

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
Colegiado do Curso de Pós- Graduação

PRINCÍPIOS BÁSICOS DA VENTILAÇÃO MECÂNICA EM CÃES

**MARINA LOPES CASTRO**

BELO HORIZONTE  
ESCOLA DE VETERINÁRIA- UFMG  
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
Colegiado do Curso de Pós- Graduação

PRINCÍPIOS BÁSICOS DA VENTILAÇÃO MECÂNICA EM CÃES

**MARINA LOPES CASTRO**

Monografia apresentada à UFMG, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista no Curso de Pós-graduação *Latu senso* em Residência em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Anestesiologia

Preceptora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Maria Coletto Freitas

BELO HORIZONTE  
ESCOLA DE VETERINÁRIA- UFMG  
2011

MARINA LOPES CASTRO

**VENTILAÇÃO MECÂNICA EM CÃES**

Monografia defendida e aprovada.

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Nome do Orientador

Título:

Banca examinadora:

---

Nome

---

Nome

---

Nome

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

## **DEDICATÓRIA**

*A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por proporcionar oportunidades em meu caminho e me dar condições de vencer as dificuldades.

A minha orientadora e Professora Patrícia Maria Colleto por toda paciência, auxílio, respeito e dedicação.

Aos meus colegas e amigos de trabalho por todo ensinamento e ajuda.

## LISTA DE ABREVIATURA

VA: Ar alveolar

VD: Ar do espaço morto

CRF: Capacidade residual funcional

$f$ : Frequência respiratória

GRD: Grupo respiratório dorsal

GRV: Grupo respiratório ventral

Ipm: Incursões por minuto

PIP: Pico de pressão inspiratória

PE: Pressão expiratória

PaCO<sub>2</sub>: Pressão parcial de dióxido de carbono

PaO<sub>2</sub>: Pressão parcial de oxigênio

PEEP: Pressão positiva ao final da expiração

CPAP: Pressão positiva contínua nas vias aéreas

I/E: Relação inspiração/ expiração

RVP: Resistência vascular periférica

SVM: Suporte ventilatório mecânico

## **LISTA DE ABREVIATURA**

SaO<sub>2</sub>: Saturação de oxigênio na hemoglobina

TI: Tempo inspiratório

TE: Tempo expiratório

TTot: Tempo total

ETCO<sub>2</sub>: Tensão de dióxido de carbono ao final da expiração

VI: fluxo inspiratório

SIMV: Ventilação mandatória intermitente sincronizada

VM: Ventilação mecânica

AMV: Ventilação mecânica assistida

CMV: Ventilação mecânica controlada

ACMV: Ventilação mecânica controlada assistida

VCP: Ventilação mecânica controlada a pressão

VCV: Ventilação mecânica controlada a volume

VMI: Ventilação mecânica invasiva

VMNI: Ventilação mecânica não invasiva

## **LISTA DE ABREVIATURA**

V/Q: Ventilação/ perfusão

VC: Volume corrente

VRE: Volume de reserva expiratório

VE: Volume minuto

VR: volume residual

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1- Ilustração do pulmão de aço de Drinker e Shaw...p.10

FIGURA 2- Curva pressão versus tempo num ventilador ciclado a volume...p.11

FIGURA 3- Curva pressão versus tempo num ventilador ciclado a pressão...p.12

FIGURA 4- Ilustração de um aparelho de ventilação mecânica do Hospital Veterinário da UFMG conectado a um fole ascendente

FIGURA 5- Ilustração de um aparelho de ventilação mecânica com ajuste de volume corrente, frequência inspiratória e relação inspiração/ expiração do Hospital Veterinário da UFMG

FIGURA 6- Ilustração de um ventilador mecânico microprocessado com apresentação de curvas de volume, fluxo e pressão ao longo do tempo

|         |
|---------|
| SUMÁRIO |
|---------|

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| RESUMO                                                | 11 |
| ABSTRACT                                              | 11 |
| INTRODUÇÃO                                            | 12 |
| REVISÃO DE LITERATURA                                 | 12 |
| HISTÓRIA DA VENTILAÇÃO MECÂNICA                       | 12 |
| SISTEMA RESPIRATÓRIO                                  | 14 |
| MECÂNICA RESPIRATÓRIA                                 | 15 |
| CONTROLE DA RESPIRAÇÃO                                | 16 |
| VENTILAÇÃO E PERFUSÃO                                 | 17 |
| INDICAÇÕES E CONTRA INDICAÇÕES DA VENTILAÇÃO MECÂNICA | 18 |
| COMPLICAÇÕES DA VENTILAÇÃO MECÂNICA                   | 19 |
| VENTILADORES MECÂNICOS (VM)                           | 21 |
| FASES DA VENTILAÇÃO MECÂNICA                          | 23 |
| MODOS DOS CICLOS VENTILATÓRIOS                        | 26 |
| VENTILAÇÃO MECÂNICA MODO CONTROLADO                   | 27 |
| TIPOS DE CICLAGEM DO VENTILADOR                       | 28 |
| DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA                        | 29 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS                                  | 29 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                            | 30 |

## **RESUMO**

A ventilação mecânica (VM) é um método de suporte respiratório para o paciente, não constituindo uma terapia curativa. Seu objetivo é prover ventilação e oxigenação adequadas aos pacientes de maneira artificial, sem lesar a microestrutura pulmonar e, ao mesmo tempo, minimizar os potenciais de complicações. Atualmente, em medicina veterinária, a ventilação mecânica a pressão controlada é a modalidade ventilatória mais utilizada, por melhorar a oxigenação e prevenir lesão no tecido pulmonar. Porém, estudos ainda devem ser conduzidos para encontrar a melhor forma de ventilação em cães a fim de reduzir as chances de barotrauma e, principalmente, de biotrauma, capazes de gerar repercussões sistêmicas que podem contribuir para a morbidade e mortalidade nessa espécie. Objetivou-se com esta revisão rever as indicações e contra indicações do uso da ventilação mecânica, assim como descrever o mecanismo de funcionamento dos ventiladores mecânicos, ressaltando sua utilização nos cães.

Palavras chaves: ventilador mecânico, anestesia, terapia intensiva, suporte ventilatório.

## **ABSTRACT**

Mechanical ventilation (MV) is a method of respiratory support for the patient and not a curative therapy. Its objective is to provide adequate ventilation and oxygenation to patients in an artificial way without damaging the lung microstructure and at the same time minimizing the potential for complications. Nowadays, in veterinary medicine the pressure-controlled mechanical ventilation is the most widely ventilation mode used to improve oxygenation and prevent damage to lungs. However, more studies should be conducted to find the best form of ventilation in dogs to reduce the chances of barotrauma, and especially of biotrauma that is capable of generate systemic effects that may contribute to morbidity and mortality in this species. It was aimed to review the indications and contraindications for the use of mechanical ventilation, as well as describe the mechanism of operation of mechanical ventilators, highlighting its use in dogs.

Key words: mechanical ventilation, anesthesia, intensive care, ventilatory support.

## INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) é um método de suporte respiratório para o paciente, não constituindo uma terapia curativa. Segundo o Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica, o seu objetivo é prover ventilação e oxigenação adequadas ao paciente, de maneira artificial, sem lesar a microestrutura pulmonar e, ao mesmo tempo, minimizar os potenciais de complicações (Slutsky, 1993). Essa ventilação é realizada por meio de ventiladores mecânicos, sendo estes aparelhos construídos para preservar a função respiratória e manter a estabilidade clínica do paciente (David, 2001). A tecnologia desses aparelhos combina princípios de engenharia mecânica, mecatrônica e computacional para o seu funcionamento (Ferreira, 2006).

Atualmente, a ventilação mecânica pode ser classificada em dois grupos: ventilação mecânica invasiva (VMI) e não invasiva (VMNI). Nas duas situações, a ventilação artificial é realizada através da aplicação de pressão positiva nas vias aéreas. A diferença entre elas fica na forma de liberação de pressão, pois, enquanto na ventilação invasiva utiliza-se uma prótese introduzida na via aérea, isto é, um tubo oro ou nasotraqueal, ou ainda uma cânula de traqueostomia, na ventilação não invasiva, utiliza-se uma máscara como interface entre o paciente e o ventilador artificial (Carvalho *et al.*, 2007).

No âmbito da medicina veterinária, a ventilação mecânica é utilizada durante a anestesia e em pacientes internados no setor de terapia intensiva (Carvalho *et al.*, 2007), durante situações em que a respiração espontânea destes pacientes deixa de promover a homeostase pulmonar e o equilíbrio ácido-base (Tobin, 2001). Assim, o suporte ventilatório mecânico tem as funções de garantir a manutenção das trocas gasosas, corrigir a hipoxemia e a acidose respiratória associada à hipercapnia, diminuir o trabalho respiratório, reverter e

evitar a fadiga da musculatura respiratória e diminuir o consumo de oxigênio (Carvalho *et al.*, 2007). As complicações decorrentes do seu uso podem ser atribuídas às alterações da mecânica pulmonar, sendo que as principais complicações são a diminuição do débito cardíaco, alcalose respiratória aguda e barotraumas (Delaforccade & Rozanski, 2006).

Atualmente, em medicina veterinária, a ventilação mecânica a pressão positiva intermitente controlada por pressão é a modalidade ventilatória mais utilizada por melhorar a oxigenação e prevenir lesão no tecido pulmonar. Além disso, contribui para uma distribuição mais homogênea do volume corrente, favorecendo regiões pulmonares menos complacentes (Borges, 2008). Contudo, segundo Alvarez *et al.* (2001), ventiladores ciclados a volume são ainda predominantes na prática clínica veterinária.

Deste modo, objetivou-se com esta revisão rever as indicações e contra indicações do uso da ventilação mecânica, assim como descrever o mecanismo de funcionamento dos ventiladores mecânicos, ressaltando sua utilização nos cães.

## REVISÃO DE LITERATURA

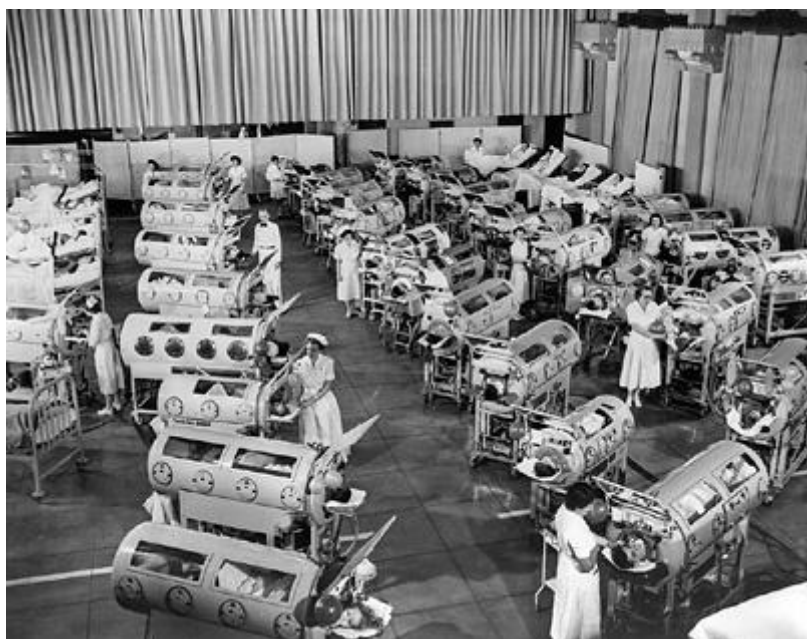
### HISTÓRIA DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

O mecanismo de ventilação pulmonar foi compreendido no século XII, quando foi demonstrado que animais com tórax aberto e que inevitavelmente morreriam, poderiam ser mantidos vivos pelo uso de pressão positiva nas vias aéreas (Carvalho & Terzi, 2000). Mas só em meados do século XVIII, em 1774, com o desenvolvimento da anestesiologia moderna, pela descoberta do oxigênio, começou-se a utilizar na rotina a anestesia geral por inalação de éter e posteriormente clorofórmio, e com isso

chegou-se às técnicas de intubação orotraqueal, as quais expandiram os horizontes da ventilação mecânica pulmonar (Emmerich & Maia, 1992).

O primeiro ventilador mecânico utilizado com sucesso foi o pulmão de aço de Drinker *et al*, em 1926 (Fig. 1). Esse aparelho foi utilizado primeiramente em uma criança com diagnóstico de poliomielite, e posteriormente em vários portadores dessa doença, no início de 1950, na Dinamarca

(Ajnhorn, 2006). Assim, a epidemia de poliomielite contribuiu para a história da ventilação mecânica, já que a produção comercial dos ventiladores mecânicos expandiu-se devido à necessidade de suporte respiratório para os portadores desta doença (Drinker *et al.*, 1929). O pulmão de aço tinha a forma de um cilindro que cobria todo o corpo do paciente, deixando para fora somente a cabeça, sob a influência da pressão da atmosfera.



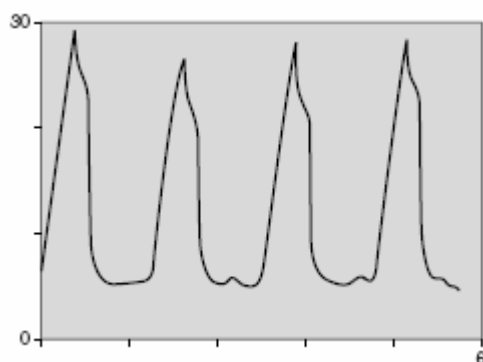
**FIGURA 1.** Ilustração do pulmão de aço de Drinker e Shaw. Fonte: <<http://www.medicinaintensiva.com.br/philipdrinker.htm>>

Com o insuficiente número de ventiladores pulmões de aço para o grande contingente de pacientes internados, iniciaram-se a utilização e desenvolvimento de outros recursos técnicos e mecânicos para a ventilação pulmonar, como os insufladores manuais e geradores de pressão positiva. Dessa maneira, esse aparelho começou a ser substituído por ventiladores com pressão positiva mais compactos, e que possibilitavam o prolongamento do período em que era necessária a ventilação artificial, pois mantinham os

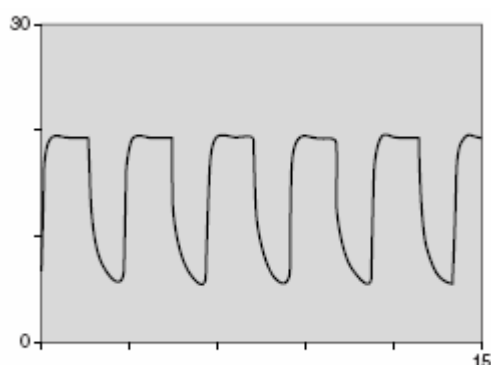
pacientes hemodinamicamente mais estáveis (Ajnhorn, 2006). Contudo, segundo Cabral e Carvalho (1964) citado por Batista (2008), em 1934 foi desenvolvido por Frenkner o *Spiropulsator*, aparelho este que realizava automaticamente a insuflação intermitente dos pulmões, sendo a ele atribuída à criação da ventilação mecânica.

Paralelamente no Brasil, somente a partir de 1950 foi praticada a ventilação mecânica, embora já fosse administrada anestesia inalatória sob respiração manualmente

assistida. Assim, em 1952, Dr. Kentaro Takaoka idealizou e criou o respirador Takaoka, o qual permitia realizar a ventilação mecânica em um sistema aberto, com oxigênio, alternando fases de pressões positivas e negativas (Meira, 1968). Na década de 80, a sincronização do paciente com o ventilador foi melhorada, e popularizaram-se os respiradores microprocessados com possibilidade de selecionar diferentes modalidades ventilatórias (Fig. 2 e 3). Finalmente, em 1990, o monitoramento da função respiratória consolidou-se, e pesquisadores começaram a estudar o uso mais racional e precoce da ventilação mecânica (Pompílio & Carvalho, 2000).



**FIGURA 2.** Curva pressão versus tempo num ventilador ciclado a volume. Fonte: Ramirez, 2003.



**FIGURA 3.** Curva pressão versus tempo num ventilador ciclado a pressão. Fonte: Ramirez, 2003

## SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório é formado pelas vias aéreas e pelos pulmões. As vias aéreas condutoras denominadas também de espaço morto anatômico têm a finalidade de conduzir o ar do meio externo até os pulmões e vice-versa. Fazem parte das vias aéreas: cavidades nasais, faringe, laringe, traqueia e brônquios que dão origem aos bronquíolos, que terminam em minúsculas cavidades chamadas alvéolos pulmonares (Cunningham, 2004).

Nos alvéolos pulmonares ocorre a hematose que é o transporte de oxigênio para os tecidos do organismo e a eliminação de dióxido de carbono para o meio externo sendo que esse mecanismo é a principal função dos pulmões (Cunningham, 2004). Outras funções importantes do sistema respiratório que favorecem a ventilação alveolar são o ofego, a termorregulação, a proteção contra poeiras, gases tóxicos e agentes infecciosos inalados (Cunningham, 2004).

Os pulmões estão alojados na caixa torácica que é limitada na frente pelo osso esterno, atrás pela coluna vertebral, nos lados pelas costelas e inferiormente pelo músculo diafragma. Revestindo e envolvendo os pulmões, encontram-se duas membranas superpostas, denominadas pleuras: uma interna (pleura visceral), em contato direto com os pulmões, e outra externa (pleura parietal) em contato com as costelas. Entre a pleura visceral e parietal

há um espaço, a cavidade pleural, contendo uma fina camada de líquido pleural que permite o livre deslizamento de uma pleura contra a outra nas constantes variações de volume da caixa torácica, que ocorrem nos movimentos respiratórios (Cunningham, 2004).

Os pulmões das espécies de mamíferos diferem no grau que são subdivididos pelo

tecido conjuntivo, em lóbulos secundários. Em cães e gatos, por exemplo, não há nenhuma separação e por isso a ventilação colateral, que tem a função de fornecer ar aos alvéolos quando o principal brônquio é obstruído, é extensa. Porém em suínos e bovinos observa-se separação completa dos lóbulos (Cunningham, 2004).

## MECÂNICA RESPIRATÓRIA

Os movimentos respiratórios são cíclicos e estão representados pela inspiração e expiração. A realização desses movimentos é realizada com a participação fundamental do diafragma e dos músculos intercostais. Esses músculos contraem-se e relaxam-se simultaneamente (Dukes, 1996).

O diafragma é uma lâmina musculotendínea em forma de cúpula, que separa o abdômen e o tórax e é innervada pelo nervo frênico. Ele é o principal músculo inspiratório e durante a respiração basal, a inspiração depende principalmente da contração dele (Dukes, 1996).

Os músculos intercostais externos, que unem as costelas, estão também ativos durante a inspiração. As fibras desses músculos são direcionadas caudoventralmente da borda caudal de uma costela à borda cranial da costela seguinte, de modo que a contração move as costelas rostralmente e para fora. Outros músculos inspiratórios incluem aqueles que conectam o esterno a cabeça. Esses músculos contraem-se durante a respiração forçada e movem o esterno rostralmente (Cunningham, 2004).

Segundo Llorens *et al.* (1998) apud Machuca *et al.* (2007), na maioria das espécies domésticas em repouso, a inspiração é um processo ativo enquanto que a expiração é passivo. Porém pode ser feita de forma ativa, como nos reflexos de tosse e espirro.

Durante a inspiração ocorre a contração dos músculos respiratórios. Com a contração, o diafragma desce, determinando um aumento do diâmetro vertical da caixa torácica. Por sua vez, a contração dos músculos intercostais eleva e movimenta para fora as costelas, acarretando um aumento do diâmetro horizontal da cavidade torácica. Assim, há um aumento do volume da caixa torácica com consequente diminuição da pressão interna do tórax que se torna subatmosférica em relação à pressão atmosférica. A pressão atmosférica, sendo maior do que a pressão intratorácica, também chamada de pressão pleural, empurra o ar atmosférico até o interior dos alvéolos pulmonares (Cunningham, 2004).

Na expiração ocorre exatamente o contrário da inspiração: há o relaxamento do diafragma e dos músculos intercostais. Com o relaxamento, o diafragma sobe e os músculos intercostais provocam abaixamento das costelas. Consequentemente ocorre diminuição do volume da cavidade torácica, aumento da pressão intratorácica em relação à pressão atmosférica e compressão do ar dentro dos pulmões fazendo com que o ar deixe o organismo (Dukes, 1996).

Durante a respiração espontânea a inspiração acontece por uma diferença de pressão entre as vias aérea superiores, que estão submetidas à pressão atmosférica, e o alvéolo pulmonar que está sob pressão subatmosférica. A pressão intratorácica diminui, isto é, fica mais “negativa” (subatmosférica), facilitando o retorno venoso e aumentando o débito cardíaco (Dragosavac & Terzi, 2000).

Ao final da inspiração, o fluxo de gás cessa e a pressão no alvéolo se torna atmosférica. No início da expiração os músculos inspiratórios relaxam e há contração dos músculos intercostais internos e externos para que a pressão no alvéolo aumente alguns poucos cm de H<sub>2</sub>O sobre a pressão

atmosférica e assim ocorra o ciclo respiratório (Machuca *et al*, 2007).

A pressão intrapleural refere-se à pressão no tórax do lado de fora dos pulmões incluindo o mediastino. Ela é sempre menor do que a pressão intrapulmonar. Isto acontece não apenas durante a respiração normal, mas também sob condições de expiração forçada e sob condições de ventilação a pressão positiva. A pressão intrapleural é menor que a intrapulmonar porque o pulmão está aderido à parede torácica pela camada líquida entre os folhetos pleurais visceral e parietal. A expansão do tórax é seguida pela expansão dos pulmões. Entretanto, os pulmões sempre têm tendência ao colapso porque a tensão superficial do líquido que forra a face interna dos alvéolos está sempre puxando a superfície alveolar para o menor tamanho possível. Além disso, as fibras elásticas que se estendem através dos pulmões tendem a contraí-los o tempo todo (Dukes, 1996).

Já durante a ventilação mecânica controlada o gradiente de pressão que gera fluxo inspiratório não é produzido como consequência de uma diminuição da pressão intratorácica e sim por um aumento da pressão nas vias aéreas proximais. Durante a inspiração, o ventilador gera uma pressão positiva. A chegada do gás no interior dos pulmões produz um aumento de volume pulmonar acima da capacidade residual funcional (CRF) que determina também um aumento da pressão intratorácica. A pressão intrapulmonar pode aumentar até 15cm de água. Ao final da inspiração, a válvula expiratória é aberta e então a pressão do circuito do ventilador diminui bruscamente criando um novo gradiente de pressão e gerando fluxo expiratório que se mantém até que as pressões sejam equiparadas e que a capacidade residual funcional volte ao normal (Machuca *et al*, 2007).

Sob condições de respiração espontânea a pressão pleural é normalmente de 5cm de

água abaixo da pressão atmosférica (-5cm de água) ao final da expiração, embora possa diminuir até -10cm de água no início da inspiração quando o tórax aumenta e os músculos respiratórios realizam um trabalho para distender o pulmão e o tórax, e gerar fluxo de ar através das passagens aéreas que oferecem uma resistência ao fluxo (Cunningham, 2004). Já durante a ventilação mecânica controlada, a pressão intrapleural aumenta durante a fase inspiratória até 3cm de água caindo a -5cm de água durante a expiração (Alvarez *et al*, 2001).

Em ambas as modalidades de ventilação, espontânea e mecânica, o volume pulmonar aumenta durante a inspiração, porém a pressão pleural, o enchimento das câmaras cardíacas, o fluxo pulmonar e o débito dos ventrículos cardíacos mudam em direção oposta (Dragosavac & Terzi, 2000).

## CONTROLE DA RESPIRAÇÃO

O centro respiratório, composto de diversos grupos de neurônios localizados bilateralmente no bulbo e na ponte, desempenha o papel de controle da ventilação. Esses grupos enviam impulsos para os músculos respiratórios (diafragma e intercostais), estimulando a contração dos mesmos (Dukes, 1996). Segundo Dukes (1996) os grupos de neurônios são classificados em: grupo respiratório dorsal (GRD) na medula oblonga dorsal, grupo respiratório ventral (GRV) na medula oblonga ventral, centro pneumotáxico na porção rostral da ponte e centro apnêustico na porção caudal da ponte.

O ritmo ventilatório básico é gerado principalmente pelo grupo dorsal de neurônios respiratórios. O centro pneumotáxico e o centro apnêustico constituem o núcleo respiratório pontino que são responsáveis pelo término da inspiração e pela sintonia fina da regulação do ciclo inspiratório e expiratório (Acosta *et al*., 2000).

Adicionalmente à estimulação neural, há também elementos químicos no sangue que modificam o ritmo básico dos movimentos respiratórios, chamados de controle humoral da respiração. E os elementos químicos referidos são o dióxido de carbono, o oxigênio e o íon hidrogênio. Suas concentrações no sangue arterial modificam a ventilação alveolar (Guyton e Hall, 1997a).

Um aumento da pressão parcial de dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ) causa aumento da ventilação alveolar que em valores entorno de 60-70mmHg pode diminuir a pressão arterial, a contratilidade cardíaca e o débito cardíaco por ativação de uma resposta simpatoadrenal; uma diminuição dela causa diminuição da ventilação alveolar. Um aumento na concentração de íons hidrogênio promove aumento da ventilação alveolar e uma diminuição na concentração desse íon promove diminuição da ventilação alveolar. Uma diminuição na pressão parcial do oxigênio ( $\text{PaO}_2$ ) causa aumento da ventilação alveolar; um aumento promove diminuição dessa ventilação (Guyton e Hall, 1997a).

O ritmo respiratório controlado pelo grupo dorsal de neurônios é influenciado principalmente pela variação do dióxido de carbono no sangue. Porém ele pode ser acelerado em resposta a uma baixa concentração de oxigênio no sangue, percebida por quimiorreceptores localizados nas paredes das artérias aorta e carótidas que enviam impulsos ao bulbo. Ao receber esses impulsos, o bulbo envia um maior número de impulsos nervosos para os músculos respiratórios, intensificando assim, o ritmo dos movimentos respiratórios (Guyton e Hall, 1997a).

Os impulsos aferentes de barorreceptores nos seios carótidos e aórticos tem como função principal um papel na regulação da circulação. Os mesmos receptores são capazes de modificar a respiração. Os

receptores constantemente geram impulsos que aumentam a frequência quando a pressão sanguínea aumenta e diminuem a frequência quando a pressão sanguínea diminui. Esses impulsos para o centro respiratório são de natureza inibitória, e a frequência respiratória diminui. Acredita-se que a função dessa resposta é modificar o retorno do sangue ao coração (Dukes, 1996).

Existem outros receptores relacionados a respiração localizados periféricamente que ajudam na modificação do ritmo básico. A estimulação dos receptores na pele, por exemplo, é excitatória para o centro respiratório, e uma respiração mais profunda do que o normal pode ser notada (Dukes, 1996).

A respiração é considerada anormal quando os ciclos respiratórios normais e padrões de frequência deixam de ocorrer. Os ciclos ocorrem as vezes em sucessão rápida e são seguidos por intervalos variáveis de apneia. Isto tem sido referido como sendo respirações agrupadas, comum em traumatismos cranianos e em animais anestesiados com pentobarbital (Dukes, 1996).

## VENTILAÇÃO E PERFUSÃO

A relação ventilação/perfusão ( $V/Q$ ) em um animal sadio deve ser igual a 1. A maior alteração ventilação/perfusão que ocorre durante a ventilação mecânica e na anestesia é o aparecimento de zonas pulmonares perfundidas e mal ventiladas, pois durante a anestesia a ventilação nas aéreas dependentes do pulmão diminui devido à redução da capacidade residual funcional (Machuca *et al.*, 2007).

Estudos verificaram que a redução da capacidade residual funcional é provavelmente devido a perda de tônus dos músculos inspiratórios e alterações na fisiologia torácica. As consequências são formação de atelectasias pulmonares,

diminuição da complacência e aumento da resistência das vias aéreas. Estas alterações refletem na oxigenação do pulmão por aumentar a proporção de zonas perfundidas e mal ventiladas (Machuca *et al.*, 2007).

Segundo Machuca *et al.* (2007), após a indução anestésica, tanto em paciente em ventilação espontânea quanto em ventilação mecânica e indistintamente, com todos os anestésicos inalatórios e endovenosos, com exceção da quetamina, há constrição de vias aéreas pequenas. Estudos sugerem que o aparecimento de atelectasias não só está relacionada com o efeito dos anestésicos quanto a utilização de frações inspirada de oxigênio elevadas e diminuição de surfactantes alveolares.

Segundo Schwarzkopf *et al.* (2001) a anestesia não parece influenciar na distribuição da perfusão pulmonar. Alguns anestésicos como halogênio e isoflurano reduzem o reflexo de vasoconstrição pulmonar o que contribui para a perfusão apesar de que há divergências para o isoflurano nesse aspecto. Já para o desflurano e sevoflurano, estudos têm demonstrado que eles não interferem no reflexo de vasoconstrição pulmonar.

A indução anestésica também produz redução da complacência pulmonar que é uma medida de distensibilidade dos pulmões e tórax e é determinada pela alteração de volume dividida pela alteração de pressão. Ela é o inverso da elasticidade ou retração elástica. Assim sendo, a complacência indica a facilidade com que algo pode ser distendido ou distorcido. Fatores que afetam a complacência são aquelas condições que destroem o tecido pulmonar, que causam fibrose, o tornam edematoso ou ainda que atrapalhem a expansão pulmonar (Alvarez & Mellado, 2000).

## **INDICAÇÕES E CONTRA INDICAÇÕES DA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

A ventilação mecânica é indicada para pacientes submetidos à anestesia geral, para permitir a manutenção da função respiratória durante a intervenção cirúrgica, e em muitos pacientes que requerem cuidados intensivos. Os requisitos para a ventilação mecânica diferem entre os pacientes anestesiados e os que necessitam de terapia intensiva. Nesta última situação, geralmente há necessidade de apoio em longo prazo, uso de gases umidificados além de maiores cuidados para não ocorrer risco de intoxicação por oxigênio (Dugdale, 2007).

No setor de terapia intensiva a ventilação pode se tornar obrigatória quando o parênquima pulmonar está muito comprometido, como por exemplo, na síndrome da angústia respiratória, ou em casos em que afetem a ventilação tais como lesões na coluna cervical que lesem o nervo frênico e, portanto com a inervação do diafragma e em casos de botulismo e tétano que a paralisia flácida e espástica respectivamente da musculatura (Dugdale, 2007).

Os objetivos fundamentais do suporte ventilatório podem ser divididos em fisiológicos e clínicos e, portanto as indicações para iniciar a ventilação mecânica incluem: manter ou modificar a troca gasosa pulmonar, normalizando a ventilação alveolar e mantendo os valores aceitáveis de oxigenação arterial ( $PaO_2 > 60\text{mmHg}$ ,  $SaO_2 > 90\%$ ,  $PaCO_2 < 60\text{mmHg}$ ), aumentar o volume pulmonar, visando prevenir ou tratar atelectasias, otimizar a capacidade residual funcional (CRF), e reduzir o trabalho muscular respiratório. Dentre as indicações clínicas destaca-se reverter hipoxemia e a acidose respiratória aguda, reduzir o desconforto respiratório, permitir sedação, no uso de bloqueadores

neuromusculares e anestesia (Dugdale, 2007).

Na anestesia, a ventilação mecânica é essencial quando há administração de hipnoanalgésicos, hipnóticos ou agentes anestésicos inalatórios em doses suficientemente elevadas, que interferem no controle central e normal da respiração (Dugdale, 2007). Da mesma forma, é imprescindível quando há indicação da administração de agentes bloqueadores neuromusculares para obter um relaxamento muscular que facilite o acesso cirúrgico. Outras indicações incluem o hiperadrenocorticismismo no qual os animais podem apresentar fraqueza muscular generalizada pela redução das bombas de sódio e potássio no músculo esquelético. Essa depressão respiratória pode ainda ser intensificada quando há hepatomegalia, acúmulo de gordura abdominal que se opõem aos movimentos respiratórios e aumentam a pressão diafragmática levando o animal a uma depressão respiratória (Leal, 2008).

A ventilação mecânica é contra indicada em casos de pacientes com edema pulmonar e lesões pulmonares graves devido ao risco de maior lesão pulmonar que pode variar entre uma mínima hemorragia alveolar até em ruptura de vias aéreas, pneumotórax de tensão e hipoxemia arterial sistêmica (Dugdale, 2007).

A utilização da ventilação mecânica deve ser instituída com cautela. Deve-se ponderar o uso dela em pacientes hipotensos ou naqueles em que a hipotensão pode causar risco à vida, porque o suporte ventilatório mecânico afeta negativamente a função cardiovascular, impedindo fisicamente o retorno venoso para o átrio direito e causando redução no volume de ejeção, débito cardíaco e pressão arterial. Pacientes com doenças cardíacas descompensados, como principalmente insuficiência cardíaca direita não toleram muito bem a ventilação

por pressão positiva intermitente, e por isso nesses casos recomenda-se cautela (Dugdale, 2007).

Sabe-se que durante a inflação dos pulmões sob pressão positiva, capilares pulmonares são comprimidos. Isto inicialmente incentiva o fluxo para o átrio esquerdo e assim o retorno venoso e o débito cardíaco são momentaneamente aumentados. No entanto, o aumento da pressão intratorácica, aumenta a resistência vascular da artéria pulmonar que combinado com a diminuição do retorno venoso ao átrio direito reduz o fluxo sanguíneo pulmonar e consequentemente reduz o retorno venoso para o átrio esquerdo (Dugdale, 2007). Estes efeitos hemodinâmicos do aumento da pressão intratorácica representam o resultado final da interação de diversos fatores, como volume intravascular, função cardiovascular e pressão capilar pulmonar (Troster e Krebs, 2012).

### **COMPLICAÇÕES DA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Apesar dos inúmeros benefícios, a utilização de ventilação mecânica pode acarretar complicações. A instituição do suporte ventilatório mecânico em qualquer paciente altera a mecânica pulmonar e a função respiratória, podendo, além de afetar outros órgãos, causar grande morbidade ou mortalidade (Almeida, 2002). Atualmente, reconhece-se que a assistência ventilatória mecânica pode desencadear três tipos de lesões; ou seja, a lesão direta no pulmão, a sobrecarga da musculatura ventilatória e a relacionada à intubação (Lima, 2003).

A lesão direta no pulmão é decorrente de altas pressões inspiratórias e grandes distensões alveolares. Exemplos desse tipo de lesão são o volutrauma e barotrauma (Lima, 2003). Segundo o Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica (2000b), o barotrauma refere-se à lesão pulmonar por excesso de pressão sobre os pulmões. Está associada a extravasamento

de ar alveolar, sendo responsável por enfisema intersticial, pneumomediastino, pneumotórax, pneumoperitônio e enfisema subcutâneo.

Segundo Lima (2003), quando a complacência pulmonar está diminuída como em casos de fibrose, doença pulmonar crônica ou até mesmo devido ao posicionamento do paciente, o risco de barotrauma é maior, pois quanto maior o volume inspirado ou quanto menor a complacência, maior será o aumento da pressão alveolar. O volutrauma é decorrente de lesões pulmonares associadas a repetidas distensões e pressurização do tórax, e inclui alterações da permeabilidade vascular, reações inflamatórias e dano alveolar difuso. De acordo com Hernandez *et al.* (1990) citado por Lima (2003), estudos indicam que uma distensão exagerada dos alvéolos pode produzir lesões endoteliais, epiteliais e da membrana basal, que estão associadas com aumento da permeabilidade microvascular e ruptura pulmonar.

A sobrecarga da musculatura ventilatória pela dessincronia da relação paciente-respirador pode ocorrer quando o suporte ventilatório é parcial. Ventiladores com gatilho de disparo ou fluxo inapropriado podem causar significativa imposição de carga e desconforto para o paciente, resultando em danos da musculatura pulmonar (Hoff, 2008). A sincronia paciente-ventilador tem relação direta com o trabalho ventilatório. Para melhor relaxamento e repouso da musculatura inspiratória, o ventilador deverá ciclar em sincronia com a atividade do próprio ritmo respiratório do paciente (Faustino, 2007).

Já as complicações relacionadas com o uso de tubos orotraqueais são decorrentes de lesões de hipofaringe, laringe e traqueia, que desencadeia algum grau de inflamação (Alvarez & Mellado, 2000). Segundo Arthur & Slutsky (1993) citado por Lima (2003), todos os pacientes humanos que necessitaram de intubação traqueal

apresentaram algum grau de inflamação na laringe após 32 horas de intubação. A lesão glótica está mais associada à intubação difícil ou de emergência, o edema de glote e as lesões erosivas leves das cordas vocais estão associadas a intubações prolongadas e a alta pressão do “cuff”, levando desde a diminuição de atividade do epitélio ciliado à isquemia, necrose e até fistulas traqueais (Heffner, 1990). Assim, de acordo com Alvarez & Mellado (2000), realizar a técnica de intubação de maneira precisa, escolher tubos orotraqueais adequados a cada paciente e inspecionar o estado do tubo antes da intubação minimizam os riscos de complicações.

Segundo o Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica (2000b), a permanência da necessidade de ventilação aumenta o risco de infecções, sendo as mais frequentes a sinusite, a traqueobronquite e a pneumonia. Outras complicações incluem diminuição do débito cardíaco, alcalose respiratória aguda, distensão gasosa gástrica e atelectasia. A presença de atelectasias é a complicação mais frequente observada no período pós-operatório imediato das cirurgias que envolvem o tórax ou nas videolaparoscopias, sendo também encontradas sempre que se utiliza oxigênio puro pois esse reduz a tensão alveolar contribuindo para o fechamento dos bronquíolos. Porém, sabe-se que a aplicação da pressão positiva ao final da expiração (PEEP) contribui para diminuição de atelectasia, assim como melhora das condições pós-operatórias.

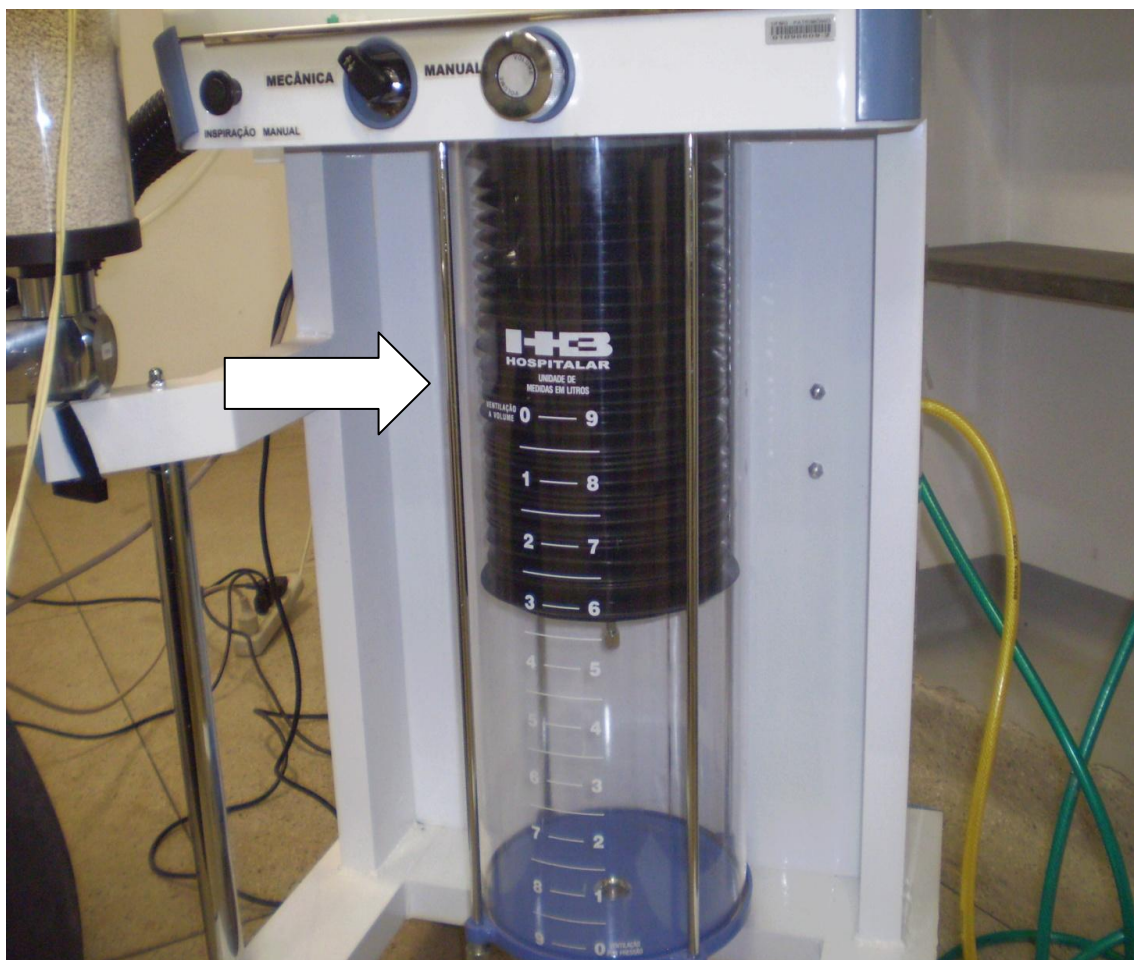
A diminuição do débito urinário, do clearance da creatinina e da excreção renal de sódio também tem sido observada com o uso de pressão positiva contínua nas vias aéreas. Estes efeitos se devem à diminuição do fluxo sanguíneo renal, alterações na perfusão renal e aumento dos níveis de hormônio antidiurético (Troster e Krebs, 2012).

Segundo Troster & Krebs (2012) estudos experimentais têm demonstrado diminuição do fluxo sanguíneo durante ventilação mecânica nas veias hepáticas, no sistema porta e nas veias mesentéricas. Além disso, diminuição da perfusão cerebral, devido ao aumento na pressão arterial média e pressão intracraniana com a utilização de pressão positiva contínua nas vias aéreas já foram relatadas (Troster e Krebs,2012).

### VENTILADORES MECÂNICOS

Os ventiladores e seus mecanismos de controle podem ser impulsionados

pneumaticamente, eletricamente ou por ambos os mecanismos. O fluxo de gás é derivado diretamente da fonte de gás pressurizado ou produzido pela força de um pistão. Os ventiladores geralmente conectados a um fole, que funciona como um reservatório de gases (Fig. 4). O fole pode ser classificado como ascendente ou descendente, dependendo do sentido do seu movimento na expiração. O fole ascendente é mais vantajoso para o paciente, uma vez que oferece menor resistência respiratória e permite detecção de vazamentos com maior facilidade (Muir, 2001).



**FIGURA 4.** Ilustração de um aparelho de ventilação mecânica do Hospital Veterinário da UFMG conectado a um fole ascendente (seta indicando fole)

Os ventiladores mais comuns são os que se podem controlar o volume corrente, frequência respiratória e relação inspiração/expiração (I/E) (Fig. 5). No entanto, há vários ventiladores que trabalham com pressão de insuflação, fluxo inspiratório, tempo inspiratório e/ou tempo expiratório

(Munechika, 1996). Na anestesiologia veterinária, a ventilação mecânica ou suporte ventilatório mecânico (SVM) é praticado basicamente pelo ajuste do volume corrente, da pressão inspiratória ou ainda, baseada na quantidade de dióxido de carbono no ar expirado (Junior *et al.*, 2009).



**FIGURA 5.** Ilustração de um aparelho de ventilação mecânica com ajustes de volume corrente, frequência respiratória e relação inspiração/expiração (I/E) do Hospital Veterinário da UFMG.

Atualmente, diferentes tipos de ventiladores mecânicos fazem parte do cotidiano dos setores hospitalares humanos, e a maior parte deles apresenta monitores nos quais se podem visualizar as curvas de volume, fluxo e pressão ao longo do tempo (Fig. 6). Porém, na medicina veterinária, esses aparelhos ainda são pouco utilizados na prática clínica, devido à falta de conhecimento do médico veterinário sobre o uso da assistência

ventilatória fora dos centros cirúrgicos e o alto custo dos ventiladores modernos (Batista, 2008). Segundo Munechika (1996), para se conhecer o mecanismo de funcionamento dos equipamentos de ventilação devem-se conhecer as fases de uma ventilação mecânica (ou ciclo ventilatório), assim como os modos e os tipos de ciclagem do aparelho.



**FIGURA 6.** Ilustração de um ventilador mecânico microprocessado com apresentação de curvas de volume, fluxo e pressão ao longo do tempo. Fonte: <<http://www.priom.com.br/infoProduto.php?p=61> >

## FASES DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

O ciclo ventilatório pode ser classificado como espontâneo ou mandatório. Quando o paciente inicia e encerra a fase inspiratória, o ciclo é espontâneo. Se o ventilador determina pelo menos uma das referidas etapas, o ciclo será mandatório. Sendo assim, um ventilador deve ser capaz de

inflar os pulmões do paciente (fase inspiratória) e permitir o esvaziamento dos pulmões (fase expiratória) (Carvalho, 2000).

Independentemente de ser espontâneo ou mandatório, o ciclo ventilatório compõe-se de quatro fases distintas, ou seja, a fase inspiratória, mudança da fase inspiratória para a fase expiratória também chamada de

pausa inspiratória, fase expiratória e mudança da fase expiratória para a inspiratória ou pausa expiratória (Carvalho, 2000).

Na fase inspiratória, o ventilador insufla os pulmões do paciente, vencendo as propriedades elásticas e resistivas do sistema respiratório. A maneira como tem início a fase inspiratória depende do modo de ventilação mecânica escolhido. Na segunda fase (mudança da fase inspiratória para a fase expiratória), também chamada de ciclagem do ventilador, o aparelho interrompe a fase inspiratória e dá início a fase expiratória (Carvalho *et al.*, 2007).

A fase expiratória ocorre quando o ventilador permite o esvaziamento dos pulmões. Esta fase é o momento seguinte ao fechamento da válvula inspiratória e abertura da válvula expiratória, permitindo que a pressão do sistema respiratório equilibre-se com a pressão expiratória final determinada no ventilador (Carvalho *et al.*, 2007). Nesta fase, o ventilador pode permitir o esvaziamento total dos pulmões, promovendo a chamada ventilação com pressão positiva intermitente (RPPI ou VPPI); ou pode permitir apenas o esvaziamento parcial dos pulmões, mantendo uma pressão positiva residual no final da fase expiratória do indivíduo, denominado pressão positiva expiratória final (PEEP) (Carareto, 2007).

A mudança da fase expiratória para a fase inspiratória é a fase em que o ventilador termina a expiração e permite o início da fase inspiratória do novo ciclo, abrindo a válvula inspiratória. Este processo é chamado de disparo do ventilador, e pode ser a tempo, a pressão ou a fluxo (Carvalho *et al.*, 2007). No disparo a tempo o início da inspiração é determinado pelo critério de tempo, por meio do ajuste da frequência respiratória. O disparo a tempo frequentemente é denominado ventilação controlada, e é necessário que o paciente

esteja sedado. No disparo a pressão, a inspiração é iniciada por um critério de pressão, estipulado a partir do comando sensibilidade. Quanto maior a sensibilidade do ventilador, menor o esforço que o paciente precisa fazer para abrir a válvula inspiratória e iniciar novo ciclo (Carvalho *et al.*, 2007). O disparo a fluxo envolve o uso de um fluxo inspiratório basal contínuo. Sendo que quando a diferença entre o fluxo inspiratório e o fluxo expiratório alcançar um determinado limite de sensibilidade, abre-se a válvula inspiratória e um novo ciclo ventilatório começará. O fluxo geralmente é medido diretamente pelo ventilador ou monitor multiparamétrico, por meio de sensores de pressão diferencial chamados de tubo pitot que estão posicionados entre a cânula endotraqueal e o “Y” do circuito do ventilador. O fluxo inicia-se, nos modos controlados, depois de determinado intervalo de tempo (depende da frequência respiratória ou da relação inspiração: expiração - I/E) ou por meio de um limite de sensibilidade (trigger ou disparo) pré-estabelecido (Carvalho *et al.*, 2007; Hoff, 2008).

Para que o ciclo ventilatório mecânico ocorra com segurança, uma série de parâmetros devem ser ajustados:

**Volume Corrente (VC):** corresponde ao volume de gás movimentado durante uma respiração. Ele contém o ar alveolar (VA) e o ar do espaço morto (VD), ou seja:  $VC=VA+VD$  (Levitzky, 2004). Segundo Muir (2001), para a ventilação a pressão positiva intermitente em animais de peso inferior a 180 kg o VC pode ser até 15 mL/kg, já para animais de peso maior que 180 kg, o VC é até 16 mL/kg.

**Volume de Reserva Expiratório (VRE):** é todo o ar que se consegue expirar forçadamente após uma expiração normal. O ar que não se consegue expirar é denominado de volume residual (VR). A soma do VRE e do VR é a capacidade

residual funcional e representa na prática clínica o ponto de repouso da caixa torácica (Levitzky, 2004).

*Frequência Respiratória (f)*: número de incursões respiratórias que o paciente apresenta por minuto (Pádua & Martinez, 2001). Os valores de referência de  $f$  para animais anestesiados são de 6 a 10, 8 a 14, 10 a 14 incursões por minuto (ipm) em equinos e bovinos, cães e felinos, respectivamente (Hartsfield, 2007).

*Volume Minuto ( $V_E$ )*: volume total de gás trocado durante um minuto. É calculado pela fórmula  $V_E = f \times VC$  e portanto depende da  $f$  e do VC estabelecidos no ventilador (Robinson, 1991).

*Tempo Inspiratório (TI)*: tempo que leva para a inspiração se completar. Geralmente, gira em torno de um terço do ciclo respiratório (Pádua & Martinez, 2001). Geralmente, menos de 1,5 segundo em pequenos animais e entre 1,5 a 3 segundos em grandes animais (Muir, 2001).

*Tempo Expiratório (TE)*: tempo gasto para a expiração se completar (Pádua & Martinez, 2001). Geralmente, gira em torno de dois terços do ciclo respiratório (Muir, 2001).

*Tempo Total (TTot)*: tempo de duração de um ciclo respiratório completo. De acordo com Muir (2001) segue a fórmula  $TTot = TI + TE$ .

*Relação tempo inspiratório – tempo expiratório (TI:TE)*: a relação TI:TE recomendada é de 1:2, podendo ser ajustada dependendo da frequência respiratória e do fluxo inspiratório utilizados (Pádua & Martinez, 2001). Segundo Muir (2001), em pequenos animais essa relação é entre 1:2 a 1:4,5. Já para grandes animais 1:1 a 1:4,5. Essa variação está relacionada a alterações cardiovasculares, ou seja, para produzir mínimas alterações cardiovasculares, a fase inspiratória deve ser mais curta que a

expiratória. A razão 1:2 (20mpm) ou 1:3 (15mpm) são os valores que permitem melhor tempo para enchimento cardíaco. Se aumentarmos o tempo inspiratório, teremos também aumento do tempo para trocas gasosas no alvéolo mas também haverá aumento da pressão nas vias aéreas e consequentemente aumento da pressão intratorácica, diminuição do débito cardíaco e resistência vascular (Cavalcanti, 2010).

*Fluxo inspiratório (VI)*: volume de gás que passa pela via de saída inspiratória do ventilador, na unidade de tempo. Corresponde à velocidade com que o gás entra no paciente, expressa em litros por minuto (Pádua & Martinez, 2001).

*Pico de Pressão Inspiratória (PIP)*: é a pressão total necessária para expandir os pulmões, a caixa torácica e o circuito ventilador/paciente, para um dado volume em um determinado período de tempo (Gonçalves, 2000). Valores excessivos, geralmente além de 50 cm de água, podem cursar com barotraumas ou volutrauma associados à ventilação mecânica, tais como pneumotórax e pneumomediastino (Pádua & Martinez, 2001). É um dos parâmetros mais importantes de serem monitorados durante a ventilação mecânica (Vieira *et al.*, 2000). O PIP varia em função de variáveis inerentes tanto ao paciente quanto ao ventilador, dentre eles a complacência e a resistência das vias aéreas. Em condições normais de mecânica respiratória recomenda-se empregar, para pequenos animais, pressões de 15 a 20 cm H<sub>2</sub>O, para grandes animais, de 20 a 30 cm H<sub>2</sub>O (Hartsfield, 2007).

*Pressão inspiratória de plateau*: A pressão das vias aéreas medida ao final de uma pausa inspiratória. (Carareto, 2007). Admite-se que seja o parâmetro que melhor reflita as pressões alveolares no momento do término da insuflação pulmonar. Valores muito altos de pressão de *plateau*, geralmente, além de 35 cm H<sub>2</sub>O, associam-se a lesão parenquimatosa pulmonar, induzida pela

ventilação mecânica. O ideal é valores de 15 a 20 cm de H<sub>2</sub>O para espécies de porte pequeno e de 20 a 30cm de H<sub>2</sub>O para animais de grande porte (Muir, 2001).

**Pressão Expiratória (PE):** corresponde à pressão observada nas vias aéreas, ao final da expiração. Habitualmente, ela cai à zero, denominada, então, pressão expiratória, mas podem ser feitos ajustes nos ventiladores para que ela atinja valores positivos (PEEP) (Muir, 2001).

**Pressão Expiratória Positiva Final (PEEP):** aplicação, nas vias aéreas, de uma pressão positiva, constante, ao final da expiração. Sua aplicação tem por finalidade reduzir os distúrbios das trocas gasosas, permitindo aos pacientes a administração de uma menor fração inspirada de oxigênio. Admite-se que seus efeitos terapêuticos se devam à abertura de pequenas vias aéreas e espaços alveolares colabados, ou, ainda, às suas repercussões hemodinâmicas (Fortis, 2004). Alguns autores advogam que, mesmo quando ventilando pulmões normais, deva-se aplicar

um nível baixo de PEEP, o chamado “PEEP fisiológico” (3-5 cm H<sub>2</sub>O) (Krismer *et al.*, 2005). Quando ventilando pulmões com baixa complacência, ou seja, pulmões fibrosados ou atelectásicos, valores elevados de PEEP podem ser necessários (5-20 cm H<sub>2</sub>O) (Carareto, 2007). Segundo Marini (1989), pode-se também observar uma persistência de uma pressão alveolar positiva ao final da expiração, não intencional, devido à presença de um volume pulmonar expiratório final maior do que a capacidade residual funcional (CRF) prevista, a qual é denominada de auto-PEEP ou PEEP intrínseca. A auto PEEP ocorre em pacientes submetidos à VM, em consequência do aparelho de ventilação iniciar uma fase inspiratória com pressão positiva, antes que o tempo expiratório tenha sido suficiente para exalação completa do volume inspirado anteriormente. O resultado dela é um aumento progressivo do volume pulmonar e da pressão pleural a cada respiração, podendo inclusive, hiperdistender os alvéolos predispondo ao barotrauma (Ferreira *et al.*, 1998).

**TABELA 1-** Resumo dos principais parâmetros ventilatórios. Adaptado de Levitzky (2004), Muir (2001), Pádua & Martinez (2001), Hartsfield (2007), Robinson (1991), Cavalcanti, (2010), Gonçalves (2000), Vieira *et al.*(2000), Fortis (2004), Krismer *et al.*(2005) e Carareto (2007).

| <b>ESPÉCIE</b> | <b>VC(ml/Kg)</b> | <b>f(mpm)</b> | <b>VE</b>       | <b>I:E</b>         | <b>PIP<br/>(cmH<sub>2</sub>O)</b> | <b>Pplatô<br/>(cmH<sub>2</sub>O)</b> | <b>PEEP<br/>(cmH<sub>2</sub>O)</b> |
|----------------|------------------|---------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| <b>CÃES</b>    | <b>10 – 15</b>   | <b>8 - 12</b> | <b>80 – 180</b> | <b>1:2 ou 1:3</b>  | <b>15 – 20</b>                    | <b>15 – 20</b>                       | <b>5 – 10</b>                      |
| <b>GATOS</b>   | <b>10-15</b>     | <b>10-14</b>  | <b>100-210</b>  | <b>1:2 ou 1:3</b>  | <b>15 – 20</b>                    | <b>15 – 20</b>                       | <b>5-10</b>                        |
| <b>BOVINOS</b> | <b>16</b>        | <b>6-10</b>   | <b>96-160</b>   | <b>1:1 a 1:4,5</b> | <b>20 – 30</b>                    | <b>20 – 30</b>                       | <b>5- 20</b>                       |
| <b>EQUINOS</b> | <b>16</b>        | <b>6-10</b>   | <b>96-160</b>   | <b>1:1 a 1:4,5</b> | <b>20 – 30</b>                    | <b>20 – 30</b>                       | <b>5-20</b>                        |

### **MODOS DOS CICLOS VENTILATÓRIOS**

A modalidade ventilatória é definida pela programação dos ciclos do ventilador, e determina como será o funcionamento dele a partir da expiração até a inspiração (Batista, 2008). Há atualmente diversos tipos

de modalidades ventilatórias, mas convencionalmente há quatro tipos de modo de funcionamento dos ventiladores: o espontâneo, o assistido (AMV), o controlado (CMV) e os modos combinados subdivididos em assistido controlado (ACMV) e mandatório intermitente

obrigatório sincronizado (SIMV) ou não (Batista, 2008).

No modo espontâneo, a pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) é mantida durante todo o ciclo respiratório do paciente. Neste tipo de ventilação, a frequência respiratória e o volume corrente são totalmente dependentes do paciente. O CPAP mantém os alvéolos abertos durante todo o ciclo respiratório, como medida de controle da hipoxemia arterial. Assim, neste modo de ventilação o paciente respira espontaneamente em níveis pressóricos maiores. O CPAP é indicado para aumentar a capacidade residual funcional (CRF) (Hoff, 2008).

No modo assistido, o aparelho determina o início da inspiração por um critério de pressão ou fluxo pré-determinados, mas o ciclo só é iniciado com o esforço do paciente. Este modo é pouco utilizado em anestesia, pois tende a produzir hiperventilação (Alvarez *et al.*, 2001).

No modo controlado, não há participação do paciente, o aparelho determina todas as fases da ventilação. Este é o tipo de ventilação mais utilizado na anestesia, no qual o ventilador determina o início da inspiração por um critério de tempo, estipulado por meio da frequência respiratória (Carvalho *et al.*, 2007). De acordo com Rappaport *et al.* (1994) e Batista (2008), este modo de ventilação é indicado sempre que o animal apresentar capacidade de ventilação insuficiente (que pode ser diagnosticada quando valores da pressão parcial de oxigênio (PaO<sub>2</sub>) forem menores que 60 mmHg, saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) menores que 90% e pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>) maiores que 60 mmHg), pois melhora a oxigenação, gera volume corrente adequado e previne lesão no tecido pulmonar.

O modo assistido-controlado permite um mecanismo duplo de disparo fornecendo

maior segurança para o paciente, pois o ciclo controlado entra sempre que o paciente não disparar o ciclo assistido. Assim, há um mecanismo deflagrado a tempo (determinado pelo aparelho) e um mecanismo deflagrado a pressão, que depende do esforço inspiratório do paciente. A fase inspiratória pode ser iniciada tanto pelo paciente como pelo ventilador, sendo que, geralmente, o ventilador libera o mesmo volume corrente, independente da demanda ventilatória do paciente. Em alguns equipamentos, a única diferença entre a ventilação assisto-controlada e a ventilação mecânica controlada é o ajuste da sensibilidade inspiratória (Hoff, 2008). Ex: Desmame

No modo intermitente obrigatório, há uma combinação de ventilação controlada e/ou assistida, intercalada com ventilações espontâneas do paciente. Neste tipo de ventilação, a frequência respiratória e o volume corrente são totalmente dependentes do paciente. Quando o ventilador permite que o disparo dos ciclos mandatórios ocorra em sincronia com pressão negativa ou fluxo positivo realizado pelo paciente, este modo é chamado de ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV). Entretanto, este modo ainda tem sido pesquisado em pequenos animais, provavelmente devido ao número restrito de equipamentos modernos de ventilação artificial nos hospitais veterinários (Goldwasser, 2000).

#### VENTILAÇÃO MECÂNICA MODO CONTROLADO

Atualmente este modo está sendo cada vez mais utilizado nas anestésias veterinárias, devido ao fato de prevenir alterações de ventilação - perfusão que acontecem durante a anestesia (Machuca *et al.*, 2007). Além disso, segundo Turkey *et al.* (2005), a ventilação mecânica controlada a pressão (VCP) apresenta algumas vantagens em

relação a outros modos de ventilação, como menor incidência de barotrauma e, por consequência, menor ocorrência de lesão no parênquima pulmonar. Também observa-se distribuição mais homogênea do volume corrente, respeitando as complacências regionais, uma vez que aumentos nos valores de pressão durante a inspiração não são possíveis. Esta modalidade promove ainda maior estabilidade hemodinâmica e maior conforto ao paciente, devido à diminuição do esforço inspiratório (Castellana *et al.*, 2003). Em cães saudáveis, Carareto (2007) descreveu que a VCP foi eficiente na manutenção da estabilidade respiratória e cardiovascular. Adicionalmente, em pacientes com função cardíaca comprometida e débito cardíaco baixo, Auler *et al.* (1995) relataram que a VCP é menos deletéria sobre a hemodinâmica quando comparada à ventilação controlada por volume (VCV), por manter maiores valores de índice cardíaco, diminuição da resistência vascular periférica (RVP) e das pressões inspiratórias. Em outro estudo, comparando esses dois modos de ventilação no homem com síndrome da angústia respiratória aguda, foi observada menor redução no débito cardíaco no grupo da VCP. Tal fato foi relatado como resultado de uma melhora da pós-carga do ventrículo direito, devido a um melhor recrutamento alveolar, redução da resistência vascular pulmonar e diminuição da pressão intratorácica, que facilitou uma melhor pré-carga de ambos os ventrículos (Abraham & Yoshihara, 1990). Ainda, em cães com pneumoperitônio, a VCP determinou maior estabilidade dos valores da tensão de dióxido de carbono ao final da expiração (ETCO<sub>2</sub>) e da pressão parcial de CO<sub>2</sub> (PaCO<sub>2</sub>), bem como menor variação nos valores do pH do sangue arterial, quando comparada a VCV (Carareto *et al.*, 2007).

Entretanto, a principal desvantagem deste modo ventilatório, é que o volume corrente não é fixo, ele varia de acordo com a

complacência pulmonar e torácica, com a taxa respiratória determinada e com a pressão basal na via aérea (Emmerich & Maia, 1992). Além disso, em pacientes internados nas unidades de terapia intensiva, esse modo ventilatório não é o mais indicado. De acordo com Tobin & Alex (1994), esses modos diminuíram as respirações espontâneas, podendo assim, ocorrer atrofia dos músculos respiratórios, preferindo-se modalidades assistidas, as quais são desencadeadas pelo esforço respiratório dos pacientes.

### **TIPOS DE CICLAGEM DO VENTILADOR**

A ciclagem do ventilador determina a mudança da fase inspiratória para a expiratória. Ela pode ocorrer de acordo com volume, pressão, tempo, ou fluxo (Carvalho, 2000).

Na ciclagem por ajuste do volume, o gás ou uma mistura de gases são fornecidos em um volume pré-estabelecido pelo aparelho de ventilação assistida. Neste caso, o volume é ajustável e será liberado independente da pressão desenvolvida. A inspiração termina quando é atingido um volume corrente já determinado. Este tipo possui as vantagens de fornecer ou liberar um volume respiratório conhecido. A maioria dos ventiladores ciclados a volume é equipada com uma válvula de segurança para evitar o desenvolvimento de pressões extremamente elevadas. É importante ajustar um limite máximo de pressão. Como desvantagem pode observar o desenvolvimento de pressões elevadas nas vias aéreas. Além disso, ventiladores de volume não compensam pequenos vazamentos no sistema. Sua eliminação exige um sistema hermético e quando o vazamento é grande, o paciente não receberá um volume respiratório adequado. Porém há aparelhos de volume com pistão ou fole que fornecem um volume pré-ajustado e equipados com

um dispositivo capaz de selecionar uma pressão máxima (Carvalho *et al.*, 2007).

Na ciclagem por ajuste de pressão, o gás ou uma mistura de gases são fornecidos por um equipamento de ventilação assistida durante a fase inspiratória, até que o sistema alcance uma pressão pré-estabelecida. Então a inspiração cessa quando essa pressão é alcançada. Os volumes oferecidos irão variar de acordo com as mudanças da mecânica respiratória, não havendo garantia de manutenção de volume minuto adequado. Este tipo possui como vantagens a não ocorrência de pressões elevadas, a menos que sejam pré-estabelecidas pelo operador. Nesse caso, o equipamento consegue compensar pequenas perdas, porém perdas prolongadas aumentam o tempo inspiratório. Como desvantagem observa-se que o volume fornecido é variável e depende da complacência pulmonar, da resistência das vias aéreas, do número de alvéolos funcionais e da pressão no intratorácica. Pode ser necessário elevar a pressão durante um procedimento para manter um volume respiratório adequado (Carvalho *et al.*, 2007).

Na ciclagem por ajuste de tempo, a transição inspiração/expiração ocorre de acordo com um tempo inspiratório pré-determinado, não importando as características elástico-resistivas do sistema respiratório do paciente. Neste tipo de ajuste o volume fornecido é liberado mediante a combinação de ajustes na relação I:E, frequência respiratória e velocidade de fluxo inspiratório. A maioria dos ventiladores de anestesia é deste tipo. A inspiração termina após um tempo inspiratório pré-determinado (Carvalho, 2000).

Na ciclagem por ajuste de fluxo, a inspiração termina quando o fluxo inspiratório diminui a um percentual pré-determinado do seu valor de pico, ou quando determinado fluxo é alcançado. Neste tipo de ciclagem, o paciente exerce total controle

sobre o tempo e fluxo inspiratórios e sobre o volume corrente. A ventilação por pressão de suporte é um exemplo. Neste caso, uma pressão predeterminada em via aérea é aplicada ao paciente, o ventilador cicla assim que o fluxo inspiratório diminui e alcança um percentual predeterminado de seu valor de pico (normalmente 25%) (Carvalho *et al.*, 2007).

### **DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

O processo de transição da ventilação mecânica para a ventilação espontânea chama-se desmame. Isto se realiza diminuindo a profundidade anestésica do animal por meio da redução da concentração de anestésico inalatório oferecido, ou da eliminação do anestésico injetável. Ainda pode ocorrer por meios de uma hipoventilação, associando algumas respirações manuais ricas em oxigênio (Alvarez *et al.*, 2001).

Segundo Alvarez *et al.* (2001), uma frequência respiratória de 5mpm aproximadamente permite que níveis de CO<sub>2</sub> sejam aumentados e atuem como estimulante respiratório, dando início a respiração espontânea.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apesar da ventilação mecânica em anestesia de pequenos estar intimamente vinculada aos recursos tecnológicos dos centros cirúrgicos, essa tecnologia encontra-se cada vez mais disponível. Hoje, com a disposição de uma monitorização mais refinada pode-se obter mudanças na mecânica respiratória junto ao paciente, sendo possível intervir de forma mais precoce nos volumes e pressões utilizadas antes de haver alterações das trocas gasosas.

O suporte ventilatório dever ser utilizado para normalizar as trocas gasosas, reverter à acidose metabólica e diminuir o esforço

respiratório do paciente. Entretanto, deve-se conhecer as indicações clínicas e contra indicações de uso, a fim de não agravar o estado do paciente.

Atualmente diversos trabalhos têm sido realizados abordando o uso da ventilação pulmonar mecânica e sua importância na anestesiologia veterinária. Mas ainda outros estudos devem ser conduzidos, a fim de se compreender qual seria a melhor modalidade ventilatória que poderia ser empregada nos cães.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, E & YOSHIHARA, G. Cardiorespiratory effects of pressure controlled ventilation in severe respiratory failure. *Chest*, v. 98, n. 6, p. 1445-1449, 1989. Disponível em: <<http://chestjournal.chestpubs.org/content/96/6/1356>>.

ACOSTA, B., DiBENEDETTO, R., RAHIMI, A *et al.* Hemodynamic effects of noninvasive bilevel positive airway pressure on patients with chronic congestive heart failure with systolic dysfunction. *Chest*, v. 118, p. 1004-1009, 2000.

AJNHORN, F. *Comparação entre dois modos ventilatórios em anestesia pediátrica: ventilação controlada a volume versus ventilação controlada a pressão.* 2006. 102p. Dissertação (Mestrado em Pediatria) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ALMEIDA, V. *Efeitos determinados pelo pneumoperitônio sobre a hemodinâmica e função renais de cães ventilados com volume e pressão controlados.* 2002. 106p. Dissertação (Mestrado em Medicina) - Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP, Botucatu.

ALVAREZ, I., TENDILLO, F., BURZACO, O. La ventilación artificial em el perro y el gato. *Consulta de difusión veterinária*, v.9, n.77, p.85-95, 2001.

ALVAREZ, F. L., MELLADO, E. B. Accidentes y complicaciones em anestesia de pequenos animales. *Anales de veterinária*, Murcia, v. 16, p. 89-100, 2000. Disponível em: <<http://revistas.um.es/analesvet/article/view/16211/15631>>. Acesso em: 18 de novembro de 2011.

ARTHUR, S & SLUTSKY, M. D. Mechanical ventilation. *Chest*, n.104, p.1833-1859, 1993.

AULER, J., CARMONA, M. J., SILVA, A. M. *et al.* Haemodynamic effects of pressure-controlled ventilation versus volume-controlled ventilation in patients submitted to cardiac surgery. *Clinical Intensive Care*, v.6, n.3, p.100-106, 1995.

BATISTA, P. A. C. *Efeitos da ventilação espontânea e ventilação mandatória intermitente sincronizada em cães anestesiados com infusão contínua de propofol.* 2008. 149p. Dissertação (Mestrado em cirurgia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

BORGES, P. A. *Avaliação de diferentes frações inspiradas de oxigênio em cães anestesiados com infusão contínua de propofol e rocurônio, mantidos em ventilação controlada a pressão.* 2008. 162p. Dissertação (Mestrado em Cirurgia Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal.

CABRAL, A & CARVALHO, R. *Fisiopatologia da respiração controlada: fundamento das aplicações clínicas do pulmo-ventilador*, 1964.

- CARARETO, R. *Ventilação controlada a volume ou a pressão em cães anestesiados com infusão contínua de propofol e sufentanil mantidos em cefalodeclive e submetidos a diferentes pressões positivas expiratórias finais*. 2007. 207p. Tese (Doutorado em Cirurgia Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- UNESP, Jaboticabal.
- CARVALHO, C. *Ventilação mecânica: básico*. São Paulo: Atheneu, 2000. 459.
- CARVALHO, C., JUNIOR, T., FRANCA, A. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 33, n. 2, p. 54-70, 2007.
- CARVALHO, B & TERZI, G. Histórico da Ventilação Mecânica. In: CARVALHO, C. *Ventilação Mecânica: básico*. São Paulo: Atheneu, 2000, v. 1, cap. 1, p. 1- 31.
- CASTELLANA, B., MALBOUISSON, L. M., CARMONA, M. J. *et al.* Comparação entre ventilação controlada a volume e a pressão no tratamento da hipoxemia no período pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, v. 53, p. 440-448, 2003.
- CAVALCANTI, R. L. Efeitos cardiorespiratórios da insuflação torácica associada à pressão positiva expiratória final na toracoscopia experimental de suínos. 2010. 179p. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Porto Alegre.
- CONSENSO BRASILEIRO DE VENTILAÇÃO MECÂNICA, 2, 2000b. *Ventilação mecânica intra e pós-operatória*. *Jornal de pneumologia*: 2000, 26.
- CUNNINGHAM, J. *Tratado de Fisiologia Veterinária*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 579.
- DAVID, C. *Ventilação mecânica: da fisiologia a prática clínica*. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. 600.
- DELAFORCCADE, A & ROZANSKI, E. Ventilação mecânica. In: MURTAUGH, J. *Tratamento intensivo em medicina veterinária*. São Paulo: Roca, 2006, p. 50-20.
- DRINKER, P. O pulmão de aço. 1894/1972. 1 foto. Autor desconhecido. Disponível em: <<http://www.medicinaintensiva.com.br/phili pdrinker.htm> >. Acesso em: 02 outubro de 2011.
- DRAGOSAVAC, D & TERZI, R. G. Interação cardiopulmonar durante a Ventilação Mecânica. In: CARVALHO, C. *Ventilação mecânica: básico*. São Paulo: Atheneu, 2000, v. 1, p. 253-69.
- DRINKER, P., SHAW, L., CARVALHO, C. An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: A design for adults and children. *The Journal of Clinical Investigation*, v.7, p. 229-247, 1929.
- DUGDALE, A. The ins and outs of ventilation: Basic principles. *In practice*, n. 29, p.186-193, 2007.
- DUKES, H. H. *Fisiologia dos animais domésticos*. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856.
- EMMERICH, C & MAIA, J. Ventilação mandatória intermitente (VMI). In: EMMERICH, C. J & MAIA, J. A. *Ventilação pulmonar artificial*. São Paulo: Atheneu, 1992, p. 77- 81.

FAUSTINO, E. Mecânica Pulmonar de Pacientes em Suporte Ventilatório na Unidade de Terapia Intensiva: conceitos e Monitorização. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v.19, n.2, p. 161-169, 2007.

FERREIRA, A., BENJAMIN, I., WERTHER, B *et al.* Importância da auto-PEEP sobre a mecânica respiratória e gases arteriais em pacientes submetidos a ventilação pulmonar mecânica. *Jornal de Pediatria*, v.74, n. 4, p. 275-283, 1998.

FERREIRA, E. L. *Sistema de aquecimento e umidificação de ar para ventilação mecânica de pacientes de unidade de terapia intensiva*. 2006. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FORTIS, E. *Influência do modo ventilatório no desempenho funcional dos enxertos pulmonares pós transplante em modelo canino: ventilação controlada a volume versus ventilação controlada a pressão*. 2004. 144 p. Tese (Doutorado em Medicina)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GONÇALVES, J. Indicações para a ventilação mecânica. In: CARVALHO, C. *Ventilação Mecânica – Básico*. São Paulo: Atheneu, 2000, 57-68.

GOLDWASSER, R. Desmame da ventilação mecânica. In: CARVALHO, C. *Ventilação mecânica: básico*. São Paulo: Atheneu, 2000.

GYUTON, A. C.; HALL, J. E. Princípios das trocas gasosas; difusão do oxigênio e do dióxido de carbono através da membrana alveolar. In: GYUTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1997a, p. 453-464.

HEFFNER, J. Airway management in the critically ill patient. *Critical Care Clinics*, n.6, p.533-550, 1990.

HERNANDEZ, L., COKER, P., MAY, S *et al.* Mechanical ventilation increases microvascular permeability in oleic acid-injured lungs. *Journal of applied Physiological*, n. 69, p. 2057- 61, 1990.

HOFF, F. *Dois modos de ciclagem em pressão de suporte: estudo da mecânica respiratória, conforto ventilatório e padrões de assincronia*. 2008. 84p. Dissertação (Mestrado em Medicina) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

JUNIOR, J., JUNIOR, F., FERNANDES, R *et al.* Influência da medicação pré anestésica no volume corrente de caprinos submetidos a ventilação controlada. *Pesquisa em foco*, v.17, n.2, p.14 – 25, 2009.

KRISMER, A., WENZEL, M., LINDNER, *et al.* Influence of positive end-expiratory pressure ventilation on survival during severe hemorrhagic shock. *Annals of Emergence Medical*, v.4, p.337-342, 2005.

LEAL, R. A. O. *Abordagem ao diagnóstico do hiperadrenocorticismismo canino: A importância dos testes funcionais- Estudo retrospectivo de 8 casos clínicos*. 2008. 181p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

LEVITZKY, M. Ventilação alveolar. In: LEVITZKY, M. G. *Fisiologia Pulmonar*. 6.ed. São Paulo: Manole, 2004, 54-83.

LIMA, A. E. *Avaliação clínica e laboratorial de lactentes submetidos à ventilação pulmonar mecânica invasiva na unidade de terapia intensiva*. 2003. 110p. Dissertação (Mestrado em Pediatria) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- LLORENS, J., BELDA, F., MARTÍ, F. Mecânica del aparato respiratorio. In: BELDA, F. J & LLOREIS, J. *Ventilación mecânica em anestesia y cuidados críticos* Madrid: Arán.1998, p. 27-48.
- MACHUCA, M., PÉREZ, J., GALÁN, A *et al.* Mecânica ventilatoria e intercambio de gases durante la anestesia en veterinária. *Revista Electrónica de Clínica Veterinaria*, v. 2, n.12, p.1-17, 2007. Disponível em: < <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet/n121207.html> >. Acessado em: 11 de novembro de 2011.
- MARINI, J. Should PEEP be used in airflow obstruction? *America Review of Respiratory Disease*, n.140, p. 1-3, 1989.
- MEIRA, D. *Contribuição a Historia da Anestesia no Brasil – Crônicas*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1968. 94.
- MUIR, W., HUBBED, A., SKARDA, R. *Manual de anestesia veterinária*. 3.ed. São Paulo: Artmed, 2001, 432.
- MUNECHIKA, M. Ventiladores de pressão positiva: classificação e funcionamento. *Revista Brasileira de anesthesiologia*, v.46, n.3, p.175-186, 1996.
- PÁDUA, A. & MARTINEZ, J. Modos de Assistência Ventilatória. *Medicina*, v. 34, 133-142, 2001.
- POMPÍLIO, C. & CARVALHO, C. Ventilação mecânica: definição e classificação. In: CARVALHO, C. *Ventilação Mecânica: básico*. São Paulo: Atheneu, 2000, cap.1, p. 125-133.
- RAMÍREZ, J. B. Respiratory function monitoring: curves of pressure, volume and flow. *Anales de Pediatría*, Barcelona, v. 59, f. 3, p. 264-77, 2003.
- RAPPAPORT, S. *et al.* Randomized, prospective trial of pressure-limited versus volume-controlled ventilation in severe respiratory failure. *Critical Care Medicine*, n. 22, p. 22-32, 1994.
- ROBINSON, N. The respiratory system. In: MUIR, W. & HUBBELL, J. *Equine anesthesia: monitoring and therapy*. EUA : Mosby, 1991. p.7-38.
- SCWARZKOPF, K., SCHREIBER, T., BAUER, R *et al.* The effects on increasing concentrations of isoflurane and desflurane on pulmonary perfusion and systemic oxygenation during one-lung ventilation in pigs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 93, n. 6, p. 1434-1438, 2001.
- SLUTSKY, A. Mechanical ventilation. *American College of Chest physicians* , n.104, p.1833-1859, 1993.
- TOBIN, M & ALEX, C. Discontinuation of mechanical ventilation. In: TOBIN, M. *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw-Hill, p.177-206, 1994.
- TROSTER E. J & KREBS V. L. J. Complicações da ventilação mecânica. *Revista Brasileira de medicina*, São Paulo, 2012. Disponível em : < [http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id\\_materia=227](http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?fase=r003&id_materia=227) >. Acesso em 12 de novembro de 2011.
- TURKY, M., YOUNG, M., WAGERS M. *et al.* Peak pressure during manual ventilation. *Respiratory Care*, v.50, n.3, p.340-344, 2005.
- VIEIRA, R., PLOTNIK, R., FIALKOW, L. Monitorização da mecânica respiratória durante a ventilação mecânica. In: CARVALHO, C. *Ventilação Mecânica Básico*. São Paulo: Atheneu, 2000, cap. 9, 215–247.