquecido pelo metabolismo visceral e somático é
 2 convecionado pela rede vascular e transferido primeiro para o interior do corpo e em
 3 seqüência, para áreas de baixa temperatura. Desta forma, a convecção é o maior
 4 mecanismo de transferência de calor dentro do corpo (HOUDAS e RING, 1982).

5 O primeiro método de mensuração da temperatura só foi desenvolvido a partir
 6 do século 16, com o Termoscópio de Galileo (RING, 2007). Em 1800, Wiliam Herschel
 7 descobriu a radiação infravermelha e seu filho, John Herschel, gravou a primeira
 8 imagem térmica solar, abrindo novas possibilidades no estudo da temperatura (RING,
 9 2007). A radiação infravermelha está, no espectro eletromagnético, entre a luz visível
 10 e as micro-ondas, apresentando o comprimento de onda maior que o das ondas
 11 visíveis e menor que o das micro-ondas. Sua frequência de onda é menor que a das
 12 ondas visíveis e maior que as micro-ondas. A radiação infravermelha é classificada
 13 em três categorias: infravermelho curto, médio e longo.



14
 15 **Figura 1: Espectro eletromagnético e luz visível**

16 Os infravermelhos curtos estão na região do espectro mais próximas das ondas
 17 visíveis. Os infravermelhos longos estão na região do espectro mais próximas das
 18 micro-ondas e os infravermelhos médios localizam-se entre os infravermelhos curtos
 19 e longos, sendo que todos os objetos que possuem a temperatura acima do zero
 20 absoluto emitem radiação infravermelha ou radiação térmica (JONES, 1998). O
 21 primeiro detector infravermelho foi originalmente desenvolvido para o uso militar
 22 (ASIMOV, 1994) e seu uso na área das ciências médicas se iniciou apenas em 1934,

1 através dos experimentos de J. Hardy, principalmente no estudo do câncer de mama
2 (RING, 2007). Com o avanço tecnológico, a imagem térmica e os equipamentos, que
3 respectivamente, possuíam uma fraca qualidade de imagem e necessitavam de 4 a 5
4 minutos para a obtenção de uma imagem, foram sendo substituídos por imagens e
5 equipamentos de melhor qualidade (RING, 2004). Atualmente as imagens apresentam
6 alta qualidade e resolução, sendo produzidas por modernos detectores
7 infravermelhos, se tornando uma ferramenta diagnóstica mais precisa no estudo dos
8 padrões de temperatura (LAHIRI, et al., 2012). A aplicação biomédica da termometria
9 infravermelha na medicina veterinária é relativamente recente. A termometria ou
10 termografia infravermelha é um método diagnóstico seguro, não invasivo e de baixo
11 custo, que permite gravar a energia irradiada pelo objeto em estudo (RING, 2014; NG,
12 2009), formando uma representação pictural da temperatura irradiada através da
13 superfície deste objeto (TURNER et al., 1986). Não provoca nenhum dano a qualquer
14 paciente ou operador, uma vez que não utiliza substâncias radioativas, ultrassom ou
15 radiação penetrante. (REDAELLI, et al., 2014).

16 A captura da imagem é realizada por uma câmera infravermelha que detecta a
17 radiação térmica emitida pelo objeto em estudo, e a intensidade dessa radiação é
18 convertida em temperatura, dependendo da umidade, do fluxo de ar e da temperatura
19 ambiente (LAHIRI et al., 2012). Portanto, é de extrema importância na realização da
20 termografia infravermelha, que o objeto em estudo esteja em um ambiente controlado
21 (RING E AMMER, 2000). Diferentes autores preconizam a manutenção de diferentes
22 temperaturas do ambiente, para a realização do exame. Tal preconização está
23 diretamente relacionada ao tipo de tecido que será submetido ao exame, sendo
24 observada uma faixa de temperatura de 18°C - 25°C (LAHIRI et al., 2012). Já a
25 distância entre a câmera e o tecido em estudo não são fatores relevantes para o
26 sucesso do exame (TOPALIDOU e DOWNE, 2016). A faixa espectral ideal para a
27 utilização médica das câmeras de infravermelho são faixas de ondas longas de 7,5 a
28 13 microns. A imagem obtida pela câmara térmica é bidimensional, com cada ponto
29 da imagem contendo dados de temperatura. De um modo geral, para determinar se a
30 área em estudo apresenta uma temperatura alta ou baixa, preconiza-se que em área
31 de temperatura baixa, a representação é dada por cores escuras e em áreas de
32 temperatura elevada, por cores brilhantes (BATISTA, 2001). Esse método tem sido
33 utilizado em pesquisas, tanto na medicina quanto na medicina veterinária, visando,
34 principalmente, a detecção de inflamação local em decorrência de injúrias ou doenças

1 (SCHAEFER et al., 2003). Como o calor é considerado um dos sinais cardinais do
2 processo inflamatório, sua variação pode indicar a presença de inflamação do tecido
3 em estudo e alterações no metabolismo tecidual (STEWART et al., 2005; VAN
4 HOOGMOED e SNYDER, 2002). É uma técnica incapaz de fornecer informações
5 sobre a etiologia das doenças, fornecendo somente uma imagem em tempo real das
6 alterações térmicas ao longo do tempo (SCHAEFER et al., 2003). Algumas pesquisas
7 já evidenciam a utilidade da termometria infravermelha na detecção precoce de
8 doenças, como, por exemplo a raiva em animais selvagens de 15 cativeiro, a peste
9 suína clássica, a tuberculose bovina, a gripe aviária e outros distúrbios infecciosos
10 (BRIOSCHI, et al., 2003).

11

12 4.3 TERMOMETRIA NA AVALIAÇÃO CARDIOLÓGICA

13

14 Na cardiologia clínica, a termometria é utilizada no auxílio diagnóstico da
15 doença cardiovascular aterosclerótica, uma vez que o método é capaz de evidenciar
16 uma disfunção vascular através da variação de temperatura da pele do paciente, em
17 áreas específicas, sendo essa variação diretamente relacionada ao nível de oclusão
18 arterial pelos ateromas (THIRUVENGADAM, et al., 2014). Em coelhos com
19 aterosclerose, através da imagem térmica, foi observado um aumento da temperatura
20 arterial, mesmo antes dos animais desenvolverem sinais clínicos de inflamação. Essa
21 variação de temperatura foi correlacionada com o aumento da densidade celular,
22 conforme a progressão da aterosclerose (YU, et al., 2011). Além disso, é usada para
23 medir e mapear a temperatura da pele, na região pré-cordial, em pacientes que sofrem
24 de angina. Nesses pacientes, foi observado que o tamanho da área de variação
25 térmica e a própria temperatura da região pré-cordial foi maior do que em pacientes
26 normais. A doença arterial coronariana, nesses pacientes, foi confirmada por
27 angiografia. Portanto, a doença arterial coronariana é associada, de forma marcante,
28 com um aumento da temperatura na região pré-cordial (BRIOSCHI, 2008). A utilização
29 da imagem térmica por infravermelho também tem sido estudada em procedimentos
30 cirúrgicos, avaliando a microcirculação de órgãos e tecidos. O uso do método permite
31 a análise da vascularização do local cirúrgico e, assim, graus de isquemia, necrose
32 ou mesmo a viabilidade de enxertos cutâneos podem ser

33 investigados (BRIOSCHI et al., 2003). Nas cirurgias cardíacas, sua utilidade
34 inicial ocorreu em procedimentos de revascularização do miocárdio, onde o uso do

1 método assegura a patência e viabilidade dos enxertos e anastomoses nas cirurgias
2 coronarianas (MOHR, et al., 1989), indicando, através do grau de perfusão do enxerto,
3 a área cardíaca que está sendo suprida, o comportamento do fluxo sanguíneo e se há
4 ou não a presença de estenoses (BRIOSCHI et al., 2003). Além de possibilitar, no
5 transoperatório, a detecção precoce e a correção cirúrgica da obstrução do óstio
6 coronário, há relatos do uso da termometria no auxílio à correção de defeitos
7 cardíacos congênitos, envolvendo os grandes vasos, as valvas atrioventriculares e
8 semilunares (VAN SON et al., 1997).

9 10 4.4 ISQUEMIA DE MIOCÁRDIO

11 A isquemia miocárdica é conhecida como a privação de oxigênio,
12 acompanhada de inadequada remoção dos metabólitos devido ao déficit de perfusão
13 no tecido miocárdico (SANTOS et al., 2011). A partir da década de 50, em decorrência
14 do grande número de pacientes com doença cardíaca isquêmica, diversas pesquisas
15 foram desenvolvidas buscando melhor compreender a biologia da isquemia e estipular
16 possíveis tratamentos, visando o controle de sua progressão (HEARSE, 2001). Na
17 medicina, o infarto agudo do miocárdio ocorre em consequência da obstrução do fluxo
18 coronário, resultando em isquemia e necrose dos cardiomiócitos. É uma das maiores
19 causas de morbidade e mortalidade no mundo (WHITE & CHEW, 2008), sendo a
20 aterosclerose o principal fator responsável pela obstrução coronariana (DAHLOF,
21 2010). Durante a sua progressão, as placas ricas em gordura que estão localizadas
22 na parede arterial, são rompidas pela ação de células mielóides, culminando na
23 obstrução coronária, isquemia e infarto do miocárdio (DUTTA et al., 2014). Em cães,
24 o desenvolvimento de aterosclerose é uma condição rara, mas pode ocorrer
25 associado a dislipidemias, hipotireoidismo e estenose aórtica (WARE, 2007). A
26 presença de isquemia miocárdica, nesta espécie, já foi relatada como consequência
27 do embolismo coronariano, endocardite infecciosa, sepse e neoplasia pulmonar
28 (THOMAS, 1987). Ainda é citado que cães com dilatação cardíaca e redução dos
29 índices sistólicos, apresentam áreas isquêmicas no miocárdio. Além disso, a necrose
30 miocárdica e a isquemia focal podem ocorrer em resposta a afecções sistêmicas, em
31 decorrência das arritmias (BURGENER et al., 2006). 17 Na correção cirúrgica das
32 cardiopatias, a isquemia miocárdica pode estar presente devido à cardiopatia de base
33 ou pode ser induzida pela intervenção cirúrgica, como, por exemplo, quando utilizada
34 a técnica de parada circulatória total ou inflow occlusion, podendo causar arritmias e

1 redução dos índices sistólicos no transoperatório, em resposta à isquemia
2 (STOPIGLIA et al., 2001; MARTINS, et al., 2009). Como o estudo da isquemia cardíaca
3 ainda é relativamente recente na medicina veterinária, a literatura a respeito dos
4 processos relacionados a isquemia cardíaca e infarto do miocárdio ainda é escassa.
5 (CAVALCANTI et al., 2012).

6 7 4.5 TÉCNICA DA INFLOW OCCLUSION

8 A cirurgia cardíaca engloba um grande número de procedimentos e é dividida
9 em procedimentos cardíacos fechados, ou seja, aqueles que não necessitam da
10 abertura de uma câmara cardíaca e procedimentos cardíacos abertos, onde uma
11 câmara cardíaca precisa ser acessada, para a realização de algum reparo cirúrgico.
12 Para realizar uma cirurgia cardíaca aberta, é necessário induzir uma parada
13 circulatória, sendo essa manobra obtida através da técnica de Inflow occlusion ou da
14 circulação extracorpórea com parada cardiopulmonar (BRAILE & GODOY, 2012). A
15 Inflow occlusion é uma técnica que foi introduzida em 1951, a princípio, para auxiliar
16 no tratamento de pacientes com estenose da valva pulmonar, estenose da valva
17 aórtica e septectomias atriais (VARCO, 1951). Na medicina humana, sua utilidade foi
18 considerável até 1980, porém, a partir desse momento, com o advento da circulação
19 extracorpórea, a técnica de Inflow occlusion deixou de ser o procedimento padrão ouro
20 para a realização da cirurgia cardíaca aberta, passando apenas a ser utilizada em
21 intervenções cardíacas rápidas ou quando o uso da circulação extracorpórea fosse
22 contraindicada. (JONAS et al., 1985; KIZILTEPE et al., 2003). A técnica consiste na
23 oclusão das veias cavas cranial, caudal e da veia ázigos, interrompendo o retorno
24 venoso ao coração, permitindo rápidas intervenções extra ou intracardiácas, com um
25 menor risco de hemorragias (JONAS et al., 1985). Com a indução de uma parada
26 circulatória, passa a ser grande o risco do paciente desenvolver lesões neurológicas
27 e metabólicas como consequência dessa isquemia tecidual, sendo esse risco e a
28 gravidade da lesão definidos pelo tempo da estase circulatória. Na medicina humana,
29 os cirurgiões não excedem dois minutos de parada circulatória, afirmando que acima
30 desse período, podem ser observadas lesões neurológicas irreversíveis (JONAS et
31 al., 1985), e até mesmo lesão cardíaca e morte dos cardiomiócitos (ZHENG et al.,
32 2014). Em cães, não há definição referente ao período ideal para realização de parada
33 circulatória sem causar danos metabólicos e neurológicos. Portanto, é observada uma
34 variação de cinco a oito minutos, em normotermia (HUNT et al., 1992; ORTON, 1995;

1 FREITAS et al., 2005). Em coelhos, quando é realizado um período de cinco minutos
2 de recirculação sanguínea, a técnica do inflow occlusion pode ser prorrogada por mais
3 5 minutos (VALE et al., 2010). As cirurgias cardíacas cursam com importantes
4 alterações do equilíbrio ácido-básico, onde geralmente se instala um quadro de
5 acidose metabólica, que ocorre devido à mudança do metabolismo aeróbico para
6 anaeróbico na inflow occlusion (RAIA & ZERBINI, 1998). A presença de estase
7 sanguínea secundária a aplicação da técnica de inflow occlusion, desencadeia
8 alterações no equilíbrio ácido-básico do paciente, que podem ser reversíveis de acordo
9 com o tempo de oclusão (STOPIGLIA et al., 2001). O diagnóstico das desordens
10 ácido-básicas está baseado na interpretação das alterações do potencial
11 hidrogeniônico (pH), do excesso de bases (EB), da pressão parcial de gás carbônico
12 (PaCO₂) e concentração de bicarbonato (HCO₃) no sangue. Assim, mudanças no pH
13 podem ser um sinal tanto de um aumento nos íons hidrogênio, indicando uma acidose,
14 quanto de uma redução na concentração destes, indicando uma alcalose. A análise
15 em conjunto das alterações de dióxido de carbono (CO₂) e concentração de HCO₃
16 ajuda a determinar a causa da diferença de pH (KWASNICKA et al., 2000). Portanto,
17 a análise hemogasométrica torna-se essencial para o sucesso da cirurgia, e
18 conseqüentemente, para a manutenção da vida do paciente (HASKINS e ALDRICH,
19 1994).

20

21 4.6.1 AVALIAÇÃO HEMOGASOMÉTRICA

22

23 A hemogasometria é considerada o método mais adequado e confiável para
24 detectar alterações no equilíbrio ácido-base dos fluidos corporais. Durante atividade
25 intensa, ocorrem mudanças na diferença entre as pressões alveolar e arterial de
26 oxigênio (O₂), essa diferença pode impedir a difusão do O₂ dos alvéolos para o sangue
27 causando hipóxia (RIBEIRO FILHO *et al.* 2007).

28 De acordo com Rocco (2003), junto com as mudanças na pressão de O₂,
29 ocorrem mudanças na saturação de O₂ e também pode ocorrer hipercapnia. Outra
30 causa importante de hipoxemia é o aumento da velocidade do fluxo sanguíneo na
31 artéria pulmonar devido ao aumento do débito cardíaco, reduzindo o tempo de trânsito
32 dos eritrócitos nos capilares, diminuindo consideravelmente o tempo de captação de
33 O₂.

1 Segundo Camargo (2012), a hemogasometria está relacionada à análise do
2 valor do pH, gasometria e seus derivados gasosos. Devido a fatores específicos, como
3 metabolismo, o valor do pH, gasometria arterial e seus derivados gasosos podem ser
4 diferentes. A hemogasometria venosa é suficiente para determinar o equilíbrio ácido-
5 base. Também indica infecção (ex. intestino delgado) e auxilia na avaliação da
6 gravidade do choque. No que se refere a medição do eletrólito, são testes laboratoriais
7 importantes para caracterizar e avaliar desequilíbrios hidroeletrolíticos e ácido-base
8 (RIBEIRO FILHO *et al.* 2007).

9 Segundo Leal *et al.* (2008), este teste avalia a eficácia das trocas gasosas
10 respiratórias e dos parâmetros metabólicos (equilíbrio acidobásico). As medições dos
11 gases sanguíneos incluem: pressão parcial de oxigênio (PO_2), pressão parcial de
12 dióxido de carbono (pCO_2), pH sanguíneo, saturação de hemoglobina e concentração
13 de bicarbonato (HCO_3^-) e eletrólitos como sódio (Na), potássio (K) e cloro (Cl).

14 Segundo Rognant *et al.* (2010) isso é muito importante para quando animais
15 hospitalizados, seja possível monitorar a resposta ao tratamento, e ajuda na escolha
16 do melhor método para doenças metabólicas e respiratórias. Para manter as funções
17 dos organismos, ocorrerão reações enzimáticas para produzir substâncias
18 acidificadas e alcalinizadas.

19 Segundo Camargo (2012), quando a pCO_2 muda, é causada por certas
20 doenças respiratórias, enquanto as mudanças no HCO_3^- indicam metabolismo
21 anormal. Os componentes de gases sanguíneos são:

22 • pH: o pH indica a acidez ou alcalinidade da amostra. Um pH baixo é
23 compatível com acidemia e um pH alto com alcalemia (ANDREWS; GRINDEM, 2000).

24 • PO_2 : trata-se da pressão parcial (tensão) de oxigênio em uma fase
25 gasosa em equilíbrio com o sangue. Valores altos ou baixos indicam hipóxia e
26 hipoxemia respectivamente. A PO_2 no sangue venoso é menor do que no sangue
27 arterial devido à extração de oxigênio pelos tecidos periféricos (RIBEIRO FILHO *et al.*
28 2007).

29 • PCO_2 : trata-se da pressão parcial de PCO_2 em fase gasosa em equilíbrio
30 com o sangue. O PCO_2 dá uma indicação do componente respiratório dos resultados
31 dos gases sanguíneos. Um valor alto e baixo indica hipercapnia (hipoventilação) e
32 hipocapnia (hiperventilação), respectivamente. Um pCO_2 alto é compatível com

1 acidose respiratória e um $p\text{CO}_2$ baixo com alcalose respiratória (ANDREWS;
2 GRINDEM, 2000).

3

4

5 4.6.2 CG8⁺

6 O cartucho CG8⁺ destina-se ao uso na quantificação in vitro de sódio, potássio, cálcio
7 ionizado, glicose, hematócrito, pH, pressão parcial de oxigênio (PO_2) e pressão parcial
8 de dióxido de carbono (PCO_2) em artérias, veias ou sangue total capilar, conforme
9 Oyaert *et al.* (2018), a finalidade da medição destes itens são:

10

11 • Sódio (Na): As medições de sódio são usadas para monitorar
12 desequilíbrios eletrolíticos;

13 • Potássio (K): As medições de potássio são usadas no diagnóstico e
14 monitoramento de doenças e condições clínicas que manifestam níveis altos e baixos
15 de potássio;

16 • Cálcio ionizado (iCa): as medições de cálcio ionizado são usadas no
17 diagnóstico, monitoramento e tratamento de condições, incluindo, mas não se
18 limitando a, doença da paratireóide, uma variedade de doenças ósseas, doença renal
19 crônica, tetania e distúrbios relacionados a cirurgia e cuidados intensivos;

20 • Glicose (Glu): As medições de glicose são usadas no diagnóstico,
21 monitoramento e tratamento de distúrbios do metabolismo de carboidratos, incluindo,
22 mas não se limitando a, diabetes mellitus, hipoglicemia neonatal, hipoglicemia
23 idiopática e carcinoma de células das ilhotas pancreáticas;

24 • Hematócrito (Hct): As medições de hematócrito podem ajudar na
25 determinação e monitoramento do status do volume total de hemácias normal ou
26 anormal, incluindo, mas não se limitando a, condições como anemia, eritrocitose e
27 perda de sangue relacionada a trauma e cirurgia;

28 • pH, pressão parcial de oxigênio (PO_2), pressão parcial de dióxido de
29 carbono (PCO_2): as medições de pH, PO_2 e PCO_2 são usadas no diagnóstico,
30 monitoramento e tratamento de distúrbios respiratórios e distúrbios ácido-básicos
31 metabólicos e respiratórios. O bicarbonato é usado no diagnóstico e tratamento de
32 vários distúrbios potencialmente graves associados a alterações no equilíbrio ácido-
33 base corporal.

4.6.3 TEMPO DE COAGULAÇÃO ATIVADO (TCA)

Coagulação é a série de eventos que resultam na formação de um coágulo. No corpo, a coagulação ocorre após qualquer lesão em um vaso sanguíneo ou tecido, a fim de parar o sangramento. A coagulação envolve a interação das células que revestem o vaso sanguíneo lesado (células endoteliais), células sanguíneas especializadas chamadas plaquetas que formam um tampão na região do vaso sanguíneo danificado e fatores de coagulação circulantes (CARLOS; FREITAS, 2007).

Xavier *et al.* (2009) explica que o tempo de coagulação ativado (TCA) é comumente usado na medicina veterinária como uma avaliação da disfunção dentro da cascata de coagulação intrínseca. O TCA pode ser usado no local para avaliar e diagnosticar rapidamente a hemostasia secundária de uma variedade de condições, como intoxicação por rodenticida e outros distúrbios caracterizados por uma redução nos fatores de coagulação.

Segundo Shlebak (2007), os fatores de coagulação são substâncias produzidas no fígado e que circulam na corrente sanguínea. Eles se tornam "ativados" quando ocorre lesão de um vaso sanguíneo ou tecido e, em cooperação com as plaquetas, produzem um coágulo no local da lesão.

Xavier *et al.* (2009) aponta que existem diferentes fatores que provocam ou induzem a coagulação. Esses fatores são ativados em uma sequência específica, seguindo as vias intrínseca e extrínseca, e uma via final comum.

No corpo, ocorre interação entre as vias de coagulação intrínseca e extrínseca. No laboratório, a atividade dos fatores de coagulação que compõem essas vias é medida separadamente (CARLOS; FREITAS, 2007).

Os testes de coagulação podem ser realizados por várias razões. Se um animal apresentar episódios de sangramento por uma razão desconhecida, a avaliação da função de coagulação deve ser realizada. A doença hepática grave pode causar problemas de coagulação do sangue, pois o fígado é o local de produção dos fatores de coagulação (SHLEBAK, 2007).

4.7 COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS

1 Segundo Andrade *et al.* (2009), embora as técnicas de oclusão de fluxo
2 cardíaco de concentrem em procedimentos nessa área do organismo, é essencial que
3 outros órgãos sejam monitorados durante o procedimento, a fim de verificar seu
4 possível comprometimento relacionado a falta de bombeamento sanguíneo.

5 Complicações cardíacas e neurológicas podem ser vistas devido à má perfusão
6 sistêmica e cerebral, particularmente em oclusões de mais de três minutos (GOKALP
7 *et al.* 2011). Os miocardiócitos são células da musculatura cardíaca sensíveis a
8 hipóxia tecidual. Silva *et al.* (2020) descreve a degeneração hidrópica como a primeira
9 alteração degenerativa observada em estresse hipoxêmico, seguido de edema do
10 miocárdio, congestão e infarto do miocárdio. A gravidade e evolução das alterações
11 são influenciadas pelo tempo de isquemia.

12 Segundo Garcia *et al.* (2009), quando os rins não recebem sangue suficiente,
13 isso perturba a pressão arterial e o equilíbrio dos fluidos em todo o corpo. Em uma
14 tentativa de aumentar o fluxo sanguíneo para os rins, uma série de interações
15 hormonais entram em ação. As artérias se contraem e o organismo retém sal e água
16 para aumentar a pressão arterial e o volume.

17 Conforme explica Verbeke *et al.* (2012), os rins precisam de um bom
18 suprimento de sangue sendo a principal artéria denominada artéria renal. A redução
19 do fluxo sanguíneo através da artéria renal pode prejudicar sua função. Um bloqueio
20 completo do fluxo sanguíneo para os rins, pode frequentemente resultar em
21 insuficiência renal. Em seu estudo, Möckel *et al.* (2001) esclarecem que as alterações
22 no fluxo sanguíneo renal estão diretamente ligadas a ocorrência de insuficiência renal.
23 A ocorrência de oclusão arterial renal é comum após lesão ou trauma no abdômen.
24 Os coágulos sanguíneos que passam pela corrente sanguínea (êmbolos) podem se
25 alojar na artéria renal. Fragmentos de placa das paredes das artérias podem se soltar,
26 por conta própria ou durante um procedimento, e esses detritos podem bloquear a
27 artéria renal principal ou um dos vasos menores.

28 GRECI *et al.* (2009) realizou oclusão de influxo venoso total e reconstrução de
29 auto-enxerto pericárdico para ressecção de hemangiossarcoma atrial direito em um
30 cão, e observaram que o tempo de 4 minutos, não trouxe efeito neurológico deletério
31 para o paciente que sobreviveu após 280 dias pós cirúrgico.

32 O encéfalo é um órgão extremamente sensível a insultos a sua homeostase
33 (trauma, infarto, neoplasia, abscesso, perturbação tóxica ou metabólica) e
34 principalmente à hipóxia, levando a um quadro degenerativo conhecido como edema

1 citotóxico, um processo celular pré-mórbido, que geralmente leva ao edema cerebral.
2 O edema pode resultar de quase qualquer insulto ao cérebro, incluindo. Quando um
3 insulto ao cérebro resulta em isquemia ou hipóxia, muito pouco ATP (adenosina
4 trifosfato) novo pode ser produzido devido à anulação da fosforilação oxidativa.
5 Mecanismos compensatórios são ativados (bombas iônicas), mas caso a injúria
6 persista, com o esgotamento dos ATPs, a célula inchada morre, processo conhecido
7 como oncoose, ou mais rotineiramente, necrose (LIANG *et al.* 2007).

8 Além disso, dentre as complicações técnicas relacionadas a técnica de *Inflow*
9 *Occlusion*, existe a possibilidade de hemorragia significativa se a incisão de entrada
10 não for fechada rapidamente ou se houver oclusão inadequada dos vasos da veia
11 cava ázigo ou caudal (WORLEY *et al.* 2016).

12 13 4.8 MODELO EXPERIMENTAL E LOCAL DE EXPERIMENTAÇÃO

14
15 Foram utilizados seis suínos da raça Large White jovens, hípidos, pesando
16 entre 14 e 20 kg. Os animais foram mantidos durante todo o período pré-operatório
17 em condições adequadas de manejo, de acordo com as normas de bem-estar animal.
18 Estes foram mantidos na unidade experimental em baias coletivas com no máximo
19 dois porcos em cada espaço com sistema de alimentação *ad libitum*. Para a
20 manipulação e contenção foi realizado sedativo a fim de evitar estresse de
21 manipulação. Foram realizados ecocardiograma com Doppler colorido e tomografia
22 de tórax, antes e após o procedimento cirúrgico, além dos exames laboratoriais pré-
23 operatórios e hemogasométricos no transoperatório. Os animais foram mantidos em
24 todo o pré-operatório com condições de manejo adequadas, de acordo com as normas
25 de bem-estar animal.

26 O procedimento cirúrgico foi realizado no setor de Cirurgia de Alta
27 Complexidade em Pequenos Animais da Unidade de Experimentação Animal -
28 UEA/UENF mediante protocolo anestésico e analgésico adequado, a fim de não
29 proporcionar dor ou sofrimento aos animais, sendo estes eutanasiados após a coleta
30 de dados dos exames de imagem, no pós operatório imediato, onde realizou-se o
31 aprofundamento anestésico seguido de infusão de cloreto de potássio.

32 O projeto e sua respectiva metodologia foram submetidos à prévia apreciação
33 e aprovação pela Comissão de Ética de Uso Animal da Universidade Estadual do
34 Norte Fluminense (CEUA/UENF) sob o protocolo nº 424451.

1

2 4.9 EXAMES LABORATORIAIS

3

4 Para a realização dos exames pré-operatórios, os animais foram contidos
5 manualmente para a realização da sedação, na qual foi realizada mediante a
6 combinação de cetamina na dose de 10 mg.kg^{-1} associada ao midazolam na dose de
7 $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ e a acepromazina na dose de $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$, pela via intramuscular no
8 músculo semimembranoso. Os animais foram submetidos à colheita de sangue
9 venoso da veia cefálica ou safena medial, utilizando uma seringa acoplada a agulha
10 hipodérmica (25 x 7). O sangue foi depositado imediatamente após a colheita em dois
11 tipos de tubos para a realização das análises: tubo com EDTA e tubos de bioquímico
12 sem anticoagulante. A análise hematológica foi realizada anteriormente ao
13 procedimento cirúrgico e após a finalização da operação, durante a preparação
14 tomográfica pós operatória.

15 As amostras sanguíneas foram analisadas para obtenção dos seguintes
16 exames pré-operatórios: hemograma com pesquisa de hemocitozoários, fibrinogênio,
17 proteína plasmática e exames bioquímicos séricos (ALT, AST, FA, GGT, uréia,
18 creatinina, proteína total e frações).

19

20 4.10 OBTENÇÃO DAS IMAGENS VIDEOTERMOMÉTRICAS

21

22 Para a geração de imagens Videotermométricas de Campo Aberto, livre de
23 radiação, em Tempo-Real será utilizada a estação MART (Metabolic Activity in Real-
24 time), composta de uma ilha de trabalho computadorizada, acoplada a um gerador de
25 imagem infrared, através de uma lança ajustável à distância, o que permite posicioná-
26 la sobre o paciente deitado sobre a maca cirúrgica, a um metro de altura, sendo capaz
27 de enquadrar o campo de avaliação. A estação MART encontrou-se distante do
28 campo cirúrgico, deixando espaço livre para o fluxo cirúrgico normal, dispondo de um
29 operador que processa e devolve imagens em tempo real, durante a cirurgia.

30 Inicialmente, foi realizada uma inspeção termométrica, em tempo real, para
31 avaliar alterações metabólicas, através de imagens hiper ou hiporadiantes,
32 comparadas ao padrão de normalidade. Logo após a tricotomia e anestesia,
33 respeitando o período de ambientação de 15 minutos no ambiente cirúrgico
34 condicionado a temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ (LAHIRI ET AL, 2012), para iniciar a inspeção.

1 Após a toracotomia do 5º espaço intercostal esquerdo, iniciamos a inspeção e análise
2 metabólica por videotermometria do sistema cardiopulmonar. Foi realizado a
3 canulação da aorta e do ventrículo esquerdo para desvio circulatório e retorno após a
4 oxigenação por membrana (ECMO), permitindo um acesso ao tronco pulmonar sem
5 complicações hemorrágicas durante a implantação da membrana de PTFE com tempo
6 hábil e ao mesmo tempo, capaz de manter a perfusão e oxigenação tecidual sistêmica.
7 Após a realização da técnica, uma nova avaliação metabólica cardiopulmonar foi
8 realizada por videotermometria.

9

10 4.11 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

11

12 A tomografia computadorizada (TC) foi instituída para auxiliar nas avaliações
13 cardiopulmonares, no qual foram realizadas e avaliadas as imagens em TC do tórax
14 antes e após procedimento cirúrgico.

15 Para obtenção das imagens tomográficas, assim como os demais exames pré-
16 operatórios, todos os animais foram sedados, sob o mesmo protocolo. Os suínos
17 foram posicionados em decúbito esternal para aquisição das imagens (Figura 2).

18 Para aquisição das imagens, foi utilizado um aparelho tomógrafo Lightspeed®,
19 com 16 canais, da GE Healthcare®, foram obtidas projeções do tórax, em cortes axiais,
20 coronais, sagitais, com 2,50X1,25 milímetros de espessura em cada imagem.

21 As imagens pré e pós operatórias foram analisadas e comparadas a fim de
22 identificar quaisquer alterações estruturais do sistema cardiovascular e pulmonar
23 relacionadas a técnica operatória. A reconstrução das imagens foi realizada pelo
24 programa Radiant Dicon® e avaliadas por observador com experiência em diagnóstico
25 por imagem.

26



1
2 **Figura 2 – Realização da tomografia computadorizada em modelo experimental suíno.**
3 **(Fonte: SANTOS, 2021)**
4

5 6 4.12 PROTOCOLO ANESTÉSICO

7
8 Os exames pré-operatórios foram realizados mediante sedação com a
9 combinação de cetamina na dose de 10 mg.kg^{-1} associada ao midazolam na dose de
10 $0,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ e a acepromazina na dose de $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$, pela via intramuscular no
11 músculo semimembranoso. Após 15 minutos, uma via de acesso venoso foi
12 providenciada e a manutenção anestésica foi mantida com a utilização de propofol
13 5 mg.kg^{-1} associado ao tiopental 12 mg.kg^{-1} dose-efeito por via endovenosa.

14 Para o procedimento cirúrgico fez se necessário a utilização das
15 medicações pré-anestésicas sedativas citadas anteriormente. Os animais foram
16 canulados e submetidos à fluidoretapia intravenosa com solução ringer-lactato em
17 uma velocidade de $10 \text{ mL.kg}^{-1}/\text{h}$. A indução anestésica foi realizada com a associação
18 de propofol e tiopental dose-efeito, permitindo a intubação traqueal e manutenção
19 anestésica através da anestesia inalatória com isoflurano e oxigênio 100% (Figura 3).
20 Para controle analgésico realizamos a infusão contínua de cetamina na dose
21 analgésica de $0,6 \text{ mg.kg}^{-1}/\text{h}$ e bloqueio intercostal com lidocaína na dose de 5 mg.kg^{-1}

22 1.



1
2 **Figura 3 – Manutenção anestésica inalatória por meio de intubação orotraqueal e**
3 **mensuração da SPO₂ por sensor acoplado no lábio inferior. (Fonte: SANTOS, 2021).**
4

5
6 Durante o trans operatório foi realizada a monitoração através de um
7 monitor multiparamétrico (Digicare LifeWindow LW9x Vet®, Estados Unidos), fez-se a
8 avaliação da frequência cardíaca (FC), saturação de oxihemoglobina (SPO₂),
9 acoplando o sensor no lábio inferior dos suínos. A pressão arterial foi mensurada por
10 meio de método não-invasivos, através de um manguito colocado proximal a
11 articulação radiocárpica, a circunferência do membro locomotor de cada animal foi
12 mensurada para determinação do manguito ideal (largura=30% da circunferência do
13 membro). A ventilação controlada, foi realizada manualmente, com uma frequência
14 respiratória (*f*) 6 – 8 respirações por minuto. Por meio da pressão digital realizada
15 sobre a mucosa oral, foi avaliado o tempo de preenchimento capilar (TPC). As
16 avaliações foram mensuradas, a cada 5 minutos durante o perioperatório.

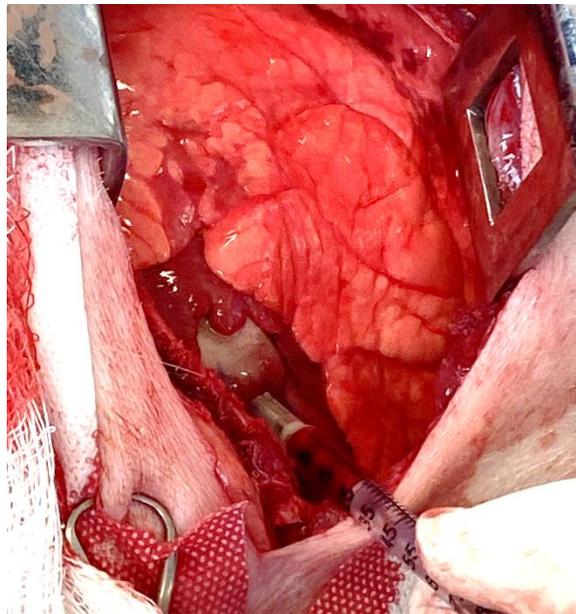
17 18 **5 TEMPOS EXPERIMENTAIS E ANÁLISE HEMOGASOMÉTRICA** 19

20 Os animais foram heparinizados no início do procedimento cirúrgico, na
21 dose de 400 UI.kg⁻¹ de heparina sódica administrada por via endovenosa, objetivando
22 um Tempo de Coagulação Ativado (TCA) médio de 200 segundos.

1 As amostras sanguíneas para a realização da hemogasometria foram
2 obtidas a partir da punção intracardiaca do ventrículo esquerdo (Figura 4). Realizamos
3 dois testes hemogasométricos: TCA e CG8+. O TCA foi obtido após 7 minutos de
4 heparinização dos pacientes. O CG8+ foi analisado em 4 tempos: no início do ato
5 cirúrgico (M0), imediatamente à oclusão (M1), após a liberação da oclusão (M2) e
6 após 10 minutos de recirculação (M3).

7 Para a realização da hemogasometria, utilizamos o analisador sanguíneo
8 clínico portátil (I-STAT Portable Clinical Analyser) adequadamente calibrado. Os
9 cartuchos CG8+ e TCA foram conservados em geladeira e posteriormente transferidos
10 para o centro cirúrgico acondicionados em uma caixa térmica de poliestireno (Isopor®)
11 com gelo, mantendo a temperatura dos kits entre 2°C a 8°C.

12 A partir do kit CG8+ foram obtidas as mensurações do pH, PCO₂ (pressão
13 parcial de dióxido de carbono), PO₂ (pressão de oxigênio sanguíneo), TCO₂ (total de
14 dióxido de carbono), HCO₃ (bicarbonato), EB (excesso básico), SO₂ (saturação de
15 oxigênio), hematócrito, hemoglobina, glicose (Glu), sódio (Na), potássio (K) e cálcio
16 ionizado (iCa).

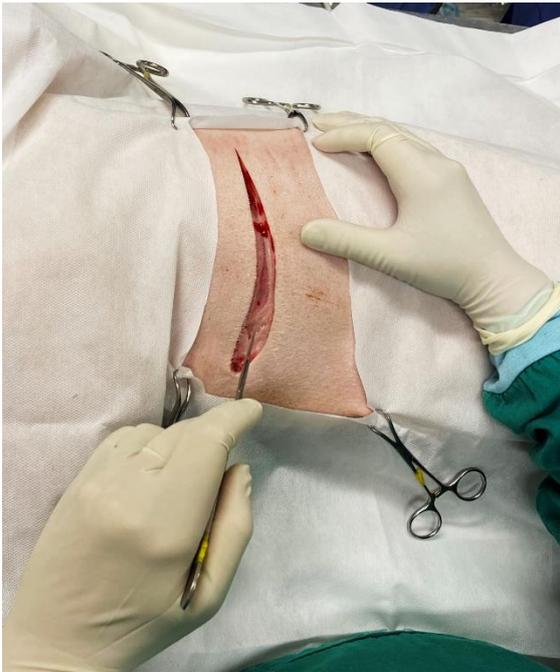


17
18 **Figura 4 - Punção cardíaca do ventrículo esquerdo para coleta de amostra sanguínea**
19 **e sequente análise hemogasométrica. (Fonte: SANTOS, 2021).**

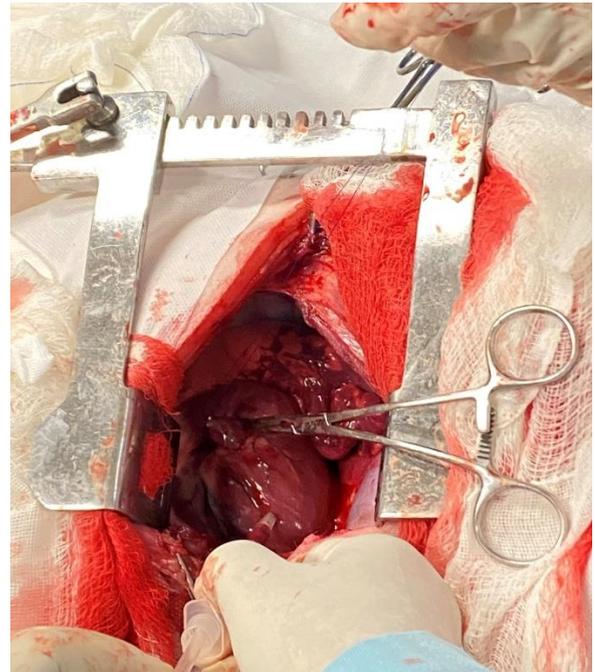
20 21 5.1.TÉCNICA OPERATÓRIA

22 23 5.1.2 Toracotomia

1 Após medicação pré-anestésica, indução e analgesia preemptiva adequadas,
2 sob anestesia inalatória, realizamos a toracotomia intercostal no quinto espaço
3 intercostal esquerdo (Figura 5). Um afastador de Finochietto foi devidamente
4 posicionado, afastando as costelas, permitindo o acesso à cavidade torácica e ao
5 coração, após a pericardiotomia subfrênica (Figura 6).



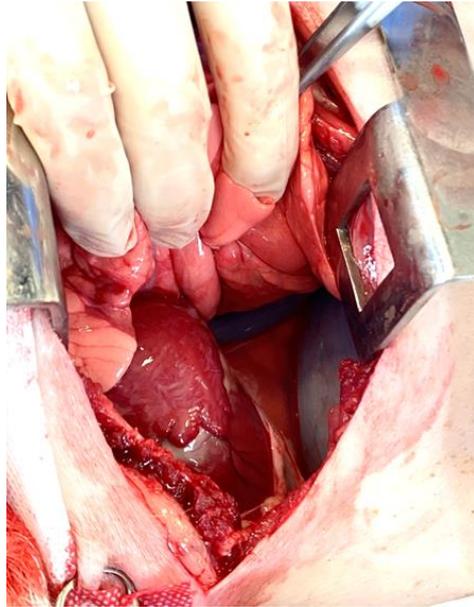
7 **Figura 5 - Toracotomia sobre o quinto espaço intercostal esquerdo (5º EIC – E). (Fonte: SANTOS, 2021)**



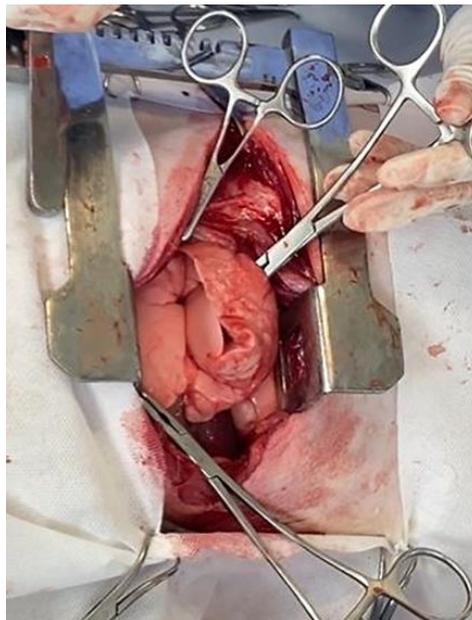
8 **Figura 6 - Exposição da cavidade torácica e coração com o auxílio de afastador de finochietto. (Fonte: SANTOS, 2021)**

9 5.1.3 Oclusão temporária das vias venosas de entrada (*Inflow Occlusion*)

10
11 Após análise hemogasométrica do CG8⁺ (M0), foi realizada a heparinização
12 com heparina sódica na dose de 400 UI.kg⁻¹ administrada por via endovenosa. As
13 veias cavas cranial e caudal (Figura 7) e veia ázigos foram identificadas e dissecadas
14 de forma que fosse possível o clampeamento temporário utilizando pinças vasculares
15 Debakey, realizando-se a parada circulatória (Figura 8). O tempo foi cronometrado e
16 a circulação liberada após dois minutos. As análises hemogasométricas foram
17 realizadas conforme descrição anterior.



1
2 **Figura 7 - Veia cava caudal identificada e dissecada previamente ao clampeamento**
3 **e execução da Inflow Occlusion. (Fonte: SANTOS, 2021).**
4



5
6
7 **Figura 82 – Inflow Occlusion do coração a partir do clampeamento das veias cavas**
8 **cranial, caudal e ázigos utilizando pinças vasculares. (Fonte: SANTOS, 2021)**
9

10 11 5.1.4 Toracorráfia

12
13 Após adequada colocação do dreno torácico, a toracorráfia foi realizada
14 utilizando fio de poliéster nº 5 para a aproximação das costelas, realizando três
15 pontos em padrão sultan. Posteriormente, uma sutura em padrão simples contínuo
16 foi realizada para a aproximação da musculatura torácica incisada, assim como o

1 tecido cutâneo. Ao fim do procedimento, a pressão negativa foi estabelecida após
2 remoção do ar residual pelo dreno de tórax acoplado a uma torneira de três vias e
3 uma seringa de 60 ml.

4 5 5.2 AVALIAÇÃO HISTOPATOLÓGICA

6
7 Respeitando os princípios éticos da experimentação animal, imediatamente
8 após o experimento, os animais foram eutanasiados. Após a realização dos exames
9 pós-operatórios de imagem, os animais foram submetidos a anestesia geral profunda
10 com administração de propofol, seguido da administração de cloreto de potássio
11 19,1% na dose de 100 mg/kg.

12 O experimento foi encerrado com a coleta de materiais para avaliação
13 histopatológica, no qual foram coletadas amostras do miocárdio, pulmão, rins, tronco
14 encefálico e córtex cerebral.

15 As amostras coletadas foram fixadas em formalina neutra tamponada à 10% por
16 48h. Os tecidos foram encaminhados para processamento de rotina por inclusão em
17 parafina, cortados a 5µm, corados com hematoxilina e eosina para avaliação
18 histopatológica no Laboratório de Morfologia e Patologia Animal (LMPA) da
19 Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

20 21 5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

22
23 Os dados foram tabelados e analisados pelo programa Graph Pad Pris versão
24 6.0. Os dados foram corrigidos pelo teste de Bartlett e posteriormente foi feita análise
25 de variância seguida pelo teste de média Newmann-Keuls ($p < 0,05$).

26 Para a análise das variáveis quantitativas foram feitos a Análise de Variância
27 (ANOVA) one-way, com posterior teste de média Newmann-Keuls, dependendo de
28 cada caso, respeitando-se um $p < 0,05$ (99,95% de confiabilidade).

29
30 Para a análise das variáveis qualitativas, foram feitos os testes a seguir:

- 31 • Mann – Whitney: produzindo comparações múltiplas (2 a 2) entre os
32 grupos, observando onde estão as diferenças.
- 33 • Friedman: análise, dentro de cada grupo, de tempo em tempo, em
34 relação aos dados obtidos comparando com outras variáveis.

1 • Wilcoxon: comparações múltiplas (2 a 2), dentro de cada grupo, em
2 relação aos dados obtidos com outras variáveis.

3 Os resultados tomográficos e histopatológicos foram analisados através de
4 mediana de escores (estatística descritiva), pela graduação da gravidade das lesões
5 encontradas, segundo a avaliação do observador independente. Os escores foram
6 atribuídos seguindo o percentual estimado de aparecimento das lesões no campo
7 observado, conforme tabela abaixo (Tabela 1):

8
9 Tabela 1 – Graduação da gravidade das lesões através de mediana de escores pela
10 estatística descritiva das alterações encontradas na TC e no histopatológico.

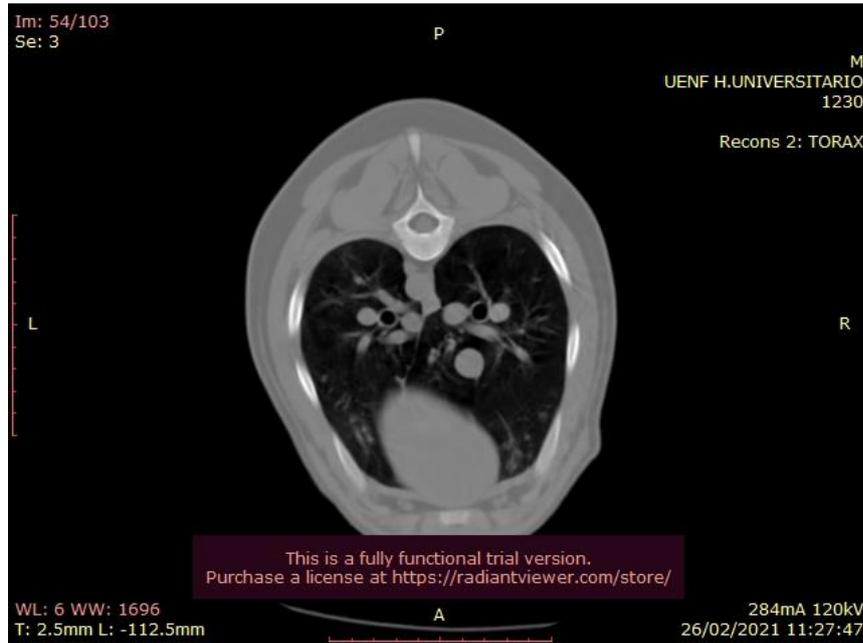
Quantidade de Lesões	Classificação	Escore
Menor que 25%	Ausente	0
Até 25%	Leve	1
De 25 a 50%	Moderado	2
De 50 a 75%	Intenso	3
Acima de 75%	Grave	4

11

12 **6. RESULTADOS**

13 6.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (TC)

14
15
16 Para a avaliação tomográfica do parênquima pulmonar e estruturas
17 cardiovasculares, foi utilizado janela pulmonar nos estudos pré e pós operatórios. Os
18 achados tomográficos pré-operatórios não demonstraram alterações prévias a nível
19 de parênquima pulmonar e parede brônquica (Figura 9), com preservação das
20 estruturas cardiovasculares, não sendo identificado anomalia vascular prévia nos
21 animais submetidos a tomografia contrastada (2/6).



1
2 **Figura 9 - Tomografia Computadorizada (TC) de tórax evidenciando densidade**
3 **habitual dos campos pulmonares e estruturas cardiovasculares preservadas no**
4 **momento pré-operatório. (Fonte: SANTOS, 2021).**

5
6 Os achados tomográficos no pós-operatório evidenciaram a presença de
7 áreas de baixa atenuação intratorácica, distribuídas assimetricamente entre os lobos
8 pulmonares, sugerindo pneumotórax. A atelectasia foi observada em todos os animais
9 submetidos a TC pós-operatória. Também foram observadas a presença de estrutura
10 inserida entre o 6º a 7º espaço intercostal da parede torácica esquerda (dreno de
11 tórax). Adjacente ao dreno, visualizou-se achados compatíveis com enfisema
12 subcutâneo, no qual áreas de baixa densidade presentes no tecido subcutâneo entre
13 o 5º e 9º arco costal esquerdo foram visualizadas, achado compatível com enfisema
14 subcutâneo (Tabela 2) (Figura 10 e 11).

15
16 Tabela 2 - Achados tomográficos das alterações pulmonares pós-cirúrgicas.

	Animal 1	Animal 2	Animal 3	Animal 4	Animal 5	Animal 6
PNEUMOTÓRAX	+++	++++	+	-	+++	++++
ATELECTASIA	+++	+	++	-	++	+++

ENFISEMA + + + - + +
 SUBCUTÂNEO

(+) Leve; (++) Moderado; (+++) Intenso; (++++) Grave.

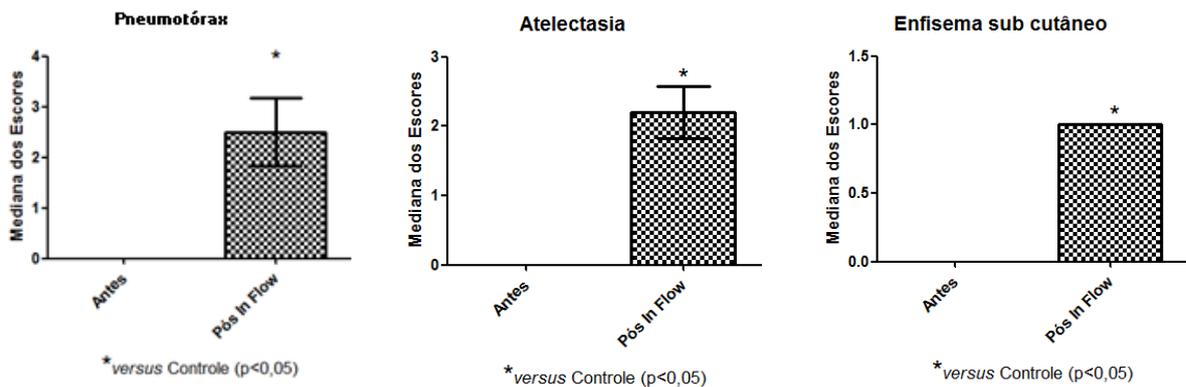


Figura 30 – Análise estatística comparando os achados tomográficos encontrados antes e após o ato cirúrgico. (Fonte: SANTOS, 2021).



Figura 11 - Tomografia Computadorizada (TC) de tórax no momento pós-operatório evidenciando densidade de ar na parede torácica esquerda (enfisema subcutâneo) e edema subcutâneo associado a presença do dreno; Retração dos lobos pulmonares caudais (atelectasia) e presença de densidade ar livre na região interna da cavidade pleural, com maior acometimento do hemitórax direito (pneumotórax) evidenciado no aspecto caudal dos campos pulmonares. (Fonte: SANTOS, 2021).

6.3 EXAMES LABORATORIAIS E HEMOGASOMETRIA

Na análise do eritograma no pré e pós-operatório, não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) para número de hemácias, CHCM (Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média) e fibrinogênio. Para as demais variáveis avaliadas no hemograma foram encontradas diferenças estatísticas (Figura 12). O VG (Volume Globular) foi maior ($p < 0,002$) no pré-operatório ($30,0 \pm 0,7 \%$) quando comparado ao pós-operatório ($25,3 \pm 0,5 \%$). A concentração de hemoglobina também foi superior ($p < 0,001$) no pré-operatório ($10,0 \pm 0,2 \text{ g/dl}$) em relação ao pós-operatório ($8,3 \pm 0,1 \text{ g/dl}$). Para VCM foi encontrado valor superior no pós-operatório quando comparado ao pré-operatório ($50,4 \pm 3,6 \text{ fl}$ e $49 \pm 3,6 \text{ fl}$, respectivamente). Foram encontradas maiores concentrações de proteína plasmática no pré-operatório ($6,5 \pm 0,1 \text{ g/dl}$) do que no pós-operatório ($5,9 \pm 0,05 \text{ g/dl}$).

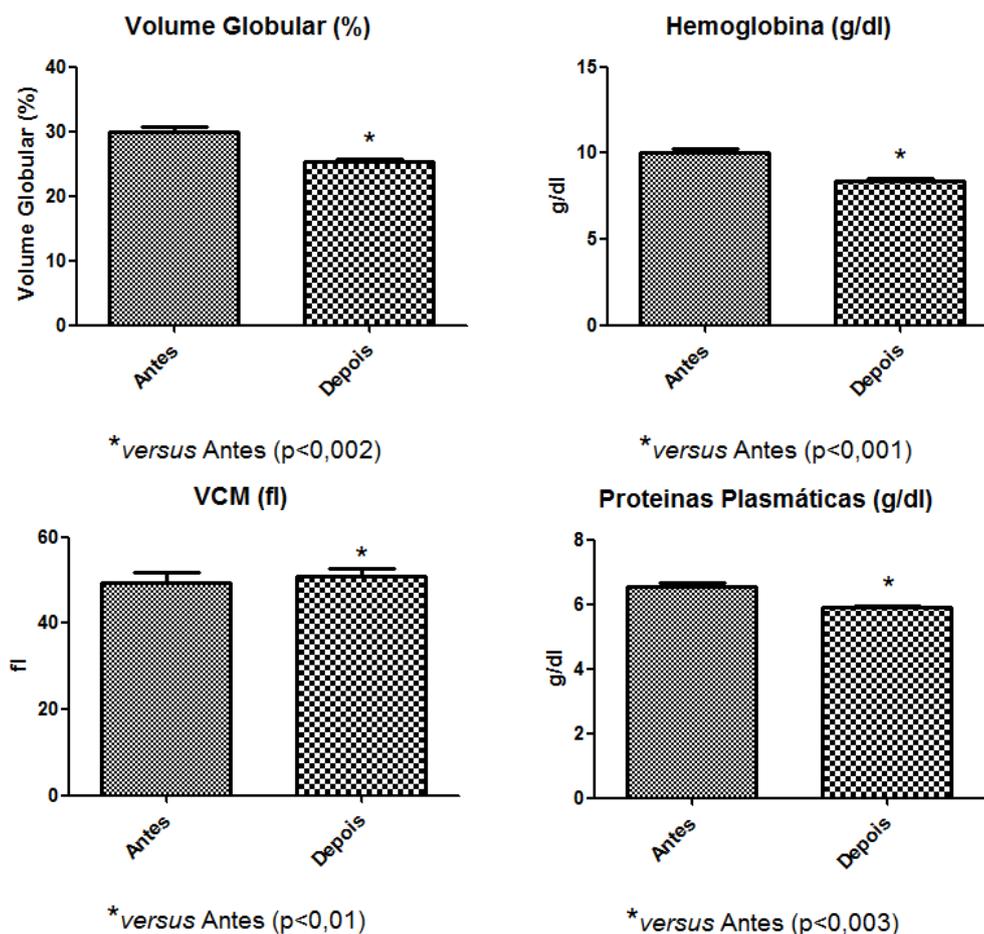
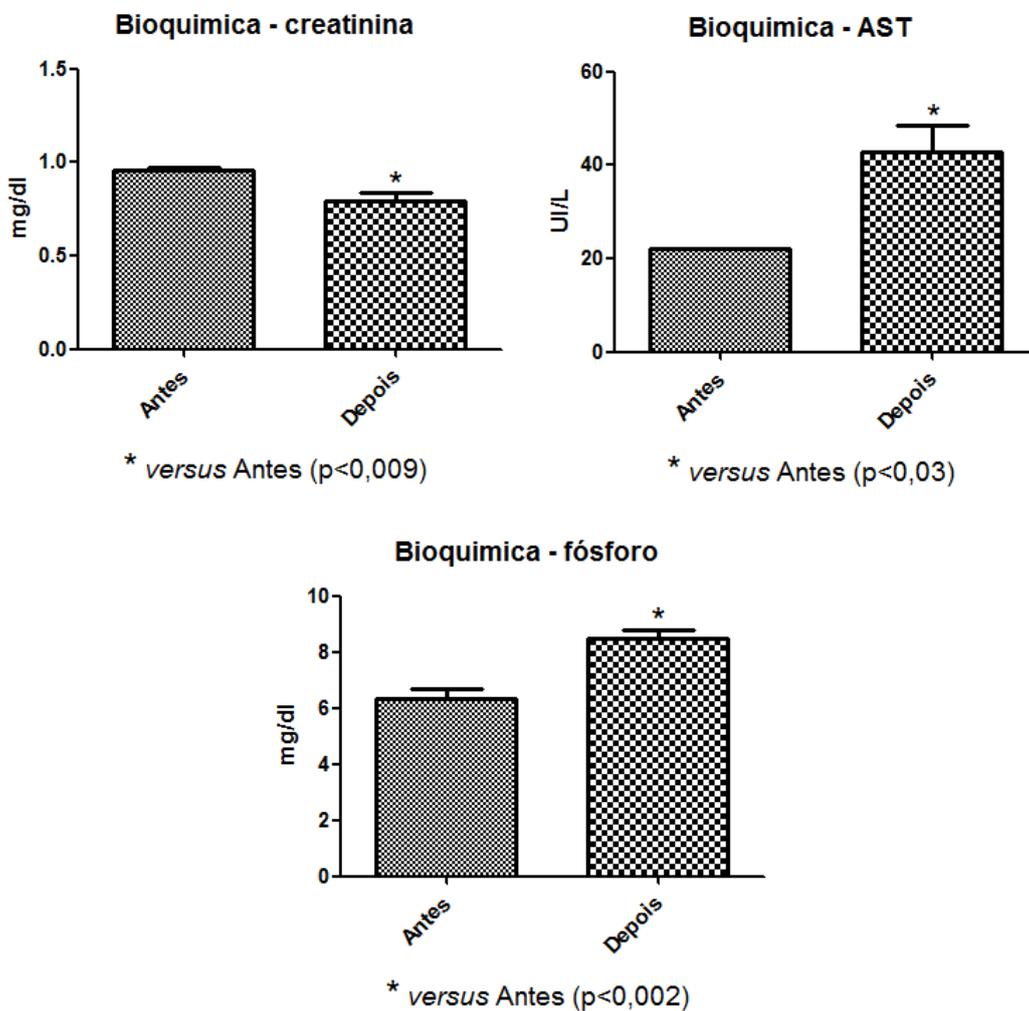


Figura 12 - Volume globular (VG), Hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM), e proteínas plasmáticas no pré-operatório (antes) e pós-operatório (depois) de suínos submetidos a Inflow Occlusion. (Fonte: SANTOS, 2021).

1 Na análise bioquímica não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$)
 2 para as variáveis: Ureia, ALT, FA, GGT, PTN, Albumina e Globulina. A Creatinina foi
 3 superior ($p < 0,009$) durante o período pré-operatório ($0,95 \pm 0,01$ mg/dl) quando
 4 comparada ao pós-operatório ($0,79 \pm 0,03$ mg/dl). Para a variável AST os valores no
 5 pós-operatório foram superiores ($p < 0,03$) aos valores no pré-operatório ($50 \pm 19,1$ UI/L
 6 e $23 \pm 2,5$ UI/L, respectivamente). Foram encontradas maiores médias ($p < 0,002$) para
 7 Fósforo no pós-operatório ($8,48 \pm 0,28$ mg/dl) em relação ao pré-operatório ($6,35 \pm$
 8 $0,31$ mg/dl) (Figura 18).
 9



10
 11 **Figura 13 - Creatinina, AST e Fosforo no pré-operatório e pós-operatório de suínos**
 12 **submetidos a Inflow Occlusion. (Fonte: SANTOS, 2021).**
 13
 14
 15

Os resultados parciais da análise hemogasométrica demonstraram que houve diferença significativa no pH e pCO₂ no M3 se comparado ao controle M0 (Figura 13). Enquanto que os valores de pO₂ foram significativos em M1 e M2 se comparado ao controle. O bicarbonato também apresentou redução significativa em M1 e M2, provavelmente para corrigir uma acidose respiratória (Figura 14), mas a fração final de CO₂ (TCO₂) se manteve estável durante todo o período experimental (Figura 15).

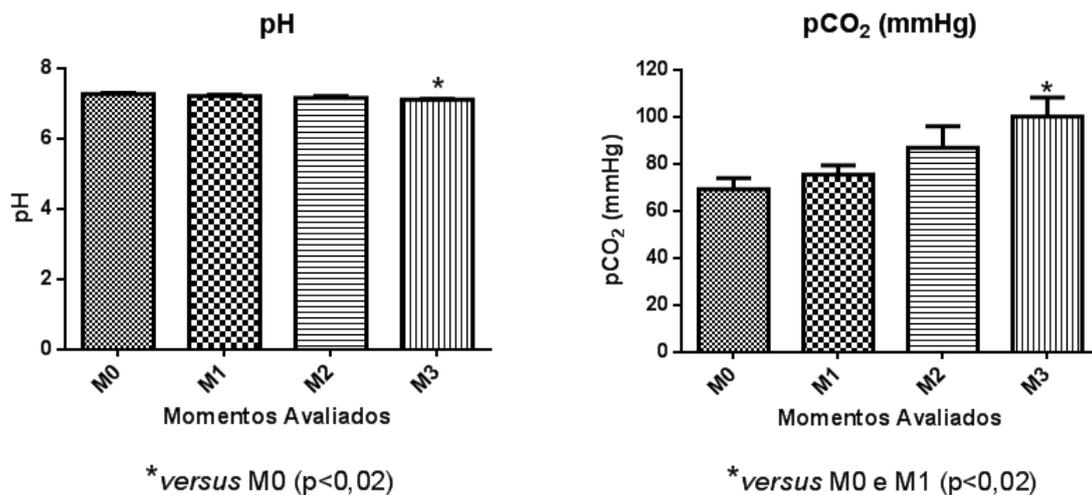


Figura 14 – Análise estatística das mensurações do pH e PCO₂ (Pressão parcial de dióxido de carbono) durante os momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021).

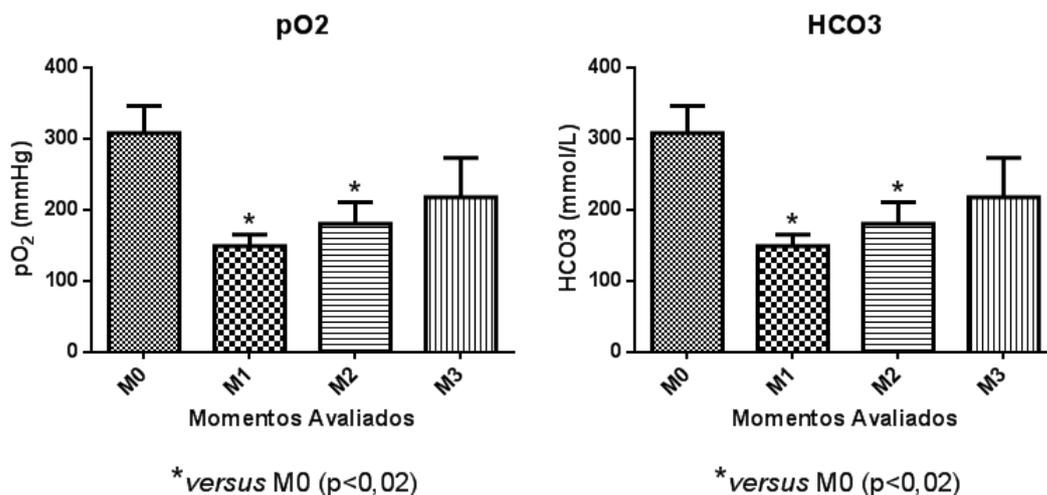
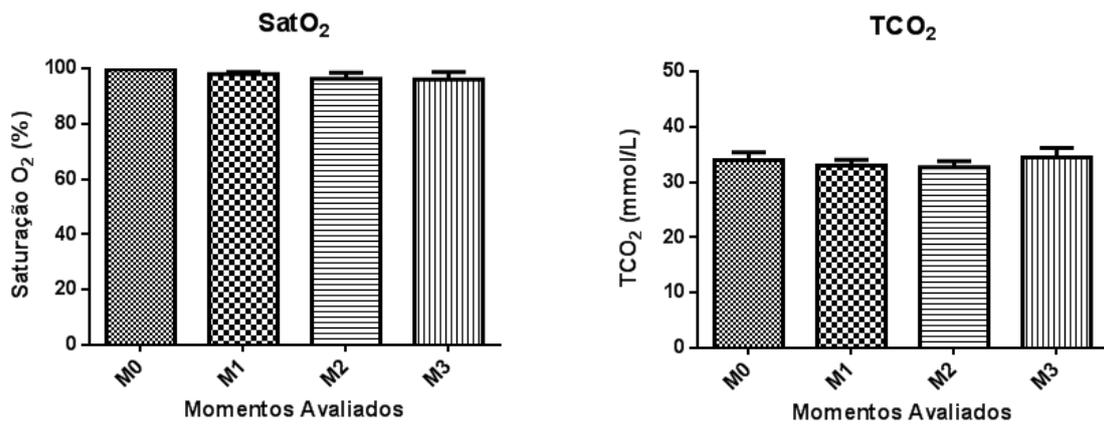
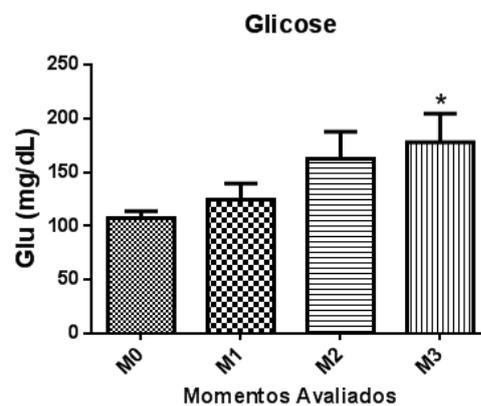


Figura 15 – Análise estatística das mensurações de pO₂ (pressão de oxigênio sanguíneo) e HCO₃ (Bicarbonato) durante os momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021).



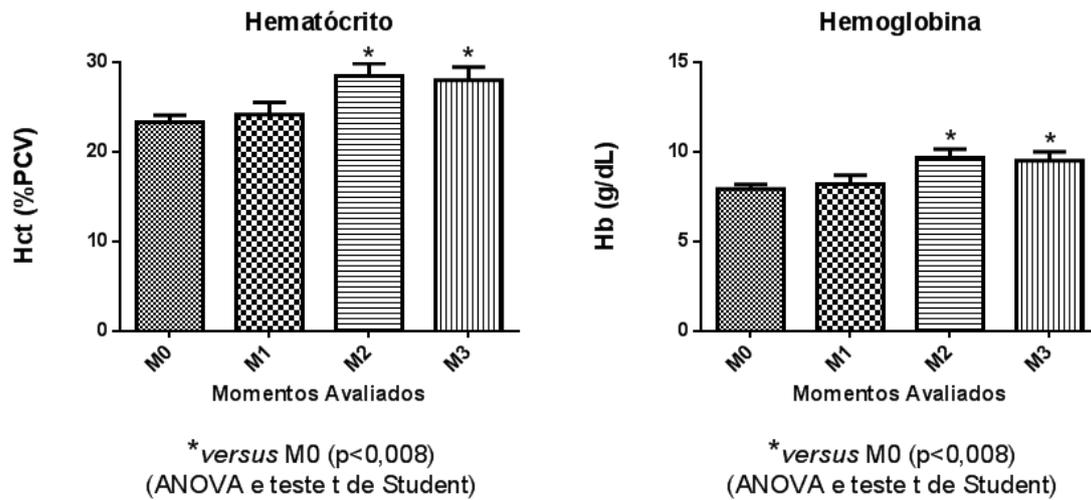
1
2
3 **Figura 16 - Análise estatística das mensurações da Saturação de Oxigênio (SatO₂) e**
4 **TCO₂ (Total de dióxido de carbono) durante os momentos cirúrgicos do trans**
5 **operatório. (Fonte: SANTOS, 2021).**
6

7 A glicemia apresentou um aumento gradativo e significativo ao longo do
8 experimento (Figura 17), sugerindo uma mobilização energética. Alterações nas
9 variáveis fisiológicas ao final do experimento não foram impactantes clinicamente,
10 apesar de apresentarem aumento no hematócrito e hemoglobina durante o trans
11 operatório (Figura 23).
12



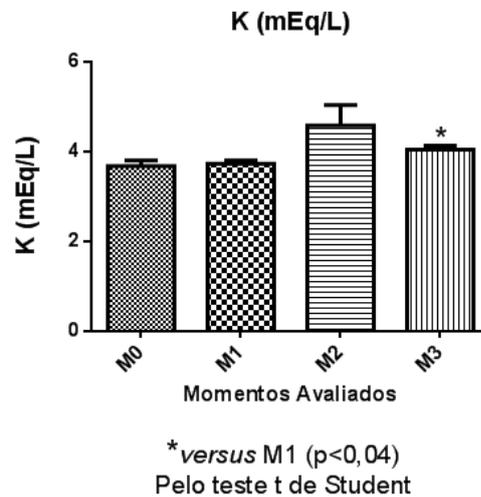
* versus M0 (p<0,008)
Pelo teste t de Student

13
14
15 **Figura 17 - Análise estatística das mensurações glicêmicas durante os momentos**
16 **cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021).**
17
18



1
2 **Figura 18 - Análise estatística das variações do hematócrito e hemoglobina durante os**
3 **momentos cirúrgicos do trans operatório. (Fonte: SANTOS, 2021).**

4
5
6 Dos eletrólitos mensurados durante o transoperatório (Sódio, Potássio e Cálcio
7 ionizado), somente o potássio apresentou alterações relevantes durante os momentos
8 cirúrgicos (Figura 19).



11
12
13
14 **Figura 19 - Análise estatística das mensurações de potássio (K) durante os momentos**
15 **cirúrgicos do transoperatório. (Fonte: SANTOS, 2021).**

16
17
18
19

6.4 AVALIAÇÃO HISTOPATOLÓGICA

A análise microscópica de tecido pulmonar consistia em áreas de tecido com histomorfologia normal e áreas de atelectasia leve. Os alvéolos estavam revestidos por células escamosas preservadas e lúmens com imagem negativa de dos gases hematose (Figura 20). A atelectasia era representada por alvéolos extensamente colabados.

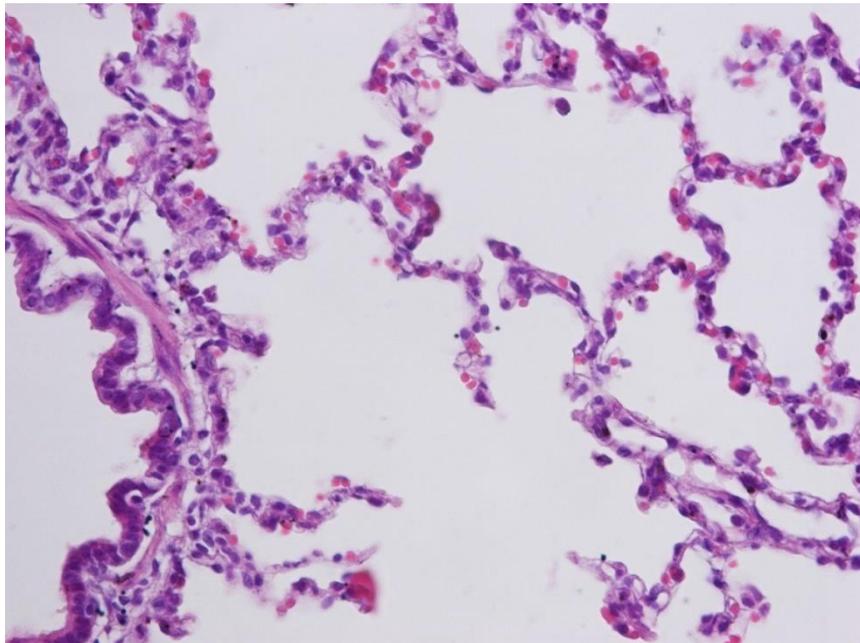
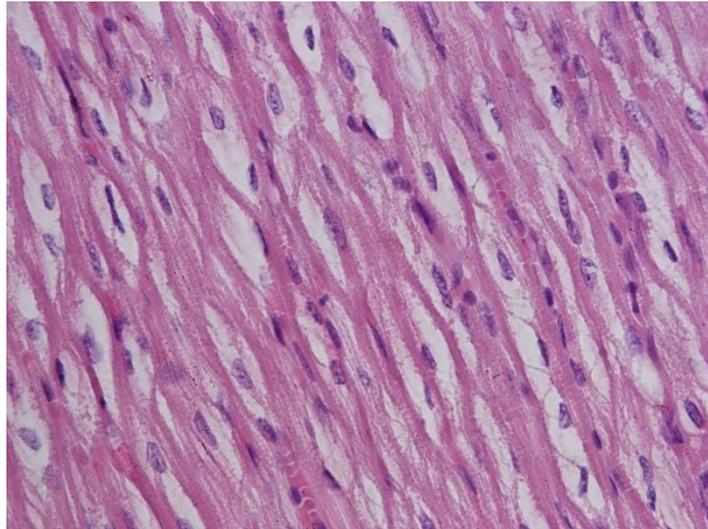


Figura 20 - Tecido Pulmonar Normal. Alvéolos preservados revestidos por células escamosas. (Fonte: SANTOS, 2021).

O histopatológico dos tecidos cardíacos consistia em moderado processo degenerativo hidrópico difuso. Os miocardiócitos estavam aumentados, espaçados. O sarcoplasma estava eosinofílico, rarefeito, severamente vacuolizado (Figura 21) e pálido sob a microscopia de luz, com miofibrilas moderadamente dissociadas.



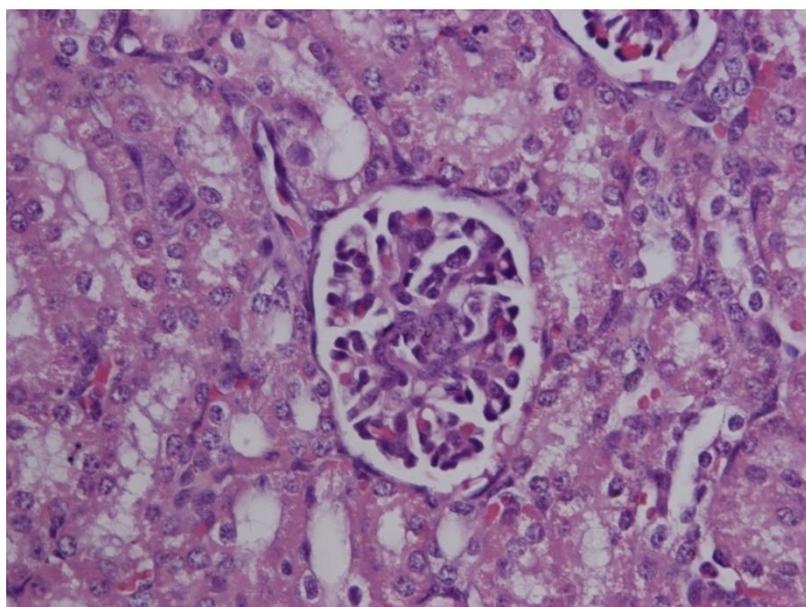
1

2 **Figura 21 - Miocardiócitos levemente espaçado com citoplasma expandido e leve**
3 **dissociação de miofibrilas. (Fonte: SANTOS, 2021).**

4

5 O histopatológico das amostras renais consistia em processo degenerativo
6 severo difuso. As células epiteliais dos túbulos renais corticais e medulares estavam
7 aumentadas. O citoplasma estava eosinofílico, rarefeito e finamente a
8 moderadamente vacuolizado. O núcleo estava normal, central a paracentral,
9 basofílico, vesicular com eucromatina predominantemente e nucléolos redondos
10 pequenos. Os achados são compatíveis com degeneração hidrópica moderada a
11 severa (Figura 22).

12



13

14

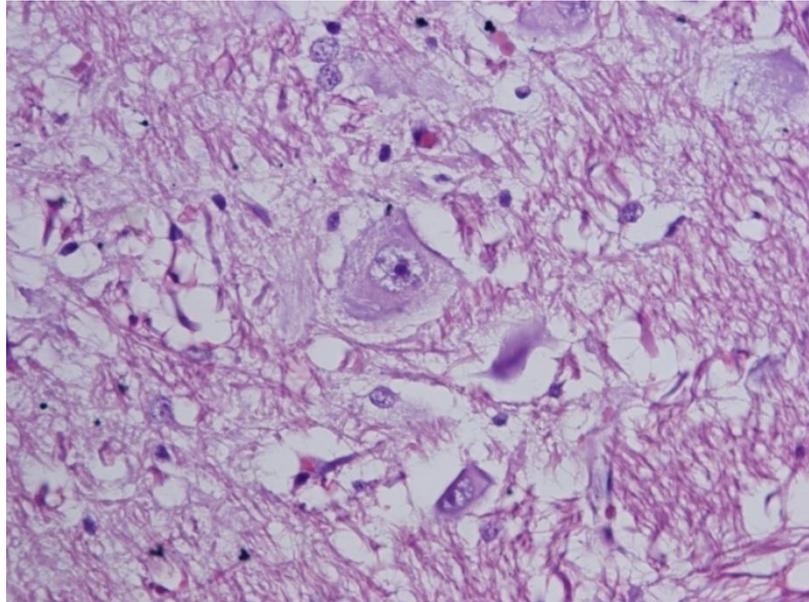
15

Figura 22 - Túbulos com acentuado acúmulo hidrópico intracitoplasmático
(degeneração hidrópica). (Fonte: SANTOS, 2021).

1

2 Em córtex cerebral e tronco encefálico havia processo degenerativo hidrópico
3 neuronal difuso. O citoplasma dos neurônios era anfófilico, tinha bordas bem
4 definidas, estava expandido, rarefeito, finamente a grosseiramente vacuolizado
5 (Figura 23). A descrição é compatível com edema citotóxico neuronal moderado.

6



7

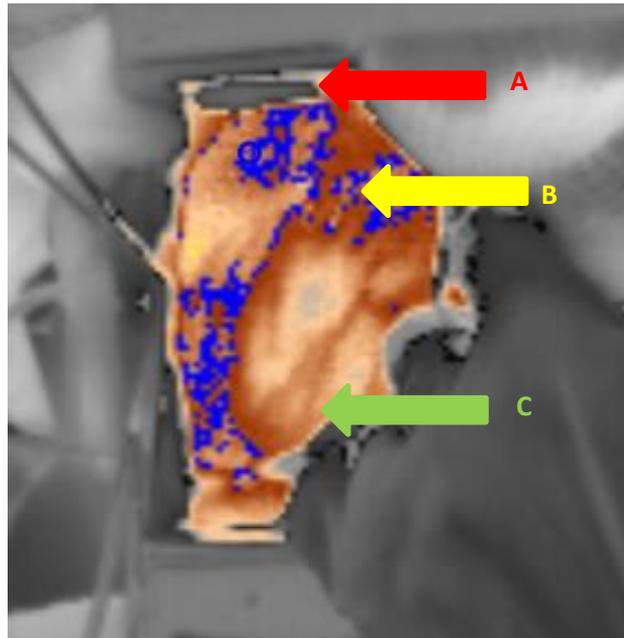
8 **Figura 23 - Edema Citotóxico. Neurônio aumentado de tamanho com**
9 **citoplasma finamente e extensamente vacuolizado. (Fonte: SANTOS, 2021).**

10

11 6.5 AVALIAÇÃO VIDEOTERMOMÉTRICA

12 Durante a videotermometria foi possível observar a variação de temperatura do
13 tecido miocárdico. Na figura 24, podem ser visualizadas pela isoterma azul, variações
14 de temperatura no interior do coração dos animais do grupo tratado, durante o
15 momento M0. A isoterma é uma coloração aplicada à imagem, dentro de uma faixa
16 de temperatura específica, visando demonstrar um aspecto particular. No caso, esse
17 aspecto é a variação de calor dentro do miocárdio, indicando o movimento do fluxo
18 sanguíneo da veia cava caudal para o átrio direito e ventrículo direito.

19

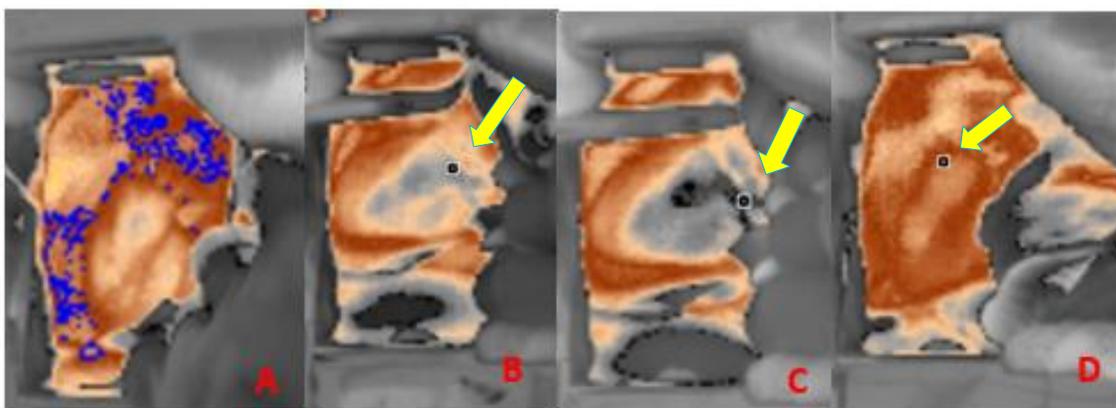


1

2 **Figura 24: Variação de temperatura do tecido miocárdico, com a isoterma azul**
 3 **evidenciando a variação de calor no interior do coração. (A), (B), (C), veia cava**
 4 **caudal, átrio direito e ventrículo direito, respectivamente. Variação entre 36,6°C**
 5 **e 36,9 °C**

6

7 Na figura 25 é possível comparar a a temperatura do coração durante os
 8 momentos M0 (antes da inflow occlusion), M1 (após a inflow occlusion), M2 (durante
 9 o tempo de inflow occlusion) e M3 (após o reestabelecimento do fluxo). Observa-se
 10 que quando é estabelecida a parada circulatória, há redução de temperaturaa do
 11 tecido miocárdico.



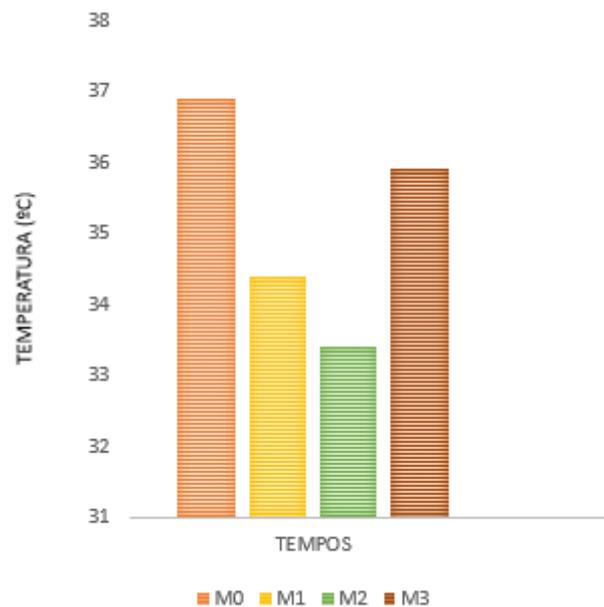
12

13 **Figura 25: Diferenças de temperaturas entre os tempos M0, M1, M2, M3. Na figura A,**
 14 **observa-se a isoterma azul indicando o fluxo circulatório com temperatura de 36,9 °C**
 15 **da veia cava caudal, para o átrio direito e ventrículo direito. Na Figura B, observa-se a**
 16 **alteração da coloração, com temperatura de 34°C. Na figura C observa-se mais uma**
 17 **alteração na coloração, indicando a temperatura de 33,4° C. A figura D indica a**
 18 **temperatura de 36,3 após o reestabelecimento do fluxo sanguíneo.**

1

2 Durante o experimento foram comparadas as temperaturas durante os 4
3 momentos de avaliação e foi feita a média da temperatura encontrada de todas as
4 avaliações.

5



6

7 **Figura 26: Média de temperatura nos momentos M0, M1, M2 e M3, observa-se que**
8 **durante o tempo de 2 min da inflow occlusion (momento M1 e M2) a temperatura cai e**
9 **no momento M3 reperfusão a temperatura volta a subir.**

10

11

12 7 - DISCUSSÃO

13

14 Durante a cirurgia cardíaca, o gradiente térmico gerado pelo fluxo de
15 enchimento das coronárias, permite de maneira não invasiva, o delineamento das
16 artérias e formação de uma imagem térmica angiográfica. Desse modo, no período
17 transoperatório, o método possibilita um grande auxílio nos procedimentos que
18 envolvem as artérias coronárias, como, por exemplo, testando a viabilidade de
19 enxertos e anastomoses, além de fornecer a velocidade do fluxo sanguíneo
20 coronariano, identificando possíveis áreas de obstrução (MOHR et al., 1989; EMERY
21 et al., 1996; VAN SON et al., 1997). foi possível acompanhar a variação de calor de
22 todo o tecido miocárdico, demonstrando uma redução significativa da temperatura no

1 período de parada circulatória, quando comparado com o momento inicial da cirurgia.
2 Segundo Brioschi (2002), essa redução de calor ocorre porque o fluxo sanguíneo para
3 o coração é obstruído, levando a uma hipoperfusão e conseqüentemente uma
4 reduzida emissão de calor pelos cardiomiócitos. Essa emissão de calor pelo miocárdio
5 é determinada pelo fluxo sanguíneo cardíaco e seu metabolismo. Foi observada uma
6 área de menor temperatura localizada próxima ao óstio da veia cava caudal e no átrio
7 direito, indicando que essas regiões podem ser as primeiras a sofrerem os efeitos
8 deletérios da isquemia.

9 Podemos inferir que a indução da parada circulatória foi a responsável pela
10 hipotermia, no momento M3 dos animais submetidos a técnica. Orton (1995), em sua
11 pesquisa sobre parada cardiopulmonar, concluiu que a relação entre a temperatura
12 do paciente no período transoperatório e o tempo da parada circulatória está
13 intimamente relacionada à aplicação da técnica de inflow occlusion, sendo observado
14 hipotermia nos pacientes submetidos a essa técnica. Uma vez que o retorno venoso
15 cardíaco é ocluído e é estabelecida a estase sanguínea, a queda da temperatura
16 observada constituiu-se em mecanismo de defesa orgânica metabólica contra a
17 parada circulatória total. De forma contraditória, Stopiglia et al. (2001), em sua
18 pesquisa, observaram que o grupo que sofreu parada circulatória total, apresentou,
19 neste momento, a temperatura maior que no momento anterior. Essa menor
20 temperatura quando antecedeu à parada circulatória foi justificada pela indução
21 anestésica.

22 A videotermometria de campo aberto em tempo real pode ser afetada por
23 alguns fatores externos, como por exemplo, a temperatura do ambiente onde é
24 realizado o exame. Portanto, um ambiente controlado é essencial para garantir a
25 confiabilidade da imagem videotermográfica (ALSAAOD & BUSCHER, 2012). Em
26 nosso estudo, o ambiente da sala cirúrgica foi mantido a um condicionamento de
27 18°C, não sendo observada nenhuma interferência da temperatura ambiente na
28 obtenção das imagens térmicas.

29 Os episódios de desequilíbrio ácido-básico são comumente observados durante
30 cirurgias cardíacas, em especial, quando há oclusão do retorno venoso para o
31 coração, determinando hipóxia tecidual. Esse tipo de quadro ocorre em procedimentos
32 que envolvem a técnica de inflow occlusion (RAIA & ZERBINI, 1998). O diagnóstico
33 das desordens ácido-básicas é baseado no pH, na PCO₂ e nas concentrações de
34 bicarbonato no sangue, onde um aumento dos íons H⁺ é indicativo de acidose e uma

1 redução dos mesmos íons, uma alcalose (BROOKS & FRELDMAN, 1962). A análise
2 da PCO₂ e das concentrações de bicarbonato auxiliam a determinar a causa exata da
3 variação de pH (BATEMAN, 2008). Segundo o estudo de Bailey (1998), onde foi
4 observado que a cada grau centígrado o pH sofre uma variação de 0,15 unidades,
5 indicando que variações de temperatura influenciam em alterações significativas do
6 pH sanguíneo. Em um estudo similar, Smith e Yamat (2000) chegaram a mesma
7 conclusão em sua pesquisa.

8 A avaliação cardiopulmonar consistiu na realização dos exames
9 ecodopplercardiográficos, tomográficos e hemogasométricos. O ecocardiograma e a
10 tomografia computadorizada de tórax foram realizados anterior e após o procedimento
11 cirúrgico. Sendo avaliado no ecocardiograma, a competência das valvas, funções
12 sistólica e diastólica, bem, pelos métodos atualmente recomendados. Não foram
13 observadas alterações significativas entre o pré e pós operatório, o que sugere que
14 dois minutos de oclusão venosa pela técnica de *Inflow Occlusion* não é suficiente para
15 promover o remodelamento cardíaco, assim como causar alterações estruturais e
16 funcionais do coração.

17 Gokalp *et al.* (2011) Realizou oclusões de 45 segundos com eventual
18 recirculação por 3 minutos e uma nova oclusão quando necessário, não excedendo 3
19 minutos no tempo total de oclusão em seu estudo clínico. Worley *et al.* (2016) realizou
20 uma abordagem intracardiaca por *Inflow Occlusion* por 70 segundos, no intuito de
21 remover um condrossarcoma em ventrículo direito, apresentando excelente
22 recuperação pós operatória e melhora da clínica da paciente, que apresentava
23 quadros de síncope devido a massa mineralizada obstruindo o orifício de saída do
24 ventrículo direito. Além do mais, no estudo de Gokalp *et al.* (2011), os autores afirmam
25 que a técnica de oclusão das vias de entrada (*Inflow Occlusion*) é uma técnica segura
26 a ser realizada em procedimentos de curta duração em pacientes selecionados e
27 operados por equipes experientes.

28 Exames TC foram realizados em todos os animais, previamente e
29 posteriormente submetidos à abordagem cirúrgica. Os exames tomográficos foram
30 realizados para descartar quaisquer alterações estruturais ou patológicas do sistema
31 cardiopulmonar previamente a cirurgia, e posteriormente com o intuito de identificar
32 possíveis complicações inerentes ao ato operatório. A TC é um importante método de
33 diagnóstico para identificação de possíveis anomalias vasculares, e ou alterações
34 prévias do parênquima pulmonar, apresentando maior especificidade e sensibilidade

1 que o exame radiográfico convencional (GROSSE & GROSSE, 2010; KATRE *et al.*
2 2012).

3 Drenos torácicos são tradicionalmente usados em cirurgia torácica para
4 drenagem e monitorização de vazamento de ar e o acúmulo de fluido (HOLBEK *et al.*
5 2016). Holbek *et al.* (2016) sugere que o manejo pós-operatório sem drenagem
6 torácica pode diminuir a morbidade, dor pós-operatória e melhorar a recuperação em
7 alguns pacientes, desde que haja acompanhamento clínico e radiográfico pós
8 operatório de pacientes submetidos a abordagens torácicas. Conforme demonstrado
9 em um estudo de Cerfolio *et al.* (2009), um pneumotórax não sintomático pode não
10 necessariamente requerer uma drenagem torácica. Os drenos de tórax podem ser
11 removidos com segurança em pacientes com pneumotórax, se os seguintes critérios
12 forem atendidos: os pacientes forem assintomáticos, não apresentaram enfisema
13 subcutâneo após 14 dias e o espaço pleural não aumentar de volume. Em nosso
14 estudo, a presença do pneumotórax pós operatório, assim como o enfisema
15 subcutâneo, são achados pós-operatórios relacionados a toracotomia intercostal e
16 abertura mediastinal para acesso as veias cavas, no entanto, são achados esperados
17 no pós-operatório e que tendem a desaparecer nos primeiros dias de cirurgia. A
18 presença do pneumotórax na TC indicou a necessidade de uma nova drenagem,
19 procedimento clínico facilmente realizado pelo dreno de tórax. O enfisema subcutâneo
20 também é encontrado nos pacientes submetidos a toracotomia, mas não apresenta
21 relevância clínica (CERFOLIO *et al.* 2009).

22 Os achados tomográficos no pós-operatório evidenciaram atelectasia alveolar
23 nas amostras pulmonares, compatível com a avaliação histopatológica. Tal alteração
24 pode estar relacionada ao pneumotórax, no entanto as evidências sugerem que o
25 processo de colapso pulmonar possa estar relacionado diretamente a parada
26 circulatória induzida pela *Inflow Occlusion* e consequente hipoperfusão pulmonar. No
27 entanto, não foram observados degeneração hidrópica, o que sugere que os pulmões
28 apresentam certa resistência a hipóxia tecidual quando comparada com os demais
29 tecidos estudados.

30 Os resultados obtidos na avaliação do hemograma mostraram alterações nas
31 células sanguíneas. Os medicamentos comumente usados na prática da anestesia
32 podem alterar significativamente o estado oxidativo das células sanguíneas. Este
33 mecanismo pode contribuir para a supressão imunológica que ocorre transitoriamente
34 no período pós-operatório inicial (DELOGU *et al.* 2004). As mudanças nos valores do

1 eritrograma podem ser o resultado de vários mecanismos, incluindo estresse,
2 marginalização celular e sequestro por alguns órgãos (WILSON *et al.* 2004).

3 Os resultados também foram semelhantes aos obtidos por, KILIÇ (2008) que
4 empregaram a associação de cetamina com detomidina e midazolam intravenoso, em
5 bovinos e verificaram diminuição do hematócrito e da hemoglobina, com o decorrer
6 do período da ação anestésica. Do mesmo modo, Tiburcio *et al.* (2014) também,
7 verificaram redução dos valores da hemoglobina após injeção intravenosa de
8 acepromazina, detomidina e xilazina em equinos. Em nosso estudo foi utilizado
9 acepromazina como medicação pré-anestésica, sabe-se que esses fármacos
10 bloqueiam os receptores α 1-adrenérgicos, resultando em vasodilatação periférica,
11 diminuição da resistência vascular sistêmica e até hipotensão. Alterações nas
12 variáveis fisiológicas ao final do experimento não foram impactantes clinicamente,
13 apesar de apresentarem aumento no hematócrito e hemoglobina durante o trans
14 operatório e está relacionada à parada circulatória temporária.

15 Em nosso estudo houve uma diminuição dos valores da creatinina, comparando
16 o pré e pós operatório. MACEDO *et al.* (2010) propuseram que o aumento da água
17 corporal total altera o volume de distribuição da creatinina, resultando em níveis
18 artificialmente baixos. No presente estudo, foi utilizada uma taxa de 10ml/kg/hora de
19 solução ringer com lactato durante o perioperatório como proposto por (MÖCKEL *et*
20 *al.* 2001), entretanto não podemos descartar a queda da creatinina pela reposição
21 hídrica após o jejum ou hemodiluição.

22 A lesão renal aguda é uma complicação comum após cirurgia cardíaca. A
23 fisiopatologia inclui diminuição da perfusão renal, estresse oxidativo, hipotermia e
24 resposta inflamatória (ZAPPITELLI *et al.*, 2015). Devido à dificuldade de
25 biomarcadores iniciais para indicação de medidas terapêuticas adequadas, VIJITHA
26 *et al.* (2018), realizou um estudo objetivando a avaliação sérica do fósforo como
27 biomarcador precoce de lesão renal aguda em pacientes cirúrgicos cardíacos
28 pediátricos, e foi observado que pode ser um biomarcador precoce para lesão renal,
29 pois aumentou em 24 horas após cirurgia cardíaca. Em nosso estudo foi observado o
30 aumento significativo do fósforo sérico ao fim do experimento, mas sem ultrapassar
31 os limites normais para a espécie (5,3 – 9,6 mg/dl) (GONZÁLEZ; SILVA, 2008),
32 servindo de alerta para possíveis alterações transitórias hipoxêmicas, mas não
33 podendo ser considerada um biomarcador para lesão renal aguda neste estudo.

1 Os níveis elevados de AST no soro podem estar associados à necrose celular
2 de vários tecidos, como os tecidos cardíacos, hepáticos, esqueléticos (SCHAEFER *et*
3 *al.* 1990). Podemos sugerir em nosso estudo possibilidade de danos teciduais leves,
4 no momento do estresse de captura, não podendo, no entanto, ser utilizada como
5 marcador de lesões órgão-específico.

6 Em relação aos momentos cirúrgicos, iremos adotar os valores obtidos ao M0
7 como valores de controle. Os momentos M1 e M2 representam o período isquêmico
8 induzido pela *Inflow Occlusion*, e M3 representa os valores relacionados a reperfusão.
9 Nossos resultados parciais demonstraram que houve diferença significativa no pH e
10 pCO₂ no M3 (reperfusão) se comparado ao controle M0, achado semelhante ao
11 estudo realizado por Silva *et al.* (2020), em que avaliou experimentalmente coelhos
12 submetidos a *Inflow Occlusion* e observou a redução significativa do pH e aumento
13 dos valores de PaCO₂ durante os períodos de isquemia e reperfusão, indicando que
14 a acidose tem origem respiratória.

15 Os valores de pO₂ foram significativos em M1 e M2 se comparado ao controle,
16 o que é aceitável, já que compreende o período isquêmico. Além do mais, o
17 bicarbonato também apresentou redução significativa em M1 e M2, sendo interpretado
18 como principal mecanismo compensatório da acidose respiratória, uma vez que
19 concentrações de bicarbonato no sangue, onde há a disponibilização dos íons H⁺ no
20 intuito de reverter a alteração respiratória, é um indicativo de acidose. Tal resultado
21 difere dos estudos encontrados por Kwasnicka *et al.* (2000) e Silva *et al.* (2020),
22 onde em suas pesquisas não observaram mudanças significativas nas concentrações
23 de bicarbonato após isquemia induzida pela *Inflow Occlusion* e reperfusão em cães e
24 coelhos respectivamente. Apesar da divergência nas mensurações de bicarbonato
25 com os estudos mencionados, os níveis de HCO₃ se encontraram dentro do
26 parâmetro de normalidade para a espécie em todos os momentos cirúrgicos
27 avaliados. O diagnóstico dos distúrbios acidobásicos é baseado no pH, PCO₂ e nas
28 concentrações de bicarbonato no sangue. A análise das concentrações de PCO₂ e
29 bicarbonato ajudam a determinar a causa precisa da variação do pH (SILVA *et al.*
30 2020).

31 Das alterações eletrolíticas observadas durante os momentos operatórios no
32 trans cirúrgico, somente o potássio apresentou alteração significativa. O potássio é
33 um eletrólito muito importante para a manutenção da função fisiológica da célula,
34 estando presente em cerca de 98% no interior da célula e somente 2% extracelular.

1 A relação Na^+ - K^+ - ATPase celular desempenham um papel fundamental nesta
2 homeostase, bombeando Na^+ para fora da célula e K^+ para dentro da célula
3 (RAKISHEVA *et al.* 2020). A mensuração do potássio em nosso estudo apontou
4 aumento sérico nos momentos M2 e M3, elevando ao fim da isquemia e mantendo
5 valores superiores a M0 após reperfusão. Este achado pode estar relacionado a
6 degeneração hidrópica encontrada nos tecidos analisados. A degeneração hidrópica
7 ou vacuolar ou edema celular, ou ainda nomeada edema citotóxico nos tecidos
8 neurais, é a primeira manifestação de quase todas as formas de dano celular, lesão
9 não letal comumente relacionada a diversos fatores que levam ao desequilíbrio
10 eletrolítico celular (IRULEGUI *et al.* 2019). O autor descreve a hipóxia como um fator
11 preditivo para o desenvolvimento da degeneração hidrópica, uma vez que a falta de
12 oxigênio interfere na fosforilação oxidativa que produz o ATP, afetando diretamente a
13 bomba Na^+/K^+ ATPase, fazendo com que o sódio fique retido no interior da célula e
14 o potássio seja eliminado. Assim, a degeneração hidrópica ocorre pelo
15 comprometimento do controle de sódio e potássio no citoplasma, levando a célula a
16 absorver água para manter sua osmolaridade (IRULEGUI *et al.* 2019).

17 Silva *et al.* (2020) realizou um estudo para avaliação videotermométrica do
18 coração submetido a técnica de *Inflow Occlusion* e sequente avaliação histopatológica
19 das câmaras cardíacas, no qual obteve como principal achado pós-operatório, a
20 presença de degeneração hidrópica e enfatiza que o processo degenerativo celular
21 está ligado a processo isquêmico e de reperfusão, levando ao acúmulo de líquido
22 intracelular, portanto, a hipóxia é a causa mais importante da degeneração celular
23 hidrópica (ZACHARY 2018; JERDY *et al.* 2020).

24 Jennings e Steenbergen (1998) em seu estudo com isquemia e reperfusão
25 relatam um aumento de 21% na água total do tecido após dois minutos de reperfusão
26 e 43% após 20 minutos. Esse fato parece estar relacionado ao desequilíbrio
27 hidroeletrólítico na célula o qual provoca sua degeneração.

28 Jerdy *et al.* (2020) realizou um estudo com tartarugas marinhas com histórico
29 de afogamento em redes de pesca, e observou que mesmo após serem resgatadas e
30 aparentemente estabilizadas, elas vinham a óbito, sendo observada na avaliação
31 histopatológica a degeneração hidrópica de hepatócitos, células tubulares renais,
32 miocardiócitos e a presença de edema citotóxico nos tecidos nervosos, além de
33 congestão e necrose relacionada à isquemia prolongada. Em nosso estudo, a
34 presença de degeneração hidrópica moderada foi observada nas amostras teciduais

1 dos rins e miocardiócitos, além de evidenciamos o edema citotóxico moderado nas
2 amostras de córtex cerebral e tronco encefálico. É importante ressaltar que com a
3 execução da *Inflow Occlusion* são atribuídos à ausência de débito cardíaco
4 (hipotensão sistêmica grave com conseqüente isquemia do cérebro e outros órgãos
5 vitais) e também alterações de contrapressão de oclusão venosa (edema cerebral,
6 congestão facial). Ou seja, ao mesmo tempo que não chega sangue ao coração e
7 pulmão, as veias cavas se tornam engorgitadas com o sangue de retorno acumulado,
8 resultando em uma distensão significativa da veia cava cranial, o que impede a
9 drenagem venosa cerebral. Assim, o cérebro é vulnerável tanto à isquemia devido à
10 hipotensão sistêmica e quanto ao aumento da pressão venosa cerebral
11 (GADHINGLAJKAR *et al.* 2010).

12 O período de dois minutos de parada circulatória pela técnica de *Inflow*
13 *Occlusion*, não foi suficiente para levar a uma necrose celular, o que demonstra bom
14 prognóstico para pacientes submetidos a hipóxia em curto período de tempo. O
15 prognóstico do paciente hipóxico está diretamente relacionado ao número de células
16 afetadas e da importância imediata da perda da função celular (ZACHARY, 2018),
17 assim como ao tempo de isquemia e estresse celular.

18 As pressões arteriais de O₂ e CO₂ (PaO₂ e PaCO₂) são monitoradas
19 principalmente por quimiorreceptores periféricos e centrais, respectivamente. A
20 homeostase entre PaO₂ e PaCO₂ no sangue são reguladas pelo centro de controle
21 respiratório no cérebro, que estimula e controla o impulso ventilatório (DETWEILLER
22 *et al.*, 2017). Os canais iônicos de detecção de ácido (ASICs) são canais catiônicos
23 amplamente expressos da superfamília de genes de degenerina de canais iônicos /
24 Canal de Sódio Epitelial (ENaC) que conduzem correntes catiônicas hiperpolarizantes
25 através da membrana plasmática em resposta a uma variedade de estímulos, estando
26 diretamente relacionado a nocicepção induzida pela acidez em mamíferos, além de
27 estar relacionado com a detecção de dor isquêmica (LIANG *et al.* 2009;
28 DETWEILLER *et al.*, 2018).

29 A PaCO₂ aumentou significativamente em resposta ao período de parada
30 circulatória devido à redução da oferta de oxigênio, permanecendo elevada mesmo
31 após a recirculação sanguínea, consistente com os resultados de Silva *et al.* 2020 e
32 Vale *et al.* (2016), representando uma acidose respiratória em resposta as
33 concentrações de gás carbônico e logo acidificação do meio. Liang *et al.* (2009) relata
34 a ativação dos ASIC em pH inferior a 7,4, com ativação parcial em pH 7,0 e ativação

1 total em pH 6,2, faixa de pH relacionada ao pré-infarto/infarto. A Isquemia e hipóxia
2 resultam em uma redução acentuada no pH do tecido devido à geração descontrolada
3 de ácido láctico, e a acidose é um importante determinante de lesão neurológica. A
4 probabilidade de abertura do ASIC aumenta à medida que o pH diminui (LIANG *et al.*
5 2009). Em nosso estudo o tempo de isquemia proposto não foi suficiente para o
6 decréscimo acentuado do pH, apesar de ser observado acidose respiratória. A
7 necessidade de estudos futuros para investigar a ativação dos canais ASIC
8 relacionada a parada circulatória/isquemia induzida pela *Inflow Occlusion* no tempo
9 proposto de dois minutos ou superior se mostra relevante. Complicações cardíacas e
10 neurológicas podem ser vistas devido à má perfusão sistêmica e cerebral,
11 particularmente em oclusões de mais de 3 minutos (SINGH *et al.* 2006; GOKALP *et*
12 *al.* 2011).

1 **8 CONCLUSÃO**

2

3 A videotermometria de campo aberto em tempo real foi eficiente em identificar
4 a variação de temperatura do tecido miocárdio, sendo observada uma área de menor
5 temperatura no óstio da veia cava caudal e no átrio direito, no período de isquemia
6 cardíaca.

7 Tal observação pode indicar, de forma precoce, que as primeiras áreas
8 cardíacas a sofrerem com os processos relacionados à isquemia, são as estruturas
9 previamente citadas.

10 Concluimos que o tempo de parada circulatória de dois minutos pela técnica de
11 Inflow Occlusion é segura.

1 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2 ABERNATHY, M.; BRANDT, M. M.; ROBINSON, C. Noninvasive testing of the carotid
3 system. **American, Family Physician**, v. 29, p. 157-171, 1984.
- 4
- 5 ALSAAOD, M. BUSCHER, W. Detection of hoof lesions using digital infrared
6 thermography in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 735-742, 2012.
- 7
- 8 ASIMOV, I. Asimov`s Chronology of Science and Discovery. **Harper Collins**
9 **Publishers**, 1994.
- 10
- 11 ANDRADE, A.F. de et al. Modelo Experimental de Hipertensão Intracraniana com
12 monitorização multiparamétrica contínua em suínos. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**,
13 v.71, n.10, p.802-806, 2013.
- 14
- 15 ANDREWS, J.M.; GRINDEM, C.B. Interpreting electrolyte, anion gap, and total carbon
16 dioxide data. **Journal of Veterinary Medicine**, v.8, p.548-553, 2000.
- 17
- 18 BAILEY, J. E.; PABLO, L. S. Practical approach to acid-base disorders. **Veterinary**
19 **Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 28, n. 3, p. 645-661, 1998.
- 20
- 21 BATEMAN, S. W. Making sense of blood gas results. **Veterinary Clinics of North**
22 **America: Small Animal Practice**, v. 38, p. 543-557, 2008.
- 23
- 24 BATISTA, J. C. H. Detecting A H1N1 in Tocumen International Airport in Panama.
25 **FLIR Technical Series Application Note for Research & Science**, 2011.
- 26
- 27 BRAILE, D. M.; GODOY, M. F. História da cirurgia cardíaca no mundo. **Revista**
28 **Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 27, n. 3, p. 125-134, 2012.
- 29
- 30 BELETTINI, S. T.; ALBERTON, L. R.; SILVA, R. P. B.; STEL, R. F.; LOURENÇO, W.
31 S.; PACHALY, J. R. Avaliação dos níveis séricos de lactato em cães submetidos a
32 anestesia dissociativa. **Arquivos de Ciências Veterinária e Zoologia da Unipar**,
33 v.11, n.2, p. 87-95, 2008.

- 1 BRAZ, J. R. C. Fisiologia da termorregulação normal. **Revista Neurociências**, v. 13,
2 n. 3, 2005.
3
- 4 BRIOSCHI, M. L.; CIMBALISTA, M. J.; COLMAN, D. et al. Termo-coronário-
5 angiografia: padronização do método e primeiras aplicações técnicas no Brasil.
6 **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 17, n. 2, p. 15-19, 2002.
7
- 8 BRIOSCHI, M. L.; MACEDO J. F.; MACEDO, R. A. C. Termometria Cutânea: Novos
9 Conceitos. **Jornal Vascular Brasileiro**, v.2, n. 2, p. 151-160, 2003.
10
- 11 BRIOSCHI, M. L.; SILVA, F. M. R. M.; MATIAS, J. E. F. et al. Infrared Imaging for
12 Emergency Medical Services (EMS): Using an IR camera to identify life-threatening
13 emergencies. **InfraMation Proceedings ITC**, 126A, 2008.
14
- 15 BROOKS, D. K.; FELDMAN, S. A. Metabolic acidosis (A new approach to "neostigmine
16 resistant curarization"). **Anesthesia**, v. 17, n.2, p. 161-162, 1962.
17
- 18 BOZOK, S.; ILHAN, G.; KAZDAL, H.; OZPAK, B.; YUREKLI, I.; BAYRAK, S.;
19 KESTELLI, M. Could the novel 'double-hole' technique be an alternative for the inflow
20 occlusion method? **Cardiovascular Journal of Africa**, v.27, n.5, p.291-95, 2016.
21
- 22 BOBADILLA J.L.; WIGFIELD, C.H.; CHOPRA, P.S. Inflow occlusion pulmonary
23 embolectomy in the modern era of cardiac surgery. **The Journal of Thoracic and**
24 **Cardiovascular Surgery**, v.131, n.2, 2006.
25
- 26 BURGNER, I. A.; KOVACEVIC, A.; MAULDIN, G. N. et al. Cardiac Troponins as
27 Indicators of Acute Myocardial Damage in Dogs. *Journal of Veterinary Internal*
28 *Medicine*, v.20, p.277-283, CAMARGO, D. Parâmetros hemogasométricos e equilíbrio
29 ácido-básico de cabritos nascidos de partos normais. **Pesquisa Veterinária**
30 **Brasileira**, v.32,s.1,p.9-14, 2012.
31
- 32 CARLOS, M.M.; FREITAS, D.F. Estudo da cascata de coagulação sanguínea e seus
33 valores de referência. **Acta Veterinária Brasílica**, v.1, p.49-55, 2007.
34

- 1 CERFOLIO, R.J.; MINNICH, D.J.; BRYANT, A.S.; The removal of chest tubes despite
2 an air leak or a pneumothorax. **The Annals of Thoracic Surgery**, v.87, p.1690-6,
3 2009.
- 4
- 5 CHENGALATH, M.M.; MATHEW, T.; KUMAR, L.; PERIAPPURAM, J.C.;
6 CHELLAPPAN, S.; FRANCIS, E. Explanting the migrated hepatic stent in the right
7 atrium by modified vena caval inflow occlusion. **Indian Journal of Thoracic and**
8 **Cardiovascular Surgery**, v.35, p.108–110, 2019.
- 9
- 10 CHETBOUL, V. Advanced Techniques in Echocardiography in Small Animals.
11 **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 40, n. 4, p.529-
12 543, 2010.
- 13
- 14 DELOGU, G. *et al.* Oxidative Stress and in Human Lymphocytes Relevant Anesthetic
15 Drug Concentrations. **Journal of Clinical Anesthesia**, v. 16, p. 189–194, 2004.
- 16
- 17 DETWEILLER, N.D.; VIGIL, K.G.; YAN, S.; RESTA, T.C.; WALKER, B.R.; JERNIGAN,
18 N.L. Contribution of Acid-Sensing Ion Channels to Hypoxia- and Hypercapnia-Induced
19 Ventilatory Drive in Conscious Unrestrained Mice. **The Journal of the Federation of**
20 **American Societies for Experimental Biology**, v.31, s1, p.10722, 2017.
- 21
- 22 DETWEILLER, N.D.; VIGIL, K.G.; YAN, S.; HERBERT, L.M.; BENNETT, M.C.;
23 RESTA, T.C.; WALKER, B.R.; JERNIGAN, N.L. Acid-Sensing Ion Channels (ASICs) 2
24 and 3 Buffer Pulmonary Vasoreactivity and ASIC2 Protects Against the Development
25 of Chronic Hypoxia -Induced Pulmonary Hypertension. **The Journal of the**
26 **Federation of American Societies for Experimental Biology**, v.32, n.51, p.892,
27 2018 2006.
- 28
- 29 CALASANS-MAIA, M. D.; MONTEIRO, M. L.; ÁSCOLI, F. O. *et al.* The rabbit as an
30 animal model for experimental surgery. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 24, n. 4, p. 325-
31 328, 2009.
- 32
- 33 CAVALCANTI, G. A. O.; ARAÚJO, R. B.; MELO, E. G. *et al.* Infarto agudo do miocárdio
34 e injeção intramiocárdica experimental em cães: estudos clínico, enzimático,

- 1 eletrocardiográfico e ecocardiográfico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**
2 **e Zootecnia**, v. 64, n. 2, p. 286-294, 2012.
- 3
- 4 DAHLOF, B. Cardiovascular disease risk factors: epidemiology and risk assessment,
5 **American Journal of Cardiology**, v. 105, (Suppl. 1), p. 3A-9A, 2010.
- 6 DE BACKER, D. Lactic acidosis. *Minerva Anestesiologica*. v. 69, n. 4. p. 281-284.
7 2003.
- 8
- 9 DUTTA, P.; COURTIES, G.; WEI, Y. et al. Myocardial infarction accelerates
10 atherosclerosis. **Nature**, v. 487, p. 325-329, 2012.
- 11
- 12 EMERY, R. W.; EMERY, A. M.; FLAVIN, T. F. et al. Revascularization using
13 angioplasty and minimally invasive techniques documented by thermal imaging.
14 **Annals of Thoracic Surgery**, v. 62, p. 591-593, 1996.
- 15
- 16 FRANGOIANNIS, N. G.; PERRARD, J. L.; MENDOZA, L. H. et al. Stem cell factor
17 induction is associated with mast cell accumulation after canine myocardial ischemia
18 and reperfusion. **Circulation**, v. 98, n. 7, p. 687–698, 1998.
- 19
- 20 FREITAS, R. R.; STOPIGLIA, A. J.; FANTONI, D. T. et al. Surgical correction of atrial
21 septal defect using the Inflow Occlusion Technique. **Brazilian Journal of Veterinary**
22 **Animal Science**, v. 42, n. 3, p.193-195, 2005.
- 23
- 24 GARAGIOLA, U.; GIANI, E. Use of telethermography in the management of sports
25 injuries. **Sports Medicine**, v. 4, p. 267-272, 1990.
- 26
- 27 GIRALDEZ, R. R. C. V.; RAMIRES, J. A. F. Fisiopatologia da isquemia miocárdica: da
28 isquemia às novas síndromes isquêmicas e lesão de reperfusão In: ROCHA E SILVA,
29 M. **Fisiopatologia cardiovascular**. São Paulo. Editora Atheneu, 2000, p. 91- 100.
- 30
- 31 GRAENER, R.; WERNER, J. BUSE, M. Properties of central control of body
32 temperature in rabbit. **Biological Cybernetics**, v. 50, n. 6, p. 437-445, 1984.
- 33

- 1 GUYTON & HALL. **Tratado de Fisiologia Médica**, cap. 72. Energética Celular e o
2 Metabolismo Basal, Rio de Janeiro, 12° ed., 2011.
- 3
- 4 HASKINS, S.; ALDRICH, J. Monitoring the critically ill patient. In: Proceedings from a
5 series of intensive care seminars, held in Auckland and Christchurch. Publication for
6 **Veterinary Continuing Education**, n.156, p.1- 27, 1994.
- 7
- 8 HEARSE, D. J. Ischemia, reperfusion and cardioprotection: sucesses and failures in
9 the journey from molecule to man. **Europe Heart Journal Supplements**, v. 3, n.
10 Supplement C, p. C11-C21, 200.
- 11
- 12 HOUDAS, Y.; RING, R. F. J. Human body temperature - its measurements and
13 regulation. New York, **Plenum**, 1982.
- 14
- 15 HUNT, G. B.; MALIK, R.; BELLENGER, C. R. et al. Total Venous Inflow Occlusion in
16 the normothermic dog: a study of haemodynamic, metabolic and neurological
17 consequences. **Research in Veterinarian Science**, v. 52, n. 3, p. 371-377, 1992.
- 18
- 19 JONAS, R. A.; CASTANEDA, A. R.; FREED, M. D. Normothermic caval inflow
20 occlusion: application to operations for congenital heart disease. **Journal of thoracic
21 and cardiovascular surgery**, v. 89, n, 5, p. 780-786, 1985.
- 22
- 23 JONES, B. F. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine,
24 **IEEE Transactions on Medical Imaging**, v. 17, p. 1019–1027, 1998.
- 25
- 26 .KIZILTEPE, U.; EYILETEN, Z. B.; UYSALEL, A. et al. Acute pulmonary hypertensive
27 crisis after Total Anomalous Pulmonary Venous Connection repair treated with atrial
28 septectomy with inflow occlusion. **Internal Journal of Cardiology**, v. 87, n. 1, p. 107-
29 109, 2003.
- 30
- 31 KWASNICKA, K. L.; STOPIGLIA, A., J.; FREITAS, R. R. et al. Avaliação
32 hemogasométrica durante a parada circulatória total - Inflow Occlusion - aplicada por
33 diferentes períodos de tempo em cães saudáveis. **Brazilian Journal of Veterinary
34 research and Animal Science**, v. 37, n. 3, p. 234-242, 2000.

- 1 LAHIRI, B. B.; BAGAVATHIAPPAN, S.; JAYAKUMAR, T. et al. Medical applications of
2 infrared thermography: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 55, p. 221– 235,
3 2012
- 4
- 5 MARR, C. M. Microwave thermography: a non invasive thecnique for investigation of
6 injury of the superficial flexor tendon in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v.4, n.
7 24, p. 269-273, 1992.
- 8
- 9 MARTINS, L. G. A.; RAISER, A. G.; BRAGA, F. V. A.; RAPPETI, J. C.; POHL, V. H.
10 Ventriculectomia parcial mediante oclusão do influxo venoso cardíaco em cães.
11 **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1830-1835, 2009.
- 12
- 13 MOHR, F. W.; MATLOFF, J.; GRUNDFEST, W. et al. Thermal Coronary Angiography:
14 a method for assessing the graft patency and coronary anatomy in coronary bypass
15 surgery. **Annals of Thoracic Surgery**, v. 42, p. 441-449, 1989.
- 16
- 17 NG, E. Y. K.; A review of thermography as promising non-invasive detection modality
18 for breast tumor. **International Journal of Thermal Sciences**, v. 48, p. 849-859, 2009.
- 19
- 20 MIZIARA, I. D.; MAGALHÃES, A. T. M.; SANTOS, M. A. et al. modelos animais.
21 **Brazilian journal of otorhinolaryngology**, v. 78, n. 2, p. 128-131,2012.
- 22
- 23 ORTON, E. C.; BRUECKER, K. A.; MCCRACKEN, T. O. An Open Patch-Graft
24 Technique for Correction of Pulmonic Stenosis in the Dog; **Veterinary Surgery**, v. 19,
25 n. 2, p. 148-154, 1990.
- 26
- 27 ORTON E. C. 1995. and cardiopulmonary bypass, p.185 - 202. In: Orton E.C. (Ed.),
28 **Small Animal Thoracic Surgery**. Lea and Febiger, Philadelphia.
- 29
- 30 REDAELLI, V.; LUDWIG, N.; COSTA, L. N. et al. Potencial application of thermography
31 (IRT) in animal production and for animal welfare. A case report of working dogs.
32 **Annali dell' Istituto Superiore di Sanità**, v. 50, n. 2, p. 147-152, 2014.
- 33
- 34 RAIÁ, A. A.; ZERBINI, E. J. Clínica cirúrgica Alípio Correa Netto, p. 502-515, 1998.

- 1 RALSTON, W. H.; ROBBINS, M. S.; JAMES, P. Reproduction developmental, and
2 genetic toxicology of ioversol. **Investigative Radiology**, v. 24, n. 1, p. 16-22, 1989.
3
- 4 RING, E. F. J. Pioneering progress in infrared imaging in medicine, **Quantitative**
5 **Infrared Thermography Journal**, p. 1-9, 2014.
6
- 7 RING, E. F. J. The historical development of temperature measurement in medicine,
8 **Infrared Physics & Technology**, v. 49, p. 297–301, 2007.
9
- 10 RING, E. F. J.; AMMER, K. The technique of infrared imaging in medicine,
11 **Thermology International**, v. 7, p. 7–14, 2007.
12
- 13 ROBICSEK, F.; MASTERS, T. N.; SVENSON, R. H. et al. The application of
14 thermography in the study of coronary blood flow. **Surgery**, v. 84, p.858-864, 1978.
15
- 16 SANTOS, A. L. F.; LARSSON, M. H. M. A.; PEREIRA, G. G. et al. Dosagem sérica de
17 troponina I em cães com desnível do segmento ST utilizando quimioluminescência.
18 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1330-1336,
19 2011.
20
- 21 SCHANAIDER, A.; SILVA, P. C. Uso de animais em cirurgia experimental. **Acta de**
22 **Cirurgia Brasileira**, v. 19, p. 441-447, 2004.
23
- 24 SCHAEFER, A. L.; COOK, N.; TESSARO, S. V. et al. Early detection and prediction of
25 infection using infrared thermography. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84,
26 p. 73–80, 2003.
27
- 28 SCHAEFER, P. C.; PROKOP, M. MDCT for the diagnosis of acute pulmonary
29 embolism. **Europe Radiology**, v. 15, Suppl, 4, p. D37–D41, 2005.
30
- 31 SCHWADERER, A. L.; SCHWARTZ, G. J.; Back to basics: Acidosis and alkalosis.
32 **Pediatrics in Review**, v. 25, n.10, p. 350-357, 2004.
33

- 1 SMITH, C. E.; YAMAT, R. A. Avoiding hypothermia in the trauma patient. **Current**
2 **Opinion in Anaesthesiology**, v. 13, p. 167-174, 2000.
- 3
- 4 STEWART, M.; WEBSTER, J. R.; SCHAEFER, A. L. et al. Infrared thermography as a
5 non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, v. 14, p. 319–325, 2005.
- 6
- 7 TERRA FILHO, J. Avaliação laboratorial da função pulmonar. In: **SIMPÓSIO:**
8 **DOENÇAS PULMONARES**, 31, 1998, Ribeirão Preto. p. 191-207.
- 9
- 10 TERZI, R. G. G. Acidose láctica no paciente hemodinamicamente instável. In: TERZI,
11 R; ARAÚJO, S. Monitorização hemodinâmica e suporte cardiocirculatório do paciente
12 crítico. São Paulo. Editora Atheneu, 1995, p. 219-232.
- 13
- 14 THOMAS, W.P. Myocardial disease of the dog. In: BONAGURA, J. D. (Ed.).
15 Contemporary issues small animal practice: **Cardiology**, v. 7, p.117-155, 1987.
- 16
- 17 TOPALIDOU, A.; DOWNE, S. Investigation of the use of thermography for research
18 and clinical applications in pregnant women. **Infrared Physics & Technology**, 75, p.
19 59-64, 2016.
- 20
- 21 TURNER, T. A.; PUROHIT, R. C.; FESSLER, J. F. Thermography: A review in equine
22 medicine. **Equine Veterinary Science** v. 5, p. 8–10, 1986.
- 23
- 24 VALE, D. F.; RAMOS, R. M.; FERREIRA, F. S. et al. Comportamento da frequência
25 cardíaca e da temperatura corpórea em coelhos submetidos à parada circulatória
26 cardíaca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 4, p. 923-930, 2010.
- 27
- 28 THIRUVENGADAM, J.; ANBURAJAN, M.; MENAKA, M. et al. Potential of thermal
29 imaging as a tool for prediction of cardiovascular disease. **Journal of Medical**
30 **Physics**, v. 39, p. 98-105, 2014.
- 31
- 32 VALE, D. F.; DA SILVA, R. M.; DE AGUIAR, R. R. et al. The Correlation of Glycogen
33 Metabolism in Rabbit Myocardial Ischemia. **Veterinary Science and Technology**, v.
34 7, issue 1, 2016.

- 1 VAN HOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. Use of infrared thermography to detect
2 infections and palmar digital neurectomy in horses. **The Veterinary Journal**, v. 64, p.
3 129-141, 2002.
- 4
- 5 VAN SON, J. A. M.; FALK, V.; WALTHER, T. et al. Thermal Coronary Angiography for
6 Intraoperative Testing of Coronary Patency in Congenital Heart Defects. **Annals of**
7 **Thoracic Surgery**, v. 64, p. 1499-1500, 1997.
- 8
- 9 VARCO, R. L. Discussion of Muller W H, Longmire HP Jr. The surgical treatment of
10 cardiac vascular stenosis. **Surgery**, v. 30, p. 29-42, 1951.
- 11
- 12 WARE, W. A. **Cardiovascular disease in small animal medicine**, 1.ed., London:
13 Manson Publishing, p. 396, 2007.
- 14
- 15 WHITE, H. D.; CHEW, D. P. Acute myocardial infarction. **Lancet**, v. 372, n. 9638, p.
16 570–584, 2008.
- 17
- 18 ZHENG, J.; WEI, C. C.; HASE, N. et al. Chymase Mediates Injury and Mitochondrial
19 Damage in Cardiomyocytes during Acute Ischemia/Reperfusion in the Dog. **Public**
20 **Library of Science ONE**, v. 9, n. 4, p. e94732, 2014.
- 21
- 22 ALFIERI O.; DE BONIS, M. The Role of the Edge-to-Edge Repair in the Surgical
23 Treatment of Mitral Regurgitation. **Journal of Cardiac Surgery**, v.25, p.536-541,
24 2010.