

MARIANA RODRIGUES CHUVA

**MONITORIZAÇÃO DOS PARÂMETROS
HEMODINÂMICOS E DE VENTILAÇÃO DURANTE A
INSUFLAÇÃO COM DIÓXIDO DE CARBONO DO
PERITONEU DURANTE A LAPAROSCOPIA**

Orientador: Prof. Dr. Lénio Ribeiro

Coorientador: Prof. Dr. João Martins

Universidade Lusófona – Centro Universitário Lisboa

Faculdade de Medicina Veterinária

Lisboa

2023

MARIANA RODRIGUES CHUVA

**MONITORIZAÇÃO DOS PARÂMETROS
HEMODINÂMICOS E DE VENTILAÇÃO DURANTE A
INSUFLAÇÃO COM DIÓXIDO DE CARBONO DO
PERITONEU DURANTE A LAPAROSCOPIA**

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, no dia 09/11/2023, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação nº 388/203, de 17 de outubro, com a seguinte composição:

Presidente: Professora Doutora Mariana Batista

Arguente: Professora Doutora Sónia Campos

Orientador: Prof. Dr. Lénio Ribeiro

Coorientador: Prof. Dr. João Martins

Universidade Lusófona – Centro Universitário Lisboa

Faculdade de Medicina Veterinária

Lisboa

2023

It's a beautiful day to save lives. Let's have some fun.

- "Derek Shepherd"

Agradecimentos

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, à Professora Doutora Laurentina Pedroso e a todo o corpo docente por todos os anos de aprendizagem.

À Dra. Sónia Miranda e a toda a equipa do Anicura Hospital Veterinário do Atlântico por me receberem de braços abertos e por estarem sempre disponíveis para ensinar e ajudar no que fosse preciso.

Ao Dr. Lénio Ribeiro, o meu orientador, não só se mostrar disponível para ajudar e ensinar desde o primeiro dia do meu estágio como também por todos os conselhos e momentos de animação que proporcionou durante todo o estágio. Não me esquecerei que “Um relógio parado está certo duas vezes ao dia”.

Ao Dr. João Martins, o meu coorientador, por sempre se mostrar disponível e pronto a ajudar ao longo da escrita desta dissertação.

Ao Dr. Fausto Brandão, por tudo o que me ensinou nas suas cirurgias e além disso por apoiar e permitir recolher os dados das suas cirurgias para realização desta dissertação.

Ao Dr. Rui Bio, por me receber de braços abertos e por ter sido o primeiro a mostrar-me o mundo da endoscopia e da cirurgia de mínima invasão.

Aos meus pais e ao meu irmão, o maior agradecimento, por sempre me acompanharem ao longo da vida e por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos. Sem eles, por todas as razões, este percurso não teria sido possível!

Aos restantes membros da família, em especial à minha madrinha Sara e à minha prima Rita, que sempre me apoiaram e celebraram as minhas conquistas.

Aos meus cães, Snoopy e Maxi, por serem uma das razões para entrar neste curso e por todos os dias animarem o meu dia.

Aos amigos da faculdade porque sem eles não teria sido o mesmo Celeste, Joana O., Joana P., Sofia, Ana, Catarina e Hugo. O stress dos exames, trabalhos, apresentações e tudo foi uma minoria comparando com os bons momentos que passei convosco.

Às minhas amigas de infância, Cláudia, Mara, Maria, Mariana, Marta por sempre me apoiarem e ouvirem as minhas histórias do mundo da veterinária.

Aos meus amigos Sofia e Sebastião obrigada por serem os meus maiores apoiantes e pelas palavras de incentivo ao longo destes 6 anos.

Aos meus colegas de estágio Carolina, Catarina, Cátia, Inês, Filipa, Gonçalo e Nádia, por tornarem estes 6 meses ainda melhores porque os pude partilhar convosco.

À Ana Rita, Beatriz L., Carolina R., Catarina, Joana F., Rita e Rute por tudo o que me ensinaram durante o estágio e por se tornarem amigas que vou levar comigo.

Resumo

A cirurgia laparoscópica em medicina veterinária tem apresentado um crescimento acentuado nos últimos anos, principalmente devido a avanços nas técnicas anestésicas e cirúrgicas. Esta técnica, apesar de oferecer muitas vantagens, não é isenta de riscos a nível cardiovascular e respiratório.

Pretendeu-se com este trabalho avaliar estes riscos cardiorrespiratórios. Com essa finalidade, foram recolhidos dados da monitorização anestésica de 10 cães ($n=10$) submetidos a laparoscopia com insuflação intraperitoneal. O protocolo anestésico aplicado foi semelhante em todos os animais, sendo utilizada na pré-medicação dexmedetomidina e metadona, propofol para a indução e para a manutenção foi utilizado isoflurano.

No período intraoperatório foram recolhidos dados em 5 tempos diferentes (PI 0, PI 14, PI 10, PI 6, PD 0), cada período de recolha tinha uma duração de 5 minutos e uma pressão intra-abdominal pré-definida.

Com o presente estudo foi possível afirmar que as alterações hemodinâmicas a diferentes pressões de insuflação não foram estatisticamente significativas, mas a nível da ventilação, a *compliance*, resistência da via aérea, pressão plateau, pressão pico e dióxido de carbono no final da expiração, apresentaram alterações estatisticamente significativas.

Serão necessários estudos de futuro com uma amostra superior para serem retiradas mais conclusões acerca deste tema.

Palavras-chave: anestesia; laparoscopia; riscos; hemodinâmica; ventilação.

Abstract

Laparoscopic surgery in veterinary medicine has witnessed a significant increase in recent years, mainly due to advances in anesthetic and surgical techniques. Although this technique offers many advantages, they are not free of cardiovascular and respiratory risks.

This study aims to investigate these cardiopulmonary risks. With this goal in mind, data from the anesthesia monitoring of 10 dogs ($n = 10$) subjected to laparoscopy with intraperitoneal insufflation were collected. The anesthetic protocol applied was consistent for all animals, using dexmedetomidine and methadone for premedication, propofol for induction, and isoflurane for maintenance during the procedure.

Data were collected at 5 different time points (PI 0, PI 14, PI 10, PI 6, PD 0), with each collection period lasting 5 minutes and using a predefined intra-abdominal pressure.

The present study determined that hemodynamic alterations at different inflation pressures were not statistically significant, however on ventilation, the compliance, airway resistance, plateau pressure, peak pressure and End-Tidal Carbon Dioxide were statistically significant.

However, further studies will be required, with a larger sample size, in order to draw more conclusive results from this study.

Keywords: anesthesia; laparoscopy; risks; hemodynamic; ventilation.

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

% - percentagem

® - marca registada

µg - micrograma

AHVA – Anicura Hospital Veterinário do Atlântico

ASA – do inglês, American Society of Anesthesiologists

bpm - batimentos por minuto

CC- condição corporal

CO₂- Dióxido de Carbono

Cpl- Compliance pulmonar

CRF- Capacidade Residual Funcional

Et al. - e outros, da locução latina “et alli”

ETCO₂ - dióxido de carbono libertado no final da expiração (do inglês: End-Tidal Carbon Dioxide)

FC – Frequência Cardíaca

FR- Frequência Respiratória

H₂O - água

IM - intramuscular

IV - intravenoso

kg - quilograma

mg - miligramas

ml - mililitros

mmHg - milímetros de mercúrio

OVE- ovariectomia

OVH- ovariohisterectomia

PA- Pressão alveolar

Pa- Pressão Arterial

PV- Pressão venosa

PEEP- Pressão Expiratória Final Positiva

PP- Pressão Pleural

P.Plateau- Pressão Plateau

P.Pico- Pressão Pico

VA- Ventilação Alveolar

VEM- Ventilação do espaço morto

VM- Volume minuto

VT- Volume Tidal

rpm- respirações por minuto

Índice Geral

1	CAPÍTULO I – DESCRIÇÃO DA CASUÍSTICA E DAS ATIVIDADES DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR.....	15
2	CAPÍTULO II – Revisão Bibliográfica	18
2.1	Introdução	18
2.2	Cirurgia Minimamente Invasiva.....	18
2.3	Cirurgia laparoscópica.....	19
2.4	Considerações respiratórias durante a anestesia em cirurgia laparoscópica.....	20
2.4.1	Fisiologia da Respiração	20
2.4.2	<i>Compliance</i> , Elastância e Resistência.....	22
2.4.3	Pressões na via aérea	23
2.4.4	Volumes Pulmonares.....	25
2.4.5	Constantes de Tempo	26
2.4.6	Perfusão Pulmonar	27
2.5	Efeitos respiratórios durante a anestesia em cirurgia laparoscópica.....	28
2.5.1	Posicionamento na mesa de cirurgia.....	29
2.6	Considerações cardiovasculares durante a anestesia em cirurgia laparoscópica	30
2.7	Efeitos Hemodinâmicos	30
2.7.1	Insuflação peritoneal	30
2.7.2	Desinsuflação peritoneal	31
2.7.3	Posicionamento na mesa de cirurgia.....	32
2.8	Objetivos.....	32
3	CAPÍTULO III – Trabalho Experimental	34
3.1	Material e Métodos.....	34
3.2	Protocolo anestésico	34
3.2.1	Parâmetros do utilizados na ventilação	35

3.3	Recolha de Dados.....	35
3.3.1	Tempos de recolha de dados	36
3.4	Análise estatística.....	37
4	Resultados	37
4.1	Grupo de estudo	37
4.2	Análise dos parâmetros hemodinâmicos durante os procedimentos.....	38
4.3	Análise dos parâmetros de ventilação durante os procedimentos.	40
5	Discussão.....	45
6	Conclusão	49
7	Referências Bibliográficas	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Descrição do grupo de estudo.	38
Tabela 2 - Média e desvio padrão da FC e pressão arterial de acordo com as diferentes pressões de insuflação abdominal durante os procedimentos laparoscópicos.....	39
Tabela 3 - Média e desvio Padrão da ETCO ₂ , SPO ₂ , P.Plateau, P.Pico, Resistência da via área e Cpl. em diferentes pressões de insuflação abdominal durante os procedimentos laparoscópicos.	41
Tabela 4 - Resultados do teste de Friedman para as concentrações de ETCO ₂ , P.Plateau, P.Pico, resistência e Cpl em diferentes pressões de insuflação.	45

Índice Gráficos

Gráfico 1 - Casuísta do estágio.....	16
Gráfico 2 - Divisão do tipo de cirurgias assistidas.	17
Gráfico 3 - Distribuição da PAM nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.....	39
Gráfico 4 - Distribuição da FC nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.....	40
Gráfico 5 - Distribuição da ETCO ₂ nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.....	41
Gráfico 6 - Distribuição da SPO ₂ nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.....	42
Gráfico 7 - Distribuição da P.Pico nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.....	42
Gráfico 8 - Distribuição da P.Plateau nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.....	43
Gráfico 9 - Distribuição da resistência da via aérea nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.	43
Gráfico 10 - Distribuição da compliance nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.....	44

Índice de Figuras

Figura 1- Representação dos alvéolos sem e com PEEP. A- Alvéolos com atelectasia antes do PEEP; B- Alvéolos com PEEP “ótimo”; C- Alvéolos com PEEP excessivo.....	24
Figura 2- Exemplo de Curva Pressão-Volume Estática. PMC- ponto de máxima curvatura; PII- Ponto de Inflexão Inferior	25
Figura 3- Representação do volume pulmonar.....	26
Figura 4 - Zonas de West. PA- pressão alveolar; Pa- pressão arterial, Pv- pressão venosa....	28
Figura 5- Alterações hemodinâmicas ao longo das diferentes fases da cirurgia laparoscópica. DC – débito cardíaco; FC – frequência cardíaca; PAM – pressão arterial média; PATD – pressão atrial direita; PCP – pressão capilar pulmonar; RVS – resistência vascular sistêmica..	32
Figura 6- Diagrama do estudo.	36

1 CAPÍTULO I – DESCRIÇÃO DA CASUÍSTICA E DAS ATIVIDADES DURANTE O ESTÁGIO CURRICULAR

O presente relatório de estágio refere-se às atividades desenvolvidas durante o estágio curricular do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona. Este teve uma duração de 6 meses, e foi realizado no período entre 5 de setembro de 2022 e 5 de março de 2023, o qual totalizou aproximadamente 960 horas (média de 40 horas semanais), no Anicura Hospital Veterinário do Atlântico (AHVA), na área da medicina interna e cirurgia de animais de companhia, sob a orientação externa do Dr. Lénio Ribeiro. O estágio foi realizado num horário rotativo diurno (de manhã (8-16h) e à tarde (14-22h)) e noturno (20-9h), tendo incluído dias úteis, fins-de-semana e feriados.

O AHVA foi escolhido como local de estágio por ser um centro de referência em cirurgia de mínima invasão e intervencionismo, pela existência de um centro de reprodução, de cardiologia e mais recentemente centro de cirurgia avançada e oncologia.

Durante os 6 meses foi possível passar pelas diferentes áreas desde medicina interna a cirurgia. No internamento, a autora participou na discussão dos casos, realizou procedimentos práticos (exame físico, administração de medicação, cateterização, contenção, recolha de sangue, limpeza de feridas, algalias, etc.) e realizou exames complementares (análises sanguíneas, radiografias, etc.),

Nas consultas, a autora assistiu a consultas das diferentes especialidades, com diferentes médicos veterinários podendo assistir a diferentes abordagens. Esta rotação foi importante para consolidar os conhecimentos e perceber a importância de um bom exame físico, recolha de história pregressa, anamnese e comunicação com os tutores. Após as consultas era possível discutir o caso, os exames complementares de diagnóstico a realizar e as medicações mais indicadas.

Na cirurgia, a autora participou na preparação pré-cirúrgica, nomeadamente, na escolha de fármacos para a sedação e indução, colocação de tubo endotraqueal, tricotomia e antissepsia. Intra cirurgicamente, a autora auxiliou em diferentes tipos de cirurgias, e participou na anestesia, na monitorização dos parâmetros hemodinâmicos e ventilatórios. E por fim, no pós-

operatório, acompanhou os animais no recobro para monitorizar o seu despertar e o conforto dos mesmo ao longo da sua recuperação.

A casuística do estágio foi dividida pelas seguintes áreas de Medicina Interna: Medicina Preventiva, Gastroenterologia e Glândulas Anexas, Endocrinologia, Urologia e Nefrologia, Cardiologia, Pneumologia, Ortopedia, Oncologia, Oftalmologia, Traumatologia, Dermatologia, Neurologia, Reprodução, Cuidados Intensivos, Imagiologia (gráfico 1).

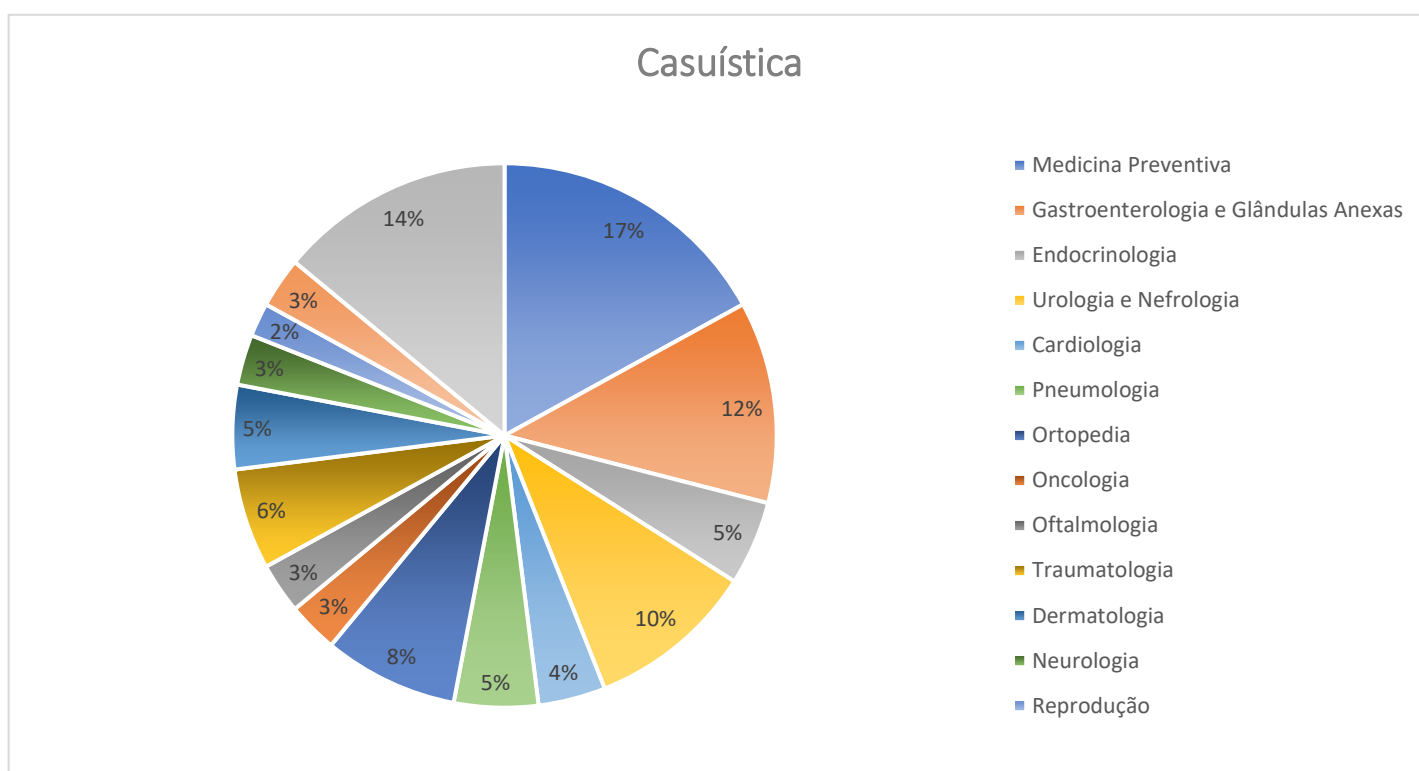


Gráfico 1 - Casuística do estágio

Na área de cirurgia, foi dividida do seguinte modo: Tecidos Moles, Ortopedia, Mínima Invasão e Endoscopia (gráfico 2).

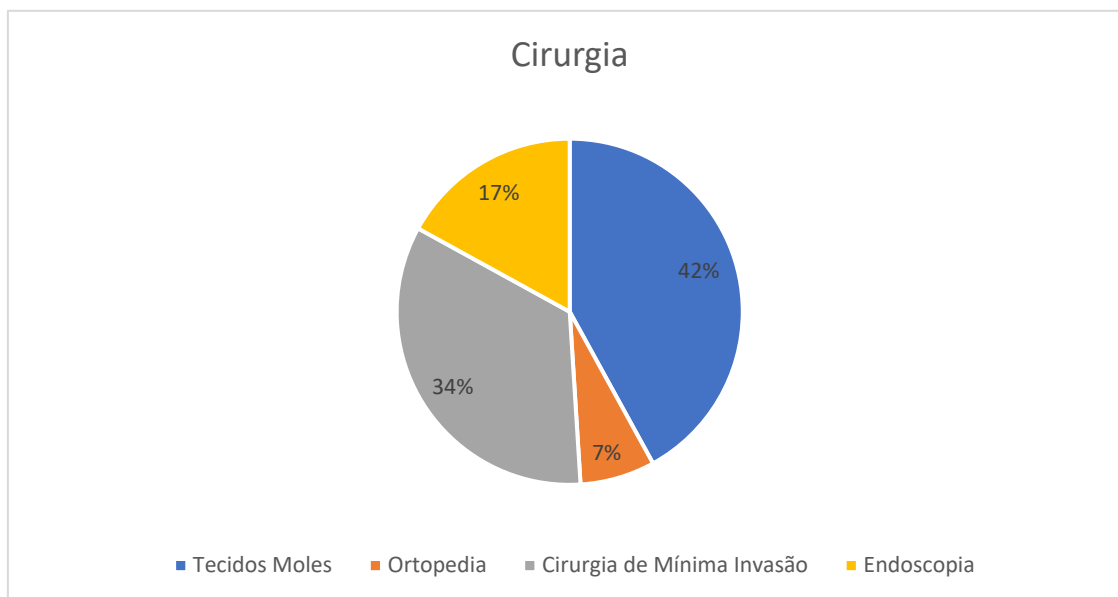


Gráfico 2 - Divisão do tipo de cirurgias assistidas.

2 CAPÍTULO II – Revisão Bibliográfica

2.1 Introdução

A presente dissertação foi realizada para finalizar o Mestrado Integrado de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona e teve como objetivo a monitorização dos parâmetros hemodinâmicos e de ventilação durante a insuflação com dióxido de carbono, a diferentes pressões, do peritoneu durante a laparoscopia.

Esta é constituída por uma revisão bibliográfica atual dos conhecimentos sobre o tema em estudo, seguida de uma apresentação dos resultados obtidos e discussão dos mesmos.

A cirurgia laparoscópica em medicina veterinária tem apresentado um crescimento acentuado nos últimos anos, principalmente devido a avanços nas técnicas anestésicas e cirúrgicas (Maurin, Mullins, Singh, & Mayhew, 2020). Esta técnica, apesar de oferecer muitas vantagens, não é isenta de riscos a nível cardiorrespiratório os quais vão ser descritos ao longo desta dissertação (Maurin et al., 2020).

2.2 Cirurgia Minimamente Invasiva

Philipp Bozzini (1773-1809), foi o primeiro médico a utilizar o “Lichtleiter” ou também denominado “the light conductor”, conhecido como o primeiro “endoscópio”, onde utilizava uma vela e um instrumento em forma de vaso para iluminar cavidades corporais nomeadamente, ouvidos, cavidade oral e nasal, uretra, reto, bexiga e cérvix, no entanto, a sua utilização gerou alguma controvérsia. Anos mais tarde, Dr. Antoine Jean Desormeaux, melhorou o “Lichtleiter”, incorporando uma lente para refletir a luz desde uma lâmpada de querosene pelo canal metálico e permitir uma visualização mais clara, e desde então têm sido desenvolvidos novos instrumentos e técnicas devido à grande evolução tecnológica (Das & Rothberg, 2000). Apenas a partir do início dos anos 70, é que existem registos das primeiras utilizações das técnicas de laparoscopia em animais de companhia, pelo que se estima que o seu desenvolvimento esteja atrasado cerca de 20 anos em relação à Medicina Humana (Fransson & Mayhew, 2022).

2.3 Cirurgia laparoscópica

A prática da cirurgia de mínima invasão tem apresentado um crescimento ao longo dos anos e tem sido cada vez mais utilizada, principalmente em procedimentos eletivos. (Maurin et al., 2020). Na laparoscopia, é inserido um endoscópio transabdominal, o que permite não só a visualização direta dos órgãos e estruturas da cavidade abdominal e pélvica, como a realização de procedimentos nas mesmas (Bouré, 2005).

As laparoscopias são iniciadas através da insuflação do peritoneu, onde é criado o pneumoperitoneu para permitir uma visualização dos órgãos (Leschnik, Bockstahler, Katic, Schramel, & Dupré, 2018). Podem ser utilizados diferentes tipos de gás, como hélio, argon, nitrogénio ou óxido nitroso, mas o gás de eleição é o dióxido de carbono (CO₂), uma vez que se trata de um gás inerte, solúvel na água, excretado pelos pulmões, incolor, não combustível e mais económico (Matyjasik, Adamiak, Pesta, & Zhalniarovich, 2011). Este é introduzido no paciente através de um insuflador que se liga à cânula, que por sua vez é inserida no paciente. O insuflador indica de forma constante a pressão de CO₂ que está a ser aplicada no paciente, a qual deve ser mantida no valor mínimo possível que permita uma boa visualização e que não deve exceder os 15 milímetros de mercúrio (mmHg) nos cães (Matyjasik, Adamiak, Pesta, & Zhalniarovich, 2011; Fransson & Mayhew, 2022). A cirurgia laparoscópica tem inúmeras vantagens, como por exemplo, menor taxa de infeção, recuperação mais rápida, menor desconforto pós-operatório e menor trauma (Hayden & Cowman, 2011).

Foi realizado um estudo comparativo de infeção nos locais de incisão entre ovariectomias (OVE) laparoscópicas e OVE por cirurgia aberta onde foram considerados diferentes tipos de infeção que ocorrem nos 30 dias seguintes à cirurgia, onde foi obtida uma taxa de infeção superior nas OVE por cirurgia aberta sendo de 6 de percentagem (%), e nas laparoscópicas de 3% (Charlesworth & Sanchez, 2019).

Relativamente à dor associada, num estudo onde foi utilizada a mesma anestesia e analgesia em ovariohisterectomia (OVH) e OVH laparoscópica, apesar de as escalas de dor serem baixas em ambas as técnicas, foi possível verificar que existiram ligeiras diferenças nestas, tendo os valores das escalas de dor sido inferiores nas OVH laparoscópicas (Davidson, Moll, & Payton, 2004).

Relativamente ao trauma provocado com as incisões, este é inferior nas laparoscopias, uma vez que são realizadas menores incisões (Shariati, Bakhtiari, Khalaj, Niasari-Naslaji, & Dvm, 2014). Para além da incisão cirúrgica, a quantidade de fio de sutura e manipulação dos tecidos também influenciam o trauma a que o animal é submetido, assim como a quantidade de hemorragia (Shariati, Bakhtiari, Khalaj, Niasari-Naslaji, & Dvm, 2014). Shariati, Bakhtiari, Khalaj, Niasari-Naslaji & Dvm, (2014) demonstraram que todos estes fatores contribuem para uma menor extensão de adesões em OVE laparoscópicas quando comparado com a técnica convencional.

No entanto, a laparoscopia não é isenta de riscos, estes estão associados à indução do pneumoperitонеu, pelo que a técnica anestésica deve ser cuidadosamente programada de forma a antecipar as alterações que podem ocorrer, e que diferem da cirurgia convencional (Hayden & Cowman, 2011).

2.4 Considerações respiratórias durante a anestesia em cirurgia laparoscópica

2.4.1 Fisiologia da Respiração

A inspiração e expiração são geradas através da atividade do diafragma (60%) e dos músculos intercostais (40%) como resposta a diferentes gradientes de pressão (Robinson, 2004).

Nos cães, a inspiração é um processo ativo pelo qual o ar entra nos pulmões através da energia gerada pelos músculos. Já a expiração é um processo passivo, uma vez que o ar sai dos pulmões pela força elástica armazenada nos pulmões e tórax (Robinson, 2004).

Na inspiração, estão presentes os músculos intercostais externos e o diafragma. Este último é impulsionado caudalmente, o que leva a um aumento da caixa torácica e consequentemente é gerada uma pressão pleural ainda mais negativa (ex: de -3 centímetros de água (cmH₂O) a -7cmH₂O) o que leva o ar a entrar nos pulmões pela diferença de pressões entre a boca e os alvéolos (Donati & Roux, 2020). O diafragma, também comprime o abdómen, aumentando a pressão intra-abdominal, o que leva ao deslocamento das costelas mais caudais para o exterior (Robinson, 2004).

Por outro lado, na expiração, estão presentes os músculos abdominais e os músculos intercostais internos. A contração destes músculos, leva ao aumento da pressão abdominal, o diafragma desloca-se cranialmente e o tórax diminui de tamanho (Robinson, 2004).

Designa-se por ventilação o movimento de gás para dentro e fora do pulmão. A ventilação-minuto (VM) é gerada pelo número de respirações por minuto ((frequência respiratória (FR)) multiplicado pelo volume de cada respiração ((volume tidal (VT)) (Robinson, 2004):

$$VM = FR \times VT$$

Em condições fisiológicas, a FR deve ser igual ou inferior a 25 respirações por minuto (rpm), e com um VT igual ou superior a 5 mililitros por quilograma (ml/Kg). A ventilação pode ser afetada por diferentes causas, nomeadamente (Cordero, 2021) :

- Centro respiratório (desordens metabólicas, doenças intracranianas, drogas anestésicas);
- Vias nervosas centrais (lesões cervicais);
- Vias nervosas periféricas (neuropatias);
- Junção neuromuscular (miastenia gravis, relaxantes musculares);
- Músculos respiratórios (miopatias)

A VM divide-se ainda em ventilação do espaço morto (VEM) e ventilação alveolar (VA):

$$VM = VEM + VA$$

A VA, ocorre nos locais onde ocorrem as trocas gasosas. E por outro lado, a ventilação do espaço morto ocorre em estruturas que apesar de serem ventiladas, as trocas gasosas não são efetuadas, pelo que são designadas por espaço morto anatómico, e compreendem narinas, cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos (Robinson, 2004).

No caso de existirem alvéolos que não são adequadamente perfundidos, também ocorre ventilação do espaço morto, denominado por espaço morto alveolar. Assim o espaço morto fisiológico inclui o espaço morto anatómico e o alveolar (Robinson, 2004).

2.4.2 Compliance, Elastância e Resistência

O gradiente de pressão gerado que permite a inspiração pode ser originado de forma fisiológica como descrito anteriormente, ou através da obtenção de pressão positiva nas vias aéreas pela ventilação mecânica. Existem fatores que se opõem ao fluxo de ar, e que se representam por duas componentes: elasticidade e resistência (Donati & Roux, 2020).

Relativamente à componente da elasticidade, esta é determinada pela distensibilidade do pulmão, também denominada por *compliance* pulmonar (Cpl), e pelas estruturas que o rodeiam (Donati & Roux, 2020). A Cpl é um parâmetro de extrema importância num paciente submetido a ventilação mecânica. Este é definido como a mudança de volume em cada ciclo respiratório, por cada mudança de pressão exercida na ventilação, traduzindo-se na seguinte fórmula (Cordero, 2018):

$$Cpl = VT / (P.Plateau - PEEP)$$

Pressão Plateau (P.Plateau); Pressão expiratória final positiva (PEEP), Volume tidal (VT)

Esta mudança de pressão pode ser influenciada por diferentes causas, nomeadamente, pneumotórax, efusão pleural, atelectasia, pneumonia, stress respiratório agudo, edema pulmonar, lobectomia pulmonar, distensão abdominal e deformação da parede torácica (Cordero, 2021).

Ao fenómeno oposto à Cpl dá-se o nome de Elastância, esta representa a involução elástica das estruturas pulmonares e torácicas, e traduz-se na seguinte fórmula (Cordero, 2018):

$$Elastância = 1 / Cpl$$

A variação da Cpl durante a ventilação pode ser visualizada através de uma Curva Pressão-Volume, que tenta mimetizar as capacidades elásticas do sistema respiratório (Cordero, 2018).

Para trabalhar na área de maior Cpl, deve ser utilizado um VT que gere valores de pressão que se encontrem entre os pontos de inflexão superior e inferior da curva de pressão-volume, uma vez que o ponto de inflexão superior representa o alcance da capacidade máxima do pulmão e o ponto de inflexão inferior o início do recrutamento alveolar num pulmão colapsado (Donati & Roux, 2020).

A resistência pulmonar trata-se de um conceito distinto, uma vez que, se trata da oposição das estruturas não elásticas do pulmão ao fluxo de ar. Num paciente ventilado por ventilação mecânica com um fluxo inspiratório constante, a resistência inspiratória é o rácio entre a pressão de resistência e o fluxo inspiratório. Esta calcula-se através da seguinte fórmula (Cordero, 2018):

$$\text{Resistência pulmonar} = (P.Pico - P.Plateau) / \text{Fluxo inspiratório}$$

$$\text{Pressão Pico} - P.Pico.$$

A resistência pulmonar é fortemente influenciada pelo diâmetro do tubo endotraqueal, mas as causas mais frequentes que alteram a mesma são a presença de secreções e broncoespasmo (Cordero, 2018).

2.4.3 Pressões na via aérea

No modo de ventilação por volume, o VT é programado e a pressão é resultante das componentes estáticas e dinâmicas do pulmão (Donati & Roux, 2020).

A P.Pico, é a pressão máxima atingida, gerada pelo volume determinado no ventilador (Donati & Roux, 2020). Representa a pressão que é necessária para ultrapassar as resistências inspiratórias e entregar o volume de ar definido (Donati & Roux, 2020). Esta pressão não é programada no ventilador pois é um resultado da mecânica do sistema respiratório, VT, fluxo e padrão inspiratório e esforço do paciente (Walter, Corbridge, & Singer, 2018). Apesar de raramente ocorrerem lesões em pulmões saudáveis com pressões superiores a 40 cmH₂O, é prudente não exceder os 15-25 cmH₂O para prevenir lesões pulmonares e efeitos cardiovasculares (Dugdale, 2007).

A P.Plateau é a pressão medida durante a pausa inspiratória e através da mesma é possível calcular a *compliance* estática (não considera a resistência da via aérea), uma vez que durante a pausa não existe fluxo de ar, a resistência é eliminada (Morgan & Mikhail, 2013).

A pressão limite é um parâmetro que permite ter alguma segurança no caso de falha do ventilador para evitar lesões pulmonares, devendo ser colocada entre 25-30 cmH₂O (Cordero, 2018).

Outro parâmetro bastante importante é a PEEP (Fig. 1), o estabelecimento da mesma trata-se de uma estratégia essencial para prevenir a atelectasia, e consequentemente a hipoxemia provocada pelo pneumoperitôneo (Valenza *et al.*, 2010). A prevenção do colapso alveolar através deste mecanismo, deve-se ao aumento da capacidade residual funcional (CRF) e da pressão transpulmonar que promovem o recrutamento alveolar (Di Bella *et al.*, 2018). Valores inadequados de PEEP podem levar a alterações hemodinâmicas, no entanto valores de 4-5 cmH₂O não produzem grandes variações e podem prevenir as complicações mencionadas acima. Ainda assim, o ideal será obter para cada paciente o PEEP mais adequado, também designado de PEEP ótimo (Cordero, 2018).

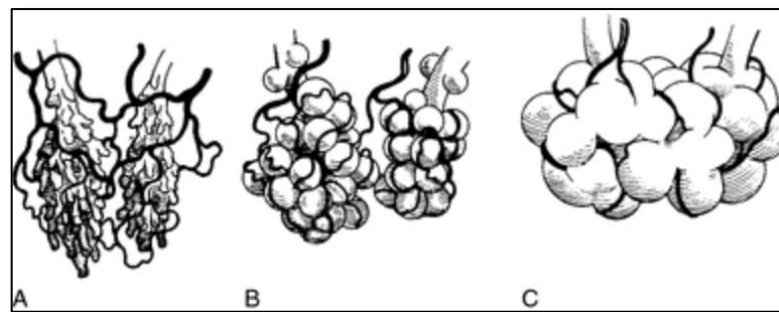


Figura 1- Representação dos alvéolos sem e com PEEP. A- Alvéolos com atelectasia antes do PEEP; B- Alvéolos com PEEP “ótimo”; C- Alvéolos com PEEP excessivo. (Adaptado de Pierce, 1995)

O valor de PEEP ótimo não é conhecido no entanto existem estratégias através da curva pressão-volume estática (Fig. 2) para programar o ventilador a nível de PEEP e VT (Albaiceta *et al.*, 2005). Uma delas denominada de abordagem “open lung” que consiste no estabelecimento da PEEP imediatamente acima do limite de inflexão inferior para prevenir o colapso e reabertura alveolar, e a outra estratégia designada por “lung protective ” que passa por colocar um valor de VT abaixo do limite de inflexão superior para prevenção de sobredistensão alveolar (Mergoni, Volpi, Bricchi, & Rossi, 2001).

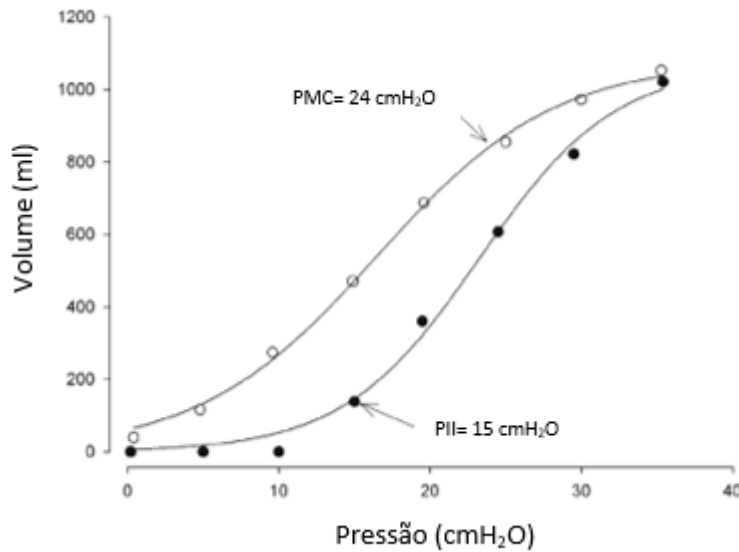


Figura 2- Exemplo de Curva Pressão-Volume Estática. PMC- ponto de máxima curvatura; PII- Ponto de Inflexão Inferior (Adaptado de Albaiceta *et al.*, 2005)

A pressão pleural (PP), pressão que envolve o pulmão, varia consoante a inspiração e expiração o que pode ser traduzido na seguinte fórmula:

$$\Delta PP = (\Delta VT \div Cpl) + R$$

ΔPP -Variação da Pressão Pleural; ΔVT - Variação do volume tidal; Cpl- Compliance; R- Resistência das vias aéreas.

A pressão transpulmonar, é a pressão entregue ao pulmão independentemente dos efeitos da parede torácica e do abdómen e é estabelecida através da diferença entre a pressão da via aérea e a pressão na cavidade pleural (Grieco, Chen, & Brochard, 2017).

2.4.4 Volumes Pulmonares

O VT define-se como o volume de ar que se move em cada ciclo respiratório. No modo de ventilação por volume, o modo mais comumente usado em laparoscopia, é o primeiro parâmetro a ser colocado (Cordero, 2018). Este valor varia bastante devido às diferenças anatómicas dos diferentes animais. Os animais de peito largo e profundo, por norma, necessitam de menores volumes, enquanto raças mais atléticas necessitam de maiores (Holbon,

2023). Assim, os valores variam entre 6-20ml/kg de peso ideal e devem ser ajustados consoante a capnografia e as pressões obtidas nas vias aéreas obtidas (Cordero, 2018).

No final de cada expiração, existe uma fração de ar que fica no pulmão (45ml/kg) sendo denominada por CRF (Robinson, 2004). Esta é composta por duas frações: Volume residual e Volume de Reserva Expiratório (Cordero, 2018; Donati & Roux, 2020) Perdas de CRF normalmente são acompanhadas de diminuição da Cpl, oclusão das vias aéreas e atelectasia. (Hedenstierna & Edmark, 2005; Rozanski *et al.*, 2010)

O volume pulmonar ativo, representa o tamanho “real” do pulmão que estamos a ventilar, e trata-se do volume que se obtém desde a CRF até ao volume máximo de ar que um pulmão é capaz de conter que é denominado por capacidade pulmonar total, conforme é representado na seguinte figura (Fig.3) (Donati & Roux, 2020):

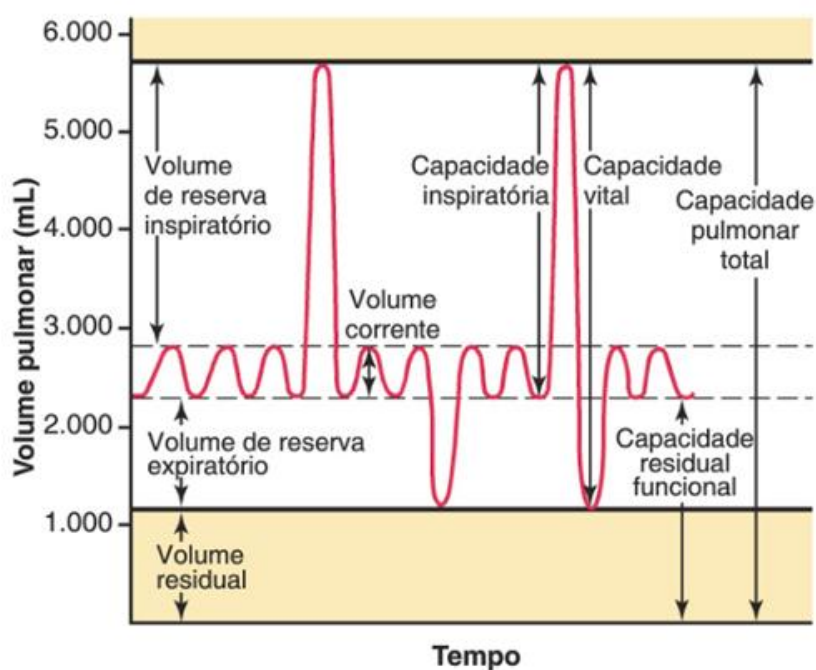


Figura 3- Representação do volume pulmonar. (Hall, 2017)

2.4.5 Constantes de Tempo

A Relação Inspiração-Expiração (I:E) permite determinar o tempo destinado a cada fase da ventilação (Inspiração/Expiração), em cada ciclo respiratório. Em animais saudáveis de tamanho médio a grande a relação costuma ser de 1:2, no entanto, deve ser adaptada a cada

paciente tendo em conta as patologias subjacentes (Cordero, 2018). No caso de animais com patologia obstrutiva, sistema cardiovascular comprometido e baixa Cpl, deve ser prolongado o tempo de expiração. Já no caso de patologia restritiva, podem ser utilizados tempos de expiração mais curtos pois não necessitam de tanto tempo para desinsuflar o pulmão (Cordero, 2018; Holbon, 2023).

A pausa inspiratória deve ser colocada com um valor superior a 0,2 segundos, uma vez que melhora as trocas gasosas e a oxigenação, pois permite uma melhor distribuição de gás fresco pelos alvéolos (Cordero, 2018).

A FR representa o número de vezes que o VT é entregue ao paciente. Esta deve ser a mínima que garanta um volume minuto adequado, e que normalmente se encontra entre 8-20 rpm, para diminuir as lesões induzidas pelo ventilador. No caso de patologias restritivas têm de ser utilizadas frequências superiores pois são usados menores volumes. E o inverso acontece em patologias obstrutivas pelo que são utilizadas menores frequências (Cordero, 2018; Holbon, 2023).

2.4.6 Perfusão Pulmonar

Em 1965 West, , delimitou o pulmão em 3 zonas (Fig.4) tendo em conta a pressão arterial (Pa), venosa (PV) e alveolar (PA) e como as mesmas afetam o fluxo sanguíneo.

Na zona 1, a Pa é inferior à PA (nesta zona é a pressão atmosférica), pelo que os vasos estão colapsados e não existe fluxo, levando ao “efeito de espaço morto”. Durante a ventilação mecânica pode acontecer o mesmo efeito, se ocorrer uma diminuição da perfusão pulmonar por hipovolemia ou por aplicação de um VT excessivo (Donati & Roux, 2020).

Na zona 2, a Pa aumenta devido à pressão hidrostática pelo que fica superior à PA. Assim o fluxo é determinado pela $Pa - PA$, uma vez que a PV é muito baixa e não tem qualquer influência no fluxo a menos que exceda a PA. Como o a Pa aumenta na zona, mas o PA mantém-se em todo o pulmão, a pressão responsável pelo fluxo aumenta, pelo que os vasos se comportam como o modelo de resistor de starling. Nesta zona, também existe o recrutamento dos capilares (West & Luks, 2017).

Na zona 3, a PV é superior à PA, os vasos encontram-se abertos e o fluxo é determinado pela $P_a - P_v$ (West & Dollery, 1965). O aumento do fluxo venoso nesta área, é sugerido como resultado da distensão dos capilares nesta zona (West & Luks, 2017).

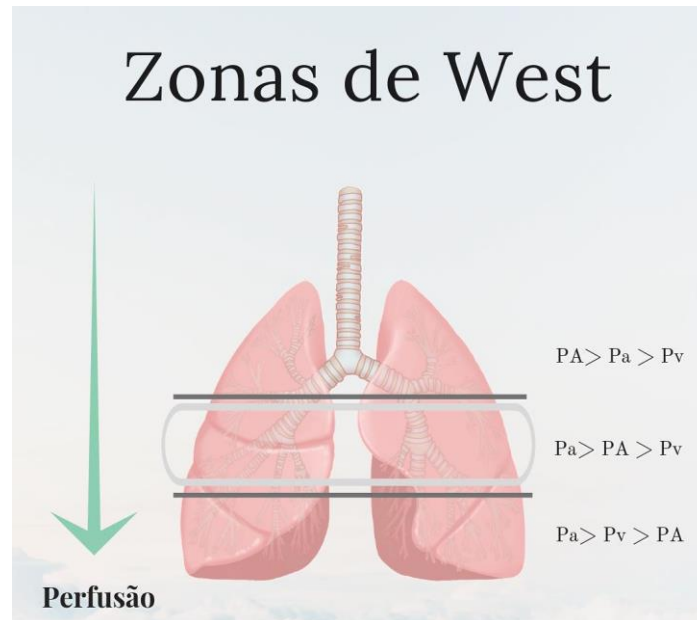


Figura 4 - Zonas de West. PA- pressão alveolar; Pa- pressão arterial, Pv- pressão venosa. (Animal Care UTI. Animal Care. Retirado a 23 de setembro de 2023 de <https://www.facebook.com/animalcareuti/posts/1214505232064874/>).

2.5 Efeitos respiratórios durante a anestesia em cirurgia laparoscópica

O aumento da pressão intra-abdominal (PIA), além dos efeitos hemodinâmicos, vai também provocar alterações a nível respiratório, nomeadamente, redução da Cpl, CRF e capacidade vital do pulmão, podendo ainda levar a alterações no coeficiente de ventilação/perfusão e hipoxemia. Os efeitos vão variar consoante as pressões insufladas, tendo uma relação proporcional com as mesmas (Fransson & Mayhew, 2022).

Outro dos mecanismos que leva a alterações respiratórias é a absorção de CO_2 na circulação através da superfície peritoneal que pode levar a hipercapnia e acidose sistémica (Scott, Singh, & Valverde, 2020).

Os efeitos variam também consoante o modo de ventilação utilizado no paciente (Fransson & Mayhew, 2022).

No caso de o animal estar anestesiado e com ventilação espontânea, a PIA vai levar a uma redução no VT. Já no caso de ser utilizada ventilação controlada por pressão, vai diminuir o VT para compensar a pressão exercida (Fransson & Mayhew, 2022).

Na ventilação controlada por volume, é possível controlar o VT no entanto, a P.Pico vai aumentar. O deslocamento cranial do diafragma causado pela pressão de CO₂ insuflada, leva a uma diminuição do volume pulmonar, da CRF e consequentemente diminui o volume de reserva para oxigenação (Valenza *et al.*, 2010). Durante a anestesia, esta diminuição de volume pulmonar em zonas com menor Cpl, pode levar a colapso e atelectasia. Além disso, o diafragma e a parede torácica ficam com maior tensão levando a um deslocamento à direita da curva pressão-volume (Valenza *et al.*, 2010). Se o paciente estiver a ser ventilado no modo controlado por volume, estas alterações vão ser interpretadas no ventilador como um aumento de pressão nas vias aéreas. Os ventiladores mais recentes permitem distinguir a dissipação de pressão durante a entrega do VT, devido à resistência da via aérea (através da diferença entre a P.Pico e P.Plateau), e as propriedades elásticas do pulmão (através da P.Plateau menos a PEEP) (Valenza *et al.*, 2010).

Durante a laparoscopia, a resistência das vias aéreas pode ser superior, devido ao estreitamento das mesmas, pelo que a diferença entre a P.Pico e P.Plateau aumenta. Mas em contrapartida, a atelectasia leva a uma P.Plateau mais elevada podendo reduzir esta diferença (Valenza *et al.*, 2010).

2.5.1 Posicionamento na mesa de cirurgia

A posição do animal também influencia os parâmetros respiratórios. Na posição de Trendelenburg, existe uma pressão no diafragma o que leva à diminuição da Cpl e aumento da pressão inspiratória. Já quando o paciente é colocado em posição de Trendelenburg reversa, existe um aumento da Cpl pulmonar e diminuição da P.Pico (Atkinson, Giraud, Togioka, Jones, & Cigarroa, 2017).

2.6 Considerações cardiovasculares durante a anestesia em cirurgia laparoscópica

Existem alguns efeitos secundários relatados com a utilização e insuflação do CO₂, nomeadamente, diminuição do débito cardíaco, aumento da frequência cardíaca (FC), aumento da resistência vascular periférica, redução da Cpl pulmonar, hipotermia, hipercapnia, acidose e dor pós-operatória (Scott *et al.*, 2020; Fransson & Mayhew, 2022).

2.7 Efeitos Hemodinâmicos

Existem diferentes fatores que influenciam a hemodinâmica do paciente, nomeadamente, o seu estado de saúde, o tipo de intervenção a realizar, o tipo de anestesia utilizada, o posicionamento do paciente e, no caso de laparoscopias, as variações na pressão exercida pelo CO₂ durante a insuflação. As principais alterações descritas englobam o débito cardíaco e a resistência vascular (Fig.5) (Fransson & Mayhew, 2022). O impacto causado pelo CO₂ é devido a 2 principais mecanismos, nomeadamente, aumento da PIA e hipercapnia (Atkinson *et al.*, 2017).

2.7.1 Insuflação peritoneal

A criação do pneumoperitoneu, leva a um aumento do volume abdominal e consequentemente a um aumento PIA (Hayden & Cowman, 2011). Este aumento, pode levar a compressão da veia cava caudal, compressão aórtica, diminuição do fluxo sanguíneo esplâncnico e renal e deslocamento do diafragma (Atkinson *et al.*, 2017).

Inicialmente quando a pressão de insuflação é baixa (ex: 5 mmHg), existe um deslocamento do volume de sangue para o sistema venoso central causado pela compressão da vasculatura esplâncnica a um aumento do retorno venoso e consequentemente a um aumento do débito cardíaco (Atkinson *et al.*, 2017).

No entanto, à medida que a PIA aumenta, o débito cardíaco diminui, pela redução da pré-carga causada pela compressão da veia cava caudal que, conseqüentemente, pode levar a uma diminuição da pressão arterial (Hayden & Cowman, 2011). Esta alteração da pressão arterial nem sempre acontece, e por vezes até se encontra elevada pelo aumento da resistência vascular sistêmica (Fransson & Mayhew, 2022). Além destas alterações, existe também uma diminuição do fluxo arterial hepático e venoso portal, o que leva a uma redução do fluxo sanguíneo esplâncnico e uma redistribuição do volume sanguíneo no sistema venoso central, o que contribui para um aumento da pressão no átrio direito (Atkinson *et al.*, 2017).

À medida que a PIA aumenta, a resistência vascular sistêmica aumenta, não só devido à compressão mecânica da aorta abdominal como também pela produção de vasopressina e ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (Hayden & Cowman, 2011). A ativação deste sistema deve-se à redução do fluxo sanguíneo renal causada pela PIA e pela redução do débito cardíaco (Atkinson *et al.*, 2017).

2.7.2 Desinsuflação peritoneal

No fim do procedimento o CO₂ é removido do abdômen, no entanto pode permanecer alguma quantidade armazenada no organismo. Este CO₂ é posteriormente eliminado através da respiração e pela excreção renal de prótons (Atkinson *et al.*, 2017). Em medicina humana é relatada uma dor pós-operatória a nível do ombro esquerdo se a excreção não for realizada corretamente (Atkinson *et al.*, 2017). Em humanos saudáveis, está descrito que imediatamente após a desinsuflação os parâmetros hemodinâmicas voltam ao seu valor base (Atkinson *et al.*, 2017). Já Duke, Steinacher & Remedios (1996) no seu estudo referiram que após a desinsuflação, ocorreu um aumento do débito cardíaco e uma diminuição da resistência vascular sistêmica abaixo do valor base. Este aumento do débito cardíaco levou a uma melhor distribuição de oxigénio pelos tecidos, no entanto, o coeficiente ventilação/perfusão piorou o que levou a uma diminuição de pressão parcial de oxigénio, porém as causas destas alterações não foram possíveis de comprovar (Duke, Steinacher & Remedios, 1996).

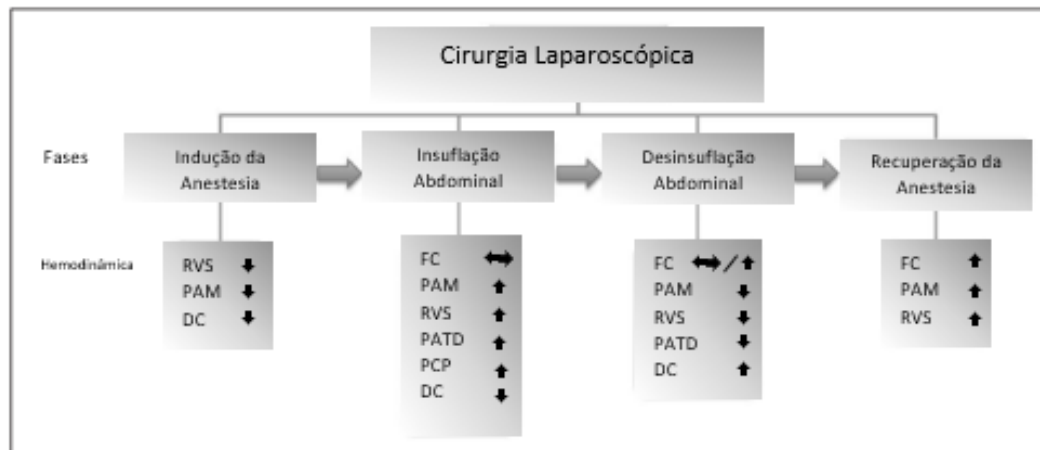


Figura 5- Alterações hemodinâmicas ao longo das diferentes fases da cirurgia laparoscópica. DC – débito cardíaco; FC – frequência cardíaca; PAM – pressão arterial média; PATD – pressão atrial direita; PCP – pressão capilar pulmonar; RVS – resistência vascular sistêmica. (Adaptado de Atkinson *et al.*, 2017).

2.7.3 Posicionamento na mesa de cirurgia

Os efeitos hemodinâmicos podem ainda ser reduzidos ou exacerbados pela posição do animal na marquesa cirúrgica (Fransson & Mayhew, 2022). Para procedimentos no abdômen caudal e pélvis é utilizada a posição de Trendelenburg, nesta existe uma pressão no diafragma que aumenta o retorno venoso e a pressão de oclusão capilar pulmonar o que previne a diminuição do débito cardíaco após a insuflação. Já para procedimentos no abdômen cranial o paciente é colocado em posição de Trendelenburg reversa, o que produz efeitos inversos agravando os efeitos causados pelo pneumoperitôneo, nomeadamente, uma diminuição do retorno venoso, da pressão capilar pulmonar e da pressão do átrio direito (Atkinson *et al.*, 2017).

2.8 Objetivos

Os objetivos deste estudo que avalia os efeitos de diferentes pressões de insuflação intraperitoneal durante a cirurgia laparoscópica são:

1. Descrever os efeitos das diferentes pressões de insuflação intraperitoneal nas variáveis hemodinâmicas, incluindo FC e pressão arterial média (PAM).

2. Analisar os efeitos na Cpl, resistência da via aérea, P.Pico, e P.Plateau em relação às diferentes pressões intraperitoneais e avaliar seu efeito na mecânica respiratória.
3. Avaliar as variações nos níveis de dióxido de carbono no final da expiração (ETCO₂) e SPO₂ em resposta às diferentes pressões de insuflação intraperitoneal e o seu impacto na eficácia da ventilação e oxigenação dos pacientes.

3 CAPÍTULO III – Trabalho Experimental

3.1 Material e Métodos

O presente estudo foi submetido para apreciação da Comissão de Ética e Bem-Estar Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, o qual obteve a aprovação (Processo 4-2022) necessária à realização do mesmo e foram obtidos consentimentos informados para cada paciente. Este trabalho foi desenvolvido no Anicura Hospital Veterinário do Atlântico – Mafra, entre os meses de setembro de 2022 e abril de 2023. Foram recolhidos dados de 10 pacientes da espécie canina, de ambos os sexos, sem critério relativamente ao peso e raça, submetidos a laparoscopias com insuflação intraperitoneal.

Critérios de Inclusão:

- a) Cães submetidos a laparoscopias com classificação ASA (American Society of Anesthesiologists) I e II.

Critérios de Exclusão:

- a) Animais com história médica de doença respiratória e doença cardíaca.
- b) Exame radiográfico torácico prévio com alterações.

3.2 Protocolo anestésico

A escolha da pré-medicação foi adaptada às necessidades de cada paciente. Como tal, foram utilizados os seguintes fármacos: Dexmedetomidina intramuscular (IM) a uma dose de 2,5 micrograma por quilograma (μg)/kg (Dexdomitor®, Orion Corporation, Finlândia) e Metadona IM (Semfortan®, Eurovet Animal Health BV, Bladel, Países Baixos) a uma dose de 0,3 miligrama por quilograma (mg/kg).

Após a tricotomia e antissepsia com clorohexidina a 2% e álcool etílico a 70% de um dos membros torácicos, foi realizada a cateterização dos pacientes (Introcan®, Braun, Melsungen, Alemanha) na veia cefálica, seguida de colocação de fluidoterapia a 2-3ml/kg com uma solução cristaloide isotónica de Lactato de Ringer consoante o procedimento a realizar. Durante a tricotomia e antissepsia do local a ser intervencionado, os animais realizaram uma pré-oxigenação através de uma máscara de oxigenoterapia.

Para a indução, foi utilizado propofol a 1% (Lipuro ®, Braun, Melsugen, Alemanha) a 2-4 mg/kg intravenoso (IV) dose-efeito e, de seguida, foi realizada entubação endotraqueal, com um tubo de diâmetro adequado a cada animal.

A manutenção da anestesia, foi realizada com Isoflurano, agente volátil, (IsoFlo ®, Esteve veterinária, Carnaxide, Portugal), consoante o necessário para cada animal manter um plano anestésico apropriado (avaliando o reflexo palpebral e os parâmetros de monitorização no monitor), rondando um intervalo de 0,5-1,5 CAM.

No monitor (uMEC12, Mindray ®), foram avaliados os parâmetros hemodinâmicos nomeadamente: PAM em mmHg; FC em batimentos por minuto (bpm); ETCO₂ em mmHg e SPO₂ em %.

A PAM foi recolhida através do método oscilométrico automático, com a colocação do cuff num dos membros anteriores, sendo a largura do mesmo 40% do diâmetro do membro.

Todos os animais foram ventilados através de ventilação mecânica (Wato EX-35Vet, Mindray ®), em modo de volume, com um circuito anestésico circular.

No ventilador foram avaliados os parâmetros de ventilação nomeadamente: P.Plateau em mmHg, PPico em mmHg, Cpl em cmH₂O e Resistência em cmH₂O/L/s.

Tanto os valores da Cpl como da Resistência foram obtidos diretamente do ventilador.

3.2.1 Parâmetros do utilizados na ventilação

- a) VT: 10ml/kg;
- b) I:E: rácio 1:2;
- c) FIO₂: 50%;
- d) PEEP: 4 cm/H₂O;
- e) A FR é ajustada de forma a manter o ETCO₂ aproximadamente a 40mmHg.

3.3 Recolha de Dados

Através da utilização de ventilação mecânica por volume foram registados os valores de ventilação pulmonar (P.Plateau, P.Pico Cpl, resistência da via aérea, ETCO₂ e SPO₂ e de variáveis hemodinâmicas (FC e PAM) aquando a insuflação com diferentes pressões (14, 10, 6, 0 mmHg) durante 5 minutos em cada uma.

3.3.1 Tempos de recolha de dados

PI 0- Valores basais após a indução durante 5 minutos.

PI 14-Valores com pressão de insuflação de 14 mmHg, 5 minutos após a estabilização.

PI 10-Valores com pressão de insuflação de 10 mmHg, 5 minutos após a estabilização.

PI 6 -Valores com pressão de insuflação de 6 mmHg, 5 minutos após a estabilização.

PD 0- Valores após desinsuflar durante 5 minutos.

A insuflação intraperitoneal foi estabelecida através de um insuflador (ENDOFLATOR® 50), a uma velocidade de 2 litros/minuto.

O protocolo está representado no seguinte diagrama (Fig.6):

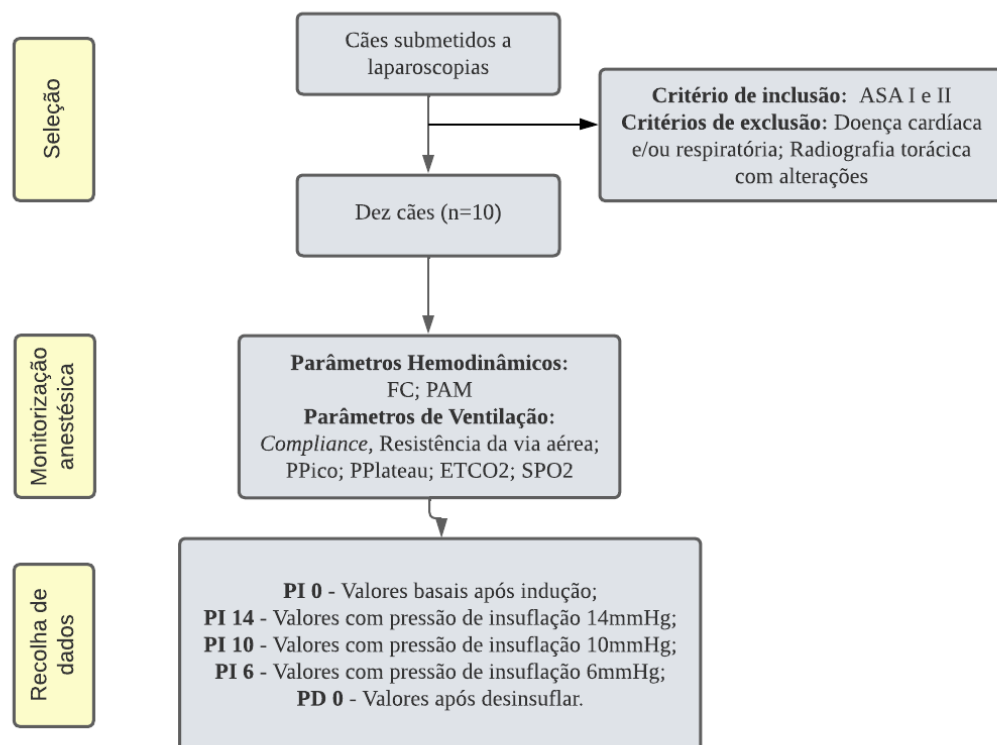


Figura 6- Diagrama do estudo.

3.4 Análise estatística

Neste estudo, a análise estatística foi realizada através de dois programas de software: o Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft, EUA) e o programa de análise estatística Statistical Package for the Social Sciences® (SPSS), na versão 27 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

A análise teve como objetivo fornecer uma visão geral das medidas de tendência central, tais como a média, e medidas de dispersão, como o desvio padrão, das variáveis em estudo. A estatística descritiva foi ainda complementada pela representação da distribuição dos dados através de gráficos “box-plot”, contribuindo para uma interpretação mais completa dos resultados. Para avaliar o efeito das diferentes pressões de insuflação intraperitoneal sobre as variáveis hemodinâmicas (FC e PAM) e sobre as variáveis associadas à ventilação (ETCO₂, P.Pico, P.Plateau Resistência da Via Aérea e Cpl), foi aplicado o teste de Friedman, que é um teste não paramétrico adequado para comparar múltiplas de médias de ordens. Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

4 Resultados

4.1 Grupo de estudo

No presente estudo foram utilizados 10 cães. A idade variou entre 7 meses e 180 meses (15 anos), dando uma média e desvio padrão de $4,5 \pm 5,2$ anos. O peso variou entre 4kg e 36kg resultando numa média e desvio padrão de $17,8 \pm 12,2$ kg. A condição corporal numa escala de 1-5 apresentou uma média e desvio padrão de $2,8 \pm 0,6$. Relativamente ao sexo dos animais, sete eram fêmeas e três machos. Em relação ao ASA seis animais apresentavam ASA I, e quatro animais apresentavam ASA II. Todos os animais tinham raça definida. Na tabela 1 são apresentados os dados relativos a cada paciente, incluindo o tipo de procedimento realizado.

Tabela 1 - Descrição do grupo de estudo.

PACIENTES	CIRURGIA	IDADE (MESES)	PESO	CC (1-5)	RAÇA	SEXO
1	OVE	24	24,5	3	Golden Retriever	Fêmea
2	Biópsias Hepáticas	108	9,6	2	Bulldogue Francês	Macho
3	OVE	8	4	2	Caniche Anão	Fêmea
4	OVE	12	6,6	4	Pug	Fêmea
5	OVE	12	8,5	3	Jack Russel	Fêmea
6	Colecistectomia	132	8,5	3	Schnauzer Miniatura	Fêmea
7	OVE	24	35,8	3	Cane Corso	Fêmea
8	OVE	7	17,15	3	Staffordshire Bull Terrier	Fêmea
9	Orquiectomia bilateral (Criptorquídeo)	36	27,5	3	Pastor Alemão	Macho
10	Biópsias Hepáticas	180	36	2	Labrador	Macho

ASA- do inglês, American Society of Anesthesiologists; CC- Condição Corporal, OVE- ovariectomia.

4.2 Análise dos parâmetros hemodinâmicos durante os procedimentos.

Através da análise inferencial das médias $\pm$ desvio padrão das variáveis FC e PAM nas cinco pressões de insuflação diferentes (PI 0 mmHg, PI 14 mmHg, PI 10 mmHg, PI 6 mmHg e pós desinsuflação a 0 mmHg) verifica-se não existiram diferenças estatisticamente significativas nas duas variáveis (tabela 2), (gráfico 3 e 4).

Tabela 2 - Média e desvio padrão da FC e pressão arterial de acordo com as diferentes pressões de insuflação abdominal durante os procedimentos laparoscópicos.

	PI 0	PI 14	PI 10	PI 6	PD 0	<i>P-value</i>
FC	65,8 ± 4,9	63,7 ± 4,3	63,8 ± 5,8	66,1 ± 6,9	69,0 ± 6,9	0,798 ^a
PAM	71,2 ± 5,2	73,3 ± 4,4	81,5 ± 5,8	77,4 ± 3,3	66,8 ± 4,1	0,290 ^a

Os valores são apresentados como média ± desvio padrão. A FC em bpm, e a Pressão Arterial Média (PAM) em mmHg. PI(pressão de insuflação) em mmHg.

^a Na análise de Friedman para avaliar as diferenças entre a FC e a PAM nas diferentes pressões de insuflação, não foram encontradas diferenças significativas. Valores de $p < 0,05$ são considerados estatisticamente significativos.

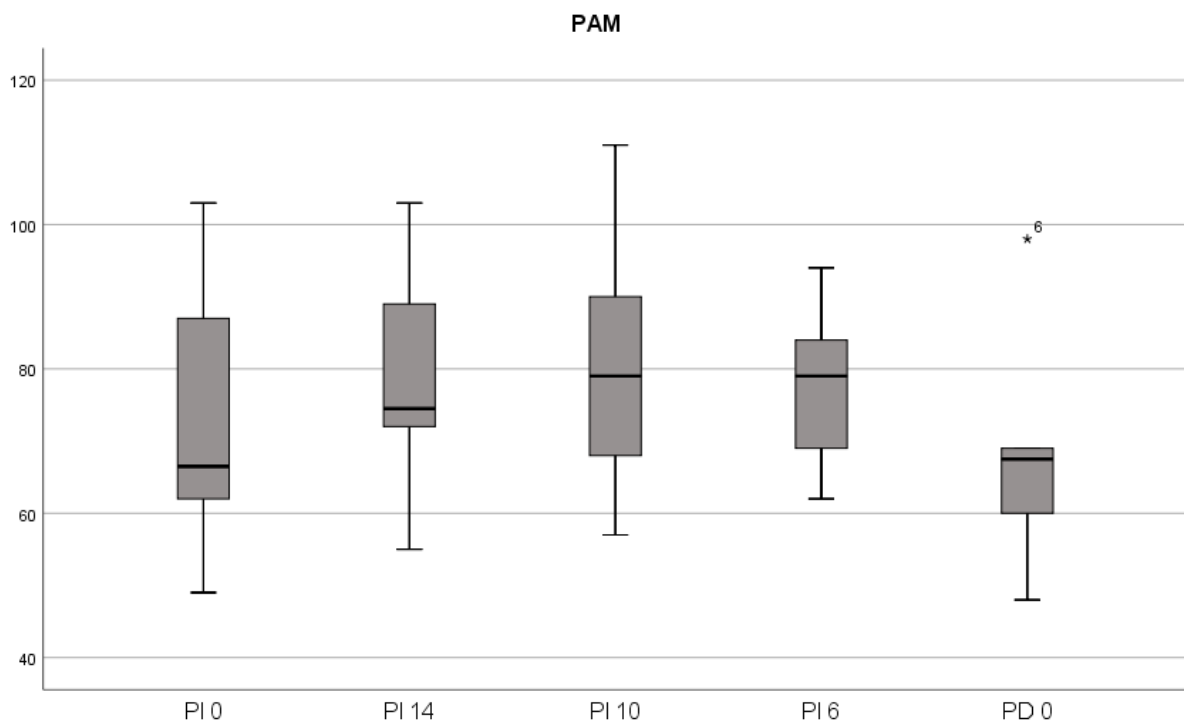


Gráfico 3- Distribuição da PAM nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos. *6- Far Outlier no paciente 6.

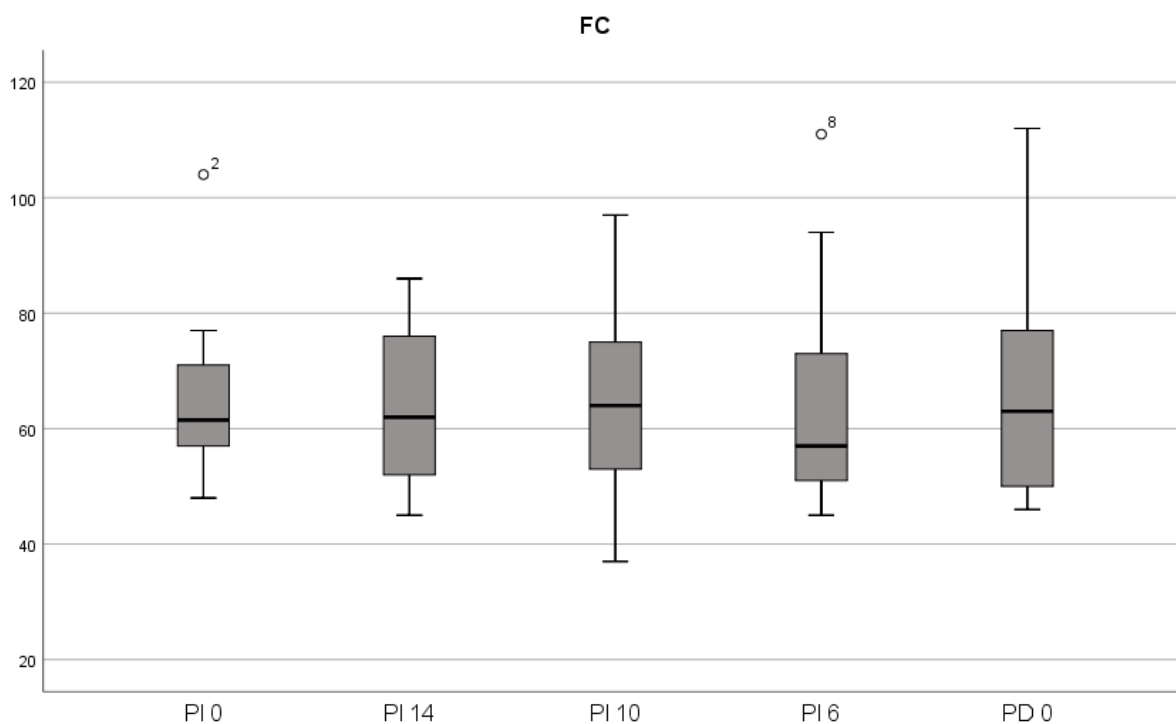


Gráfico 4 - Distribuição da FC nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos. °2-Outlier no paciente 2; °8-Outlier no paciente 8.

4.3 Análise dos parâmetros de ventilação durante os procedimentos.

As médias $\pm$ desvio padrão dos diversos parâmetros de ventilação nos diferentes níveis de pressão de insuflação abdominal durante o procedimento laparoscópico encontram-se detalhados na tabela 3. Nos gráficos 5,6,7,8, 9 e 10 é possível avaliar a distribuição dos parâmetros de ventilação.

Tabela 3- Média e desvio Padrão da ETCO₂, SPO₂, P.Plateau, P.Pico, Resistência da via área e Cpl. em diferentes pressões de insuflação abdominal durante os procedimentos laparoscópicos.

	PI 0	PI 14	PI 10	PI 6	PD 0
ETCO ₂	43,5 ± 1,6	43,2 ± 1,7	46,4 ± 1,6	48,5 ± 1,8	46,1 ± 1,8
SPO ₂	96,5 ± 1,2	95,4 ± 1,3	95,8 ± 0,9	95,6 ± 0,7	97,0 ± 0,7
P.Plateau	11,4 ± 0,4	16,3 ± 0,7	14,1 ± 0,2	12,1 ± 0,5	11,6 ± 0,4
P.Pico	11,9 ± 0,4	16,9 ± 0,7	14,5 ± 0,5	14,3 ± 1,5	13,5 ± 1,3
Resistência via aérea	20,4 ± 2,9	32,4 ± 7,6	28,3 ± 6,6	22,6 ± 3,3	22,6 ± 4,4
Cpl	26,4 ± 5,4	17,1 ± 4,1	19,6 ± 4,5	24,1 ± 5,9	25,2 ± 5,5

Os valores são apresentados como média ± desvio padrão. ETCO₂ em mmHg; SPO₂ em %; P.Plateau em mmHg; P.Pico em mmHg a resistência em cmH₂O/L/s, a Cpl é apresentada em cmH₂O. PI representa a pressão de insuflação em mmHg.

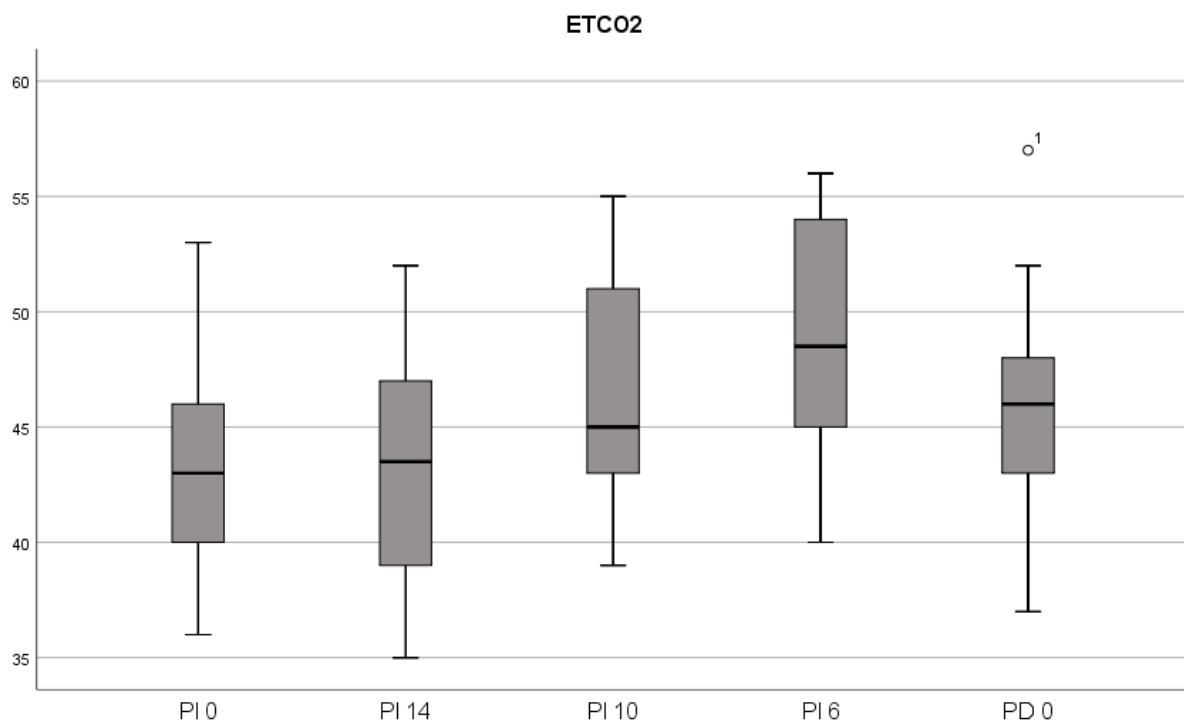


Gráfico 5 - Distribuição da ETCO₂ nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos. °1-Outlier no paciente 1.

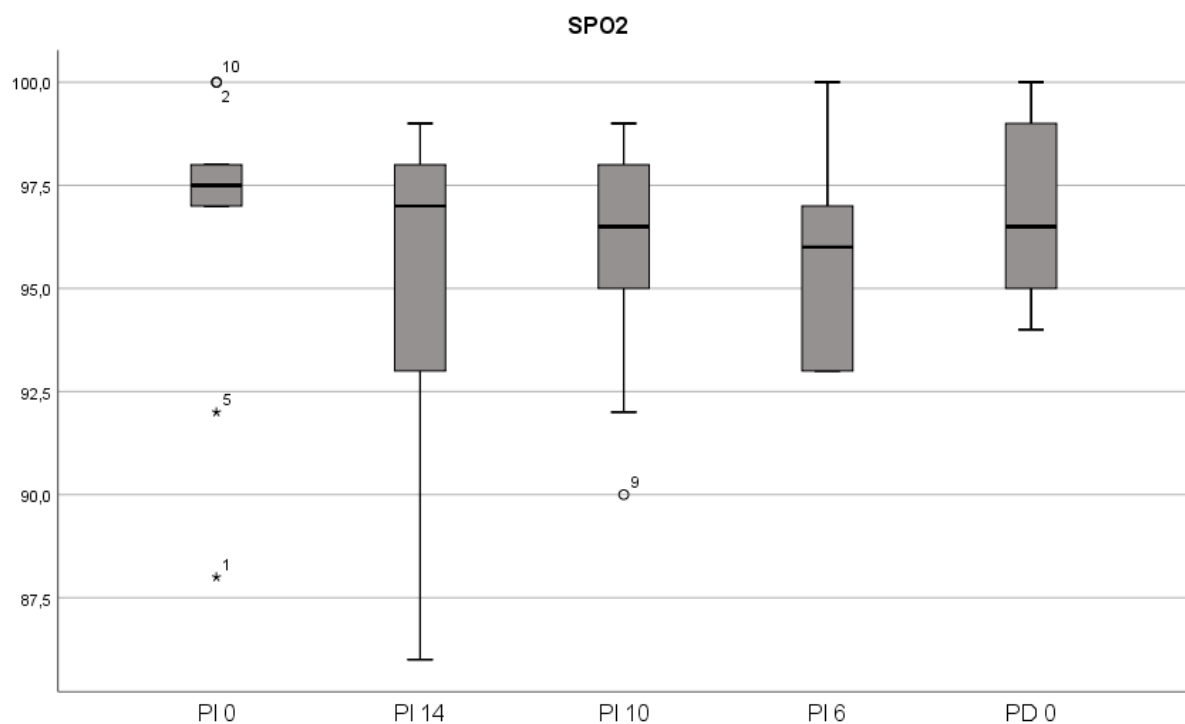


Gráfico 6- Distribuição da SPO2 nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos. *1-Far Outlier no paciente 1; *5-Far Outlier no paciente 5; °2,10-Outlier no paciente 2 e 10; °9-Outlier no paciente 9.

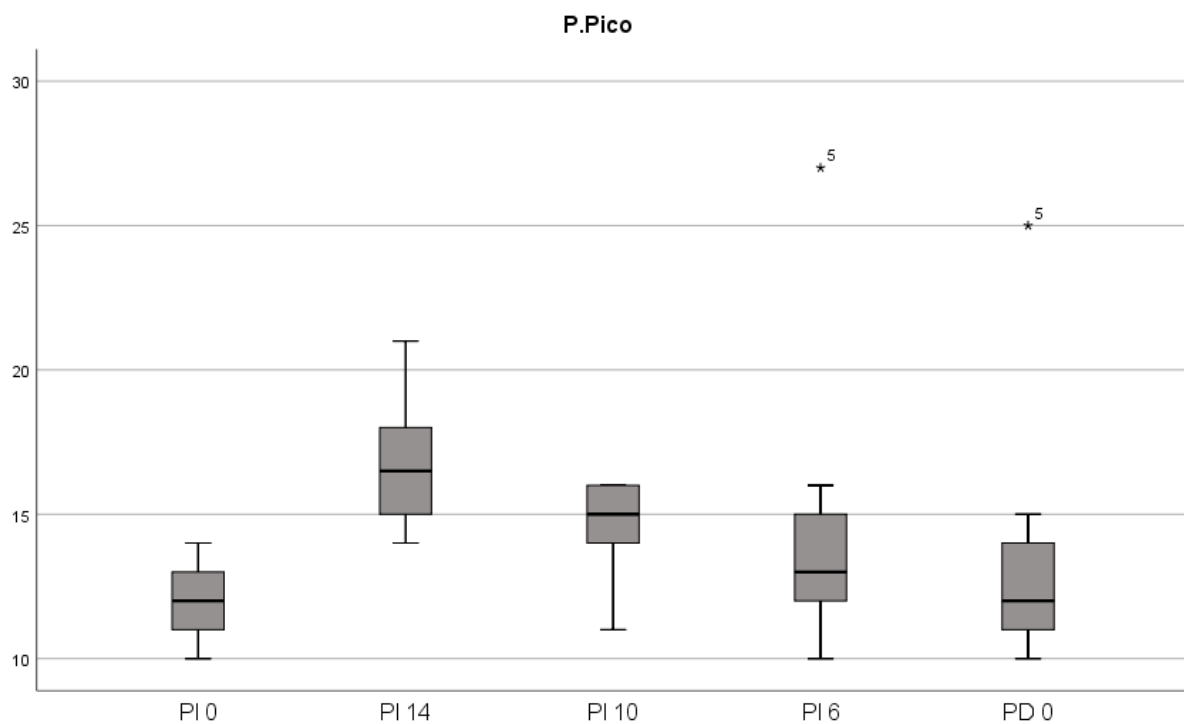


Gráfico 7 - Distribuição da P.Pico nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos. *5- Far Outlier no paciente 5.

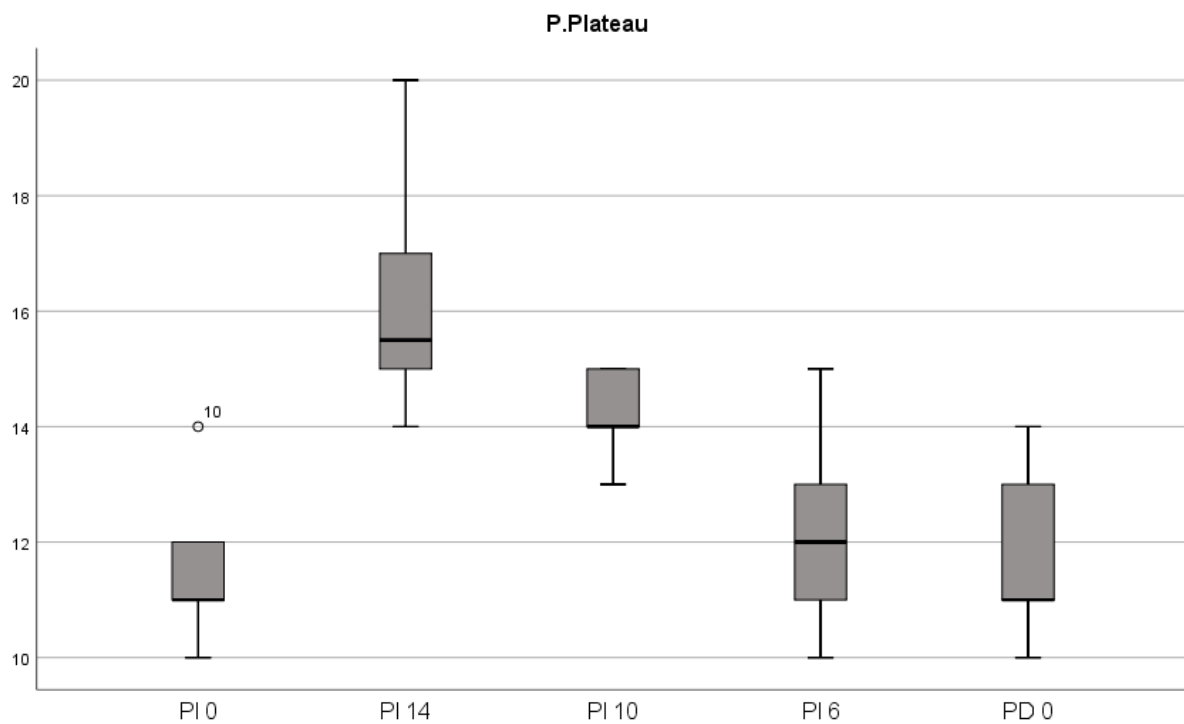


Gráfico 8 - Distribuição da P.Plateau nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos. ° 10- Outlier no paciente 10.

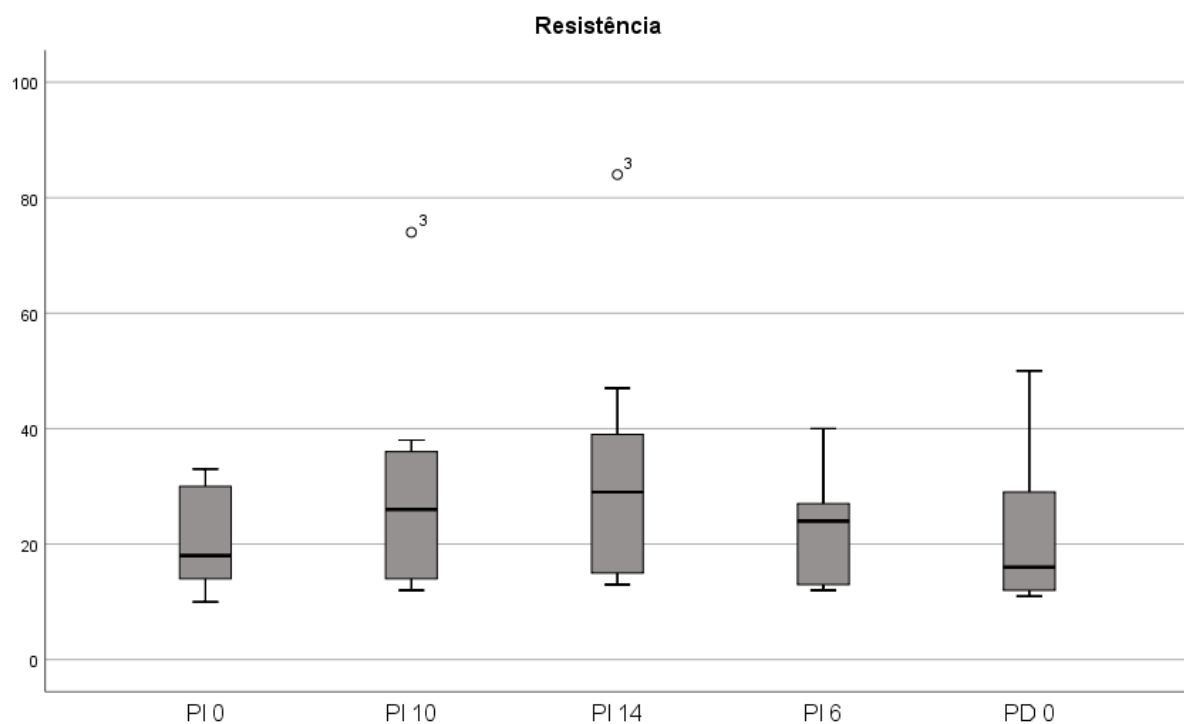


Gráfico 9 - Distribuição da resistência da via aérea nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos. °3 – Outlier no paciente 3.

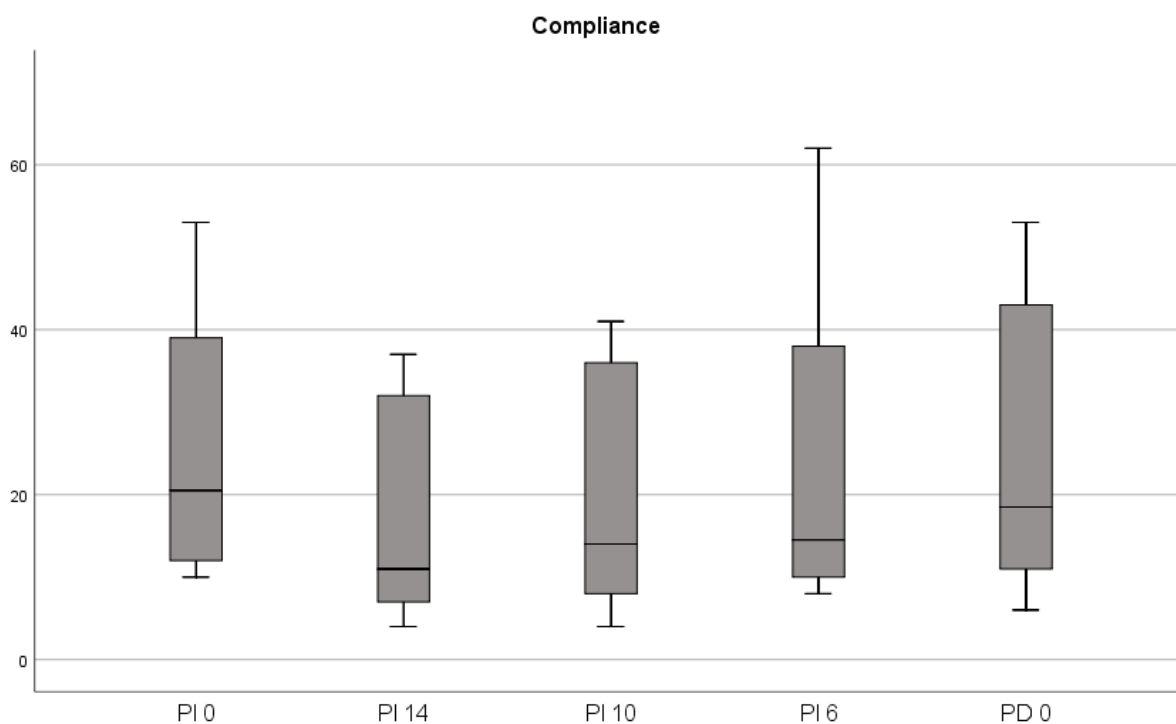


Gráfico 10 - Distribuição da compliance nas diferentes pressões de insuflação durante os procedimentos.

A análise inferencial realizada para comparação entre valores ETCO_2 , P.Plateau, P.Pico, resistência e Cpl nas diferentes pressões de insuflação estão representadas na tabela 4. Relativamente aos dados recolhidos de SPO_2 comparados entre pressões de insuflação (PI 0 mmHg, PI 14 mmHg, PI 10 mmHg, PI 6 mmHg e pós desinsuflação a 0 mmHg) a análise estatística indicou que não havia diferenças significativas sendo $p=0,437$.

Tabela 4- Resultados do teste de Friedman para as concentrações de ETCO₂, P.Plateau, P.Pico, resistência e Cpl em diferentes pressões de insuflação.

Comparação Pressões de insuflação	ETCO₂ <i>P-value</i>	P.Plateau <i>P-value</i>	P.Pico <i>P-value</i>	Resistência <i>P-value</i>	Cpl <i>P-value</i>
PI 0 vs PI 6 mmHg	0,006	0,322	0,179	0,412	0,229
PI 0 vs PI 10 mmHg	0,203	0,003	0,011	0,074	0,001
PI 0 vs PI 14 mmHg	0,480	0,000	0,000	0,000	0,000
PI 0 vs PI Pós 0 mmHg	0,048	1	0,724	1	0,832
PI 6 vs PI 10 mmHg	0,138	0,048	0,229	0,333	0,048
PI 6 vs PI 14 mmHg	0,001	0,000	0,004	0,004	0,001
PI 6 vs PI Pós 0 mmHg	0,437	0,322	0,322	0,412	0,322
PI 10 vs PI 14 mmHg	0,048	0,120	0,090	0,53	0,157
PI 10 vs PI Pós 0mmHg	0,480	0,003	0,028	0,074	0,003
PI 14 vs PI Pós 0mmHg	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000

Valores de $p < 0,05$ são considerados estatisticamente significativos.

5 Discussão

Nos tempos atuais em que a medicina veterinária apresenta grandes evoluções, os tutores procuram o melhor para os seus animais e o que se assemelha à Medicina Humana. No caso particular da cirurgia, as técnicas minimamente invasivas proporcionam um menor nível de dor, redução do tempo de hospitalização, entre outras vantagens relativamente às técnicas de cirurgia tradicional (Fransson, 2014).

A cirurgia minimamente invasiva, nomeadamente a laparoscopia, apesar de apresentar vantagens, também apresenta riscos e complicações próprias (Fransson & Mayhew, 2022). Além dos riscos inerentes ao paciente e ao procedimento em si, na laparoscopia a insuflação do abdómen com CO₂ acarreta maiores riscos anestésicos devido às alterações fisiológicas que provoca nos diferentes sistemas, em especial no sistema cardiovascular e respiratório (Fransson & Mayhew, 2022).

A insuflação intraperitoneal não deve exceder os 15 mmHg, pois acima deste valor as alterações fisiológicas são mais marcadas (Monnet, Lhermette, & Sobel, 2008). No entanto é possível obter uma boa visualização com pressões de insuflação inferiores compreendidas entre 8-10 mmHg (Monnet *et al.*, 2008). No presente estudo, as pressões utilizadas foram inferiores a este limite, sendo que a pressão utilizada mais elevada foi de 14 mmHg.

Nesta dissertação pretendeu-se avaliar as alterações hemodinâmicas e de ventilação com diferentes pressões de insuflação nomeadamente, a uma pressão de 14, 10 e 6 mmHg.

As alterações a nível ventilatório que ocorrem na cirurgia laparoscópica devem-se sobretudo à insuflação da cavidade abdominal com CO₂, denominado de pneumoperitoneu. Sendo o CO₂, um gás inerte e muito solúvel, após parar a sua administração é absorvido com rapidez e os seus efeitos podem desaparecer em poucos minutos (Cordero, 2018).

Relativamente às alterações hemodinâmicas, estas podem variar bastante consoante o paciente, a pressão de insuflação, posição do paciente, absorção de CO₂, tipo de ventilação utilizada, fármacos utilizados, técnica cirúrgica e até mesmo do tipo de procedimento em si e a sua duração (O'Malley & Cunningham, 2001).

Uma das consequências hemodinâmicas do pneumoperitoneu é o aumento da PAM. Este aumento é notado nos primeiros 5 minutos pós-insuflação peritoneal devido à compressão da aorta abdominal e de efeitos neuroendócrinos (Atkinson *et al.*, 2017). Estudos demonstraram elevações de aldosterona e renina temporários relacionados com o aumento da PAM (Atkinson *et al.*, 2017). A libertação da renina é estimulada devido à compressão causada nas artérias renais que leva a uma redução do débito cardíaco, e consequentemente um menor fluxo renal (Atkinson *et al.*, 2017). Neste estudo, não foi possível notar um aumento significativo da pressão arterial aquando a insuflação, tal como é possível constatar na tabela 2 (PI 14, PI 10, PI 6), ao contrário do que foi observado nos estudos de Duke (1996) e Kompassi (1993). Estes resultados podem ser explicados pela medição da pressão arterial ter sido realizada por um método não invasivo, sendo que o método invasivo apresenta resultados mais precisos, tratando-se do método “gold standard” na medição da pressão arterial (Seliškar, Zrimšek, Sredenšek, & Petrič, 2013).

No que diz respeito à FC, as arritmias são a complicação mais comum em Medicina Humana (Myles, 1991). Dentro das arritmias, são comuns as bradiarritmias, que poderão estar relacionadas com o aumento do tónus vagal provocado pela distensão peritoneal induzida pela

insuflação (Myles, 1991). No nosso estudo, a FC manteve-se estável ao longo das cirurgias e não foi observada qualquer tipo de arritmia.

A absorção do CO₂ como gás de insuflação peritoneal, pode levar a alterações ácido-base e provocar modificações a nível do sistema cardiopulmonar (Beazley, Cosford, & Duke-Novakovski, 2011). Esta absorção é transperitoneal e depende da solubilidade do gás, da perfusão da cavidade peritoneal e da duração do pneumoperitoneu (O'Malley & Cunningham, 2001). Uma das principais complicações pulmonares causadas pela laparoscopia com insuflação de CO₂ é a hipercapnia (Joshi, 2001). Esta pode dever-se à PIA que reduz o volume pulmonar e a Cpl. Assim, a perfusão/ventilação é dificultada, existindo uma menor eliminação de CO₂ e ainda uma absorção de CO₂ pelo peritoneu que também contribui para o seu aumento (Fukushima *et al.*, 2011). Mullett *et al.* (1993) descreveu em humanos que o aumento de CO₂ ocorreu 8-10 minutos após o início da insuflação em Medicina (Mullett *et al.*, 1993). No nosso estudo ocorreu uma ligeira hipercapnia nos tempos PI 10, PI 6, o que corresponde ao período de 5-15 minutos após o início da insuflação (tabela 3) (gráfico 5). Estes resultados vão de encontro ao estudo anteriormente referido. Mullett *et al.* (1993) referiu também que após 15-20 minutos de insuflação intraperitoneal o CO₂ atinge um plateau, o que não foi possível observar neste estudo uma vez que foram apenas retirados dados durante aproximadamente 20 minutos de insuflação. No entanto, foi possível observar que nos 5 minutos após a desinsuflação, ocorreu uma diminuição dos valores de CO₂ que se aproximou dos valores basais.

Nos estudos de laparoscopia também é comum a avaliação da Cpl e da P.Pico, uma vez que alterações nestes parâmetros podem afetar a oxigenação e/ ou ventilação (Hardacre & Talamini, 2000).

A distensibilidade da cavidade torácica pode ser afetada de duas formas distintas, por patologias que afetam a sua rigidez ou levam à sua deformação e por fatores que provoquem distensão abdominal (Cordero, 2018). Estes fatores englobam diferentes situações como ascite, hemoabdómen, dilatação gástrica, obesidade, gestação e cirurgia laparoscópica (Cordero, 2018). Na laparoscopia o aumento da PIA leva a uma diminuição da *compliance* diafragmática e consequentemente restringe a expansão pulmonar e diminui a Cpl (Obeid *et al.*, 1995). No nosso estudo, assim como no de Obeid *et al.* (1995), foi possível observar uma diminuição significativa da Cpl. Os resultados obtidos (tabela 4), demonstram que ocorreu uma diminuição significativa da Cpl com pressões de insuflação de 10 e 14 mmHg. Esta diminuição da Cpl aliada à redução da CRF também provocada pelo deslocamento cranial do diafragma pode levar

ao desenvolvimento de atelectasia pulmonar (Cordero, 2018). Vários estudos descrevem a ocorrência de atelectasia durante a anestesia, e Matyjasik *et al.*, (2011) demonstraram que esta atelectasia também ocorre após o estabelecimento do pneumoperitôneo.

A aplicação de PEEP durante a anestesia em cirurgias laparoscópicas é muito importante, com vista a melhorar a função respiratória e a oxigenação, uma vez que o estabelecimento do mesmo promove o aumento da CRF e uma estabilização das unidades alveolares (Cordero, 2018; Di Bella *et al.*, 2022). No nosso estudo, após a desinsuflação os valores de Cpl eram semelhantes aos valores basais, o que pode estar relacionado com a aplicação de uma PEEP durante a anestesia que impediu a diminuição da CRF.

As alterações descritas anteriormente, nomeadamente a diminuição da Cpl, aumento do ETCO_2 e redução da CRF levam a alterações respiratórias que podem ter consequências, sendo uma delas a hipoxia, pelo que a monitorização da SPO_2 é de extrema importância (Cordero, 2018). No nosso estudo, este parâmetro manteve-se estável ao longo das diferentes pressões, não tendo ocorrido uma variação estatisticamente significativa, tal como descrito num estudo de Lee e Kim (2014).

Durante a ventilação, a passagem de ar nas vias aéreas gera uma resistência, que vai depender do raio e do comprimento das mesmas (Cordero, 2018). Além disso, a ventilação também pode ser influenciada pelo equipamento anestésico ou por alterações clínicas, tais como, broncoespasmo, inflamação das vias respiratórias, corpos estranhos e compressão da via aérea (Cordero, 2018). O deslocamento cranial do diafragma originado pelo pneumoperitôneo, provoca compressão nas vias respiratórias conduzindo a um aumento da resistência das vias aéreas (Perrin & Fletcher, 2004). Este efeito, foi possível observar no presente estudo com especial relevância na PI 14.

A pressão gerada para superar a resistência das vias aéreas é denominada por P.Pico, e esta é determinada no pico inspiratório, pelo fluxo inspiratório e a resistência (Cordero, 2018). Uma resistência superior vai levar a um aumento da P.Pico, e para além disso, a pressão pode também ser influenciada indiretamente pela PEEP, pressão intratorácica e distensibilidade pulmonar (Cordero, 2018). Vários estudos como os de Kraut, Anderson, Safwat, Barbosa, & Wolfe (1999) e Wittgen *et al.* (1991), relatam o aumento da P.Pico após a insuflação intraperitoneal com pressões entre 12-16 mmHg de CO_2 . No presente estudo, também foi notado este aumento nas diferentes pressões de insuflação dentro deste intervalo de valores, nomeadamente no tempo PI 14 e PI 10.

Além da P.Pico, também é fundamental a avaliação da P.Plateau dado que é a pressão que reflete a capacidade distensível do pulmão e a sua avaliação é crucial para prevenir danos pulmonares como o barotrauma que ocorre devido à aplicação excessiva de pressão numa unidade alveolar (Ioannidis *et al.*, 2015; Cordero, 2018). No nosso estudo, ocorreu um aumento nos tempos de maior pressão insuflação, nomeadamente PI 14 e PI 10.

O presente estudo apresenta várias limitações. Uma das principais limitações relaciona-se com o número reduzido da amostra. Isto deve-se ao facto de a amostra estar dependente da casuística do hospital e do período curto de recolha, uma vez que eram apenas utilizados animais submetidos a cirurgias eletivas ou cirurgias decorrentes de algum tratamento que pudessem ser realizados por laparoscopia. Outra das limitações, prende-se com o facto da pressão arterial recolhida não ser invasiva, pois não foram colocados cateteres arteriais neste tipo de cirurgias o que pode ter afetado a avaliação das pressões arteriais. Além disso, também teria sido interessante a recolha de dados de débito cardíaco durante as diferentes pressões de insuflação, assim como a realização de gasimetria arterial antes e após os procedimentos para retirar mais conclusões sobre o efeito do dióxido carbono a nível cardiorrespiratório.

No futuro será importante desenvolver mais estudos, de forma que se possam confirmar os resultados encontrados no presente trabalho.

6 Conclusão

Apesar das vantagens que a cirurgia laparoscópica apresenta, esta não é isenta de riscos. A insuflação do peritoneu com CO₂ é a principal causa dos riscos anestésicos associados a esta técnica, uma vez que pode levar a alterações cardiorrespiratórias e consequentemente a um manejo anestésico mais desafiante. A utilização da ventilação mecânica é uma ferramenta de grande utilidade para obter uma eliminação mais adequada do CO₂.

A monitorização do sistema cardiorrespiratório é fundamental devido às alterações que lhe são induzidas quando ocorre o estabelecimento do pneumoperitoneu. A compreensão destas alterações é crucial, de forma a permitir dar resposta à crescente procura da cirurgia laparoscópica nos animais de companhia.

Neste estudo foi possível avaliar os riscos cardiorrespiratórios associados a este tipo de procedimentos cirúrgicos em cães. Através dos resultados obtidos, foi possível verificar que a pressão de insuflação não teve influência nos parâmetros de hemodinâmica avaliados, uma vez que a FC e a PAM se mantiveram estáveis. Contudo mais estudos deverão ser realizados neste sentido e de preferência com monitorização de pressão arterial invasiva. Por outro lado, a cirurgia laparoscópica teve influência nos parâmetros da ventilação, o que vem confirmar e alertar para as particularidades inerentes a este tipo de cirurgia.

Em suma, a realização de estudos futuros com uma amostra maior, mais homogênea e com a avaliação de mais parâmetros de monitorização anestésica, seria interessante para permitir uma melhoria e aprofundamento da compreensão dos riscos que este tipo de procedimentos cirúrgicos acarretam, e desta forma melhorar as práticas anestésicas utilizadas para garantir melhores resultados e bem-estar aos pacientes.

7 Referências Bibliográficas

- Albaiceta, G. M., Luyando, L. H., Parra, D., Menendez, R., Calvo, J., Pedreira, P. R., & Taboada, F. (2005). Inspiratory vs. expiratory pressure-volume curves to set end-expiratory pressure in acute lung injury. *Intensive Care Medicine*, 31(10), 1370–1378. <https://doi.org/10.1007/S00134-005-2746-6/FIGURES/4>
- Atkinson, T. M., Giraud, G. D., Togioka, B. M., Jones, D. B., & Cigarroa, J. E. (2017). Cardiovascular and Ventilatory Consequences of Laparoscopic Surgery. *Circulation*, 135(7), 700–710. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023262/FORMAT/EPUB>
- Beazley, S. G., Cosford, K., & Duke-Novakovski, T. (2011). Cardiopulmonary effects of using carbon dioxide for laparoscopic surgery in cats. *The Canadian Veterinary Journal*, 52(9), 973. Retrieved from /pmc/articles/PMC3157070/
- Bouré, L. (2005). General principles of laparoscopy. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 21(1), 227–249. <https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2004.12.002>
- Charlesworth, T. M., & Sanchez, F. T. (2019). A comparison of the rates of postoperative complications between dogs undergoing laparoscopic and open ovariectomy. *Journal of Small Animal Practice*, 60(4), 218–222. <https://doi.org/10.1111/JSAP.12993>
- Clancy, N. (2023). The Veterinary Nurse's Practical Guide to Small Animal Anaesthesia. In *The Veterinary Nurse's Practical Guide to Small Animal Anaesthesia*. <https://doi.org/10.1002/9781119717027>
- Cordero, I. S. (2018). Ventilación Mecánica en Laparoscopia y Toracoscopia. In J. M. Pino (Ed.), *Manual de Ventilación Mecánica en Pequeños Animales* (1st ed., pp. 108–115). Barcelona: Multimédia Ediciones Veterinarias.
- Cordero, I. S. (2021). Monitoreo de ventilación mecánica. In *Manual of Anaesthetic Monitoring in Small Animals* (1st ed., pp. 74–87). Zaragoza: Grupo Asís Biomedica SL.
- Das, K., & Rothberg, M. (2000). Thoracoscopic surgery: historical perspectives. *Neurosurgical Focus*, 9(4), 1–3. <https://doi.org/10.3171/FOC.2000.9.4.10>
- Davidson, E. B., Moll, H. D., & Payton, M. E. (2004). Comparison of Laparoscopic Ovariohysterectomy and Ovariohysterectomy in Dogs. *Veterinary Surgery*, 33(1), 62–69. <https://doi.org/10.1111/J.1532-950X.2004.04003.X>

- Di Bella, C., Lacitignola, L., Grasso, S., Centonze, P., Greco, A., Ostuni, R., ... Staffieri, F. (2018). An alveolar recruitment maneuver followed by positive end-expiratory pressure improves lung function in healthy dogs undergoing laparoscopy. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 45(5), 618–629. <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2018.03.007>
- Di Bella, C., Vicenti, C., Araos, J., Lacitignola, L., Fracassi, L., Stabile, M., ... Staffieri, F. (2022). Effects of two alveolar recruitment maneuvers in an “open-lung” approach during laparoscopy in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2022.904673>
- Donati, P., & Roux, N. (2020). Fisiología respiratoria aplicada. In P. Donati & Ma. del C. Lavalle (Eds.), *Ventilación mecánica* (1st ed., pp. 1–21). Cidade Autónoma de Buenos Aires: Inter-Médica.
- Dugdale, A. (2007). The ins and outs of ventilation 1. Basic principles. *In Practice*, 29(4), 186–193. <https://doi.org/10.1136/INPRACT.29.4.186>
- Duke, T., Steinacher, S. L., & Remedios, A. M. (1996). Cardiopulmonary effects of using carbon dioxide for laparoscopic surgery in dogs. *Veterinary Surgery: VS*, 25(1), 77–82. <https://doi.org/10.1111/J.1532-950X.1996.TB01381.X>
- Fransson, B. (2014). The future: taking veterinary laparoscopy to the next level. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 16(1), 42–50. <https://doi.org/10.1177/1098612X13516571>
- Fransson, B. A. (Boel A., & Mayhew, P. D. (Philipp D. (2022). *Small animal laparoscopy and thoracoscopy*. Retrieved from <https://www.wiley.com/en-us/Small+Animal+Laparoscopy+and+Thoracoscopy%2C+2nd+Edition-p-9781119666851>
- Fukushima, F. B., Malm, C., Andrade, M. E. J., Oliveira, H. P., Melo, E. G., Caldeira, F. M. C., ... Silva, M. X. (2011). Cardiorespiratory and blood gas alterations during laparoscopic surgery for intra-uterine artificial insemination in dogs. *The Canadian Veterinary Journal*, 52(1), 77. Retrieved from /pmc/articles/PMC3003583/
- Grieco, D. L., Chen, L., & Brochard, L. (2017). Transpulmonary pressure: importance and limits. *Annals of Translational Medicine*, 5(14). <https://doi.org/10.21037/ATM.2017.07.22>
- Hall, J. E. (2017). *Tratado de Fisiología Médica* (13th ed.). Elsevier.

- Hardacre, J. M., & Talamini, M. A. (2000). Pulmonary and hemodynamic changes during laparoscopy - Are they important? *Surgery*, 127(3), 241–244. <https://doi.org/10.1067/msy.2000.103159>
- Hayden, P., & Cowman, S. (2011). Anaesthesia for laparoscopic surgery. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care and Pain*, 11(5), 177–180. <https://doi.org/10.1093/BJACEACCP/MKR027>
- Hedenstierna, G., & Edmark, L. (2005). The effects of anesthesia and muscle paralysis on the respiratory system. *Intensive Care Medicine*, 31(10), 1327–1335. <https://doi.org/10.1007/S00134-005-2761-7>
- Holbon, I. (2023). Respiratory Physiology and Ventilation. In N. Clancy (Ed.), *The Veterinary Nurse's Practical Guide to Small Animal Anaesthesia* (1st ed., pp. 42–62). Nova Jersey: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ioannidis, G., Lazaridis, G., Baka, S., Mpoukovinas, I., Karavasilis, V., Lampaki, S., ... Zarogoulidis, P. (2015). Barotrauma and pneumothorax. *Journal of Thoracic Disease*, 7(Suppl 1), S38. <https://doi.org/10.3978/J.ISSN.2072-1439.2015.01.31>
- Joshi, G. P. (2001). Complications of laparoscopy. *Anesthesiology Clinics of North America*, 19(1), 89–105. [https://doi.org/10.1016/S0889-8537\(05\)70213-3](https://doi.org/10.1016/S0889-8537(05)70213-3)
- Leschnik, K., Bockstahler, B., Katic, N., Schramel, J. P., & Dupré, G. (2018). Influence of 2 Veress needles and 4 insertion sites on Veress needle penetration depth: A comparative study in cadaveric dogs. *Veterinary Surgery*, 47(8), 1094–1100. <https://doi.org/10.1111/VSU.12956>
- Matyjasik, H., Adamiak, Z., Pesta, W., & Zhalniarovich, Y. (2011). Laparoscopic procedures in dogs and cats. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, Vol. 14, pp. 305–316. <https://doi.org/10.2478/v10181-011-0049-0>
- Maurin, M. P., Mullins, R. A., Singh, A., & Mayhew, P. D. (2020). A systematic review of complications related to laparoscopic and laparoscopic-assisted procedures in dogs. *Veterinary Surgery*, 49(S1), O5–O14. <https://doi.org/10.1111/VSU.13419>
- Mergoni, M., Volpi, A., Bricchi, C., & Rossi, A. (2001). Lower inflection point and recruitment with PEEP in ventilated patients with acute respiratory failure. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 91(1), 441–450.

<https://doi.org/10.1152/JAPPL.2001.91.1.441>

- Monnet, E., Lhermette, P., & Sobel, D. (2008). Rigid endoscopy: laparoscopy. In *BSAVA Manual of Canine and Feline Endoscopy and Endosurgery* (pp. 158–174).
- Morgan, E., & Mikhail, M. (2013). *Clinical Anesthesiology* (5th ed.).
- Mullett, C. E., Viale, J. P., Sagnard, P. E., Mielliet, C. C., Ruynat, L. G., Counioux, H. C., ... Annat, G. J. (1993). Pulmonary CO₂ elimination during surgical procedures using intra- or extraperitoneal CO₂ insufflation. *Anesthesia and Analgesia*, 76(3), 622–626.
- Myles, P. S. (1991). Bradyarrhythmias and Laparoscopy: A Prospective Study of Heart Rate Changes with Laparoscopy. *Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 31(2), 171–173. <https://doi.org/10.1111/J.1479-828X.1991.TB01811.X>
- O'Malley, C., & Cunningham, A. J. (2001). Physiologic changes during laparoscopy. *Anesthesiology Clinics of North America*, 19(1), 1–19. [https://doi.org/10.1016/S0889-8537\(05\)70208-X](https://doi.org/10.1016/S0889-8537(05)70208-X)
- Obeid, F., Saba, A., Fath, J., Guslits, B., Chung, R., Sorensen, V., ... Horst, H. M. (1995). Increases in Intra-abdominal Pressure Affect Pulmonary Compliance. *Archives of Surgery*, 130(5), 544–548. <https://doi.org/10.1001/ARCHSURG.1995.01430050094016>
- Perrin, M., & Fletcher, A. (2004). Laparoscopic abdominal surgery. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain*, 4(4), 107–110. <https://doi.org/10.1093/BJACEACCP/MKH032>
- Pierce, L. N. . (1995). *Guide to mechanical ventilation and intensive respiratory care* (1st ed.). Philadelphia: Saunders.
- Robinson, E. (2004). Visão geral da fisiologia respiratória: ventilação pulmonar. In J. G. Cunningham (Ed.), *Tratado de Fisiologia Veterinária* (3rd ed., pp. 481–490). Brasil: Guanabara Koogan.
- Scott, J., Singh, A., & Valverde, A. (2020). Pneumoperitoneum in veterinary laparoscopy: A review. *Veterinary Sciences*, Vol. 7. <https://doi.org/10.3390/VETSCI7020064>
- Seliškar, A., Zrimšek, P., Sredenšek, J., & Petrič, A. D. (2013). Comparison of high definition oscillometric and Doppler ultrasound devices with invasive blood pressure in anaesthetized dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 40(1), 21–27.

<https://doi.org/10.1111/J.1467-2995.2012.00774.X>

- Shariati, E., Bakhtiari, J., Khalaj, A., Niasari-Naslaji, A., & Dvm, J. B. (2014a). Comparison between two portal laparoscopy and open surgery for ovariectomy in dogs. *Veterinary Research Forum: An International Quarterly Journal*, 5(3), 219. Retrieved from [/pmc/articles/PMC4279650/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24279650/)
- Shariati, E., Bakhtiari, J., Khalaj, A., Niasari-Naslaji, A., & Dvm, J. B. (2014b). Comparison between two portal laparoscopy and open surgery for ovariectomy in dogs. *Veterinary Research Forum: An International Quarterly Journal*, 5(3), 219. Retrieved from [/pmc/articles/PMC4279650/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24279650/)
- Valenza, F., Chevallard, G., Fossali, T., Salice, V., Pizzocri, M., & Gattinoni, L. (2010). Management of mechanical ventilation during laparoscopic surgery. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 24(2), 227–241. <https://doi.org/10.1016/J.BPA.2010.02.002>
- Walter, J. M., Corbridge, T. C., & Singer, B. D. (2018). Invasive Mechanical Ventilation. *Southern Medical Journal*, 111(12), 746. <https://doi.org/10.14423/SMJ.00000000000000905>
- West, J. B., & Dollery, C. T. (1965). Distribution of blood flow and the pressure-flow relations of the whole lung. *https://doi.org/10.1152/Jappl.1965.20.2.175*, 20(2), 175–183. <https://doi.org/10.1152/JAPPL.1965.20.2.175>
- West, J. B., & Luks, A. M. (2017). Other Tests. In *West's respiratory physiology: the essentials* (9th ed., pp. 77–95). Philadelphia: Wolters Kluwer.