

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

MARIANA MAVALLI

**ANÁLISE DA CONCORDÂNCIA DOS VALORES DE PRESSÃO ARTERIAL DE
EQUINOS EM ESTAÇÃO PELOS MÉTODOS INVASIVO E DOPPLER EM CAUDA
RESULTADOS PRELIMINARES**

UBERLÂNDIA

2025

MARIANA MAVALLI

**ANÁLISE DA CONCORDÂNCIA DOS VALORES DE PRESSÃO ARTERIAL DE
EQUINOS EM ESTAÇÃO PELOS MÉTODOS INVASIVO E DOPPLER EM CAUDA
RESULTADOS PRELIMINARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina veterinária e zootécnica
da Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Anestesiologia
Veterinária

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Horr

UBERLÂNDIA

2025

MARIANA MAVALLI

**ANÁLISE DA CONCORDÂNCIA DOS VALORES DE PRESSÃO ARTERIAL DE
EQUINOS EM ESTAÇÃO PELOS MÉTODOS INVASIVO E DOPPLER EM CAUDA
RESULTADOS PRELIMINARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootécnica da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Medicina
Veterinária.

Área de concentração: Anestesiologia
Veterinária

Uberlândia, 19 de setembro de 2025

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Mônica Horr (FMVZ – UFU)

Prof. Dr. Geison Morel Nogueira (FMVZ – UFU)

MV. Ma. Isabella Santana Fanger (FMVZ – UFU)

Dedico este trabalho aos meus pais, que, mesmo à distância física, sempre estiveram presentes, sendo meu colo, minha força e minha motivação, e apoiando todos os meus sonhos desde o início.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, pelas tantas bênçãos de cada dia, e por guiar meus passos ao longo desta caminhada. A Nossa Senhora Aparecida, agradeço a proteção e intercessão em todos os momentos.

Aos meus pais, Rogério e Marcia, meu eterno agradecimento por todo amor, cuidado e apoio incondicional. Cada conquista minha é reflexo do carinho, dedicação e ensinamentos que sempre me proporcionaram. Nada seria possível sem vocês, e serei eternamente grata por todo incentivo e por tê-los ao meu lado em cada passo da minha jornada.

Agradeço ao meu irmão, que sempre foi meu exemplo de lealdade e companheirismo, crescer ao seu lado foi uma fonte constante de aprendizado e inspiração. E aos meus avós, por cada oração, pelo carinho e por serem a certeza de um abraço apertado e de um almoço de domingo sempre que eu voltava para casa.

Agradeço ao Eduardo, por ser meu companheiro em todos os momentos, e fazer a minha vida mais leve e cheia de amor, me acalmando nos dias mais turbulentos e celebrando comigo as minhas conquistas. Agradeço também às minhas “amigas de SBC”, por compartilharem comigo tantas fases da vida e por torcerem por mim de forma genuína, mesmo à distância.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia pelas inúmeras oportunidades e pelas amizades que me proporcionou, amigos que se tornaram família e que levarei para sempre no coração.

Agradeço à Isabella, Giulia e Nayne, por toda a ajuda neste trabalho, pelos ensinamentos compartilhados e pelos cafés na fazenda do Glória. Minha admiração por vocês é imensa.

Por fim, agradeço à minha orientadora, Mônica Horr, que, muito além de me guiar com excelência neste trabalho, me mostrou que existe um lugar para mim na veterinária, me despertando novos sonhos, objetivos e a paixão pela anestesiologia veterinária.

RESUMO

A pressão arterial é um parâmetro clínico importante, podendo ser aferida em cavalos conscientes e em estação, com o objetivo de avaliar a perfusão dos tecidos periféricos. O método considerado padrão-ouro utilizado para avaliação da pressão arterial, é o direto, também chamado de método invasivo, que consiste na inserção de um cateter na artéria facial ou transversa da face. No entanto, este método apresenta maior viabilidade em animais anestesiados e trata-se de um procedimento que demanda maior grau de conhecimento e habilidade prática, para que haja execução adequada e apresente valores confiáveis. Diante dessas limitações, métodos não invasivos para aferição da pressão arterial, como o Doppler, podem ser utilizados. Essa técnica, baseia-se principalmente na oclusão temporária do fluxo sanguíneo por meio de um manguito, seguida da liberação e detecção do retorno do fluxo por meio da ausculta com o aparelho doppler. Dada a relevância, objetiva-se mensurar a pressão arterial de cavalos adultos em estação, utilizando os métodos invasivo e esfigmomanometria ultrassônica Doppler, a partir, respectivamente, do acesso da artéria facial transversa e uso do manguito em cauda, e então, a coleta dos valores mensurados. As medições foram realizadas em 8 animais hígidos, de forma simultânea entre os métodos, durante a normotensão, hipotensão e hipertensão, induzidas farmacologicamente, utilizando nitroprussiato de sódio e acepromazina para atingir valores de hipotensão, e norepinefrina para provocar hipertensão. A partir dos dados coletados, essa pesquisa visa analisar a concordância e confiabilidade das medições de pressão arterial pelos métodos invasivo e não invasivo citados, nas condições propostas. Os resultados preliminares, mostram que, embora os métodos apresentem correlação, o Doppler tende a registrar valores mais altos, especialmente em situações de hipertensão, devendo suas medições serem interpretadas levando em conta a correção hidrostática e a possibilidade de superestimação dos valores.

Palavras-chave: Hemodinâmica; mensuração indireta; confiabilidade; esfigmomanometria; cateter arterial

ABSTRACT

Blood pressure is an important clinical parameter that can be measured in conscious, standing horses with the aim of assessing peripheral tissue perfusion. The gold standard method for blood pressure assessment is the direct, or invasive, method, which consists of inserting a catheter into the facial or transverse facial artery. However, this method is more feasible in anesthetized animals and requires a higher degree of knowledge and practical skill to be properly performed and to provide reliable values. Given these limitations, non-invasive methods for measuring blood pressure, such as Doppler, can be used. This technique is mainly based on the temporary occlusion of blood flow using a cuff, followed by its release and the detection of flow return through auscultation with the Doppler device. Considering its relevance, the objective is to measure the blood pressure of adult standing horses using both invasive and Doppler ultrasonic sphygmomanometry methods, through the transverse facial artery catheterization and tail cuff placement, respectively, and then collect the measured values. Measurements were performed in eight healthy animals, simultaneously between the methods, during normotension, hypotension, and hypertension, pharmacologically induced using sodium nitroprusside and acepromazine to achieve hypotension, and norepinephrine to induce hypertension. Based on the collected data, this study aims to analyze the agreement and reliability of blood pressure measurements obtained by the invasive and non-invasive methods under the proposed conditions. Preliminary results show that although the methods are correlated, Doppler tends to record higher values, especially under hypertensive conditions, and its measurements should therefore be interpreted considering hydrostatic correction and the possibility of overestimation.

Keywords: Hemodynamics; indirect measurement; reliability; sphygmomanometry; arterial catheter

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da artéria facial transversa e artéria facial	6
Figura 2 - Mesa com materiais utilizados durante o experimento.....	9
Figura 3 - A) Tricotomia em região temporal da face, para assepsia com clorexidine degermante e clorexidine alcóolica, e aplicação da pomada EMLA 5%; B) Processo de cateterização da artéria facial transversa com cateter endovenoso 20G; C) Acesso venoso pela veia jugular.	9
Figura 4 - A) Medição da altura entre a articulação úmero-radio-ulnar e o chão; B) Posicionamento do transdutor no tripé seguindo a altura entre o coração do animal e o chão; C) Transdutor conectado ao monitor multiparamétrico para posterior registro de PAS, PAD e PAM.	10
Figura 5 - A) Medição da circunferência da base da cauda; B) Manguito equivalente à 40 a 50% da circunferência da base da cauda, acoplado sobre a artéria caudal média.	10
Figura 6 - A) Imagem ilustrativa com seta representando a distância medida referente a altura cauda-ombro; B) Medição da altura vertical entre a cauda e articulação úmero-rádio-ulnar no animal	11
Figura 7 - A) Posicionamento dos eletrodos na região jugular distal direita e escapular esquerda; B) Posicionamento dos eletrodos na escapular esquerda e região da quinta costela do lado esquerdo.	11

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Valores médio da pressão arterial sistólica invasiva (PASinv) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).	15
Gráfico 2 - Valores médio da pressão arterial sistólica pelo doppler (DOPr) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).	16
Gráfico 3 - Gráfico de colunas representando as médias de PAS dos 8 animais pelo método invasivo e doppler durante a normotensão, hipotensão e hipertensão.....	17
Gráfico 4 - Gráfico linear relacionando as médias de PAS dos 8 animais pelo método invasivo e doppler durante a normotensão, hipotensão e hipertensão.	17
Gráfico 5 - Dispersão entre os valores médios de pressão arterial sistólica obtidos pelo método invasivo (PASinv) e pelo método oscilométrico (DOPpr).	18
Gráfico 6 - Concordância e viés dos valores médios de pressão arterial sistólica obtidos pelo método invasivo (PASinv) e pelo método oscilométrico (DOPpr).	19
Gráfico 7 - Valores das médias de frequências cardíacas dos 8 animais durante a normotensão, hipotensão e hipertensão.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mensurações de PASinv e DOPr de cada animal, em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).....	13
Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da pressão arterial sistólica invasiva (PASinv) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).....	14
Tabela 3 - Médias e desvios-padrão da pressão arterial sistólica pelo doppler (DOPr) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).	15
Tabela 4 - Médias e desvios-padrão da pressão arterial sistólica dos 8 animais pelo doppler (DOPr) e invasiva (PASinv) dos 8 animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão) e seus respectivos p-valor.	16
Tabela 5 - Médias e desvios padrão dos valores de frequência cardíaca de todas as mensurações dos 8 animais em cada estado hemodinâmico.	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACVIM	American College of Veterinary Internal Medicine
FC	Frequência Cardíaca
ALT	Alanina Aminotransferase
AST	Aspartato Aminotransferase
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PASdop	Pressão Arterial Sistólica Doppler Antes da Correção
DOPr	Pressão Arterial Sistólica Doppler Após Correção
TPC	Tempo de Preenchimento Capilar
VE	Volume Ejetado
VDF	Volume Diastólico Final
VSF	Volume Sistólico Final
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Pressão arterial	2
2.1.1 Hipotensão	3
2.1.2 Hipertensão	4
2.2 Métodos de avaliação da pressão arterial	4
2.2.1 Método invasivo por cateterização arterial.....	5
2.2.2 Método doppler	7
3 OBJETIVOS	8
3.1 Gerais.....	8
3.2 Específicos	8
4 MATERIAL E MÉTODOS	8
4.1 Animais.....	8
4.2 Procedimentos	8
4.3 Mensuração	11
4.3.1 Normotensão.....	12
4.3.2 Hipertensão.....	12
4.3.3 Hipotensão	12
5 ESTATÍSTICA	12
6 RESULTADOS	12
6.1 Mensuração de PAS pelos métodos invasivo e doppler em cauda	13
6.2 Valores de pressão arterial sistólica pelo método invasivo	14
6.3 Valores de pressão arterial sistólica pelo método doppler em cauda	15
6.4 Comparação das médias da PAS pelos métodos invasivo e doppler em cauda	16
6.5 Frequência cardíaca	19
7 DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que a monitoração da pressão arterial é essencial durante procedimentos anestésicos, visando acompanhar, principalmente, depressões cardiovasculares relacionadas ao efeito de fármacos e avaliação da profundidade anestésica do paciente (Riebold; Evans, 1985). Portanto este parâmetro apresenta importante aplicação clínica na avaliação e monitoramento de doenças cardíacas, doenças renais e dores graves ou crônicas (Heliczer et al., 2016).

O padrão ouro para medição de pressão arterial em cavalos, é a medição invasiva, também chamado de método direto, permitindo a determinação dos valores de pressão arterial média, sistólica e diastólica, por meio da cateterização arterial (Praat; et al, 2022). Contudo, pode-se utilizar as mensurações indiretas, que dependem do uso de um manguito sobre uma artéria periférica, em que, ao ser inflado, promove interrupção do fluxo sanguíneo, possibilitando a aferição da pressão arterial (Marsh, 2010). Como principais métodos indiretos, há o oscilométrico e a esfigmomanometria ultrassônica Doppler, esses métodos dependem de artérias periféricas de grande calibre, próximas da pele, como por exemplo, as artérias metatársica dorsal e a artéria caudal média para utilização da técnica (Riebold; Evans, 1985).

A aferição da PA é considerada uma estimativa indireta do estado de perfusão dos tecidos, usando como base, principalmente, a pressão arterial média (Marsh, 2010). Mensurar e identificar os valores de pressão arterial, não compatíveis com a normotensão, são essenciais para evitar posteriores complicações e tomar a decisão adequada a respeito do tratamento, na qual baseiam-se em diversos fatores, como: a confiabilidade do valor mensurado (e a possibilidade de repetir a medição), o estágio anestésico em que o paciente se encontra, a persistência e magnitude da variação, e quais as possíveis consequências do valor de PA medido e do tratamento proposto (Haskins, 2017)

Em equinos sobre monitoração de pressão arterial, o reconhecimento da hipotensão ocorre com maior frequência, direcionando a identificação e tratamento de situações como: hemorragia aguda, hipovolemia, sepse, síndrome de resposta inflamatória sistêmica, insuficiência cardíaca e doença da valva aórtica (Heliczer et al., 2016). Já os casos de hipertensão são mais difíceis de serem identificados, porém podem estar presentes em casos de dor aguda ou crônica, síndrome metabólica equina, laminite e insuficiência renal (Marsh, 2010). Sendo assim, este estudo, avalia a concordância dos valores de pressão arterial sistólica, aferidos pelo método doppler em cauda, em comparação ao método invasivo de cateterização da artéria facial, durante a normotensão, hipotensão e hipertensão. E assim compara a variação

dos valores mensurados, e se há confiabilidade do método doppler na rotina clínica-cirúrgica de equinos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pressão arterial

A pressão arterial é estabelecida pelo volume sanguíneo resultante do débito cardíaco, combinado ao tônus da parede do compartimento arterial. Cada batimento cardíaco resulta na ejeção de sangue para artéria pulmonar e aorta, na qual deve apresentar uma pressão suficiente para a perfusão de toda a circulação sistêmica e pulmonar do organismo animal. Dessa forma, o débito cardíaco pode ser definido como o volume total de sangue bombeado por minuto pelo ventrículo esquerdo, resultando na seguinte fórmula: Débito cardíaco = volume ejetado x frequência cardíaca (Stephenson, 2021).

O volume ejetado, relacionado ao débito cardíaco, é o resultado da subtração do volume diastólico final e do volume sistólico final ($VE = VDF - VSF$). Essa relação é proveniente do fato que durante a sístole ventricular não há o esvaziamento completo da câmara cardíaca. Portanto, apenas uma parcela do sangue que chegou ao ventrículo esquerdo, proveniente do átrio esquerdo, durante a sístole atrial e diástole ventricular, será posteriormente, ejetada para circulação sistêmica, logo, esse volume residual é considerado o volume sistólico final (Stephenson, 2021). Sendo assim, o VE pode aumentar mediante a elevação do VDF, diminuição do VSF, ou ambos. Essa autorregulação do coração, é descrita pela lei de Starling, na qual o volume ejetado pelo ventrículo, se trata de uma resposta às mudanças da pré-carga. (Stephenson, 2021).

A pressão arterial não se trata de um valor constante, e sim, pulsátil (Stephenson, 2021), onde é dada a partir de diferentes momentos, sendo eles: momento de sístole (PAS), momento de diástole (PAD) e pela pressão arterial média (PAM), na qual é obtida a partir do cálculo: $PAM = (PAS - PAD) / 3 + PAD$ (Fantoni; Cortopassi, 2010). Esse cálculo também pode ser apresentado como $PAM = PAD + 1/3$ da pressão de pulso, já que temos pressão de pulso se referindo a subtração entre PAS e PAD (Stephenson, 2021). A pressão arterial média é considerada a mais importante para o anestesiista, devendo ser a primeira a ser analisada, já que retrata bem a perfusão tecidual e a pós-carga média do coração (Haskins, 2017).

A pressão sistólica representa o valor máximo de pressão arterial em um ciclo cardíaco, correspondendo ao momento de contração ventricular e ejeção do sangue para a periferia corporal. O valor da PAS está intimamente ligado ao volume sistólico e à complacência do sistema arterial (Haskins, 2017). Ou seja, pela capacidade que os compartimentos arteriais

apresentam de aumentar, ou diminuir seu volume, mediante a pressão que está sendo exercida na parede vascular. Dessa forma, podemos representar a complacência como a capacidade de distensão das paredes do sistema arterial, mediante a atuação da pressão transmural, presente internamente nos vasos e câmara cardíaca (Stephenson, 2021). A pressão diastólica é o valor mais baixo a ser aferido antes do próximo ciclo cardíaco (Haskins, 2017), representando o momento de máximo relaxamento das câmaras cardíacas.

Os valores da pressão arterial podem diferir conforme o local anatômico em que são aferidos, quais equipamentos e técnicas são usados, e dependendo do nível de estresse que aquele animal está sendo submetido. Além disso, há diferença de PA entre paciente anestesiado e consciente, assim como, entre as diversas espécies veterinária (Skelding; Valverde, 2020). Os valores de referência para equinos são inferiores quando comparado a cães e gatos, sendo a PAS, PAD e PAM em intervalos de 100 a 160 mmHg, 60 a 100 mmHg e 80 a 100 mmHg, respectivamente (Haskins, 2017).

Há diversos fatores que alteram e controlam a pressão arterial, como a contratilidade da musculatura cardíaca, tempo de enchimento diastólico, complacência ventricular, resistência vascular periférica e a ativação de receptores beta-adrenérgicos e alfa-adrenérgicos, por meio do neurotransmissor norepinefrina ou epinefrina, que são liberadas pela medula adrenal a partir do sistema nervoso simpático (Stephenson, 2021).

2.1.1 Hipotensão

Os episódios de hipotensão, ou seja, redução do valor da pressão arterial considerado normal para o funcionamento perfeito da fisiologia de cada espécie, é um quadro comum quando associado a pacientes anestesiados e pacientes acometidos por choque hemorrágico ou sepse (Valverde, 2021). A diminuição da PA está diretamente ligada ao baixo retorno venoso, hipovolemia, baixo débito cardíaco, vasodilatação, ineficiência sistólica, bradicardia e baixa resistência vascular sistêmica (Noel-Morgan; Muir, 2018).

Como principais causas dos fatores citados, temos: hipovolemia secundária a desidratação preexistente, hemorragias, efeito inotrópico negativo de anestésicos, respostas inflamatórias a infecção sistêmica, sepse, bloqueadores do canal de cálcio, arritmias ventriculares, obstrução da aorta, entre outros (Helicze et al., 2016). Valores pressóricos em estado de hipovolemia, podem ser clinicamente indetectáveis, levando a efeitos iminentes devido à oxigenação tecidual prejudicada (Noel-Morgan; Muir, 2018).

Equinos em períodos hipotensivos longos, durante plano anestésico profundo apresentam risco de miopatia pós-anestésica, resultando em um pós-operatório marcado por aumento da sensibilidade dolorosa, claudicação e dificuldade em se manter em estação (Grandy et al., 1987). Portanto, deve-se realizar a monitoração constante da pressão arterial desses animais durante o transoperatório, impedindo que a PAM fique abaixo de 70 mmHg, de forma que a situação ideal é manter acima de 80 mmHg (Haskins, 2017) e evitando diminuição na perfusão de órgão e lesões teciduais. Em casos que a hipotensão se mantiver, deve primeiramente analisar a profundidade anestésica, e posteriormente intervir com fármacos, como por exemplo a dobutamina, uma agonista beta 1 (Stephenson, 2021), buscando a normotensão do paciente e poucos efeitos adversos. Alguns processos associados a hipotensão, como hipotermia, inflamação, trauma ou sepse, podem comprometer ainda mais a condição hemodinâmica (Noel-Morgan; Muir, 2018).

2.1.2 Hipertensão

O aumento da pressão arterial pode ser de caráter agudo ou crônico. A hipertensão aguda persistente é motivo de alerta quando a pressão arterial média excede 140 mmHg ou quando a pressão sistólica ultrapassa 180 mmHg. Já em casos crônicos, considera-se alarmante quando a média supera 120 mmHg e a sistólica ultrapassa 160 mmHg (Haskins, 2017)

De forma geral esse aumento na pressão arterial está relacionado a vasoconstrição, apresentando três possíveis origens: (1) Estresse gerado pelo ambiente ou situações hospitalares; (2) Doenças que desencadeiam o aumento constante da PA, como dor aguda ou crônica, laminite, síndrome metabólica equina e insuficiência renal (Helicze et al., 2016), (3) De forma idiopática, não relacionada a outra doença potencialmente causadora (Acierno, 2018). O nível leve de anestesia e uso de fármacos simpaticomiméticos são causas comuns de hipertensão (Haskins, 2017). O aumento de pressão arterial, seja momentâneo ou de forma crônica, gera lesões aos tecidos. Como lesões hipertensivas, temos as retinopatias, AVC e hipertrofia ventricular esquerda (Acierno, 2018).

2.2 Métodos de avaliação da pressão arterial

A avaliação da pressão arterial é essencial para o transoperatório, sendo considerado um bom indicador da profundidade anestésica, porém a observação e monitoração da PA, também é de extrema importância para avaliação do paciente no período pré-anestésico, buscando assim, um protocolo anestésico seguro para cada situação (Fantoni; Cortopassi, 2010).

O padrão ouro utilizado em pacientes anestesiados é a medição direta, também chamada de medida invasiva da pressão arterial, na qual se utiliza um cateter arterial, que se mantém viável por meio da administração frequente ou periódica de solução heparinizada, acoplado de forma contínua. Contudo, este método exige experiência prática e é mais possível em animais sedados ou anestesiados, além dos riscos de embolia, infecções ou hematomas no local da punção.

Como alternativa para a medição e monitoramento da pressão arterial, há métodos não invasivos/ medição indireta da PA, pelo oscilométrico ou Doppler, utilizados com maior frequência na rotina clínico-cirúrgico. Estes métodos apresentam como principal desvantagem a imprecisão na mensuração da PAD, principalmente em pacientes hipotensos, porém com o avanço das tecnologias e a facilidade do uso, se tornam cada vez mais rotineiros no cenário veterinário (Fantoni; Cortopassi, 2010). Adicionalmente, ressalta-se que a aferição da pressão arterial pelo método não invasivo é uma técnica bem estabelecida da medicina veterinária de pequenos animais.

O monitoramento pela pressão arterial não invasiva utiliza um manguito que deve ser posicionado ao redor de uma artéria adequada e inflado, então ao desinflar o manguito, ocorre a detecção do pulso associando ao valor de pressão arterial (Hatz et al., 2015). O tamanho e a posição do manguito são cruciais para garantir medições precisas da pressão arterial não invasiva, pois ao usar um manguito muito estreito e/ou frouxo pode resultar em leituras mais altas que o valor real, enquanto um manguito muito largo e/ou apertado apresenta tendência de subestimar os valores de pressão arterial (Williamson; Leone, 2012; Haskins, 2015). Estudos recomendam que o manguito apresente a largura de 40% do diâmetro referente ao membro ou cauda na qual será acoplado (Skelding, 2020).

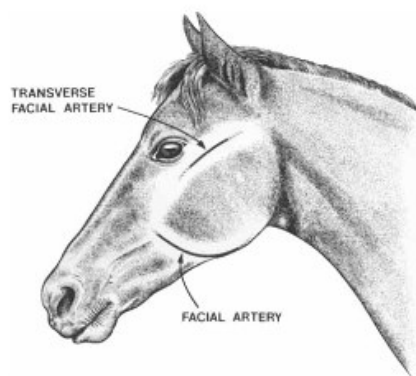
2.2.1 Método invasivo por cateterização arterial

A avaliação da PA através de um cateter arterial possibilita uma medição contínua e com maior confiabilidade em relação aos métodos indiretos, sendo sujeita a menor variação de valores (Haskins, 2017). Além da valores mais fidedignos em relação a pressão arterial real, até mesmo em pacientes hipotensos, temos também como vantagem a monitoração do formato de onda da PA, quando associado a um transdutor e um monitor. (Fantoni; Cortopassi, 2010).

O acesso arterial é realizado de forma percutânea, sem necessidade de grandes incisões, porém requer atenção minuciosa com a assepsia local. A artéria facial e transversa da face, são as de predileção, portanto há possibilidade de utilizar as artérias metatársica dorsal e digital

mediana como opção alternativa, principalmente para pacientes anestesiados que passam por procedimentos em cabeça (Taylor, 1981). A manutenção e aplicabilidade do cateter durante toda a medição, é assegurada por meio de irrigação frequente ou contínua de solução fisiológica heparinizada em baixo fluxo e sob alta pressão (1.000 U em 500 mL) (Haskins, 2017).

Figura 1 - Localização da artéria facial transversa e artéria facial



Fonte: Taylor, 1981

A forma mais simples de utilizar a medição direta de PA, consiste no uso de um manômetro comum, conectado ao cateter arterial e a uma seringa de 20ml com solução fisiológica 0,9% heparinizada, por meio de uma torneira de 3 vias. Primeiramente, ocorre o preenchimento com solução anticoagulante em direção ao acesso arterial, e posteriormente, abre o sistema novamente para o manômetro e o animal (Fantoni; Cortopassi, 2010). O sistema apresenta capacidade de detectar continuamente a pressão arterial média, porém não fornece medidas de PAS e PAD (Taylor, 1981).

Para mensuração completa, utiliza-se um transdutor de PA posicionado na altura do átrio direito (articulação escapulo-umeral), associado a bolsa pressórica (suspensa em um local alto e com pressão média de 140 mmHg) (Haskins, 2017), ligados ao cateter, por meio de uma torneira de 3 vias, e um extensor preenchido por líquido e isento de bolhas, já que o ar é compressível e o líquido não, evitando assim valores errôneos (Fantoni; Cortopassi, 2010). O transdutor é conectado a um monitor que exibe e/ou registra uma onda contínua, capaz de indicar com precisão os valores de PAD e PAS, além da PAM (Taylor, 1981).

Em intervalos regulares, deve-se zerar o transdutor conforme a pressão atmosférica, abrindo a torneira de três vias para o transdutor e a atmosfera, na altura do coração, evitando a formação de “ondas quadradas” (traçado plano e achatado) e mantendo a acurácia das mensurações (Mark, 1998). Tubos longos e complacentes, coágulos sanguíneos e bolhas de ar,

também podem gerar essa alteração no traçado, resultando em PAS mais baixas e PAD mais altas que a realidade (Gardner, 1981).

2.2.2 Método Doppler

O método doppler é habitualmente utilizado na rotina de pequenos animais, onde associado a um esfigmomanômetro e um manguito oclusivo sobre uma região apendicular cilíndrica do corpo, como membros e cauda, é capaz de medir indiretamente a pressão arterial (Haskins, 2017).

Entre as limitações dessa técnica, destaca-se a obtenção limitada de valores de pressão arterial que pode ser obtido, já que não disponibiliza o valor de pressão arterial média, e nem sempre é possível detectar a pressão arterial diastólica, se tratando de um método de avaliação da PAS. Entretanto, apresenta benefícios relevantes, por ser minimamente invasiva, com custo acessível, praticidade no manuseio e aplicabilidade em diferentes espécies e portes. Contudo, sua acurácia é prejudicada em animais agitados ou em condição de vasoconstricção periférica (Skelding; Valverde, 2020).

O equipamento apresenta cristais transdutores (piezoelétricos), que são posicionados na região de escolha, mediante tricotomia prévia para evitar interferência, e possibilitam a auscultação de um som pulsante, equivalente ao fluxo sanguíneo no vaso (Fantoni; Cortopassi, 2010). Após a detecção do fluxo, o manguito é inflado por meio de um esfigmomanômetro, até que o som cesse, o que indica a interrupção do fluxo sanguíneo devido à pressão exercida pelo manguito ter superado a pressão sistólica do animal (Haskins, 2017). Em seguida, o ar é liberado gradualmente do manguito até que o som (som de Korotkoff) correspondente ao retorno do fluxo sanguíneo se torne audível novamente, momento em que deve ser averiguado, no manômetro, o valor correspondente à pressão arterial sistólica (Fantoni; Cortopassi, 2010).

3. OBJETIVOS

3.1 Gerais

Objetiva-se avaliar a concordância dos valores de pressão arterial sistólica, mensurados por meio do método invasivo de avaliação, e pelo aparelho Doppler em cauda de equinos em estação, durante diferentes estados hemodinâmicos.

3.2 Específicos

Determinar os valores de PAS de equinos em estação, durante a normotensão, e ao longo da hipotensão e hipertensão induzidas farmacologicamente, com o objetivo de verificar a confiabilidade do método indireto doppler em cauda, em relação ao método direto invasivo de cateterização de artéria facial (padrão-ouro). E assim comparar a variação dos valores mensurados, verificar a concordância entre ambos e se há aplicabilidade na rotina clínica-cirúrgica de equinos, em diferentes alterações hemodinâmicas.

4. MATERIAIS E MÉTODO

Trata-se de um estudo clínico experimental, observacional, prospectivo e transversal, que foi submetido à aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Uberlândia-UFU, sob protocolo CEUA nº 23117.029508/2025-44.

4.1 Animais

Foram utilizados 8 equinos adultos hígidos, machos ou fêmeas, sem raça definida, de faixa etária de 1 a 15 anos, pesando entre 350kg e 550 kg, oriundos do Setor de equideocultura da Fazenda Experimental do Campus Glória – UFU. Os animais foram mantidos em piquetes de 2 hectares, com acesso livre a água e pastagem.

Previamente ao estudo, passaram por avaliação clínica, envolvendo pesagem dos animais por meio da fita de pesagem específica para equinos, exame físico (auscultação cardiorrespiratória, temperatura retal, turgor de pele, coloração de mucosas e tempo de preenchimento capilar (TPC)) e exames laboratoriais (hemograma, creatinina sérica, aspartato amino transferase-AST, albumina, proteínas totais), a partir de 4 ml de sangue coletados da veia jugular para verificação da hígidez.

4.2 Procedimentos

Os experimentos foram realizados no tronco de contenção, previamente conhecido pelos animais, o qual se encontrava isolado dos demais equinos. Cada indivíduo permaneceu em

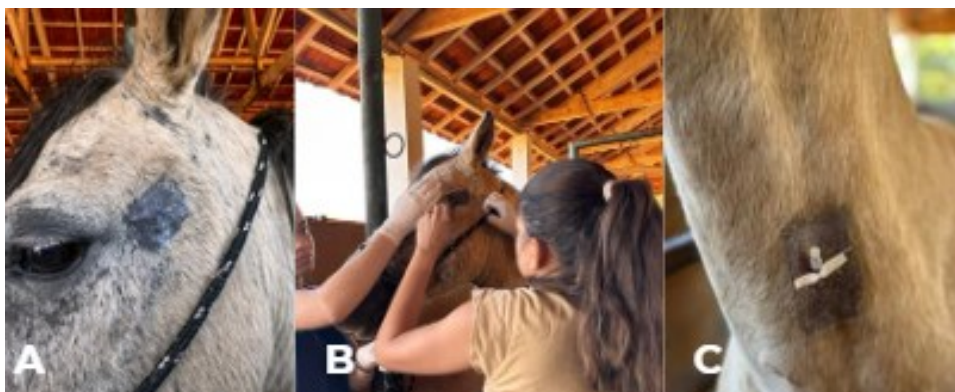
adaptação por um período de 10 minutos antes do início das manipulações. O procedimento foi iniciado pela realização da tricotomia em região temporal da face (sobre a artéria facial transversa), sulco jugular e base da cauda, posteriormente, antissepsia com clorexidine degermante e clorexidine alcóolica, para aplicação de uma fina camada de pomada EMLA 5% na região da face. Após 30 minutos da aplicação, foi realizado a cateterização da artéria facial transversa com cateter endovenoso 20 G, como mostra a figura 3, conectado ao transdutor de pressão por meio de um extensor preenchido com solução estéril de cloreto de sódio a 0,9% heparinizada (10 UI de heparina/ml de solução). Todos os materiais necessários foram concentrados em uma mesa, de forma organizada e de fácil acesso, como representado a seguir pela figura 2. O transdutor ficou acoplado há um tripé metálico, na altura da articulação úmero-rádio-ulnar, e ligado à um monitor multiparamétrico (figura 4), responsável por registrar os dados de PAS, PAD e PAM.

Figura 2 - Mesa com materiais utilizados durante o experimento



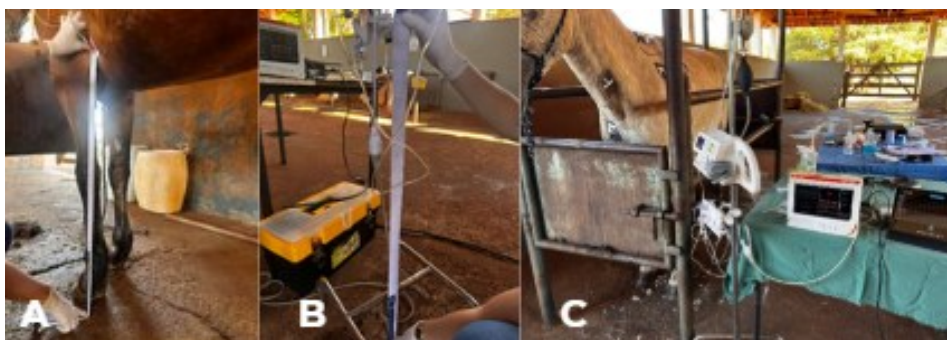
Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Figura 3 - A) Tricotomia em região temporal da face, para assepsia com clorexidine degermante e clorexidine alcóolica, e aplicação da pomada EMLA 5%; B) Processo de cateterização da artéria facial transversa com cateter endovenoso 20G; C) Acesso venoso pela veia jugular.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

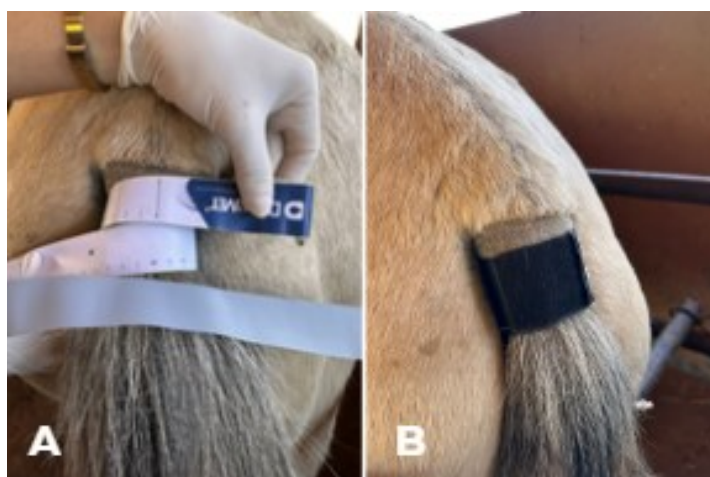
Figura 4 - A) Medição da altura entre a articulação úmero-radio-ulnar e o chão; B) Posicionamento do transdutor no tripé seguindo a altura entre o coração do animal e o chão; C) Transdutor conectado ao monitor multiparamétrico para posterior registro de PAS, PAD e PAM.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Em seguida, foi realizada a medição da circunferência da base da cauda, em centímetros, com a finalidade de determinar o tamanho adequado do manguito para cada animal, usando como base 40 a 50% da mensuração da cauda. Após a escolha, o manguito considerado ideal, foi acoplado com a porção inflável sobre a artéria coccígea média e conectado a um esfigmomanômetro para posterior insuflação e realização das aferições associadas ao doppler. O manguito foi insuflado até cessar o som de fluxo arterial, e desinsuflado gradualmente, até o momento de retorno do som, e consequentemente, registro da PAS.

Figura 5 - A) Medição da circunferência da base da cauda; B) Manguito equivalente à 40 a 50% da circunferência da base da cauda, acoplado sobre a artéria caudal média.



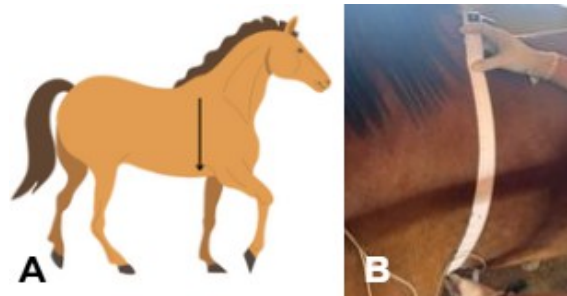
Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Os valores de pressão arterial não invasiva (doppler), foram corrigidos considerando a pressão hidrostática, determinada pela distância vertical entre o manguito em cauda e a altura do átrio direito. Todos os valores de PAS mensurados pelo doppler foram ajustados a partir da

soma do valor da altura vertical entre a base da cauda e a articulação úmero-rádio-ulnar em centímetros, multiplicado pela constante 0,77 (Parry; McCarthy; Anderson, 1984).

$$\text{DOPr} = \text{PASdop} + \text{altura cauda-ombro} \times 0,77$$

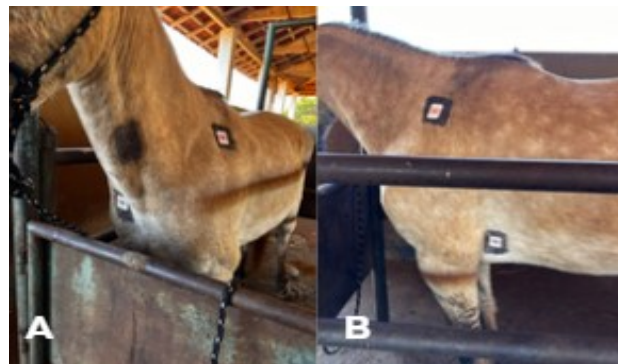
Figura 6 - A) Imagem ilustrativa com seta representando a distância medida referente a altura cauda-ombro; B) Medição da altura vertical entre a cauda e articulação úmero-rádio-ulnar no animal



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Associado aos valores de pressão arterial, foram mensuradas as frequências cardíacas a partir da monitorização eletrocardiográfica, por meio do monitor multiparamétrico Dixtal, na derivação 2.

Figura 7 - A) Posicionamento dos eletrodos na região jugular distal direita e escapular esquerda; B) Posicionamento dos eletrodos na escapular esquerda e região da quinta costela do lado esquerdo.



Fonte: Arquivo pessoal (2025)

4.3 Mensuração

As aferições foram realizadas de forma simultânea entre os dois métodos, coletando de 3 a 5 momentos consecutivos, em cada estado hemodinâmico. Medidas com variações superiores a 20% (não invasiva) ou 10% (invasiva) em relação à anterior foram consideradas falhas e repetidas.

4.3.1 Normotensão

A primeira avaliação realizada em cada animal, foi da condição de normotensão, tendo como parâmetro a PAM invasiva entre 90 e 120 mmHg.

4.3.2 Hipertensão

Iniciou, imediatamente após a normotensão, a indução da hipertensão com infusão contínua de norepinefrina, na dose inicial de 0,1 µg/kg/min, aumentando de forma titulada, a cada 5 minutos, até atingir a PAM invasiva de 126 mmHg. Após a coleta dos dados, houve a suspensão dos fármacos e retorno dos parâmetros equivalentes a normotensão, até estabilização do animal.

4.3.3 Hipotensão

Após a coleta de dados da hipertensão e completa estabilização do animal, seguiu para indução da hipotensão a partir da infusão contínua de nitroprussiato de sódio, na dose de 0,05 µg/kg/min, por via intravenosa, de forma titulada, até ser estabelecido o valor alvo. Nos casos em que o valor objetivado não conseguiu ser atingido, foi realizada a administração de acepromazina na dose de 0,1 mg/kg por via intravenosa, até atingir PAM invasiva de 87 mmHg. Entre a indução de cada estado hemodinâmico, houve a estabilização seguindo os valores basais.

Concluídos os procedimentos, realizou-se a suspensão dos fármacos administrados, e os parâmetros clínicos foram monitorados por em média 15 minutos, até estabilização completa.

5. ESTATÍSTICA

Para análise estatística dos dados, a correlação entre variáveis contínuas foi avaliada pelo teste de Pearson, sendo considerada significativa quando $p \leq 0,05$. Ao comparar medidas de PA de um mesmo animal, utilizou-se o Teste t pareado para comparação entre as mensurações por meio de métodos diferentes, com nível de significância também estabelecido em $p \leq 0,05$. Por fim, para avaliação da concordância entre os métodos, utilizou-se o Teste de Bland-Altman, na qual permite identificar a variabilidade das mensurações feitas por diferentes métodos de aferição de pressão arterial.

6. RESULTADOS

A seguir, serão apresentados em tabelas e gráficos as médias e os desvios-padrão das variáveis mensuradas, sendo elas, pressão arterial sistólica obtida simultaneamente pelos métodos invasivo e Doppler, e frequência cardíaca, durante os três estados hemodinâmicos

avaliados, normotensão, hipotensão e hipertensão. Os dados quantitativos também serão expostos por gráficos e valores referentes aos testes estatísticos descritos anteriormente.

6.1 Mensurações de PAS pelos métodos invasivo e doppler em cauda

Na tabela 1, será abordado todas as mensurações de PA, pelos métodos invasivo e doppler em cauda feitas nos 8 animais, durante os três estados hemodinâmicos descritos anteriormente.

Tabela 1 - Mensurações de PASinv e DOPr de cada animal, em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).

	Normotensão		Hipotensão		Hipertensão	
	PASinv	DOPr	PASinv	DOPr	PASinv	DOPr
A1	150	150,05	108	150,05	152	190,05
	146	148,05	116	140,05	154	180,05
	139	150,05	112	140,05	154	180,05
	137	160,05	113	130,05	167	170,05
	135	156,05	115	130,05	159	170,05
A2	147	168,51	116	158,51	151	208,51
	149	172,51	113	152,51	152	198,51
	142	166,51	102	152,51	151	202,51
	148	168,51	110	150,51	148	208,51
	147	166,51	106	154,51	150	206,51
A3	157	131,57	113	127,57	175	181,57
	158	161,57	110	133,57	179	191,57
	162	161,57	118	129,57	185	185,57
	161	159,57	-	-	189	181,57
	161	167,57	-	-	187	175,57
A4	158	136,18	126	126,18	168	166,18
	148	134,18	111	124,18	162	176,18
	150	156,18	118	126,18	143	166,18
	140	136,18	127	120,18	158	166,18
	128	132,18	130	136,77	162	156,18
A5	151	186,2	123	186,2	159	236,2
	148	186,2	122	206,2	170	226,2
	146	186,2	120	196,2	182	221,2
	-	-	143	191,2	-	-
A6	169	199,27	112	117,27	162	189,27
	171	159,27	112	115,27	181	219,27
	161	165,27	110	109,27	180	219,27
	165	159,27	109	111,27	163	219,27
	162	167,27	109	123,27	181	219,27
A7	154	215,74	112,39	134,89	170	207,74
	163	197,74	-	-	162	227,74
	165	211,74	-	-	170	207,74
	148	187,74	-	-	-	-
	161	207,74	-	-	-	-

Tabela 1 - Continuação

	157	158,5	123	118,5	186	178,5
	147	158,5	119	126,5	198	188,5
A8	153	146,5	115	126,5	188	168,5
	153	156,5	114	120,5	183	188,5
	149	156,5	114	120,5	179	168,5

Fonte: Autoria própria (2025). Mensurações marcadas por traçado, indicam que não houve medição naquele momento. * Indica média da hipotensão dos demais animais, devido a impossibilidade de indução da hipotensão no respectivo animal.

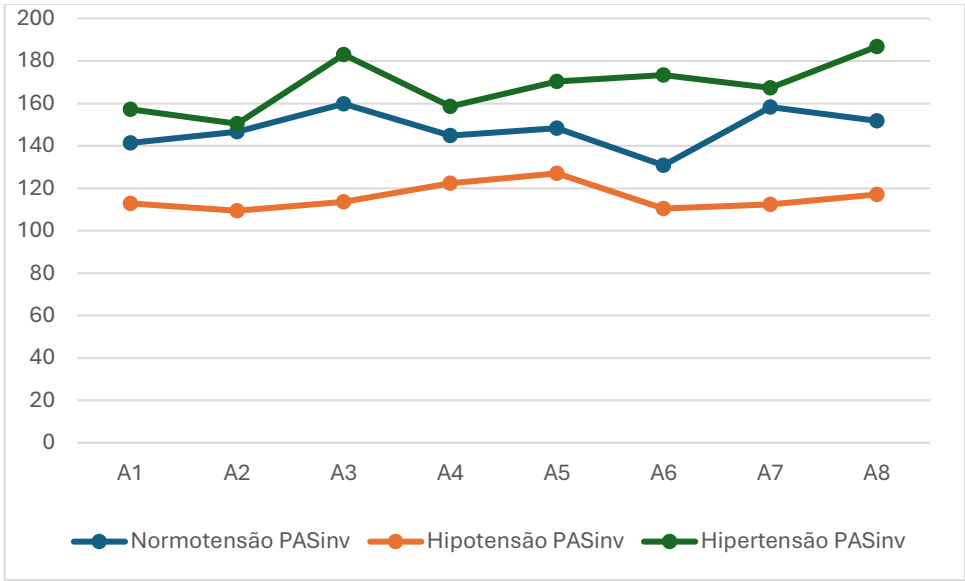
6.2 Valores de pressão arterial sistólica pelo método invasivo

Tabela 2 - Médias e desvios-padrão da pressão arterial sistólica invasiva (PAS_{inv}) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).

	Normotensão	Hipotensão	Hipertensão
A1	141,4 ± 6,34	112,8 ± 3,11	157,2 ± 6,05
A2	146,6 ± 2,42	109,4 ± 5,54	150,4 ± 1,51
A3	159,8 ± 2,16	113,6 ± 4,04	183 ± 5,83
A4	144,8 ± 11,36	122,4 ± 7,76	158,6 ± 9,42
A5	148,3 ± 2,51	127 ± 10,79	170,3 ± 11,5
A6	130,8 ± 4,33	110,4 ± 1,51	173,4 ± 9,96
A7	158,2 ± 7,04	112,39 ± 6,5	167,3 ± 4,61
A8	151,8 ± 3,89	117 ± 3,93	186,8 ± 7,12
Média PAS_{inv}	147,7 ± 9,32	115,62 ± 6,15	168,37 ± 12,68

Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 1 - Valores médio da pressão arterial sistólica invasiva (PASinv) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).



Fonte: Autoria própria (2025)

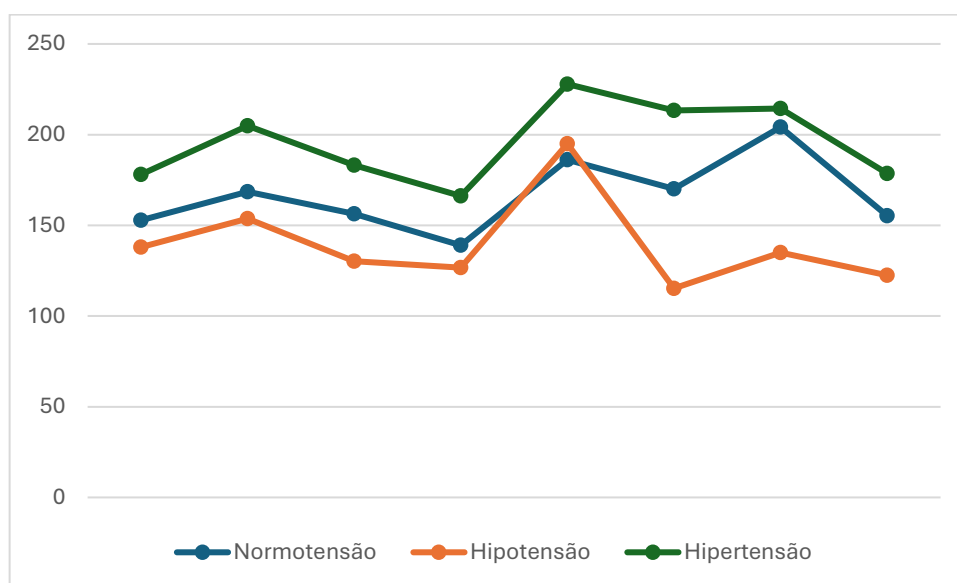
6.3 Valores de pressão arterial sistólica pelo método doppler em cauda

Tabela 3 - Médias e desvios-padrão da pressão arterial sistólica pelo doppler (DOPr) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).

	Normotensão	Hipotensão	Hipertensão
A1	152,85 ± 5	138,05 ± 8,36	178,05 ± 8,36
A2	168,51 ± 2,19	153,71 ± 3	204,91 ± 4,33
A3	156,37 ± 14,18	130,23 ± 3,05	183,17 ± 5,89
A4	138,98 ± 9,75	126,69 ± 6,14	166,18 ± 7,07
A5	186,2 ± 3,4	194,95 ± 8,5	227,86 ± 7,63
A6	170,07 ± 16,7	115,27 ± 5,47	213,27 ± 13,41
A7	204,14 ± 11,34	134,89 ± 27	214,4 ± 11,54
A8	155,3 ± 5	122,5 ± 3,74	178,5 ± 10
Média DOPr	166,5 ± 20,67	139,53 ± 25,14	195,79 ± 22,56

Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 2 - Valores médio da pressão arterial sistólica pelo doppler (DOPr) dos animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão).



Fonte: Autoria própria (2025)

6.4 Comparação das médias da PAS pelos métodos invasivo e doppler em cauda

Foi observado, primeiramente, a correlação entre as variáveis PASinv e DOPr durante a normotensão, hipotensão e hipertensão, por meio do Teste R de Pearson, na qual tiveram, respectivamente, $p = 0,54$; $p = 0,15$ e $p = 0,95$. A partir desses resultados, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os métodos nos diferentes estados hemodinâmicos, indicando correlação entre eles.

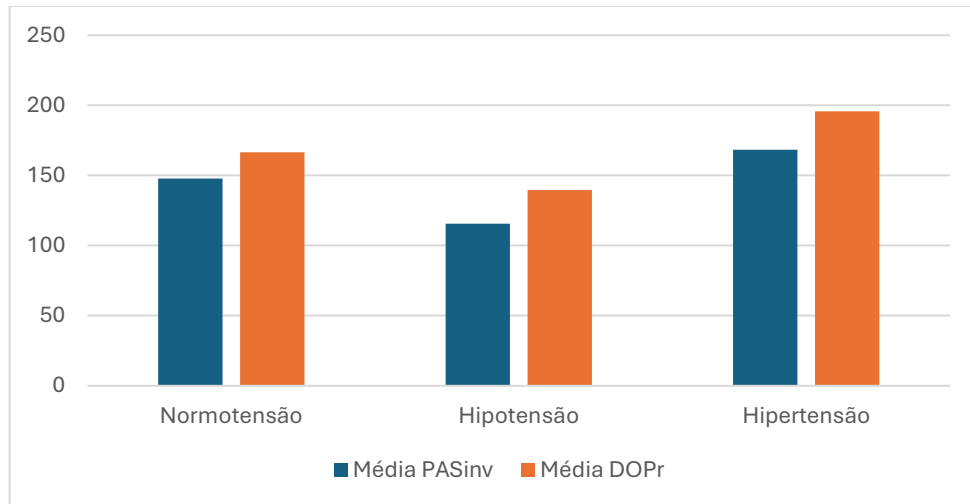
A segunda análise estatística feita entre as variáveis “métodos de mensuração de PA”, foi o Teste t pareado, na qual apresentou diferença estatística na normotensão, hipotensão e hipertensão, apresentando, respectivamente, $p = 0,03$; $p = 0,01$ e $p = 0,01$; afirmando assim, que não há concordância entre ambos os métodos.

Tabela 4- Médias e desvios-padrão da pressão arterial sistólica dos 8 animais pelo doppler (DOPr) e invasiva (PASinv) dos 8 animais em diferentes estados hemodinâmicos (normotensão, hipotensão e hipertensão) e seus respectivos p-valor.

	Normotensão	Hipotensão	Hipertensão
Média PASinv	$147,7 \pm 9,32^A$	$115,6 \pm 6,16^A$	$168,3 \pm 12,68^A$
Média DOPr	$166,5 \pm 20,67^B$	$139,5 \pm 35,14^B$	$195,7 \pm 22,08^B$
Valor p	$p = 0,03$	$p = 0,01$	$p = 0,01$

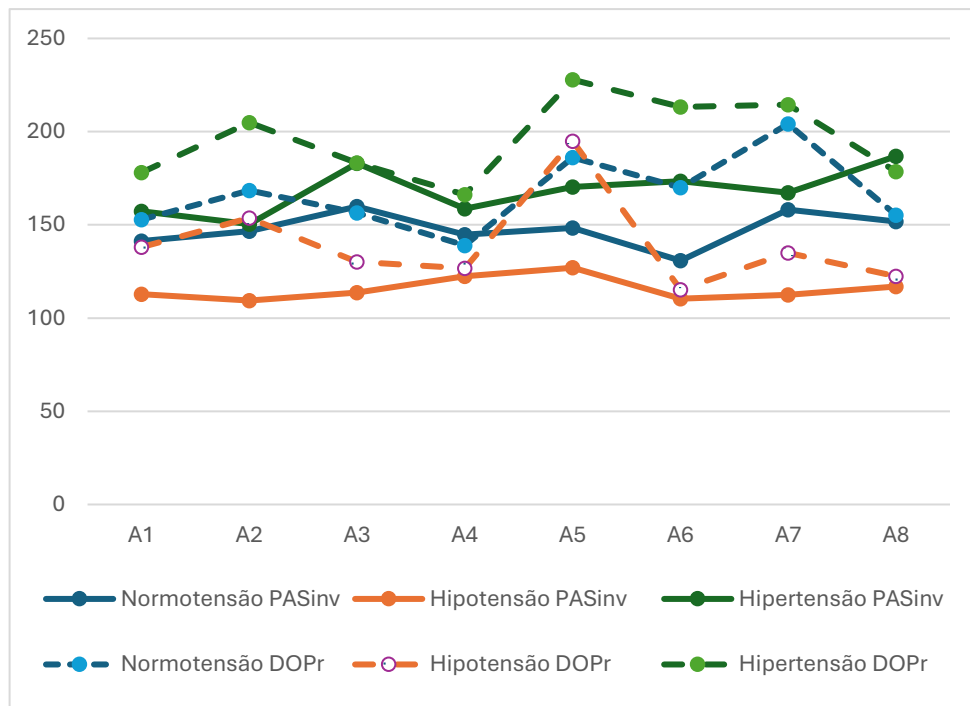
Fonte: Autor (2025). Entre grupos: médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si ($p < 0,05$).

Gráfico 3 - Gráfico de colunas representando as médias de PAS dos 8 animais pelo método invasivo e doppler durante a normotensão, hipotensão e hipertensão.



Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 4 - Gráfico linear relacionando as médias de PAS dos 8 animais pelo método invasivo e doppler durante a normotensão, hipotensão e hipertensão.

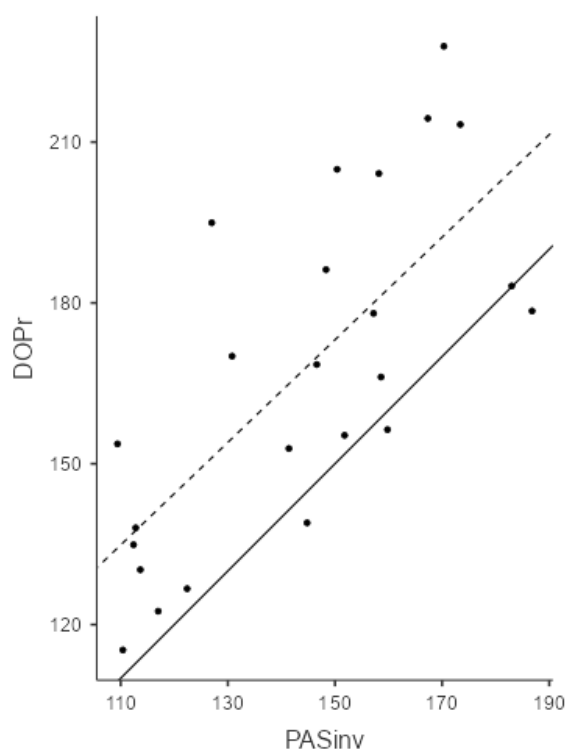


Fonte: Autoria própria (2025)

Por meio do Teste Bland-Altman, a relação entre a pressão arterial sistólica mensurada pelo método invasivo (PASinv) e pelo método doppler (DOPr) foi representada pelo Gráfico 5. É possível observar uma tendência linear positiva entre os valores obtidos, indicando que, à medida que a PASinv aumenta, ocorre de forma proporcional, a elevação dos valores no método doppler, indicando uma correlação entre os métodos. A linha contínua representa o

cenário onde há concordância dos valores pelas diferentes formas de mensuração ($y = x$), enquanto a linha tracejada corresponde a tendência média da relação entre PASinv e DOPr medidos, indicando que há variação entre as medições pelos diferentes métodos avaliados. A concordância estimada foi de 0,51, e os valores do doppler, ficaram majoritariamente, superiores aos valores do padrão ouro.

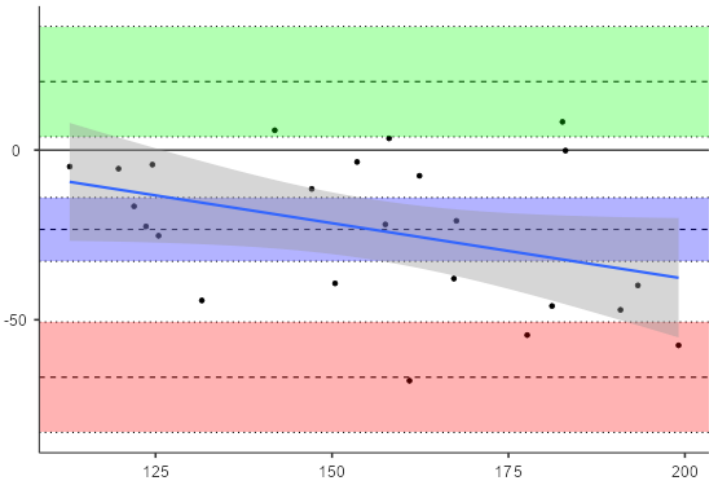
Gráfico 5 - Dispersão entre os valores médios de pressão arterial sistólica obtidos pelo método invasivo (PASinv) e pelo método oscilométrico (DOPr).



Fonte: Jamovi (2025)

O gráfico 6, visualizado a seguir, também gerado pelo Teste de Bland-Altman, avalia a concordância entre os valores obtidos pelos dois métodos propostos, utilizando a média entre PASinv e DOPr no eixo x, e a diferença entre os valores de cada método ($PASinv - DOPr$), no eixo y, para representar a variação. O viés apresentado pelo teste foi de -23,4, indicando que, em média, o valor do doppler é 23,4 mmHg maior que o valor de PAS pelo método invasivo.

Gráfico 6 - Concordância e viés dos valores médios de pressão arterial sistólica obtidos pelo método invasivo (PASinv) e pelo método oscilométrico (DOPpr).



Fonte: Jamovi 2025

6.5 Frequência Cardíaca

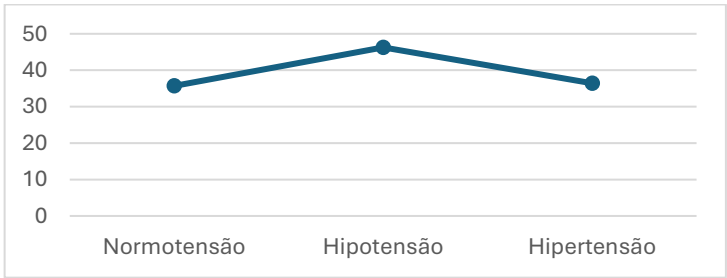
Neste estudo, analisaram-se as médias e os desvios padrão da frequência cardíaca (FC) de oito animais durante a normotensão, hipotensão e hipertensão. A Tabela 5 reúne os valores obtidos para cada estado, enquanto o Gráfico 7 demonstra a variação média da FC, possibilitando a observação desta alteração cardíaca, decorrentes das mudanças hemodinâmicas.

Tabela 5 - Médias e desvios padrão dos valores de frequência cardíaca de todas as mensurações dos 8 animais em cada estado hemodinâmico.

	Normotensão	Hipotensão	Hipertensão
Média FC	35,7 ± 6,5	46,27 ± 6,89	36,4 ± 7,19

Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 7- Valores das médias de frequências cardíacas dos 8 animais durante a normotensão, hipotensão e hipertensão.



Fonte: Autoria própria (2025)

7. DISCUSSÃO

A pressão arterial é um parâmetro comum na rotina veterinária, nas mais variadas espécies, tanto em animais conscientes quanto anestesiados. Dessa forma, foi analisado os resultados preliminares obtidos nesse estudo, após avaliar a concordância dos valores de pressão arterial sistólica (PAS) obtidos pelo método invasivo, considerado padrão-ouro, e pelo método não invasivo Doppler, em equinos em estação, em diferentes estados hemodinâmicos: normotensão, hipotensão e hipertensão.

Os resultados indicaram que, mesmo havendo correlação entre os métodos, comprovada pelos testes de Pearson e de Bland-Altman, não houve concordância nos três estados hemodinâmicos avaliados, visto que, o teste t pareado apresentou diferenças estatísticas significativas na normotensão, hipotensão e hipertensão, tendo p-valor, respectivamente, 0,03; 0,01 e 0,01. As análises evidenciam que, embora ambos os métodos apresentem a tendência em acompanhar as variações de pressão, de forma proporcional entre eles, o doppler superestimou os valores em relação a mensuração invasiva, com um viés médio de -23,4 mmHg. Estudos anteriores, de Riebold e Evans (1985), corroboram essas análises, descrevendo diferenças relevantes em relação aos valores dos métodos propostos, indireto doppler e direto.

O teste de Bland-Altman confirma esses resultados, a partir da linha de tendência média da relação entre PAS_{inv} e DOP_r, distante da linha de valores concordantes entre si (gráfico 5), e a linha de tendência de viés (gráfico 6) abaixo de 0, revelando assim, a sobrestimação do doppler e um coeficiente de concordância de apenas 0,51 entre as variáveis. Esses resultados indicam que, mesmo que o animal se mantenha na normotensão, sem alteração hemodinâmica, o Doppler não reflete com precisão a PAS real, havendo variabilidades e diagnósticos imprecisos em relação a técnica invasiva, como já citado por Heliczner et al. (2016). O estudo de Bailey, et al (1994) reforça que, mesmo com as correções dos valores do doppler a partir da pressão hidrostática, não ocorre a acurácia das aferições, assim como foi visto a partir das médias, nesse trabalho. Entretanto, ao avaliar a tabela 4, nota-se a concordância entre algumas mensurações de forma individual e isolada, durante as medições, porém, essa semelhança de valores acontece de forma irregular, não apresentando um padrão, na qual os três estados hemodinâmicos contêm algum momento de concordância, seguida também de variação entre os valores de PAS_{inv} e DOP_r.

Como discutido por Skelding e Valverde (2020) em estudos anteriores, a pressão arterial sistólica apresenta tendência a aumentar quando mensurada em regiões periféricas do corpo, devido a maior resistência vascular periférica, condição que pode justificar a sobrestimação observada no doppler em cauda. Embora a pressão arterial média diminua à medida que avança para periferia, a PAS tende a aumentar devido a redução do calibre dos compartimentos arteriais periféricos (Bailey; et al, 1994). A hipertensão foi o principal estado hemodinâmico em que o doppler superestimou o valor da PAS_{inv} levando a maior viés, na qual, a vasoconstrição periférica ocasionada pela administração de norepinefrina associada ao menor diâmetro da artéria coccígea em relação a artéria facial (Bailey; et al; 1994) gera aumento, significativo, dos valores de PAS pelo doppler em relação ao padrão ouro de mensuração.

A variação do Doppler em relação à pressão invasiva, apresentada em valores absolutos no Gráfico 6 e expressa pelo viés calculado no teste de Bland-Altman, retrata que durante a hipotensão ocorre a menor diferença, uma vez que a linha de tendência do viés se aproxima mais do ponto zero. Esse achado contraria os resultados descritos por Bailey et al. (1994) e Grandy et al. (1987), que relataram maior probabilidade de erros na mensuração de pacientes com PAS reduzida, além de indicarem que a superestimação dos valores pelo Doppler em situações de hipotensão poderia dificultar a detecção precoce desse quadro e, consequentemente, favorecer complicações associadas à perfusão tecidual inadequada.

Deve-se ressaltar que, o presente estudo utiliza dado preliminares, na qual durante as mensurações de hipotensão, o animal 5 representa um outlier na hipotensão ($194,95 \pm 8,5$), devido a valores que fogem da curva de tendência em relação aos demais animais, de forma que posteriormente, deve-se realizar uma nova avaliação deste animal (A5), e se esses valores se mantiverem, é necessário a exclusão do animal do experimento. Além disso, nota-se que o animal o animal 7 demonstrou não tolerar valores de hipotensão necessárias para o estudo ($PAM \leq 87$ mmHg), e foi necessário realizar a média dos demais animais nesse estado hemodinâmico, para obtenção do dado equivalente. Sendo assim, há possibilidade de que a discordância do presente estudo em relação Bailey et al. (1994) e Grandy et al. (1987), sobre o uso do doppler em PAS baixas, tenha relação com as limitações das mensurações do estado de hipotensão descritos anteriormente.

No trabalho realizado, avaliou-se também, a frequência cardíaca dos animais, para observação de possíveis respostas compensatórias, na qual, o estado de hipotensão indicou aumento significativo de FC frente à queda da pressão arterial. A indução da hipotensão decorreu da utilização de acepromazina, um fármaco da classe dos fenotiazínicos que atua

bloqueando vias dopaminérgicas, catecolaminérgicas e histaminérgicas (Massone, 2019), e de nitroprussiato de sódio, fármaco que promove vasodilatação arterial e venosa por meio da liberação de ácido nítrico, um potente dilatador endógeno (Haskins, 2017). Esse aumento pode ser explicado a partir do mecanismo de compensação referente a ativação do barorreflexo arterial, na qual a queda da PAM, estimula mecanorreceptores localizados nos seios carotídeos e arco aórtico, ocasionando aumento da atividade simpática, simultaneamente a redução da atividade parassimpática no nodo sinoatrial.

Essa resposta resulta na elevação da frequência cardíaca e promove vasoconstrição periférica de órgãos não críticos, atenuando os efeitos da queda da pressão arterial (Stephenson, 2021; Noel-Morgan; Muir, 2018). Durante o experimento, foi possível observar a atuação dos mecanismos compensatórios não apenas pelo aumento da frequência cardíaca, mas também pela variação nos tempos de indução à hipotensão entre os animais. Apesar de não ter sido mensurado o tempo exato e o viés relacionado, para atingir os valores de hipotensão, essa diferença pôde ser notada ao longo das induções nos 8 animais.

Apesar do desvio referente a acurácia dos métodos não invasivos e da dificuldade na interpretação dos valores na rotina clínica (Skelding; Valverde, 2020), o doppler também apresenta vantagens práticas, como, menor custo, rapidez e praticidade (Fantoni; Cortopassi, 2010). Deve-se levar em consideração quando se trata de animais conscientes ou em que a cateterização não seja viável, de forma que a interpretação do valor obtido deve passar por correção em relação a pressão hidrostática e considerar que mesmo assim, há sobrestimação do doppler, principalmente na hipertensão.

8. CONCLUSÃO

Pode-se concluir, com os resultados preliminares, que há correlação entre os métodos invasivo e Doppler para mensuração da PAS de equinos em estação, porém não foi observada concordância entre eles nos diferentes estados hemodinâmicos. O Doppler apresentou tendência a superestimar os valores, especialmente durante a hipertensão. Dessa forma, seu uso deve ser interpretado considerando a correção hidrostática e a possibilidade de valores superiores ao real, mas ainda assim pode ser útil na rotina clínica devido à praticidade e baixo custo. Ressalta-se que os resultados são preliminares, sendo necessária a avaliação de um maior número de animais e a reavaliação de casos de inconsistência na hipotensão para consolidar as análises e interpretações.

REFERÊNCIAS

- ACIERNO, M. J. et al. **ACVIM consensus statement: Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats.** *Journal of Veterinary Internal Medicine*, v. 32, n. 6, p. 1803–1822, 2018.
- BAILEY, J. E.; DUNLOP, C. I.; CHAPMAN, P. L.; et al. **Indirect Doppler ultrasonic measurement of arterial blood pressure results in a large measurement error in dorsally recumbent anaesthetized horses.** *Equine Veterinary Journal*, v. 26, p. 70–73, 1994.
- FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G. *Anestesiologia veterinária: pequenos animais*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2010. cap. 6, p. 91–94.
- GARDNER, R. M. **Direct blood pressure measurement – dynamic response requirements.** *Anesthesiology*, v. 54, p. 227–236, 1981.
- GRANDY, J. L.; STEFFEY, E. P.; HODGSON, D. S.; et al. **Arterial hypotension and the development of postanesthetic myopathy in halothane-anesthetized horses.** *American Journal of Veterinary Research*, v. 48, p. 192, 1987.
- HASKINS, Steve C. **Monitoramento de pacientes anestesiados.** In: GRIMM, Kurt A.; LAMONT, Leigh A.; TRANQUILLI, William J.; GREENE, Stephen A.; ROBERTSON, Sheila A. (eds.). *Lumb & Jones – Anestesiologia e Analgesia em Veterinária*. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017. p. 84-87.
- HATZ, Lea-Annina; HARTNACK, Sonja; KÜMMERLE, Jan; HÄSSIG, Michael; BETTSCHART-WOLFENSBERGER, Regula. **Estudo de medição da pressão arterial não invasiva com o dispositivo oscilométrico Sentinel em cavalos anestesiados com isoflurano.** *Anestesia e Analgesia Veterinária*, v. 42, n. 4, p. 369–376, jul. 2015.
- HELICZER, N.; LORELLO, O.; CASONI, D.; NAVAS DE SOLIS, C. **Accuracy and precision of noninvasive blood pressure in normo-, hyper-, and hypotensive standing and anesthetized adult horses.** *Journal of Veterinary Internal Medicine*, v. 30, n. 3, p. 866–872, 2016.
- KLEIN, L. **Anesthetic complications in the horse.** *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v. 6, n. 3, p. 665–692, dez. 1990.

MARSH, P. S. **Approach to equine critical care: monitoring arterial blood pressure.** In: REED, S. M.; BAYLY, W. M.; SELLON, D. C. (ed.). *Equine internal medicine*. 3. ed. St. Louis: Saunders, 2010. p. 254–256.

MARK, J. B. *Atlas of Cardiovascular Monitoring*. New York: Churchill Livingstone, 1998.

MASSONE, Flavio. *Anestesiologia Veterinária - Farmacologia e Técnicas*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

NOEL-MORGAN, J.; MUIR, W. W. **Anesthesia-associated relative hypovolemia: mechanisms, monitoring, and treatment considerations.** *Frontiers in Veterinary Science*, [S. l.], v. 5, article 53, 2018.

PARRY, B. W.; MCCARTHY, M. A.; ANDERSON, G. A. **Survey of resting blood pressure values in clinically normal horses.** *Equine Veterinary Journal*, v. 16, n. 1, p. 53-58, 1984.

PRATT, S. et al. **Bias associated with peripheral non-invasive compared to invasive arterial blood pressure measurement in horses.** *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 49, n. 2, p. 132–139, 2022.

RIEBOLD, T. W.; EVANS, A. T. **Blood pressure measurements in the anesthetized horse: comparison of four methods.** *Veterinary Surgery*, v. 14, n. 4, p. 332–337, 1985.

SKELDING, Alicia; VALVERDE, Alexander. **Non-invasive blood pressure measurement in animals: Part 1 — Techniques for measurement and validation of non-invasive devices.** *Canadian Veterinary Journal*, v. 61, n. 4, p. 368-374, Apr. 2020.

SKELDING, Alicia; VALVERDE, Alexander. **Review of non-invasive blood pressure measurement in animals: Part 2 — Evaluation of the performance of non-invasive devices.** *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 47, n. 5, p. 635-648, 2020.

STEPHENSON, Robert B. **O coração como uma bomba.** In: KLEIN, Bradley G. (ed.). *Cunningham – Tratado de Fisiologia Veterinária*. 6. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2021. p. 200-211.

STEPHENSON, Robert B. **As circulações sistêmica e pulmonar.** In: KLEIN, Bradley G. (ed.). *Cunningham – Tratado de Fisiologia Veterinária*. 6. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2021. p. 213-222.

TAYLOR, P. M. **Techniques and clinical application of arterial blood pressure measurement in the horse.** *Equine Veterinary Journal*, v. 13, n. 4, p. 271–275, out. 1981.

VALVERDE, A. **Ressuscitação fluida para hipotensão refratária.** *The Canadian Veterinary Journal*, v. 62, n. 3, p. 275–278, mar. 2021.

WILLIAMSON, J. A.; LEONE, S. **Monitoramento não invasivo da pressão arterial.** In: BURKITT CREEDON, J. M.; DAVIS, H. (Ed.). *Monitoramento e procedimentos avançados para emergências e cuidados intensivos de pequenos animais*. 1. ed. Ames, Iowa: Wiley Blackwell, 2012. p. 134–144.