

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**NADYNE SOUZA MOREIRA**

**INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS DE USO  
INTRAVENOSO PARA EQUINOS**

Viçosa – Minas Gerais  
2024

NADYNE SOUZA MOREIRA

**INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS DE USO  
INTRAVENOSO PARA EQUINOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcel Ferreira Bastos Avanza

Coorientadores: José Dantas Ribeiro Filho  
Rinaldo Batista Viana

Viçosa – Minas Gerais  
2024

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M838i  
2024  
Moreira, Nadyne Souza, 1996-  
Inovação no desenvolvimento de soluções eletrolíticas de  
uso intravenoso para equinos / Nadyne Souza Moreira. – Viçosa,  
MG, 2024.  
1 dissertação eletrônica (101 f.): il.

Orientador: Marcel Ferreira Bastos Avanza.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Veterinária, 2024.

Referências bibliográficas: 95-101.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.149>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Equinos. 2. Soluções eletrolíticas. 3. Inovação. I. Avanza,  
Marcel Ferreira Bastos, 1979-. II. Universidade Federal de  
Viçosa. Veterinária. Mestrado em Medicina Veterinária.  
III. Título.

CDD. 23. ed. 636.089


NADYNE SOUZA MOREIRA

**INOVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS DE USO  
INTRAVENOSO PARA EQUINOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.


Aprovada em: 29/02/2024

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 NADYNE SOUZA MOREIRA  
Data: 19/03/2024 20:41:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Nadyne Souza Moreira  
(Autora)

Documento assinado digitalmente  
 MARCEL FERREIRA BASTOS AVANZA  
Data: 21/03/2024 18:29:41-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Marcel Ferreira Bastos Avanza  
(Orientador)

Dedico esta dissertação aos meus pais, Cica e Eduardo, e ao amigo Rafael Lírio (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Cica e Eduardo, meus maiores incentivadores, exemplos de bondade e honestidade, e que sempre lutaram e se alegraram por cada conquista minha. Aos meus avós, Zefa e Othon, por serem meus maiores exemplos de amor e generosidade, e por iluminarem até os dias mais difíceis.

Aos meus orientadores, pelo aceite e confiança ao entregar um projeto tão importante em minhas mãos. Professor Dantas, sou muito grata pela sua presença constante durante minha trajetória acadêmica e por não medir esforços para me fazer crescer como profissional. Ao Professor Marcel, muito obrigada por todo o vasto conhecimento e experiências que compartilhou comigo e, principalmente, por ter se tornado um modelo admirável de paciência, generosidade e empatia que levarei para a vida.

Ao professor Domingos, por ter me apoiado e incentivado nessa nova jornada. Muito mais que isso, te agradeço por ter feito com que eu me encantasse pelo mundo desafiador e fascinante da clínica médica de equinos e por sempre ter confiado na minha competência dentro dessa área, isso faz toda a diferença.

A todos os meus familiares, por, mesmo com a distância, continuarem sendo minha rede de apoio e me receberem sempre com abraços acolhedores, independente do tempo, pois compreendem o quanto amo a profissão que tenho. Família é o amor na sua forma mais pura e nosso bem mais precioso. Sou muito grata e feliz por contar com vocês verdadeiramente ao meu lado.

Agradeço ao elo mais verdadeiro e inesperado que fiz em Viçosa, meu pequeno e inseparável “Nó”: Brenda, Maria, Júlia, João e Tuti, a conexão que tivemos foi rara e genuína. Soubemos admirar todas as nossas afinidades, mas, acima de tudo, respeitar as nossas inúmeras diferenças e aprender com elas. Eu só tenho a agradecer por terem sido minha família e meus parceiros para tudo, minha força e meu braço direito. Meu amor e gratidão por vocês serão eternos.

Agradeço em especial a Maria. Obrigada por ter me ajudado tanto durante nossa jornada, especialmente no meu experimento, e por ter assumido tantas responsabilidades só para que eu pudesse estar ao lado de meu pai quando precisei. Eu te amo e jamais esquecerei o que fez por mim.

A Fernanda Lara, por ter feito as fotos do experimento com tanto esmero e por ter se tornado uma irmã de alma. Obrigada pela tranquilidade e paz que me passou, pelas conversas,

troca de conselhos, por ser luz e por levar essa luz para minha casa e minha família. Saiba que você sempre terá um lar de braços e coração abertos para você na Bahia.

A Guilherme, por ter abdicado do seu tempo para me ajudar na execução do experimento. Agradeço também por ter sido uma grata surpresa nesse ano difícil, pela amizade leve e descontraída que construímos e por despertar minha admiração clínica. Sou extremamente feliz em saber que ainda existem pessoas como você, e que elas estão mais do que dispostas a compartilhar esse conhecimento com o mundo. Isso me motiva a continuar.

A Rafael Lírio, por ser sempre o meu anjo protetor. O meu mundo hoje é um lugar melhor porque você existiu. Obrigada por tudo. Essa conquista, assim como todas as outras, é nossa.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram no experimento e aos amigos que fiz no Departamento de Veterinária durante toda a minha trajetória acadêmica, deixo aqui minha gratidão, em especial a Ana Flores, Vanessa, Eduarda, Marina, Felipe, Douglas e Caroline.

Ao professor Bruno Moura, pela realização da análise estatística e por ter tanta paciência e disposição para me ensinar tudo do zero.

Ao professor Fabrício Luciani, por estar sempre disposto a me ajudar com as dúvidas relacionadas a estatística e, acima de tudo, por ter se tornado um grande exemplo de educador e de gentileza. Fabrício e Dani foram uma das maiores surpresas que tive e grandes impulsionadores na minha trajetória. Sempre lembrarei de vocês como parte importante do meu crescimento profissional e, principalmente, pessoal durante o mestrado. Muito obrigada por terem compartilhado tanto sobre educação e ensino em tão pouco tempo e por terem me feito admirar ainda mais essa arte.

Ao Departamento de Veterinária (DVT) da UFV, por me receber de portas abertas e a todos os professores e funcionários que me ajudaram e incentivaram durante a minha trajetória. Agradeço em especial a Rosi, por toda atenção, educação e carinho, a Luís e Marquinhos, por terem se empenhado em deixar todo o material perfeito para uso durante o experimento, e a Nilson, por ter cuidado dos animais do experimento com tanta atenção.

Ao Laboratório Clínico Veterinário do DVT-UFV, em especial a Cíntia e Aécio, por terem realizado algumas das análises laboratoriais da minha pesquisa com total dedicação.

Ao setor de Clínica e Cirurgia de Grandes Animais do DVT-UFV, por todo o suporte concedido, não só durante a pesquisa, mas nos quase dois anos que frequentei o departamento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), deixo aqui meus agradecimentos pela concessão da bolsa de estudos.

Ao médico veterinário Renan Mendes, por disponibilizar dois dos animais utilizados durante a pesquisa.

Por fim, um agradecimento extremamente especial a todos os equinos que contribuíram para essa pesquisa. Sem eles nada disso seria possível e é por todos eles que busco melhorar profissional e pessoalmente dentro da medicina equina. Serei eternamente grata a vocês: Avelã, Amora, Atriz, Simoninha, Britney, Bethany, Amêndoa e Ringo.

## RESUMO

MOREIRA, Nadyne Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024. **Inovação no desenvolvimento de soluções eletrolíticas de uso intravenoso para equinos.** Orientador: Marcel Ferreira Bastos Avanza. Coorientadores: José Dantas Ribeiro Filho e Rinaldo Batista Viana.

A hidratação é a modalidade terapêutica mais adequada e indispensável para o tratamento de distúrbios hidroeletrólíticos e ácido base, sendo a via intravenosa a mais conhecida e utilizada em equinos. Apesar disso, não existem soluções eletrolíticas intravenosas no mercado brasileiro formuladas especificamente para equinos, sejam elas de reposição ou manutenção. O objetivo deste trabalho foi formular e avaliar a eficácia e efeitos de duas soluções eletrolíticas para uso intravenoso em equinos desidratados experimentalmente. Para isso, foram utilizados seis equinos adultos hígidos submetidos a protocolo de desidratação experimental. O delineamento experimental foi do tipo *cross-over* 6x2, onde cada animal foi submetido ao tratamento com as duas soluções eletrolíticas em um sistema de rodízio randomizado. A solução 1 (SOL.1) contendo Cloreto de Na, Cloreto de K, Cloreto de Ca, Cloreto de Mg e Acetato de Na foi infundida por via intravenosa na taxa de 10 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> durante 6 horas e 5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nas 6 horas subsequentes. A solução 2 (SOL.2) contendo Cloreto de Na, Cloreto de K, Cloreto de Ca, Cloreto de Mg e Acetato de Na foi infundida por via intravenosa na taxa de 10 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> durante 6 horas e 5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nas 6 horas subsequentes. As avaliações clínicas e laboratoriais foram realizadas nos seguintes tempos: T-36h; T0h; T4h; T8h; T12h; T24h; T36h e T48h. O presente ensaio clínico foi precursor no desenvolvimento e avaliação de soluções eletrolíticas de uso intravenoso para equinos. A administração das soluções eletrolíticas foi eficaz em recompor a hidratação sem ocasionar agravos à saúde dos animais. Ademais, esse estudo abre a possibilidade de uma nova fase da hidratação intravenosa, pois irá gerar informações essenciais para o aperfeiçoamento e avanço de uma solução eletrolítica de uso intravenoso exclusiva para animais da espécie equina.

Palavras-chave: eletrólitos; hidratação; manutenção; parenteral; reposição.

## ABSTRACT

MOREIRA, Nadyne Souza, M.Sc., Federal University of Viçosa, February, 2024. **Innovation in the development of electrolyte solutions for intravenous use for horses.** Advisor: Marcel Ferreira Bastos Avanza. Co-advisors: José Dantas Ribeiro Filho and Rinaldo Batista Viana.

Fluid therapy is a more appropriate and necessary therapeutic modality for the treatment of water-electrolyte and acid-base disorders, with the intravenous route being the best known and commonly used method in horses. However, there are no electrolyte solutions available in Brazilian market specifically formulated for horses, whether for replacement or maintenance purposes. The aim of this study was to formulate and evaluate the effectiveness of two electrolyte solutions for intravenous use in experimentally induced dehydrated horses. Six healthy adult horses and submitted to an experimental dehydration protocol. The experimental design was a 6x2 cross-over, and each animal was subjected to treatment with the two electrolyte solutions in a selected rotation system. Solution 1 (SOL.1) containing Na Chloride, K Chloride, Ca Chloride, Mg Chloride and Na Acetate was infused intravenously at the rate of 10 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> over 6 hours and 5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> in the subsequent 6 hours. Solution 2 (SOL.2) containing Na Chloride, K Chloride, Ca Chloride, Mg Chloride and Na Acetate was infused intravenously at the rate of 10 kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> over 6 hours and 5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> in the subsequent 6 hours. Clinical and laboratory evaluations consultations were carried out at the following times: T-36h; T0h; T4h; T8h; T12h; T24h; T36h and T48h. The present clinical trial was a precursor in the development and evaluation of electrolyte solutions for intravenous use for horses. The administration of electrolyte solutions was effective in restoring hydration without causing harm to the animals' health. Furthermore, this study opens the possibility of a new phase of intravenous fluid therapy, as it will generate essential information for the improvement and advancement of an electrolyte solution for intravenous use exclusively for horses.

Keywords: electrolytes; fluid therapy; maintenance; parenteral; replacement.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Processos de preparação dos animais.....	35
<b>Figura 2</b> – Início da hidratação intravenosa com animais alocados em baias.....	36
<b>Figura 3</b> – Distribuição dos tempos experimentais.....	38
<b>Figura 4</b> – Exame físico dos animais.....	39
<b>Figura 5</b> – Colheita asséptica de amostras de sangue para exames laboratoriais.....	40
<b>Figura 6</b> – Analisador hematológico automático (HumaCount Plus®).....	40
<b>Figura 7</b> – Refratômetro Modelo 8494.....	41
<b>Figura 8</b> – Osmômetro (Osmometer Model 3320®) e analisador automático Radiometer ABL 5® .....	42
<b>Figura 9</b> – pHmetro Digital de Bancada Del Lab®.....	43
<b>Figura 10</b> – Fezes já armazenadas em bandeja de alumínio sendo pesadas.....	44
<b>Figura 11</b> – Frequência cardíaca e frequência respiratória de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	46
<b>Figura 12</b> - Motilidade intestinal de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	47
<b>Figura 13</b> – Tempo de enchimento capilar de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	48
<b>Figura 14</b> - Umidade de mucosa de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	49
<b>Figura 15</b> – Temperatura corporal de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	49
<b>Figura 16</b> – Umidade das fezes de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	50
<b>Figura 17</b> – Peso corporal de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	52
<b>Figura 18</b> – Volume globular e eritrócitos de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	54
<b>Figura 19</b> – Hemoglobina de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	54
<b>Figura 20</b> – Volume globular médio de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	55

<b>Figura 21</b> – Concentração de hemoglobina globular média de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	55
<b>Figura 22</b> – Contagem total de leucócitos e de bastonetes em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	57
<b>Figura 23</b> – Contagem de neutrófilos segmentados e eosinófilos em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	57
<b>Figura 24</b> – Contagem de linfócitos e monócitos em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	58
<b>Figura 25</b> – Contagem de basófilos em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	58
<b>Figura 26</b> – Contagem de proteínas plasmáticas totais de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	60
<b>Figura 27</b> – Fibrinogênio e plaquetas de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	61
<b>Figura 28</b> – Osmolalidade sérica de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	63
<b>Figura 29</b> – Ureia e creatinina séricos de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	65
<b>Figura 30</b> – Gama glutamil transferase sérica e glicose de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	66
<b>Figura 31</b> – Proteínas séricas totais e albumina sérica de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	67
<b>Figura 32</b> – Lactato plasmático de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	67
<b>Figura 33</b> – Cálcio ionizado sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	68
<b>Figura 34</b> – Fósforo sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	69
<b>Figura 35</b> – Magnésio sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	70
<b>Figura 36</b> – Sódio sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	71
<b>Figura 37</b> – Potássio sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	72

<b>Figura 38</b> – Cloreto séricos de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	73
<b>Figura 39</b> – pH sanguíneo (venoso) de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	76
<b>Figura 40</b> – Pressão parcial de gás carbônico e concentração de bicarbonato de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	77
<b>Figura 41</b> – Concentração de base de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	78
<b>Figura 42</b> – Anion Gap de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	79
<b>Figura 43</b> – Diferença de íons fortes de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	80
<b>Figura 44</b> – Ácidos fracos totais de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	80
<b>Figura 45</b> – Densidade urinária e aspecto da urina de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	84
<b>Figura 46</b> – Amostras de urina nos diferentes tempos experimentais.....	84
<b>Figura 47</b> – pH urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	85
<b>Figura 48</b> – Ureia e creatinina urinária de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	86
<b>Figura 49</b> – Cálcio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	86
<b>Figura 50</b> –Fósforo urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	87
<b>Figura 51</b> – Magnésio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	88
<b>Figura 52</b> – Sódio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	89
<b>Figura 53</b> – Potássio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	90
<b>Figura 54</b> – Cloreto urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	90

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Graus de desidratação e sinais clínicos associados.....	26
<b>Tabela 2</b> – Soluções cristaloides intravenosas mais utilizadas no Brasil e suas composições	30
<b>Tabela 3</b> – Delineamento experimental.....	35
<b>Tabela 4</b> – Composição das soluções eletrolíticas hipotônicas de uso intravenoso em equinos .....	36
<b>Tabela 5</b> – Valores médios e desvio-padrão da Frequência Cardíaca (bpm), Frequência Respiratória (mpm), Motilidade Intestinal (escala de 0-12), Tempo de Enchimento Capilar (seg) e Temperatura Retal (C°) dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	50
<b>Tabela 6</b> – Valores médios e desvio-padrão do Peso Corporal dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades. .	51
<b>Tabela 7</b> – Valores médios e desvio-padrão de volume globular, contagem de eritrócitos, hemoglobina, volume globular médio e concentração de hemoglobina globular média dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	55
<b>Tabela 8</b> – Valores médios e desvio-padrão de leucócitos, bastonetes, segmentados, eosinófilos, linfócitos, monócitos e basófilos dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	58
<b>Tabela 9</b> – Valores médios e desvio-padrão de proteínas plasmáticas totais, fibrinogênio e plaquetas dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	61
<b>Tabela 10</b> – Valores médios e desvio-padrão de osmoloridade sérica, ureia, creatinina, glicose, gama glutamil transferase, proteínas séricas totais, albumina, cálcio ionizado, fósforo, magnésio, sódio, potássio, cloreto e lactato dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	73
<b>Tabela 11</b> - Valores médios e desvio-padrão de pH, pressão parcial de gás carbônico (pCO <sub>2</sub> ), concentração de bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), concentração de base (cBASE), anion gap (AG), diferença de íons fortes (DIF) e ácidos fracos totais (A <sub>tot</sub> ) do sangue venoso dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades.....	81

**Tabela 12** – Valores médios e desvio-padrão de densidade, aspecto, pH, ureia, creatinina, cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio e cloreto urinários dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades. .91

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>16</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>19</b>
1.1.1 Objetivos gerais.....	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
<b>1.2 Hipóteses.....</b>	<b>19</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Equilíbrio hidroeletrólítico e ácido base em equinos.....</b>	<b>21</b>
2.1.1 Distribuição dos líquidos corporais e equilíbrio hidroeletrólítico.....	21
2.1.2 Equilíbrio ácido base.....	22
<b>2.2 Importância e aspectos clínicos da desidratação em equinos.....</b>	<b>22</b>
2.2.1 Tipos de desidratação.....	23
2.2.2 Desequilíbrios eletrolíticos e ácido base no equino desidratado.....	23
2.2.3 Avaliação clínica do equino desidratado.....	26
2.2.4 Hidratação em Equinos.....	27
2.2.5 Histórico da Hidratação Intravenosa.....	28
2.2.6 Soluções eletrolíticas intravenosas para equinos.....	29
2.2.7 Lactato de sódio versus acetato de sódio.....	31
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Locais de execução.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2 Animais.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Instalações e manejo.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4 Preparo dos animais.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5 Delineamento experimental.....</b>	<b>35</b>
<b>3.6 Tratamento experimental.....</b>	<b>36</b>
<b>3.7 Tempos de avaliações clínicas e colheitas.....</b>	<b>37</b>
<b>3.8 Avaliação clínica.....</b>	<b>37</b>
3.8.1 Exame físico.....	37
3.8.2 Exames laboratoriais.....	39
<b>3.9 Análise estatística.....</b>	<b>43</b>
<b>4. CAPÍTULOS.....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>44</b>

<b>NOVAS SOLUÇÕES ELETROLÍCAS DE USO INTRAVENOSO EM EQUINOS: EFEITOS SOBRE VARIÁVEIS CLÍNICAS, HEMOGRAMA E UMIDADE DAS FEZES.....</b>	<b>44</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>44</b>
<b>Conclusão    60</b>	
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>62</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE NOVAS SOLUÇÕES ELETROLÍCAS DE USO INTRAVENOSO PARA EQUINOS: EFEITOS SOBRE PERFIL ELETROLÍTICO E ÁCIDO BASE.....</b>	<b>62</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>62</b>
<b>Conclusão    80</b>	
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>82</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE NOVAS SOLUÇÕES ELETROLÍCAS DE USO INTRAVENOSO PARA EQUINOS: EFEITOS SOBRE O EXAME DE URINA E BIOQUÍMICA URINÁRIA.....</b>	<b>82</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>82</b>
<b>Conclusão    90</b>	
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>93</b>
<b>REFEÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A mudança do manejo e da finalidade dos equinos, culminando com a sua domesticação, fez com que diversas enfermidades se manifestassem de forma mais frequente nessa espécie. A desidratação é um dos principais distúrbios observados em equinos acometidos com algumas dessas enfermidades, como doenças gastrointestinais e renais, redução no consumo de alimentos e água ou exercícios extenuantes. A modalidade terapêutica adequada e indispensável para o tratamento desses distúrbios hidroeletrólíticos e ácido-base é a hidratação, sendo a sua realização um fator determinante entre o bom prognóstico e o óbito do paciente (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2009).

Para a realização da terapia de hidratação existem algumas opções de vias de administração a serem escolhidas, como as vias nasogástrica, nasoesofágica, intracecal, intrarectal ou intravenosa (CRABTREE; EPSTEIN, 2021; DIAS *et al.*, 2021; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2023). Mesmo com uma variedade de opções, a via intravenosa continua sendo a mais empregada e também a mais conhecida. Essa via se tornou preferência de médicos veterinários devido a sua comprovada rapidez na correção de desequilíbrios hidroeletrólíticos intensos (CHOW, 2021).

Apesar da sua considerável utilização na clínica de equinos, a via intravenosa encontra uma barreira no que diz respeito a oferta de soluções eletrólíticas e ao custo financeiro. As opções de soluções intravenosas são restritas e todas elas são formuladas especificamente para humanos. Sendo assim, inexistente, até o presente momento, solução eletrólítica de uso intravenoso equilibrada para equinos no mercado nacional.

Durante a rotina clínica e cirúrgica, a solução intravenosa mais utilizada para tratar ou prevenir desequilíbrios hídricos é a de ringer com lactato de sódio. Esse uso é justificado por ser essa a solução eletrólítica disponível no mercado que mais se aproxima da composição do plasma equino. Contudo, seu uso contínuo e prolongado pode suscitar alguns desbalanços, visto que essa é uma solução formulada para a fase de reposição hídrica e não possui todos os eletrólitos necessários para a manutenção da homeostase na espécie equina (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2020).

Além disso, nos últimos anos, houve notável escassez de soluções eletrólíticas de uso intravenoso no mercado, principalmente da solução de ringer com lactato de sódio. Em muitas regiões do Brasil, veterinários autônomos e hospitais veterinários, não conseguiram tratar os pacientes, pois a oferta dessa solução no mercado não conseguiu suprir toda a demanda. Por

vezes, as soluções também eram vendidas por valores altos, impedindo o tratamento de alguns pacientes, principalmente aqueles com restrições de custo.

Sintetizando, há cerca de mais de oitenta anos, soluções eletrolíticas específicas para humanos, escassas de eletrólitos importantes para os equinos, são utilizadas nessa espécie, muitas vezes elevando o custo do tratamento ou até impossibilitando o mesmo. Dentro desse contexto, surge então a relevância do desenvolvimento de soluções eletrolíticas de uso intravenoso, sejam elas de reposição e manutenção, formuladas especificamente para a espécie equina.

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivos gerais*

- Formular e avaliar a eficácia e os efeitos de duas soluções eletrolíticas hipotônicas para uso intravenoso em equinos desidratados experimentalmente, com o intuito de disponibilizar soluções eletrolíticas mais adequadas para terapias intravenosas de reposição e manutenção hidroeletrolítica.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- Formular duas soluções eletrolíticas hipotônicas intravenosas para serem utilizadas como reposição ( $10 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e/ou como manutenção ( $5 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ );

- Avaliar os efeitos clínicos da administração de duas soluções eletrolíticas hipotônicas intravenosas como terapia de reposição ( $10 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , durante seis horas), por meio de exames físicos e laboratoriais em equinos;

- Avaliar os efeitos clínicos da administração de duas soluções eletrolíticas hipotônicas intravenosas como terapia de manutenção ( $5 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , durante seis horas), por meio de exames físicos e laboratoriais em equinos;

- Verificar a eficácia de duas soluções eletrolíticas hipotônicas intravenosas para uso em equinos como terapia de reposição e/ou manutenção.

## **1.2 Hipóteses**

- Ambas as soluções eletrolíticas intravenosas serão eficazes em corrigir a desidratação gerada experimentalmente nos animais bem como seus consequentes desequilíbrios, sem a manifestação de efeitos adversos;

- Ambas as soluções eletrolíticas intravenosas poderão ser utilizadas como terapia de reposição e manutenção para equinos;

- A solução menos hipotônica será mais adequada para reposição e a solução mais hipotônica será mais adequada para manutenção.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Equilíbrio hidroeletrolítico e ácido base em equinos

#### 2.1.1 Distribuição dos líquidos corporais e equilíbrio hidroeletrolítico

Para a realização de uma terapia de hidratação coerente e bem sucedida, a compreensão da distribuição e dinâmica dos líquidos corporais é indispensável. Os líquidos corporais encontram-se distribuídos em espaços no organismo equino. É necessário destacar que esses líquidos estão em constante movimento e mudando de acordo com as necessidades fisiológicas (FIELDING, 2015a). Sendo assim, os espaços que serão discutidos a seguir não são espaços anatômicos, tampouco compartimentos estáticos.

Cerca de 60 a 70% do peso corporal total de um equino adulto é composto por água (FIELDING, 2015a). Dois terços desse volume de água estão presentes no espaço intracelular, e um terço encontra-se no espaço extracelular. Os líquidos encontrados no espaço extracelular são representados, pelos líquidos intersticial, plasmático, transcelular e linfa (SEIFTER, 2019).

Os espaços intracelular e extracelular são separados entre si por meio de membranas plasmáticas que, por intermédio de transporte ativo e passivo, mantém em equilíbrio a composição do líquido presente em todos os espaços. Tal equilíbrio está diretamente ligado a pressão osmótica, composição eletrolítica e tonicidade do fluido contido em cada um desses compartimentos (HALPERIN; KAMEL; GOLDSTEIN, 2010).

Além dos fatores citados acima, a Lei de Starling também é componente relevante que dita a distribuição dos líquidos corporais. A sua complexa relação é responsável pelo movimento dos fluidos no espaço extracelular, pelos compartimentos intravascular e intersticial. Esse movimento é determinado pelas pressões hidrostática (capilar e intersticial) e coloidosmótica (plasmática e intersticial), e pela permeabilidade capilar (WOODCOCK; MICHEL, 2021).

Nesses espaços corporais também estão presentes os eletrólitos responsáveis por parte importante da manutenção da pressão osmótica e consequente equilíbrio hidroeletrolítico e ácido base do organismo. A concentração de cada eletrólito nos meios intra e extracelular é altamente desigual. Enquanto o potássio ( $K^+$ ), por exemplo, é o cátion mais abundante no meio intracelular, o sódio ( $Na^+$ ) exerce esse papel no meio extracelular. O mesmo se aplica aos ânions, sendo o cloreto ( $Cl^-$ ) o principal íon de carga negativa do meio extracelular e o

bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) os mais abundantes no meio intracelular. Apesar de cada compartimento ter diferentes cátions e ânions em maiores quantidades, de acordo com o princípio da eletroneutralidade, a soma das cargas elétricas dos compartimentos intra e extracelular devem ser iguais em animais hígidos (SCHOTT, 2006; SEIFTER, 2019).

Além dos principais eletrólitos citados acima, os íons magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) são importantes no equilíbrio hidroeletrólítico e essenciais em diversos processos fisiológicos. Depois do  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , o  $\text{Mg}^{2+}$  e o  $\text{Ca}^{2+}$  são os cátions mais abundantes nos compartimentos intra e extracelular, respectivamente (SCHOTT, 2006).

### 2.1.2 *Equilíbrio ácido base*

O equilíbrio ácido base, está diretamente ligado à concentração de íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) na circulação sanguínea, sendo o pH 7,35 a 7,45 considerado ideal para um equino saudável (PALMER, 2015). O principal órgão promotor dessa homeostase ácido base é o rim, que, por meio da excreção e reabsorção de água e eletrólitos de forma lenta, regula a concentração de  $\text{H}^+$  no organismo. Além dele, os pulmões e tampões intra e extracelulares também atuam no equilíbrio ácido base, de forma mais rápida e realizando correções diretamente no pH sanguíneo (DASGUPTA, 2021).

O equilíbrio hidroeletrólítico também influencia diretamente no equilíbrio ácido base, de forma que, se há desidratação, alterações como acidoses ou alcaloses serão uma consequência esperada. Portanto, fica claro que o equilíbrio entre a quantidade e composição dos fluidos nos compartimentos corporais, assim como o seu pH, é fundamental e determinante para o bom funcionamento do organismo (PALMER, 2015).

## 2.2 **Importância e aspectos clínicos da desidratação em equinos**

Ainda que a sua definição etimológica esteja relacionada apenas à perda de água no organismo, a desidratação, é acompanhada de perdas significantes de eletrólitos e, dessa forma, está intrinsecamente associada aos desequilíbrios eletrolíticos e ácido-base. Portanto, é necessário que, além do déficit hídrico, esses desequilíbrios sejam considerados (DEARO, 2001).

A desidratação é um distúrbio que está presente em numerosas situações na clínica médica de equinos. É frequente a presença de déficit hídrico significativo em pacientes portadores de doenças gastrointestinais, tais como enterite, colite, peritonite, diarreia,

obstruções, compactações, refluxo, dentre outras. Doenças renais, endotoxemia, redução no consumo de alimentos e água, e exercícios extenuantes são outros exemplos de alterações comuns que cursam com desidratação (RIBEIRO FILHO et al., 2009).

### 2.2.1 *Tipos de desidratação*

A desidratação pode ser classificada como hipertônica, isotônica ou hipotônica, de acordo com a quantidade de água e eletrólitos perdidos, e todos os tipos podem gerar desequilíbrios importantes. Ocorre desidratação hipertônica quando há mais perda de água do que de eletrólitos, tornando, por conseguinte, o meio hipertônico. Na desidratação isotônica ocorre uma perda similar de água e eletrólitos, sem gerar alteração na tonicidade do meio. Em contrapartida, a desidratação hipotônica apresenta maior perda de eletrólitos, tornando, assim, o meio hipotônico (ALVES et al., 2008).

### 2.2.2 *Desequilíbrios eletrolíticos e ácido base no equino desidratado*

Aumentos ou decréscimos significativos nos níveis séricos de eletrólitos ocorrem concomitantes à perda de água em diversas afecções que acometem os equinos. Dentre os sistemas orgânicos dessa espécie, um dos que mais prejudica o estado de hidratação, quando afetado por doenças, é o sistema digestório. Isso ocorre devido a frequentes sequestros intraluminais de água e eletrólitos, além da produção abundante de refluxo e diarreia (DIAS et al., 2022). Contudo, doenças em diversos outros sistemas podem culminar com desidratação e desequilíbrios hidroeletrólíticos e ácido base significativos.

Um dos distúrbios mais frequentes em equinos desidratados é a hiponatremia. Pacientes com diarreia, peritonite, insuficiência cardíaca, insuficiência renal, ruptura de vesícula urinária, hemorragias, submetidos a uso de diuréticos podem apresentar hiponatremia (ADROGUÉ; MADIAS, 2000). Quando presente, a manifestação clínica acontece por meio de sinais neurológicos, como convulsões e letargia, em razão do edema cerebral. Esse edema, que também acontece em outros locais, é causado pelo desvio osmótico de líquido do compartimento extracelular para o compartimento intracelular, com o objetivo de corrigir as diferenças nas concentrações e gerar equilíbrio entre os dois espaços (FIELDING, 2015b).

A hipernatremia, por sua vez, é observada em equinos que passam por longos períodos de restrição hídrica ou que foram submetidos à uma administração excessiva de cloreto de

sódio ou de bicarbonato de sódio. Apesar disso, são raros os relatos desse desbalanço na rotina da clínica de equinos (ALVES et al., 2008; FIELDING, 2015b).

O potássio tem sua principal fonte na alimentação, sendo assim, grande parte dos casos de hipocalemia está associada com o comprometimento do sistema digestório que afeta a absorção ou gera perda excessiva desse eletrólito. Contudo, em diversas outras situações essa depleção pode estar presente, como em quadros de insuficiência renal, reposição hídrica prolongada com soluções eletrolíticas pobres em potássio e em pacientes submetidos a uso de glicocorticoides, insulina ou agonistas  $\beta$ -adrenérgicos (BORER; CORLEY, 2006a).

Equinos desidratados que desenvolvem acidose metabólica podem apresentar consequente hipercalemia. Esse fenômeno ocorre, pois os íons hidrogênio acabam invadindo o espaço intracelular, enquanto o potássio é desviado para o espaço extracelular. Em casos em que ocorre lise de células, já foi relatado aumento nos níveis séricos desse eletrólito, como nas rabdomiólises, hemólises e queimaduras. A hipercalemia também foi observada com frequência em potros que apresentavam ruptura de vesícula urinária (KABLACK *et al.*, 2000; NAPPERT; JOHNSON, 2001).

Assim como ocorre com o potássio, as perdas gastrointestinais são as principais responsáveis pela redução nos níveis de magnésio. Equinos acometidos por cólicas, principalmente as de resolução cirúrgica, podem apresentar esse eletrólito abaixo dos valores de referência. A hipomagnesemia também ocorre quando é realizada suplementação hídrica com soluções pobres em magnésio ou em situações em que é realizada administração de diuréticos (BORER; CORLEY, 2006a).

Sepse, endotoxemia, diarreia e o uso de alguns anestésicos voláteis podem causar diminuição significativa nas concentrações séricas de cálcio. Sendo assim, pacientes desidratados portadores dessas condições, estão susceptíveis a esse desequilíbrio eletrolítico também. Além disso, as soluções disponíveis para terapia de hidratação intravenosa atualmente têm pouca ou nenhuma concentração de cálcio nas suas formulações, logo, equinos que são submetidos a esse tipo de tratamento por tempo prologando também podem apresentar hipocalcemia. (AUCKBURALLY; PETRUCCIONE; VOSS, 2019; BORER; CORLEY, 2006b)

Em pacientes nos quais há expressivo volume de refluxo, é esperado que aconteça, além da desidratação, uma redução significativa nos níveis séricos de cloreto, ocasionando assim uma hipocloremia que, por sua vez, pode ocasionar o aparecimento de alcalose metabólica. Portanto, não é incomum que pacientes com síndrome cólica que perdem grande quantidade de líquidos por refluxo, também apresentem hipocloremia e alcalose metabólica

(DI FILIPPO; SANTANA; PEREIRA, 2008). É possível então perceber que perdas hídricas, eletrolíticas e mudanças do pH sanguíneo estão associadas e, na maioria das vezes, ocorrem simultaneamente.

Por outro lado, nos casos de obstruções não estrangulantes do trato gastrointestinal, como as compactações simples de cólon maior, grande parte dos equinos não apresentam desequilíbrios hídricos e eletrolíticos acentuados. Esse tipo de obstrução manifesta desequilíbrios mais acentuados quando há agravantes, como em casos avançados, com refluxo gastroentérico ou com consequentes deslocamentos intestinais (RIBEIRO FILHO et al., 2020).

Em estudo realizado por Di Filippo; Santana e Pereira (2008), foi possível observar que, de forma geral, a maioria dos equinos com cólica apresenta acidose metabólica, justificada pela hipovolemia causada devido à desidratação. A isquemia causada pela hipovolemia intensa suscita o aumento nos níveis plasmáticos de lactato e consequente acidose metabólica (acidose láctica). Isso ocorre, pois a baixa perfusão tecidual fornece uma quantidade inadequada de oxigênio aos tecidos causando hipóxia. Com isso, há um aumento na biossíntese do ácido láctico, originário do metabolismo anaeróbico, e a sua imediata liberação, que acontece de forma mais rápida que sua oxidação ou reconversão em glicose ou glicogênio pelo fígado (NAPPERT; JOHNSON, 2001).

A hipocalemia citada no parágrafo anterior pode ocorrer em concomitância à liberação de hormônios como as catecolaminas, como consequência da dor, excitação e estresse. A liberação das catecolaminas causa hiperglicemia, induzindo assim uma hiperinsulinemia e consequente redução na concentração de potássio (FETTMAN, 2004).

Desequilíbrios hidroeletrólíticos e ácido base graves são notadamente mais frequentes em pacientes acometidos por obstruções estrangulantes, como hérnias inguino-escrotais, torções ou intusseções intestinais. Há rápido aparecimento de hipovolemia devido ao sequestro de fluidos no intestino e, por vezes, pela resposta inflamatória e absorção de toxinas intestinais. Hipocloremia e consequente alcalose metabólica, hiponatremia, hipocalemia, hipocalcemia, hipomagnesemia e hipoproteinemia também são distúrbios notados com frequência nesses pacientes (RIBEIRO FILHO et al., 2020).

As enterites e colites são enfermidades intestinais de origem inflamatória que também causam desidratação intensa e consideráveis desequilíbrios. Isso ocorre devido à presença, respectivamente, de refluxo gastroentérico e diarreia, que, como já visto anteriormente, são responsáveis por perda acentuada de água e  $\text{Cl}^-$ . Além disso, o consequente decréscimo dos

demais eletrólitos e de proteínas também é previsto nesses pacientes (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2020).

### 2.2.3 Avaliação clínica do equino desidratado

Antes de instituir qualquer terapia de reposição hídrica, é necessário avaliar por meio de exame físico e de exames laboratoriais a intensidade da desidratação de cada paciente e, quando possível, determinar quais desequilíbrios eletrolíticos e ácido base estão presentes. Com isso, torna-se viável a realização de escolhas pertinentes quanto ao tipo solução a ser utilizada, volume total e via de administração mais adequada.

A desidratação pode ser classificada, quanto a sua intensidade, como discreta (5-7%), moderada (8-10%) ou intensa (11-12%). Dentre os parâmetros presentes no exame físico que podem ser utilizados para determinar esse grau de desidratação destacam-se o grau de umidade das mucosas, tempo de enchimento capilar (TEC), turgor cutâneo (TC), grau de retração do globo ocular, débito urinário, pressão arterial e aspecto das fezes. Em conjunto com esses parâmetros, o volume globular (VG) e a mensuração de proteínas plasmáticas totais (PPT) são utilizados para determinar a intensidade da desidratação, como pode ser observado na Tabela 1 (ALVES *et al.*, 2008; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2020).

**Tabela 1** – Graus de desidratação e sinais clínicos associados

Grau (%)	Mucosas	TPC	TC	VG	PPT	Outros sinais clínicos
Discreta (5-7%)	Úmidas a pouco pegajosas	2-3 segundos	1-3 segundos	40-50%	7,5-8,5 g/dL	↓Débito urinário Leve enoftalmia
Moderada (8-10%)	Pegajosas	4-5 segundos	3-5 segundos	51-55%	8,6-9,5 g/dL	↓Débito urinário Moderada enoftalmia ↓ Pressão Arterial
Intensa (11-12%)	Secas	6-8 segundos	>5 segundos	≥55%	≥9,6 g/dL	↓ Enchimento jugular Pulsos periféricos fracos Acentuada enoftalmia

Fonte: Adaptado de Alves *et al.* (2008) e Ribeiro Filho *et al.* (2020)

Para diagnosticar distúrbios eletrolíticos no paciente desidratado de forma precisa é preciso realizar bioquímica sérica. Sódio, potássio, cloreto, cálcio, magnésio e fosfato são os

íons de maior importância clínica nos equinos e os mais comumente avaliados. Além disso, é interessante que seja realizada a mensuração de lactato, ureia e creatinina durante os exames de laboratoriais. Em conjunto com essa análise, é interessante detectar distúrbios ácido base no paciente por meio da dosagem de eletrólitos séricos, de exames hemogasométricos e cálculos oriundos desses exames (ALVES *et al.*, 2008).

Os principais parâmetros fornecidos pela hemogasometria que indicam desequilíbrios ácido base no paciente são pH sanguíneo, pressão parcial de gás carbônico ( $p\text{CO}_2$ ), concentração de bicarbonato de sódio ( $\text{cHCO}_3$ ) e concentração de base (cBase). Além disso, é também indicado calcular a diferença de íons fortes (DIF), o *anion gap* (AG) e os ácidos fracos totais ( $A_{\text{tot}}$ ) para observação da presença de acidose ou alcalose (FARIAS *et al.*, 2011).

A análise de urina também revela muito sobre o estado de hidratação do paciente equino. Fatores como aspecto, coloração, densidade, pH, osmolalidade e mensuração de eletrólitos devem ser analisados e são fortes aliados no diagnóstico de desequilíbrios hidroeletrólíticos e ácido base, bem como no acompanhamento da terapia de reposição hídrica e eletrolítica (ALVES *et al.*, 2008).

#### 2.2.4 Hidratação em Equinos

É esperado que muitos pacientes equinos afetados por enfermidades em diferentes sistemas orgânicos apresentem diversos graus e tipos de desequilíbrios hidroeletrólíticos e ácido base. A única modalidade terapêutica segura e eficaz utilizada para a correção desses distúrbios é a hidratação com soluções eletrolíticas adequadas (DIAS *et al.*, 2019).

O principal objetivo da terapia de hidratação é a correção dos desequilíbrios e, posteriormente, a manutenção da homeostase do paciente. Para que esse objetivo seja alcançado é necessário que seja realizado previamente um plano de hidratação de acordo com as necessidades individuais de cada paciente. Tradicionalmente, o primeiro passo é determinar o grau de desidratação do paciente de acordo com os achados dos exames físico e laboratoriais. Após isso, o volume de líquidos a ser administrado deve ser calculado. Em um primeiro momento, preferencialmente nas 4 a 6 horas iniciais, realiza-se a reposição hídrica e o volume necessário para essa fase da hidratação é calculado multiplicando o peso corporal do paciente pelo seu percentual de desidratação. O processo de hidratação, contudo, continua mesmo após a administração de todo o volume calculado para essa fase (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2020).

Durante qualquer terapia de hidratação o volume de manutenção hídrica deve ser considerado. Esse volume é calculado com base na quantidade de água que o paciente deveria consumir diariamente e deve ser administrado em até 24h. Em equinos adultos o consumo de água varia de 50 a 60 mL de água por quilo de peso corporal por dia. Quando presentes, as perdas continuadas também deverão ser acrescidas ao volume total de hidratação com base na quantidade de líquido que o paciente estiver perdendo por meio de refluxos ou diarreias (MOREIRA *et al.*, 2019).

Um método alternativo de hidratação, adaptado da clínica médica humana intensivista, denominado *fluid challenge*, tem sido usado na clínica médica de equinos, principalmente em potros. O método em questão não se baseia no cálculo de um volume total, mas sim na administração em bólus em volumes predeterminados de 10 a 20 mL kg<sup>-1</sup>, a cada 20 a 30 minutos. Usualmente, dois a três bólus são suficientes. Avaliações seriadas do paciente, entre as infusões, são feitas para que não ocorra sobrecarga hídrica (MAGDESIAN, 2015a).

Tendo sido traçado o plano de hidratação e estimado o volume, é importante também fazer a escolha adequada da via de administração e da solução a ser utilizada, podendo ser realizada a administração simultânea de soluções por diferentes vias, caso haja necessidade e indicação. Em equinos, as vias mais eficientes e utilizadas com mais frequência são a via intravenosa, nasogástrica e nasoesofágica. Também já existem alguns estudos que validam vias alternativas como a via intracecal e intrarectal, contudo, essas são utilizadas como exceções (CRABTREE; EPSTEIN, 2021; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2023).

De forma notável, a via intravenosa ainda é a mais utilizada em equinos devido a sua maior popularidade e à sua rápida e eficaz ação na correção dos desequilíbrios hidroeletrólíticos, visto que as soluções eletrólíticas são administradas diretamente no espaço intravascular.

### 2.2.5 Histórico da Hidratação Intravenosa

O primeiro relato da administração de solução por via intravenosa em humano data de maio de 1831, em um paciente com cólera. Neste ano, médicos já observavam que o sangue de muitos pacientes que vinham à óbito devido a cólera possuía um aspecto escuro e extremamente espesso. O médico William Brooke O'Shaughnessy, após analisar algumas amostras de sangue, notou que permaneciam com a mesma forma globular, porém com uma grande perda na proporção de água e sais, sugerindo que, para a cura dos pacientes, seria

necessário o reestabelecimento dos padrões naturais do sangue por meio da administração de fluidos dentro dos vasos sanguíneos (BASKETT, 2002)

A solução escolhida por O'Shaughnessy era composta apenas por cloreto de sódio e bicarbonato de sódio e foi primeiramente testada em cães para posterior uso em humanos. Após melhora de alguns pacientes, a hidratação intravenosa começou a ser utilizada e cada vez mais estudada. Atualmente, as soluções para uso por esta via têm composição muito mais complexa do que a solução criada em 1831, sendo o ringer com lactato de sódio, ringer simples e a solução salina 0,9% as mais conhecidas e utilizadas (KELLUM, 2018)

Fica evidente, então, que há mais de 80 anos a solução de ringer com lactato foi desenvolvida para humanos e seu uso acontece até os dias de hoje. Essa solução também tem sido usada em equinos, mesmo não sendo a mais adequada. Apesar da via intravenosa ser a de maior utilização e, muitas vezes, de primeira escolha em equinos., ainda não há soluções eletrolíticas de uso intravenoso específicas para essa espécie disponíveis comercialmente.

Por outro lado, há mais de 20 anos as soluções eletrolíticas de uso enteral em equinos são estudadas. Inicialmente, partiu-se de uma hidratação somente com água, que provoca diversos desbalanços eletrolíticos, passou-se por soluções hipertônicas e isotônicas, chegando, por fim, nas hipotônicas como soluções comprovadamente mais adequadas para a hidratação enteral de manutenção e/ou reposição e seguras para a correção dos desequilíbrios eletrolíticos menos intenso (DIAS *et al.*, 2021; MONTEIRO *et al.*, 2020; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2020)

Torna-se evidente a lacuna que existe quanto aos tipos de soluções intravenosas disponíveis para a hidratação de equinos. Sendo, na maioria das vezes, soluções mais apropriadas para uma reposição hídrica e carentes de muitos eletrólitos essenciais para essa espécie. Além disso, desde que se iniciou o uso da hidratação intravenosa em equinos, ainda não foram disponibilizadas soluções adequadamente formuladas para a fase de manutenção hídrica, ou mesmo que se mostre adequada para as duas fases.

#### 2.2.6 Soluções eletrolíticas intravenosas para equinos

As soluções para uso intravenoso, quanto a sua composição, podem ser classificadas em cristaloides ou coloides. No que diz respeito a sua osmolaridade efetiva, elas também são classificadas como em hipotônicas, isotônicas ou hipertônicas, em comparação à osmolalidade sérica do animal (AUCKBURALLY; PETRUCCIONE; VOSS, 2019).

Soluções cristaloides são as mais utilizadas na hidratação de equinos e são compostas por água e pequenos solutos, como eletrólitos e glicose. Dentre essas soluções, os cristaloides isotônicos são os mais utilizados. A osmolaridade desses cristaloides varia de 270 a 310 mOsm/L, sendo então os que mais se assemelham a osmolaridade sérica dos equinos. Posto isso, é importante ressaltar que cristaloides isotônicos são indicados para a fase de reposição durante a terapia de hidratação, visto que os mesmos tem impacto mínimo no compartimento intracelular, podendo então ser infundidos em altas velocidades sem causar edema ou lise celular. A composição dessas soluções costuma variar quanto a presença e concentração de eletrólitos e ânions orgânicos (MAGDESIAN, 2015b).

Os cristaloides hipertônicos, por sua vez, são aqueles que possuem uma osmolaridade efetiva acima da osmolaridade sérica do paciente. Sendo assim, a sua administração irá aumentar a osmolaridade do meio extracelular, gerando a saída de líquido do compartimento intracelular. Por gerar esse rápido aumento no volume de líquido extracelular, essas soluções são utilizadas para reanimação em casos de choque hipovolêmico. Além disso, por conter muito sódio na sua composição, elas também podem ser usadas para suplementar outras soluções cristaloides em casos de hiponatremia (RUDLOFF; HOPPER, 2021).

As soluções cristaloides hipotônicas, por sua vez, são aquelas que tem uma osmolaridade efetiva menor que a do plasma. Posto isso, sua infusão reduzirá a osmolaridade do meio extracelular, fazendo com que a água seja redistribuída também para o compartimento intracelular e causando expansão dos espaços intracelular, intersticial e intravascular. Essa característica torna as soluções cristaloides hipotônicas adequadas para suprir a carência de líquidos para a manutenção (MAGDESIAN, 2015b). Apesar disso, no Brasil ainda não existe disponível comercialmente nenhuma solução hipotônica para uso humano ou veterinário.

Na Tabela 02 estão explicitadas as soluções cristaloides intravenosas mais utilizadas e disponíveis até o presente momento no país e a composição média de cada uma delas. É possível observar que, além de não haver uma solução hipotônica adequada para a manutenção das necessidades hídricas, as soluções já existentes não possuem eletrólitos importantes para o melhor funcionamento do organismo equino. As soluções coloides, por sua vez, são aquelas que possuem partículas de grande peso molecular na sua composição, como proteínas, e não são utilizadas com finalidade de hidratar o paciente (RUDLOFF; HOPPER, 2021).

**Tabela 2** – Soluções cristaloides intravenosas mais utilizadas no Brasil e suas composições

Solução	Osmolaridade mOsm/L	pH	Na <sup>+</sup> mEq/L	Cl <sup>-</sup> mEq/L	K <sup>+</sup> mEq/L	Mg <sup>++</sup> mEq/L	Ca <sup>++</sup> mEq/L	Dextrose g/L	Ânion Orgânico mEq/L
	<b>Hipertônica</b>								
<b>Salina 7,2%</b>	2396		<sup>1</sup> ,197	1,197	0	0	0	0	0
	<b>Isotônica</b>								
<b>Salina 0,9%</b>	308	5,0	154	154	0	0	0	0	0
<b>Ringer Lactato</b>	275	6,5	130	109	4	0	3	0	28 (Lactato)
<b>Ringer Simples</b>	309		147	156	4	0	2,25	0	0

Fonte: Rudloff e Hopper (2021), Kees *et al.* (2005)

### 2.2.7 Lactato de sódio versus acetato de sódio

Durante muitos anos as soluções cristaloides que não continham tamponantes foram utilizadas com frequência na rotina clínica. Contudo, as desvantagens do uso dessas soluções, principalmente da solução salina 0,9%, começaram a ser identificadas. A acidose metabólica hiperclorêmica, em especial, tornou-se um importante problema e, para prevenir o surgimento de acidemias, a adição de substâncias tamponantes às soluções eletrolíticas passou a ser realizada (PFORTMUELLER; FLEISCHMANN, 2016).

O bicarbonato, lactato e acetato de sódio são ânions orgânicos comumente utilizados como preventores da acidose. A administração intravenosa de bicarbonato de sódio, contudo, pode resultar em alcalose metabólica persistente, efeito esse não desejado para soluções eletrolíticas de manutenção e reposição hídrica. Por não causar uma alcalose persistente, o lactato de sódio, é a substância mais utilizada para esse fim. A administração intravenosa de acetato de sódio ainda muito pouco estudada na espécie equina (KLINE *et al.*, 2005a).

O acetato é a base conjugada do ácido acético e, após ser administrado na corrente sanguínea, é rapidamente absorvido e metabolizado em acetil-coenzima A. Uma das suas principais diferenças para o lactato, é que esse processo pode ocorrer em todas as células do corpo capazes de realizar metabolismo aeróbico do oxigênio, principalmente no coração, fígado, rins e músculo esquelético, enquanto o lactato realiza esse processo majoritariamente no fígado, de forma mais lenta. Após convertida, a acetil-coenzima A entra no ciclo do ácido cítrico. A geração de bicarbonato a partir do acetato ocorre, então, de forma muito rápida em circunstâncias normais, podendo levar somente cerca de 15 minutos. O lactato, por sua vez,

costuma gerar bicarbonato após 1 hora depois de administrado (PFORTMUELLER; FLEISCHMANN, 2016).

Apesar de ter o seu metabolismo muito bem esclarecido, os estudos com administração intravenosa de acetato de sódio ainda são escassos, quando comparados às avaliações de lactato de sódio. Estudos realizados com as duas substâncias, tanto em humanos quanto em equinos, não mostraram diferença significativa em ambos, contudo, condições clínicas e tempo de infusão devem ser considerados, e soluções contendo acetato de sódio ainda ocupam uma lacuna que necessita ser mais investigada (ELLEKJAER; PERNER; JENSEN, 2020; KLINE *et al.*, 2005a).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo experimental seguiu as Normas de Conduta para Uso de Animais no Ensino, Pesquisa e Extensão do Departamento de Veterinária (DVT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob a responsabilidade do Professor José Dantas Ribeiro Filho, CRMV-MG 5316. O protocolo experimental foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFV, sob o processo nº 48/2022.

#### **3.1 Locais de execução**

Os ciclos experimentais do presente estudo foram realizados no Departamento de Veterinária (DVT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os animais foram acomodados em baias desde o período de adaptação até o período experimental. As análises hematológicas e bioquímicas de sangue, soro, plasma e urina, e grau de umidade das fezes foram realizadas no Laboratório Clínico Veterinário do DVT-UFV e no Laboratório de Medicina Interna do DVT-UFV. Os exames de hemogasometria venosa foram realizadas em laboratório privado, HEMOLAB Análises Clínicas, na cidade de Viçosa, Minas Gerais.

#### **3.2 Animais**

Foram utilizados seis equinos adultos, hípidos, fêmeas, sem raça definida, com idade entre 5 e 15 anos, pertencentes ao plantel do DVT-UFV e identificados, de forma aleatória, por números de 1 a 6 (A1, A2, A3, A4, A5 e A6). O cálculo do tamanho da amostra foi feito com base nas orientações de Miot (2011) e considerando um desvio padrão máximo de 5% da

média esperada para os grupos. A fórmula utilizada para cálculo da amostra para uma variável quantitativa dentro de uma população finita é dada por:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \delta}{E} \right)^2$$

Em que:

$n$  = número de animais por grupo;

$Z_{\alpha/2}$  = valor crítico para o grau de confiança desejado; neste caso, com base em 15 graus de liberdade (2 tratamentos x 8 momentos = 16 grupos), igual a 2,131 (95% de confiança);

$\delta$  = desvio padrão populacional da variável; neste caso, será considerado o valor 0,05;

$E$  = erro padrão; neste caso, será considerado 5% da média, ou seja, 0,05.

Temos:

$$n = \left( \frac{2,131 \cdot 0,05}{0,05} \right)^2 = 2,131^2 = 4,541$$

Baseado neste valor, optou-se por utilizar um  $n$  de seis animais semelhante aos demais trabalhos realizados nesta mesma linha de pesquisa (AVANZA *et al.*, 2009)

Os animais selecionados não apresentavam histórico de qualquer alteração e foram submetidos à uma prévia avaliação clínica, incluindo exame físico e exames laboratoriais de função hepática, função renal, hemograma e parasitológico de fezes que atestaram a higidez dos mesmos.

Além disso, quinze dias antes da realização do estudo experimental, todos os animais passaram por protocolo de vermifugação com endoparasiticida oral a base de Ivermectina e Pamoato de Pirantel, e administração de carrapaticida tópico a base de Cipermetrina, Clorpirifós e Butóxido de Piperonila.

### 3.3 Instalações e manejo

Todos os animais foram mantidos em baias individuais no DVT-UFV, com acesso livre a água e com alimentação controlada a base de capim elefante (*Peninisetum purpureum*) no cocho, concentrado comercial (1% do peso corporal) e suplemento mineral comercial (*ad libitum*).

### 3.4 Preparo dos animais

O preparo dos animais para o estudo experimental se iniciou 36 horas antes (T-36) do período da hidratação. Nesse momento, era iniciado o jejum hídrico e alimentar dos animais, e os mesmos eram submetidos a exame físico, tricotomia da região lateral direita do pescoço para posterior colheita de sangue para exames de hemograma, bioquímico e hemogasometria, além de colheita de amostra de fezes e urina.

Cerca de uma hora antes do início do período de hidratação, os animais que iriam receber os tratamentos eram pesados, conduzidos ao tronco de contenção, onde era realizada a tricotomia da região lateral esquerda do pescoço dos mesmos, antissepsia do local e cateterização da veia jugular esquerda com catéter intravenoso periférico 14g fixado com cola adesiva instantânea e protegido com curativo (Figura 1-A, B e C). Após isso, os animais tinham suas caudas protegidas por ataduras e eram submetidos à higienização da vulva e períneo, seguida de sondagem uretral com sonda Foley de látex, nº 22, de duas vias. Uma bolsa coletora de urina com capacidade de 2000 mL era acoplada à sonda imediatamente após o processo (Figura 1 -D, E, e F).

**Figura 1** – Processos de preparação dos animais



Fonte: Acervo pessoal

Findada a preparação, os animais eram conduzidos de volta às baias para receber seus respectivos tratamentos. Para que fosse possível a realização da hidratação por via intravenosa com os animais soltos em suas baias, foram utilizados extensores simples de 120 cm para equipo, como retratado na Figura 2.

**Figura 2** – Início da hidratação intravenosa com animais alocados em baias



Fonte: Acervo pessoal

### **3.5 Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi do tipo *cross-over* 6x2, em que cada um dos seis animais foi submetido a dois tratamentos distintos. Para isso, os animais foram distribuídos dentro de dois grupos por meio de randomização simples. Dessa forma, todos os animais representados com número par na Tabela 3 receberam os mesmos tratamentos no primeiro e segundo ciclo, e o mesmo se aplica para os animais de número ímpar. Cada ciclo experimental contou com sete dias de intervalo para realização de um novo, visando impedir os efeitos residuais dos tratamentos (FIELD; MILES, 2010).

**Tabela 3** – Delineamento experimental

Tratamento	CICLO 1			CICLO 2		
	<i>Segunda-feira</i>	<i>Quarta-feira</i>	<i>Sexta-feira</i>	<i>Segunda-feira</i>	<i>Quarta-feira</i>	<i>Sexta-feira</i>
<b>Solução 1</b>	Animal 1	Animal 3	Animal 5	Animal 2	Animal 4	Animal 6
<b>Solução 2</b>	Animal 2	Animal 4	Animal 6	Animal 1	Animal 3	Animal 5

Fonte: elaborada pela autora

### 3.6 Tratamento experimental

Os animais foram submetidos aos seguintes tratamentos:

- Tratamento 1: solução intravenosa hipotônica (211,6 mOsm), constituída de cloreto de sódio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de magnésio e acetato de sódio diluídos em água ultrapura, e administrada a uma taxa de infusão de 10 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nas primeiras seis horas e 5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nas seis horas subseqüentes.

- Tratamento 2: solução intravenosa hipotônica (241,6 mOsm), constituída de cloreto de sódio, cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de magnésio e acetato de sódio diluídos em água ultrapura, e administrada a uma taxa de infusão de 10 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nas primeiras seis horas e 5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> nas seis horas subseqüentes.

A hidratação foi realizada, então, por doze horas ininterruptas, por via intravenosa em fluxo contínuo para ambos os tratamentos, sendo nas primeiras seis horas realizada a reposição hídrica (10 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e nas últimas seis horas a manutenção (5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). A composição detalhada de cada solução encontra-se demonstrada na Tabela 4.

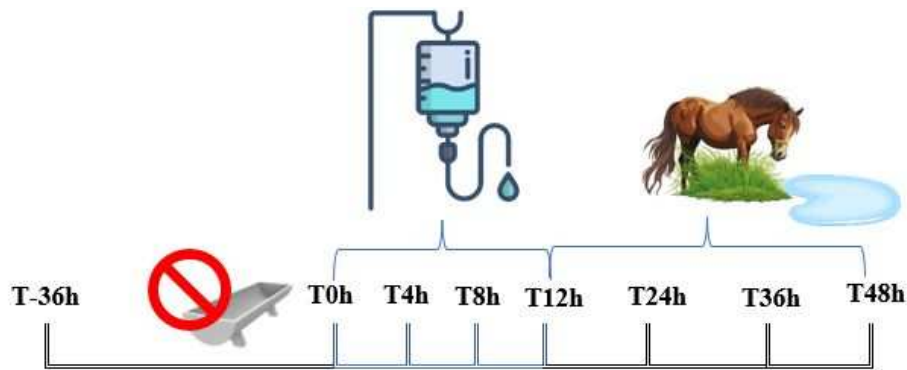
**Tabela 4** – Composição das soluções eletrolíticas hipotônicas de uso intravenoso em equinos

Componentes	Solução 1	Solução 2
Cloreto de Sódio	5 g	5,5 g
Cloreto de Potássio	370 mg	370 mg
Cloreto de Cálcio	400 mg	400 mg
Cloreto de Magnésio	200 mg	200 mg
Acetato de Sódio	3 g	4 g
<b>Osmolaridade</b>	<b>211,6 mOsm/L</b>	<b>241,6 mOsm/L</b>

Após o término do período de hidratação, os animais voltaram a receber alimento e água nos cochos e foram mantidos em observação, sendo submetidos a exames físicos e colheitas de amostras biológicas a cada 12h até se completarem 48h desde o início dos

tratamentos. A distribuição de todos os tempos experimentais encontra-se esquematizada na Figura 3.

**Figura 3** – Distribuição dos tempos experimentais



Fonte: elaboração da autora

### 3.7 Tempos de avaliações clínicas e colheitas

Foram realizadas avaliações clínicas e colheitas de amostras para posteriores análises laboratoriais nos seguintes tempos:

- T-36h: imediatamente antes do jejum hídrico e alimentar.
- T0h: imediatamente após o término do jejum hídrico e alimentar, e antes do início dos tratamentos.
- T4h: quatro horas após o início dos tratamentos.
- T8h: oito horas após o início dos tratamentos.
- T12h: doze horas após o início dos tratamentos, término dos tratamentos
- T24h: vinte e quatro horas após o início dos tratamentos, e doze horas após o fim da terapia.
- T36h: trinta e seis horas após o período de hidratação.
- T48h: quarenta e oito horas após o período de hidratação.

### 3.8 Avaliação clínica

### 3.8.1 Exame físico

Durante o exame físico dos animais em cada tempo predeterminado, foram avaliadas as seguintes constantes:

-Frequência cardíaca: ausculta cardíaca entre o 4º e 5º espaço intercostal (Figura 4-A), por meio de estetoscópio, para a contagem de batimentos por minuto (bpm).

-Frequência respiratória: ausculta de ruídos respiratórios na região torácica (Figura 4-B) para a determinação do número de movimentos respiratórios por minuto (mrm).

-Motilidade intestinal: ausculta dos quadrantes intestinais superiores e inferiores, avaliando intensidade e frequência dos ruídos, classificando cada quadrante em: 0 (atonia), 1 (hipomotilidade), 2 (normomotilidade) ou 3 (hipermotilidade), sendo que o somatório de todos os quadrantes pode variar de 0 a 12 para avaliação estatística (Figura 4-C).

-Grau de umidade de mucosas: observação do grau de umidade da mucosa oral por meio da inspeção (Figura 4-D).

-Tempo de preenchimento capilar: realização de pressão digital na mucosa oral para posterior avaliação do tempo, em segundos, necessário para enchimento dos capilares sanguíneos.

-Grau de enoftalmia: avaliação qualitativa do grau de retração do globo ocular

-Temperatura retal: mensurada em termômetro digital em graus Celsius (°C) (Figura 4-E).

-Peso corporal: mensurado em balança (Figura 4-F).

**Figura 4** – Exame físico dos animais



Fonte: Acervo pessoal

### 3.8.2 Exames laboratoriais

Nos tempos determinados, foram realizadas, logo após o exame físico, colheita de amostras para diversas análises laboratoriais. Para o exame de hemograma, foram colhidos assepticamente 4 mL de sangue da veia jugular, por meio de agulha múltipla e frascos *Vacutainer* (Figura 5) contendo o anticoagulante ácido etileno diamino-tetracético (EDTA) a 10%. Por meio de um analisador hematológico automático (HumaCount Plus<sup>®</sup>) retratado na Figura 6 foram avaliados os seguintes parâmetros: volume globular (VG), eritrócitos totais, hemoglobina, concentração de hemoglobina globular média (CHGM) e leucócitos totais.

**Figura 5** – Colheita asséptica de amostras de sangue para exames laboratoriais



Fonte: Acervo pessoal

**Figura 6** – Analisador hematológico automático (HumaCount Plus©)



Fonte: Acervo pessoal

O volume globular foi, posteriormente, confirmado pela técnica de micro-hematócrito mediante utilização de microcentrífuga hematológica (Benfer<sup>®</sup>). A obtenção do plasma para a análise de proteínas plasmáticas totais (PPT) e fibrinogênio também foi realizada pelo mesmo aparelho e o mesmo foi avaliado por refratometria (Refratômetro Modelo 8494<sup>®</sup>, representado na Figura 7). A contagem diferencial dos leucócitos e de plaquetas foi realizada de forma manual, em microscópio.

**Figura 7** – Refratômetro Modelo 8494



Fonte: Acervo pessoal

Juntamente com a colheita de amostra para hemograma, a colheita em tubos com fluoreto de sódio e tubos com ativador de coágulo era realizada no mesmo momento. Essas amostras eram então centrifugadas à 3000 rotações por minuto, durante 10 minutos (Centrilab 80-2B-15mL<sup>®</sup>) para a obtenção de alíquotas de plasma e soro, respectivamente. Com o auxílio de um osmômetro (Osmometer Model 3320<sup>®</sup>), observado na Figura 8-A, era realizada a mensuração imediata da osmolaridade sérica e, após isso, todas as alíquotas eram congeladas a cerca de -20°C para posterior análise bioquímica.

Com a alíquota de soro, foram mensuradas as seguintes variáveis: magnésio, fósforo, ureia, creatinina, gama glutamil transferase, proteínas séricas totais e albumina. Já com a alíquota de plasma, mensurou-se: lactato e glicose. Essas análises foram realizadas por metodologia colorimétrica enzimática em analisador bioquímico automático (Humanstar 200<sup>®</sup>). Os níveis de sódio, potássio, cloreto e cálcio ionizado também foram mensurados a partir das alíquotas de soro. Contudo, para esses eletrólitos foi utilizado um analisador de íons seletivos (Humanlyte Plus<sup>®</sup>).

Para a realização dos exames de hemogasometria, as amostras de sangue eram obtidas em seringas de 3mL contendo heparina de lítio. Os parâmetros avaliados nesse exame foram: pH sanguíneo, pressão parcial de gás carbônico (pCO<sub>2</sub>), concentração de base (cBase) e concentração de bicarbonato (cHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Para essa análise, utilizou-se o analisador automático Radiometer ABL 5<sup>®</sup> (Figura 8-B).

**Figura 8** – Osmômetro (Osmometer Model 3320©) e analisador automático Radiometer ABL 5©



Fonte: Acervo pessoal

Para a determinação de Ânion Gap (AG), Diferença de Íons Fortes (DIF) e Ácidos Fracos Totais ( $A_{tot}$ ) foram utilizadas as seguintes fórmulas:

- $AG \text{ (mmol/L)} = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [HCO_3^-])$
- $DIF \text{ (mmol/L)} = ([Na^+] + [K^+]) - [Cl^-]$
- $A_{tot} \text{ (mmol/L)} = [0,22 \times (PPT(g/L))]$

Além de amostras de sangue, foram colhidas também amostras de urina em cada tempo do estudo experimental. Imediatamente após a colheita, foi avaliada a coloração da amostra por exame visual, a sua densidade (Refratômetro Modelo 8494©) e pH (pHmetro Digital de Bancada Del Lab©) (Figura 9). Realizadas as análises, a urina era então centrifugada à 3000 giros por minuto, durante 10 minutos (Centrilab 80-2B-15mL©), sendo o sobrenadante aliqotado e congelado a cerca de  $-20^\circ\text{C}$ . Posteriormente, concentrações de sódio, potássio, cloreto, magnésio, cálcio, fósforo, ureia e creatinina foram mensuradas por metodologia colorimétrica enzimática utilizando analisador bioquímico automático (Humanstar 200©).

Figura 9 – pHmetro Digital de Bancada Del Lab<sup>®</sup>



Fonte: Acervo pessoal

Por fim, também foram colhidas amostras de fezes para avaliação da umidade das mesmas em cada tempo. Para isso, as fezes foram coletadas manualmente na ampola retal dos animais e, seguindo metodologia descrita por Avanza (2007), as amostras foram pesadas imediatamente após a coleta (Figura 10), colocadas em bandejas de alumínio e inseridas em estufa bacteriológica (FABBE<sup>®</sup>) a 60°C para a desidratação, tendo sido pesadas diariamente até que não houvesse mais alteração no seu peso. A umidade das fezes (UMF) foi então calculada pela fórmula:

- $UMF (\%) = [(peso \text{ a fresco} - peso \text{ seco}) / peso \text{ a fresco}] \times 100.$

**Figura 10** – Fezes já armazenadas em bandeja de alumínio sendo pesadas



Fonte: Acervo pessoal

### 3.9 Análise estatística

A análise descritiva foi representada pela média e desvio-padrão (média  $\pm$  DP) para as variáveis contínuas e porcentagem para as variáveis binomiais. Os dados foram obtidos pelo programa SAS (SAS/STAT, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, version 9.3). A análise estatística inferencial foi realizada por ANOVA, por meio de análises repetidas, comparando-se as médias e desvio-padrão dos animais (n=6) nos tratamentos (n=2), tempos experimentais (n=8) e repetições (n=2).

O modelo estatístico foi composto por variáveis independentes (tratamento, tempo, tratamento\*tempo e repetição), covariáveis (animal em cada tempo) e variáveis dependentes (análises clínicas e laboratoriais). A comparação entre as médias dos grupos foi realizada por meio do teste de Tukey pelo comando LSMeans do programa SAS. O nível de significância para todos os testes foi de 5%. Os gráficos foram criados pelo programa SigmaPlot (Systat Software GmbH, Erkrath, Germany, version 12.0).

## 4. CAPÍTULOS

### CAPÍTULO 1

#### NOVAS SOLUÇÕES ELETROLÍCAS DE USO INTRAVENOSO EM EQUINOS: EFEITOS SOBRE VARIÁVEIS CLÍNICAS, HEMOGRAMA E UMIDADE DAS FEZES

##### Resultados e Discussão

Para determinar a higidez de qualquer equino de forma a atestá-lo apto para um estudo experimental, bem como para avaliar àqueles acometidos por desequilíbrios hidroeletrólíticos e ácido base, o exame físico é fundamental e indispensável. São muitos os parâmetros avaliados nesse exame que auxiliam na determinação do percentual de desidratação do paciente e fornecem ao veterinário uma noção inicial, ainda que superficial, dos desequilíbrios que podem estar ocorrendo, além do monitoramento da reposição hídrica do paciente (ALVES *et al.*, 2008). Os dados obtidos por meio do exame físico nesse estudo elucidaram importantes informações sobre as alterações encontradas após período de desidratação e, principalmente, sobre os efeitos das duas novas soluções intravenosas hipotônicas testadas.

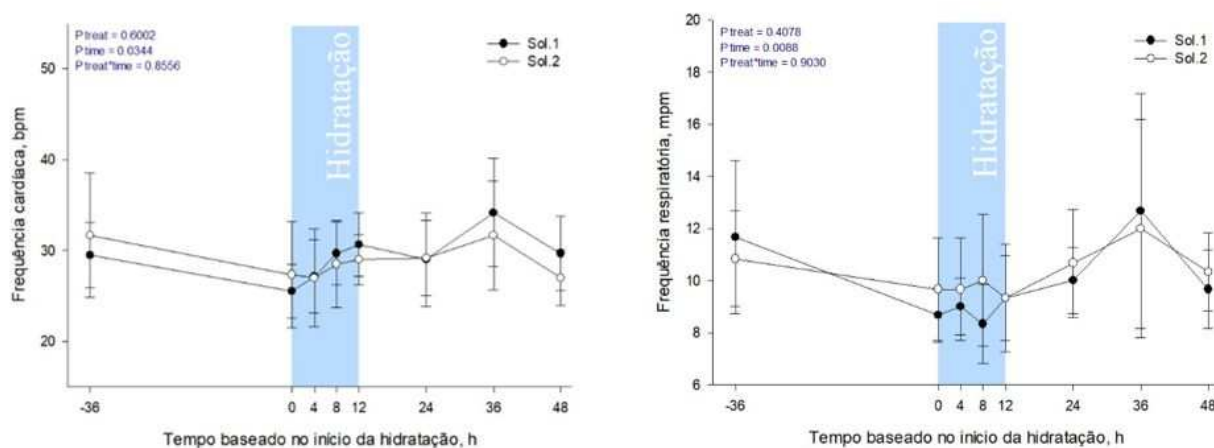
No que diz respeito à frequência cardíaca, não houve variação significativa entre os tratamentos ( $p=0,6002$ ), contudo, houve diferença estatística significativa entre os tempos experimentais ( $p=0,0344$ ) (Figura 11). Essa variável, nos equinos tratados com a Solução 1 (Sol. 1) foi maior no T36h, quando comparada ao T0h (Tabela 5).

Essa pequena variação apresentada pode ser justificada por fatores ambientais, como temperatura do ambiente, horário em que foram realizados os exames físicos, visto que o T36h era o horário de avaliação em que a temperatura ambiente estava mais elevada. Vale destacar também que, apesar da diferença estatística presente, os valores de frequência cardíaca encontram-se na faixa de referência normal para animais da espécie equina, sendo assim, não são indicativos de desconforto ou de quaisquer outros distúrbios (SCHWARZWALD, 2018).

Na avaliação da frequência respiratória, também houve diferença estatística significativa entre tempos ( $p=0,0088$ ), mas não entre tratamentos ( $p=0,4078$ ), sendo que os equinos hidratados com a Sol. 1 apresentaram variação da frequência respiratória ao longo do tempo (Figura 11). Apesar disso, os valores permaneceram dentro do intervalo de referência normal para a espécie (Tabela 5), logo, sem significado clínico e não sendo indicativo de

desconforto ou problemas respiratórios, mas sim, possivelmente, reflexo da variação constante de temperatura ambiental e manipulação dos animais (DAVIS, 2018).

**Figura 11** – Frequência cardíaca e frequência respiratória de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

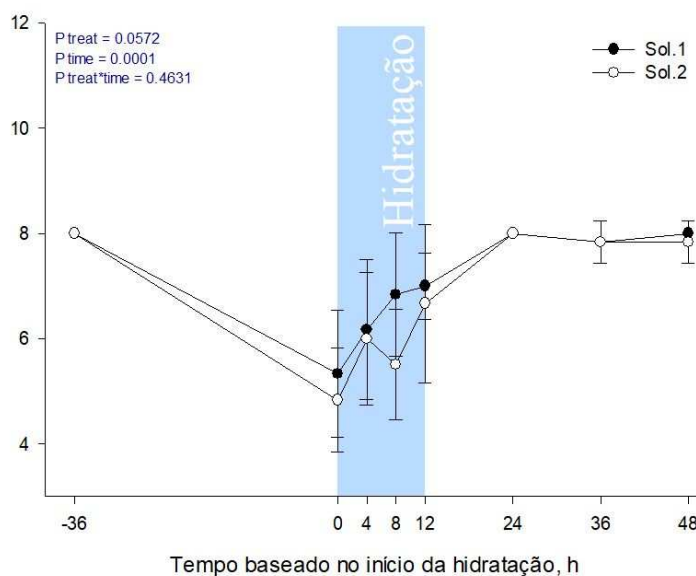


Nos animais dos dois grupos experimentais, o protocolo de desidratação causou redução da motilidade intestinal (Tabela 5). A causa desse decréscimo está relacionada a diminuição de alimento no trato gastrointestinal, associada a instalação da desidratação. Segundo (Jones e Blikslager (2004) os sons gastrintestinais são decorrentes da movimentação da ingesta em resposta as contrações. O decréscimo da intensidade dos ruídos gastrintestinais pode ocorrer durante o jejum hídrico e alimentar, e está associado à redução da atividade mioelétrica segundo Ross, Cullen e Rutkowski (1990). Além disso, o estado de alimentação e as características da ingesta também são fatores que podem interferir na motilidade intestinal. Hipomotilidade intestinal foi registrada em vários ensaios experimentais com equinos submetidos a restrição hídrica alimentar, como os realizados por Di Filippo *et al.* (2021), Melo *et al.*, (2021), Ribeiro Filho, Alves e Dantas (2012) e Silveira *et al.*, 2012. Resultados similares foram também registrados no presente ensaio.

A partir de T4h é possível constatar aumento nos movimentos intestinais, atingindo em T12h valores similares ao T-36h. Sugere-se que isso ocorreu devido ao aumento da presença de líquido no lúmen intestinal. Embora não tenha ocorrido variação significativa, entre os dois tratamentos, a exceção de T8h, momento no qual os animais que receberam o tratamento SOL.1 apresentaram maior valor nos movimentos intestinais (Tabela 5). Pode-se inferir que possivelmente tal acontecimento se deveu ao fato de a osmolaridade da SOL.1 ser menor que a da SOL.2. Como consequência, a infusão de soluções eletrolíticas administradas

é primeiramente incorporada ao volume plasmático, em seguida passam a ser direcionadas ao ciclo êntero-sistêmico, favorecendo a motilidade intestinal.

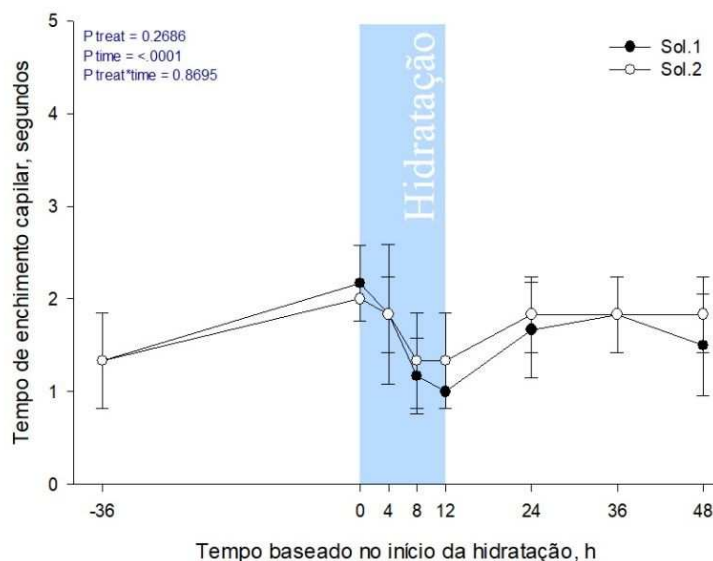
**Figura 12** - Motilidade intestinal de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Durante o protocolo de desidratação (T-36h a T0h) houve aumento no tempo de enchimento capilar (TEC) nos animais dos dois tratamentos (Tabela 5). Esse evento demonstrou a eficácia em do protocolo em ocasionar desidratação nos animais.

O TEC decresceu ( $p < 0,0001$ ) ao longo do tempo em ambos os tratamentos. A redução nos valores do TEC indica aumento da perfusão tecidual periférica e esta é causada, consequentemente, pelo aumento do volume plasmático proporcionado pela terapia de hidratação (Figura 13). Esses resultados confirmam diversos estudos de reposição hídrica em equinos (DIAS *et al.*, 2019; MONTEIRO *et al.*, 2020; RIBEIRO FILHO; ALVES; DANTAS, 2012). Deve-se ressaltar que o TEC é um dos parâmetros do exame físico que melhor expressa o grau de desidratação em equinos (MELO *et al.*, 2010).

**Figura 13** – Tempo de enchimento capilar de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

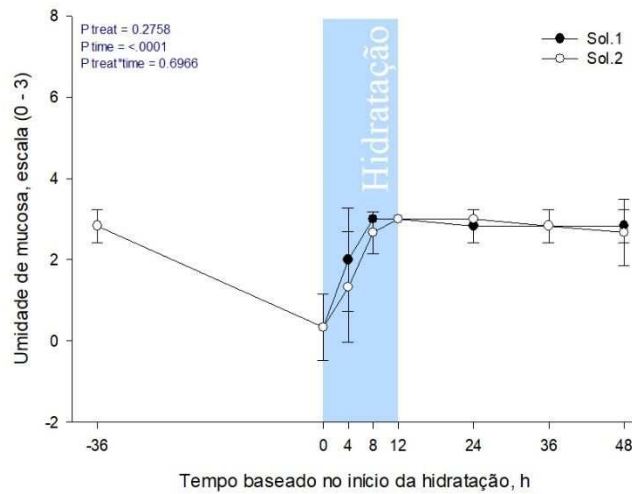


O protocolo de desidratação (T-36h a T0h) foi eficaz em reduzir o grau de umidade das mucosas (Tabela 5). Os dois tratamentos a partir de T4h promoveram aumento no grau de umidade das mucosas. Em T4h o grupo de animais que receberam a SOL.1 apresentaram o maior grau de umidade das mucosas ( $p < 0,05$ ).

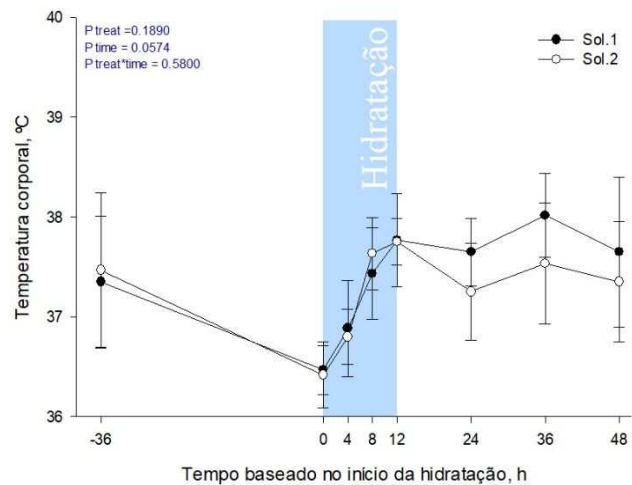
Com a administração dos tratamentos SOL.1 e SOL.2 ocorreu aumento no grau de umidade das mucosas, alcançando em T12 valores similares a T-36h (Tabela 5), confirmando a eficácia de ambos os tratamentos. Da mesma maneira que o TEC, o grau de umidade das mucosas é um dos melhores aferidores do grau de hidratação dos animais (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2020).

Sugere-se que a redução significativa da temperatura no T0h em relação ao T-36h se deveu a desidratação. Quando a desidratação se instala, ocorre redução no metabolismo animal gerando várias alterações, dentre elas o decréscimo na temperatura corporal, depressão diminuição das frequências cardíaca e respiratória (MORTOLA; PRADO, 2020). Com o restabelecimento da hidratação, houve aumento discreto e gradual da temperatura corporal ao longo tempo nos animais dos dois tratamentos (Tabela 5).

**Figura 14** - Umidade de mucosa de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



**Figura 15** – Temperatura corporal de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



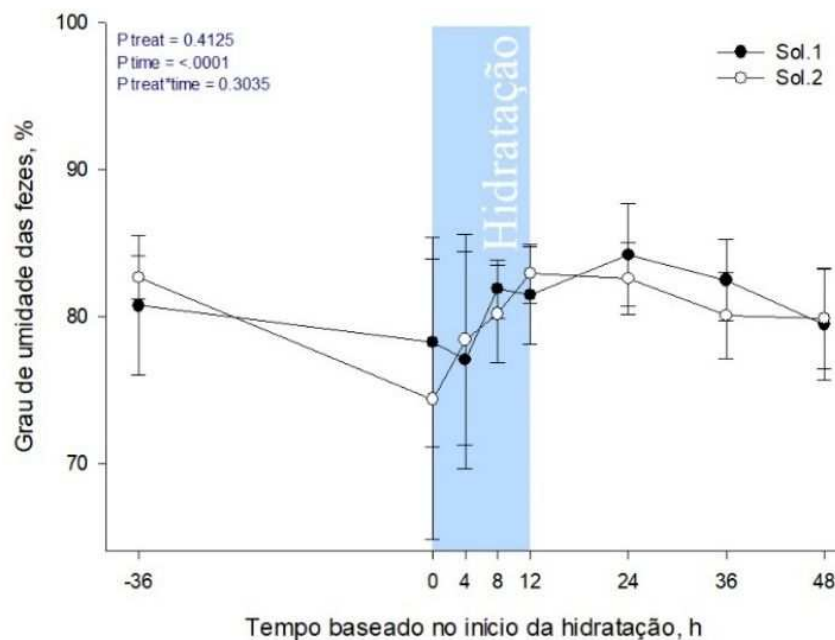
O teor de umidade das fezes (tUF) dos equinos, nos dois grupos experimentais, diminuiu significativamente após o período de desidratação (T0h). O protocolo de desidratação foi eficaz em ocasionar alteração no tUF, pois o conteúdo do sistema digestório é uma importante reserva de água e eletrólitos para o organismo (HASSEL, 2015). Redução ou ausência na ingestão de água resulta em desidratação do conteúdo colônico devido à absorção de líquidos em um esforço para manter níveis adequados de água no corpo. Por isso, a avaliação do tUF é importante para a aferição da desidratação e reidratação nos equinos.

A redução do valor do tUF durante o período de desidratação, em ambos os grupos (Tabela 5), também foi constatada em estudos experimentais que utilizaram protocolos de jejum com e sem associação com diuréticos (SILVEIRA *et al.*, 2012; DIAS *et al.*, 2022).

As duas soluções promoveram a reidratação gradual das fezes em ambos os tratamentos durante a fase de hidratação dos animais (T0h a T12h), alcançando em T12h valores similares a T-36 (Tabela 5 e Figura 16). Não houve diferença estatística entre os tratamentos ( $p=0,4125$ ), mas houve entre os tempos ( $p<0,0001$ ).

A reidratação das fezes ocorre porque os volumes de soluções eletrolíticas administrados por via intravenosa são inicialmente incorporados ao volume plasmático, em seguida passam a ser direcionados ao ciclo entero-sistêmico de água e eletrólitos (WHITE, 2006).

**Figura 16** – Umidade das fezes de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Todos os valores de média e desvio-padrão dos parâmetros analisados em todos os tempos experimentais por meio do exame físico e da umidade das fezes encontram-se na Tabela 5 e complementam os resultados descritos anteriormente

**Tabela 5** – Valores médios e desvio-padrão da Frequência Cardíaca (bpm), Frequência Respiratória (mpm), Motilidade Intestinal (escala de 0-12), Tempo de Enchimento Capilar (seg) e Temperatura Retal (C°) dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

Tratamento	Tempo							
	(-)36h	0h	4h	8h	12h	24h	36h	48h
<b>Frequência Cardíaca (bpm)</b>								
<b>Sol. 1</b>	29,50 ± 3,56 <sup>Aab</sup>	25,50 ± 2,94 <sup>Ab</sup>	27,16 ± 4,02 <sup>Aab</sup>	29,66 ± 3,44 <sup>Aab</sup>	30,66 ± 3,50 <sup>Aab</sup>	29,00 ± 5,17 <sup>Aab</sup>	34,16 ± 5,94 <sup>Aa</sup>	29,66 ± 4,08 <sup>Aab</sup>
<b>Sol. 2</b>	31,66 ± 6,86 <sup>Aa</sup>	27,33 ± 5,88 <sup>Aa</sup>	27,00 ± 5,32 <sup>Aa</sup>	28,50 ± 4,80 <sup>Aa</sup>	29,00 ± 2,75 <sup>Aa</sup>	29,16 ± 4,11 <sup>Aa</sup>	31,66 ± 5,98 <sup>Aa</sup>	27,00 ± 3,03 <sup>Aa</sup>
<b>Frequência Respiratória (mpm)</b>								
<b>Sol. 1</b>	11,66 ± 2,94 <sup>Aab</sup>	8,66 ± 1,03 <sup>Ac</sup>	9,00 ± 1,09 <sup>Abc</sup>	8,33 ± 1,50 <sup>Ac</sup>	9,33 ± 1,63 <sup>Ac</sup>	10,00 ± 1,26 <sup>Aabc</sup>	12,66 ± 4,50 <sup>Aa</sup>	9,66 ± 1,50 <sup>Abc</sup>
<b>Sol. 2</b>	10,83 ± 1,83 <sup>Aa</sup>	9,66 ± 1,96 <sup>Aa</sup>	9,66 ± 1,96 <sup>Aa</sup>	10,00 ± 2,52 <sup>Aa</sup>	9,33 ± 2,06 <sup>Aa</sup>	10,66 ± 2,06 <sup>Aa</sup>	12,00 ± 4,19 <sup>Aa</sup>	10,33 ± 1,50 <sup>Aa</sup>
<b>Motilidade Intestinal</b>								
<b>Sol. 1</b>	8,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	5,33 ± 1,21 <sup>Ab</sup>	6,16 ± 1,32 <sup>Abc</sup>	6,83 ± 1,16 <sup>Aac</sup>	7,00 ± 0,63 <sup>Aa</sup>	8,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	7,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	8,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	8,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	4,83 ± 0,98 <sup>Ab</sup>	6,00 ± 1,26 <sup>Abc</sup>	5,50 ± 1,04 <sup>Bb</sup>	6,6 ± 1,50 <sup>Aac</sup>	8,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	7,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	7,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>
<b>Tempo de Enchimento Capilar (segundos)</b>								
<b>Sol. 1</b>	1,33 ± 0,51 <sup>Acde</sup>	2,16 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	1,83 ± 0,75 <sup>Abac</sup>	1,16 ± 0,40 <sup>Ade</sup>	1,00 ± 0,00 <sup>Ac</sup>	1,66 ± 0,51 <sup>Aabcd</sup>	1,83 ± 0,40 <sup>Aabc</sup>	1,50 ± 0,54 <sup>Abcde</sup>
<b>Sol. 2</b>	1,33 ± 0,51 <sup>Ab</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	1,83 ± 0,40 <sup>Aab</sup>	1,33 ± 0,51 <sup>Ab</sup>	1,33 ± 0,51 <sup>Ab</sup>	1,83 ± 0,40 <sup>Aab</sup>	1,83 ± 0,40 <sup>Aab</sup>	1,83 ± 0,40 <sup>Aab</sup>
<b>Umidade de Mucosa</b>								
<b>Sol. 1</b>	2,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,81 <sup>Ac</sup>	2,00 ± 1,26 <sup>Ab</sup>	3,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	3,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	2,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	2,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	2,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	2,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,81 <sup>Ab</sup>	1,33 ± 1,36 <sup>Bb</sup>	2,66 ± 0,51 <sup>Aa</sup>	3,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	3,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	2,83 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	2,66 ± 0,81 <sup>Aa</sup>
<b>Temperatura Corporal (°C)</b>								
<b>Sol. 1</b>	37,35 ± 0,66 <sup>Aa</sup>	36,46 ± 0,24 <sup>Ab</sup>	36,88 ± 0,48 <sup>Aab</sup>	37,43 ± 0,45 <sup>Aab</sup>	37,76 ± 0,46 <sup>Aa</sup>	37,65 ± 0,33 <sup>Aa</sup>	38,01 ± 0,42 <sup>Aa</sup>	37,65 ± 0,75 <sup>Aab</sup>
<b>Sol. 2</b>	37,46 ± 0,77 <sup>Aa</sup>	36,41 ± 0,33 <sup>Ab</sup>	36,80 ± 0,27 <sup>Aab</sup>	37,63 ± 0,36 <sup>Aa</sup>	37,75 ± 0,23 <sup>Aa</sup>	37,25 ± 0,48 <sup>Aab</sup>	37,53 ± 0,60 <sup>Aa</sup>	37,35 ± 0,60 <sup>Aab</sup>
<b>Umidade das Fezes (%)</b>								
<b>Sol. 1</b>	80,72 ± 4,74 <sup>Aab</sup>	78,21 ± 7,12 <sup>Ac</sup>	77,02 ± 7,38 <sup>Ac</sup>	81,85 ± 1,98 <sup>Aab</sup>	81,42 ± 3,32 <sup>Aa</sup>	84,17 ± 3,5 <sup>Aa</sup>	82,45 ± 2,78 <sup>Aab</sup>	79,43 ± 3,79 <sup>Ab</sup>
<b>Sol. 2</b>	82,65 ± 1,45 <sup>Aab</sup>	74,33 ± 9,54 <sup>Bdc</sup>	78,39 ± 7,15 <sup>Ac</sup>	80,16 ± 3,31 <sup>Aa</sup>	81,91 ± 1,99 <sup>Ab</sup>	82,57 ± 2,42 <sup>Aab</sup>	80,03 ± 2,96 <sup>Aabc</sup>	79,84 ± 3,42 <sup>Aabc</sup>

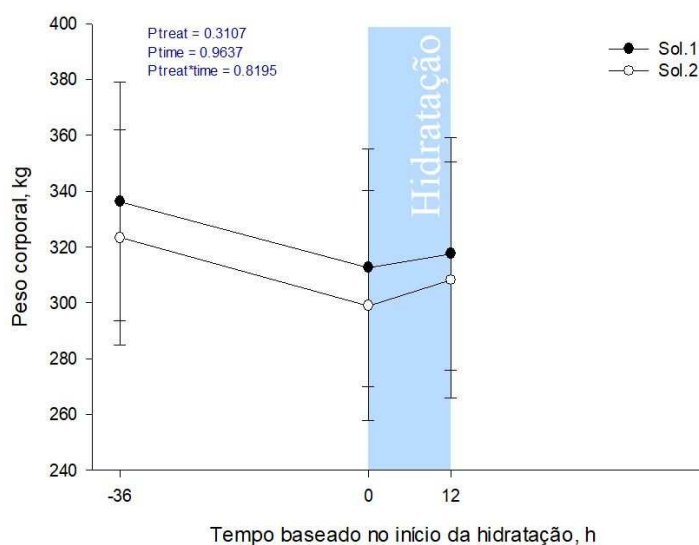
Valores médios seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna ou por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ )

O peso corporal foi mensurado antes (T-36h), após o protocolo de desidratação (T0h) e após a reposição hidroeletrólítica (T12h). Apesar da não ter existido diferença estatística significativa entre tempos ou tratamentos ( $p > 0,05$ ), nota-se que houve perda de peso após período de desidratação, comprovando assim, em conjunto com outras variáveis, a eficácia do protocolo de desidratação.

É importante destacar que, mesmo em jejum durante todo o processo de hidratação, os animais apresentaram leve ganho de peso ao final do tratamento com ambas as soluções (Figura 17). Tal observação corrobora a eficácia de reposição hídrica das soluções, visto que o peso corporal já demonstrou ser uma importante variável para atestar esse papel em outros estudos (DIAS *et al.*, 2019; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2023; SILVEIRA *et al.*, 2012).

Todos os valores de média e desvio-padrão do peso corporal encontram-se na Tabela 6 e complementam os resultados descritos anteriormente.

**Figura 17** – Peso corporal de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



**Tabela 6** – Valores médios e desvio-padrão do Peso Corporal dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

Tratamento	Tempo		
	(-36h)	0h	12h
	<b>Peso Corporal (kg)</b>		
<b>Sol. 1</b>	336,33 ± 42,88 <sup>Aa</sup>	312,66 ± 42,66 <sup>Aa</sup>	317,66 ± 41,67 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	323,33 ± 38,61 <sup>Aa</sup>	299,00 ± 41,29 <sup>Aa</sup>	308,16 ± 42,32 <sup>Aa</sup>

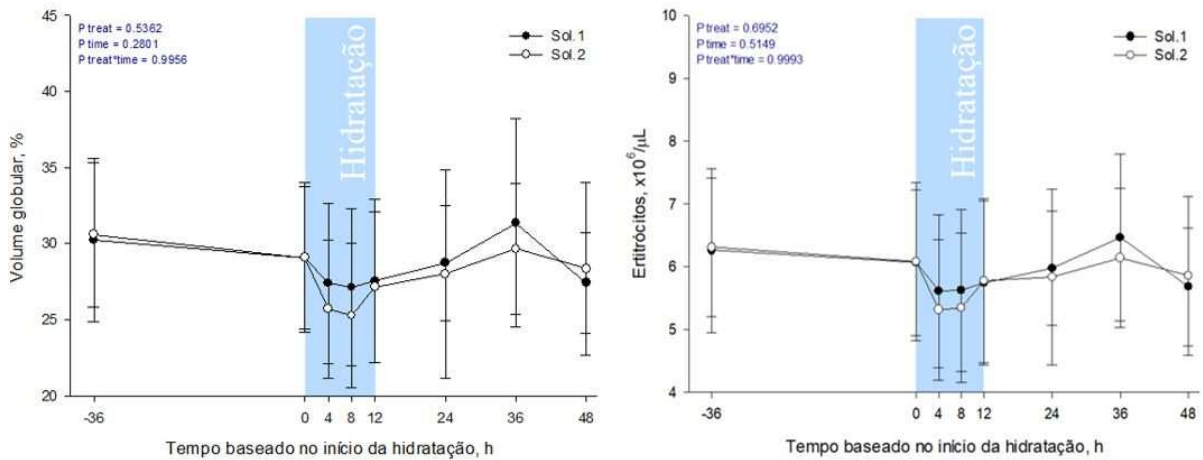
Valores médios seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna ou por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ )

Aliada ao exame físico, a análise laboratorial hematológica pode fornecer informações importantes quanto ao status hídrico do paciente, principalmente por meio da mensuração do volume globular (VG) e das proteínas plasmáticas totais (PPT). Deve-se ter cautela quando se utiliza o VG para avaliar o grau de desidratação em bovinos e equinos. Ensaios clínicos experimentais em equinos utilizando protocolos de desidratação com duração de 12 até 72 horas, não detectou alteração significativa no seu valor (MONTEIRO *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020). Por sua vez, ao desidratar bovinos adultos durante 72 horas, Santos (2022) registrou pequeno acréscimo nos valores do VG, sem, contudo, significado estatístico. Constable *et al.* (1998) induziram diarreia e desidratação em bezerros, ao utilizarem regressão linear para examinar a relação entre fatores potencialmente úteis para avaliar o estado de hidratação nos animais, relataram que o VG ficou em nono lugar quando comparado a outras variáveis utilizadas com esse intuito, ou seja, segundo os referidos autores, o VG apresenta baixo grau de acurácia em bezerros desidratados.

A administração de ambas as soluções promoveu discreta redução no valor do VG e no número de eritrócitos durante o período de hidratação. Essa pequena variação foi desprovida de diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre tratamentos e nos tratamentos ao longo do tempo (Figura 18). A ausência de decréscimo significativo no número de eritrócitos e, conseqüentemente, nos valores do VG, pode ser atribuída a baixa precisão do VG, explicado anteriormente, associado ao pequeno volume da taxa de manutenção infundida nos animais, 5 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> durante seis horas, pois ao utilizar a taxa de infusão de 15 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, Dias *et al.* (2019) registraram decréscimo acentuado nos seus valores

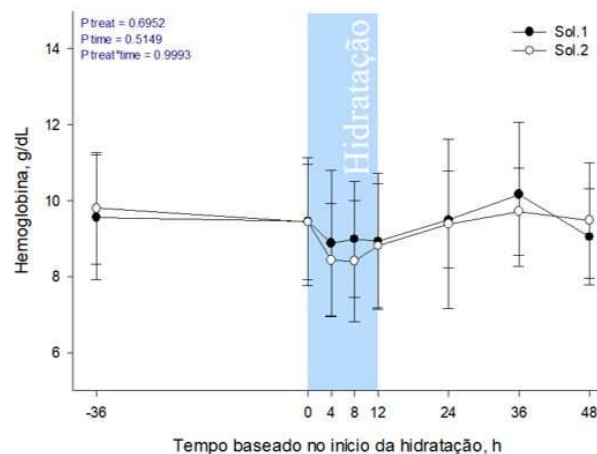
Apesar de não haver diferença entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), o efeito da SOL.2 sobre o VG em T4h e T8h foi discretamente superior aos da SOL.1, ou seja, nos referidos tempos os valores do VG nos animais que receberam a SOL.2 foram maiores. Esse efeito possivelmente está relacionado a tonicidade das soluções eletrolíticas. Por apresentar maior osmolaridade, a SOL.2, possivelmente favoreceu a menor saída de água do espaço intravascular para o interstício. Por esse motivo, ocasionou o aparecimento de maior valor do volume globular (Tabela 7).

**Figura 18** – Volume globular e eritrócitos de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

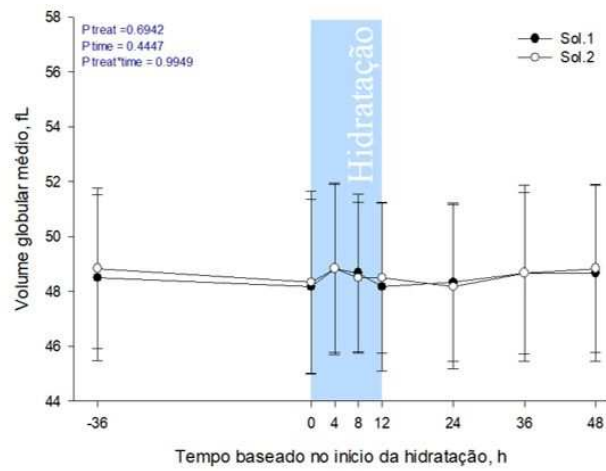


Comportamento similar foi observado na dosagem de hemoglobina, ambas as soluções causaram discreta redução, mas sem diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) entre tempos ou tratamentos (Figura 19). O volume globular médio (Figura 19) e a concentração de hemoglobina globular média (Figura 20) apresentaram discreto aumento durante o período de hidratação, sem, contudo, demonstrarem diferenças estatísticas significantes ( $p > 0,005$ ) entre tempos ou tratamentos. Não houve também significado clínico nessas variáveis, visto que os valores estão dentro da faixa de normalidade da espécie equina (WALTON; LAWSON, 2020). O comportamento dessas variáveis não se apresentou conforme esperado e encontrado em outros estudos (AVANZA *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

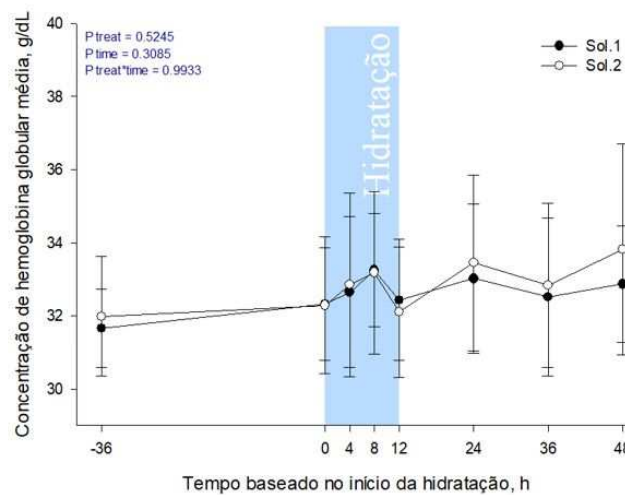
**Figura 19** – Hemoglobina de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



**Figura 20** – Volume globular médio de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



**Figura 21** – Concentração de hemoglobina globular média de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Todos os valores de média e desvio-padrão, analisados durante todo o período experimental, encontram-se na Tabela 7 e complementam os resultados descritos anteriormente.

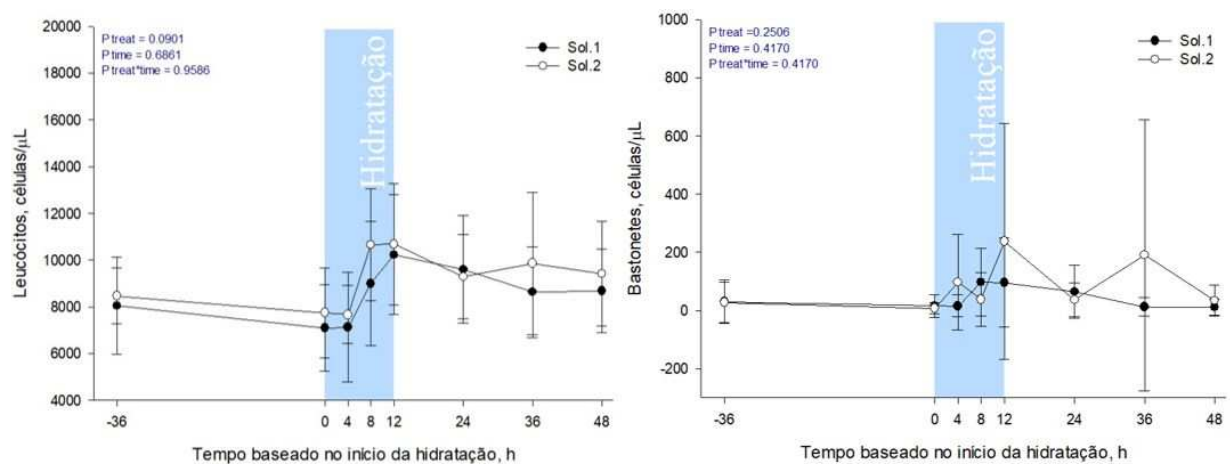
**Tabela 7** – Valores médios e desvio-padrão de volume globular, contagem de eritrócitos, hemoglobina, volume globular médio e concentração de hemoglobina globular média dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

Tratamento	Tempo							
	(-) <b>36h</b>	<b>0h</b>	<b>4h</b>	<b>8h</b>	<b>12h</b>	<b>24h</b>	<b>36h</b>	<b>48h</b>
<b>Volume Globular (%)</b>								
<b>Sol. 1</b>	30,21 ± 5,36 <sup>Aa</sup>	29,06 ± 4,67 <sup>Aa</sup>	27,40 ± 5,27 <sup>Aa</sup>	27,11 ± 5,14 <sup>Aa</sup>	27,55 ± 5,40 <sup>Aa</sup>	28,73 ± 3,78 <sup>Aa</sup>	31,36 ± 6,85 <sup>Aa</sup>	27,41 ± 3,30 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	30,58 ± 4,76 <sup>Aa</sup>	29,08 ± 4,91 <sup>Aa</sup>	25,70 ± 4,53 <sup>Aa</sup>	25,26 ± 4,76 <sup>Aa</sup>	27,15 ± 4,94 <sup>Aa</sup>	28,00 ± 6,86 <sup>Aa</sup>	29,65 ± 4,32 <sup>Aa</sup>	28,35 ± 5,68 <sup>Aa</sup>
<b>Eritrócitos (x10<sup>6</sup>/μL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	6,260 ± 1,30 <sup>Aa</sup>	6,066 ± 1,16 <sup>Aa</sup>	5,610 ± 1,22 <sup>Aa</sup>	5,621 ± 1,28 <sup>Aa</sup>	5,740 ± 1,30 <sup>Aa</sup>	5,975 ± 0,91 <sup>Aa</sup>	6,461 ± 1,33 <sup>Aa</sup>	5,678 ± 0,94 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	6,306 ± 1,10 <sup>Aa</sup>	6,081 ± 1,26 <sup>Aa</sup>	5,313 ± 1,12 <sup>Aa</sup>	5,340 ± 1,18 <sup>Aa</sup>	5,775 ± 1,30 <sup>Aa</sup>	5,833 ± 1,39 <sup>Aa</sup>	6,141 ± 1,10 <sup>Aa</sup>	5,856 ± 1,26 <sup>Aa</sup>
<b>Hemoglobina (g/dL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	9,56 ± 1,64 <sup>Aa</sup>	9,45 ± 1,67 <sup>Aa</sup>	8,88 ± 1,92 <sup>Aa</sup>	8,98 ± 1,53 <sup>Aa</sup>	8,93 ± 1,78 <sup>Aa</sup>	9,50 ± 1,27 <sup>Aa</sup>	10,16 ± 1,89 <sup>Aa</sup>	9,05 ± 1,27 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	9,80 ± 1,47 <sup>Aa</sup>	9,43 ± 1,51 <sup>Aa</sup>	8,43 ± 1,48 <sup>Aa</sup>	8,41 ± 1,59 <sup>Aa</sup>	8,81 ± 1,63 <sup>Aa</sup>	9,38 ± 2,22 <sup>Aa</sup>	9,71 ± 1,14 <sup>Aa</sup>	9,48 ± 1,51 <sup>Aa</sup>
<b>Volume Globular Médio (fL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	48,50 ± 3,01 <sup>Aa</sup>	48,16 ± 3,18 <sup>Aa</sup>	48,83 ± 3,06 <sup>Aa</sup>	48,66 ± 2,87 <sup>Aa</sup>	48,16 ± 3,06 <sup>Aa</sup>	48,33 ± 2,87 <sup>Aa</sup>	48,66 ± 3,20 <sup>Aa</sup>	48,66 ± 3,20 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	48,83 ± 2,92 <sup>Aa</sup>	48,33 ± 3,32 <sup>Aa</sup>	48,83 ± 3,12 <sup>Aa</sup>	48,50 ± 2,73 <sup>Aa</sup>	48,50 ± 2,73 <sup>Aa</sup>	48,16 ± 2,99 <sup>Aa</sup>	48,66 ± 2,94 <sup>Aa</sup>	48,83 ± 3,06 <sup>Aa</sup>
<b>Concentração de Hemoglobina Globular Média (g/dL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	31,65 ± 1,07 <sup>Aa</sup>	32,31 ± 1,53 <sup>Aa</sup>	32,65 ± 2,06 <sup>Aa</sup>	33,25 ± 1,54 <sup>Aa</sup>	32,43 ± 1,66 <sup>Aa</sup>	33,01 ± 2,05 <sup>Aa</sup>	32,51 ± 2,15 <sup>Aa</sup>	32,86 ± 1,59 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	31,98 ± 1,63 <sup>Aa</sup>	32,28 ± 1,87 <sup>Aa</sup>	32,85 ± 2,50 <sup>Aa</sup>	33,18 ± 2,22 <sup>Aa</sup>	32,10 ± 1,77 <sup>Aa</sup>	33,45 ± 2,40 <sup>Aa</sup>	32,83 ± 2,24 <sup>Aa</sup>	33,81 ± 2,88 <sup>Aa</sup>

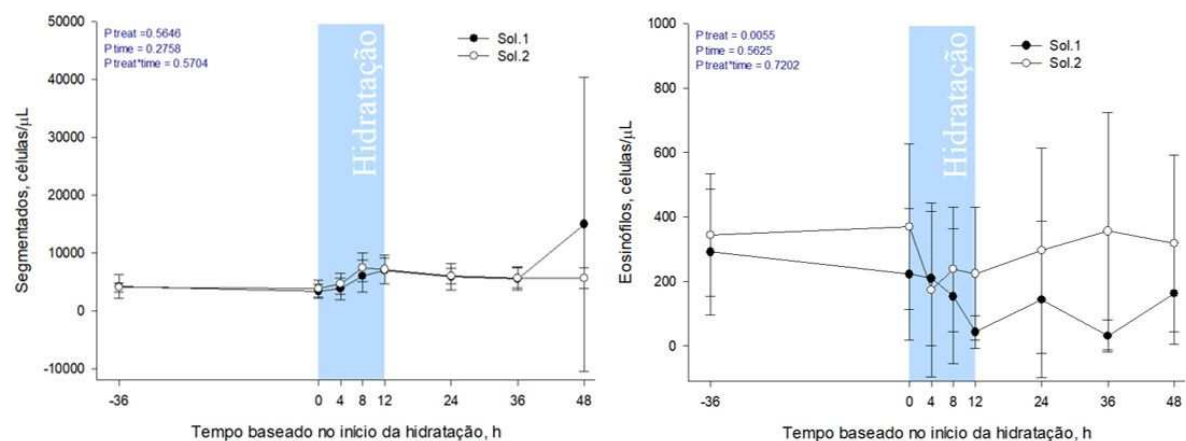
Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna ou por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ )

Leucócitos totais, bastonetes, neutrófilos segmentados e linfócitos não apresentaram diferença entre tratamentos, tampouco nos tratamentos ao longo tempo (Tabela 8). Registrou-se diferença ( $p < 0,05$ ) no número de eosinófilos, monócitos e basófilos (Tabela 8). Entretanto, a contagem permaneceu na faixa de normalidade, o que a torna desprovida de significado clínico. A ausência de alterações leucocitárias demonstra que o processo de esterilização das soluções foi eficaz, pois a presença de pirógenos ocasiona resposta leucocitária, além da presença de febre, o que também não foi registrado nos animais (FREEMAN; FARR; BARRELET, 2020)

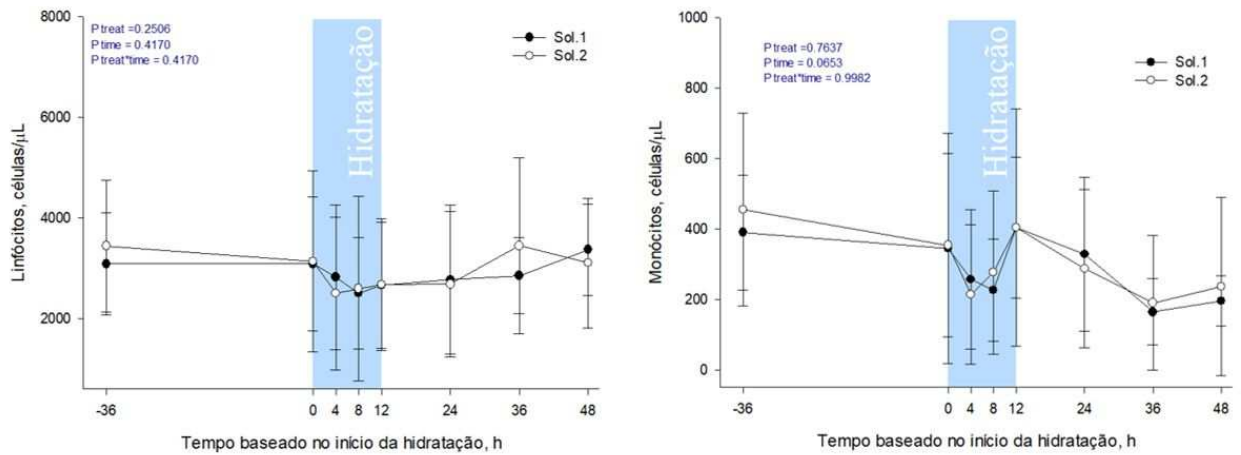
**Figura 22** – Contagem total de leucócitos e de bastonetes em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



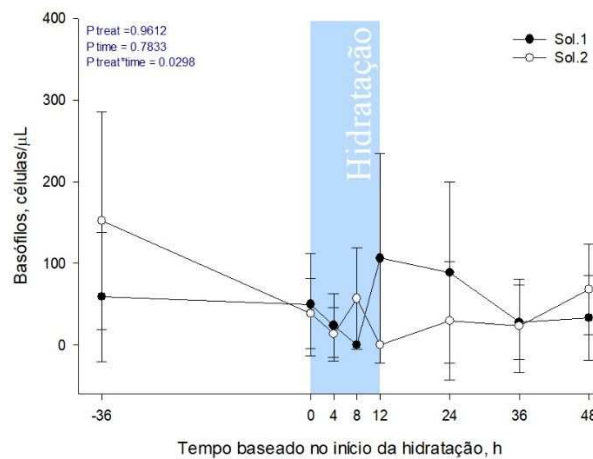
**Figura 23** – Contagem de neutrófilos segmentados e eosinófilos em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



**Figura 24** – Contagem de linfócitos e monócitos em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



**Figura 25** – Contagem de basófilos em equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Todos os valores de média e desvio-padrão de leucograma, analisados durante todo o período experimental, encontram-se na Tabela 8 e complementam os resultados descritos acima.

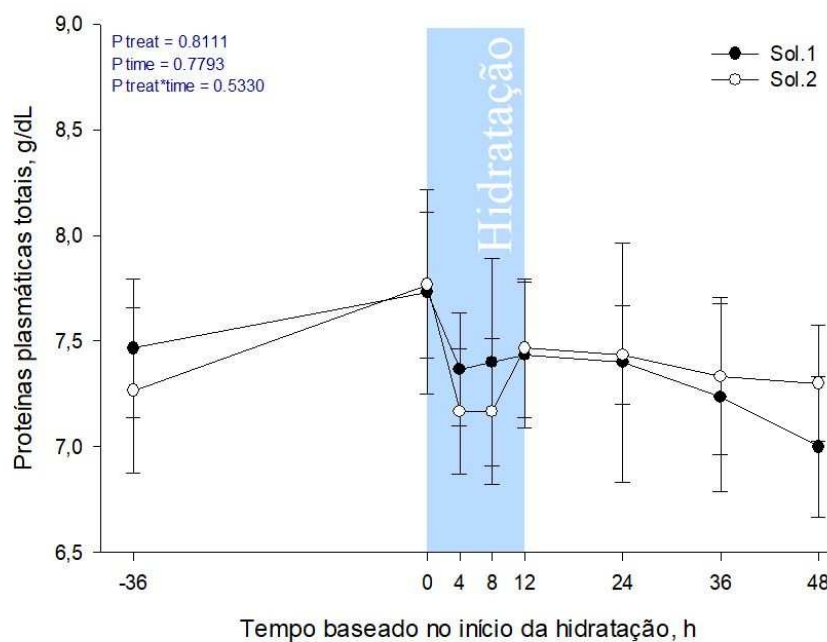
**Tabela 8** – Valores médios e desvio-padrão de leucócitos, bastonetes, segmentados, eosinófilos, linfócitos, monócitos e basófilos dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

Tratamento	Tempo							
	(-)36h	0h	4h	8h	12h	24h	36h	48h
<b>Leucócitos (células/<math>\mu</math>L)</b>								
Sol. 1	8050 $\pm$ 2071 <sup>Aa</sup>	7100 $\pm$ 1857 <sup>Aa</sup>	7133 $\pm$ 2341 <sup>Aa</sup>	9000 $\pm$ 2656 <sup>Aa</sup>	10233 $\pm$ 2566 <sup>Aa</sup>	9600 $\pm$ 2298 <sup>Aa</sup>	8633 $\pm$ 1938 <sup>Aa</sup>	8683 $\pm$ 1938 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	8467 $\pm$ 1198 <sup>Aa</sup>	7750 $\pm$ 1927 <sup>Aa</sup>	7667 $\pm$ 1246 <sup>Aa</sup>	10667 $\pm$ 2398 <sup>Aa</sup>	10683 $\pm$ 2609 <sup>Aa</sup>	9285 $\pm$ 1805 <sup>Aa</sup>	9867 $\pm$ 3052 <sup>Aa</sup>	9417 $\pm$ 2246 <sup>Aa</sup>
<b>Bastonetes (células/<math>\mu</math>L)</b>								
Sol. 1	31 $\pm$ 75 <sup>Aa</sup>	16 $\pm$ 39 <sup>Aa</sup>	15 $\pm$ 38 <sup>Aa</sup>	97 $\pm$ 116 <sup>Aa</sup>	96,16 $\pm$ 153 <sup>Aa</sup>	65 $\pm$ 90 <sup>Aa</sup>	12 $\pm$ 31 <sup>Aa</sup>	11 $\pm$ 26 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	28 $\pm$ 68 <sup>Ab</sup>	7 $\pm$ 18 <sup>Ab</sup>	97 $\pm$ 164 <sup>Aab</sup>	38 $\pm$ 93 <sup>Ab</sup>	237 $\pm$ 406 <sup>Aa</sup>	37 $\pm$ 58 <sup>Ab</sup>	190 $\pm$ 465 <sup>Aab</sup>	33 $\pm$ 52 <sup>Ab</sup>
<b>Segmentados (células/<math>\mu</math>L)</b>								
Sol. 1	4192 $\pm$ 2087 <sup>Aa</sup>	3383 $\pm$ 1196 <sup>Aa</sup>	3805 $\pm$ 1875 <sup>Aa</sup>	6007 $\pm$ 2796 <sup>Aa</sup>	6922 $\pm$ 2267 <sup>Aa</sup>	5912 $\pm$ 2272 <sup>Aa</sup>	5545 $\pm$ 2012 <sup>Aa</sup>	4954 $\pm$ 1635 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	4045 $\pm$ 776 <sup>Aa</sup>	3843 $\pm$ 1466 <sup>Aa</sup>	4656 $\pm$ 1832 <sup>Aa</sup>	7463 $\pm$ 2482 <sup>Aa</sup>	7143 $\pm$ 2469 <sup>Aa</sup>	5999 $\pm$ 1347 <sup>Aa</sup>	5645 $\pm$ 1741 <sup>Aa</sup>	5655 $\pm$ 1809 <sup>Aa</sup>
<b>Eosinófilos (células/<math>\mu</math>L)</b>								
Sol. 1	291 $\pm$ 194 <sup>Aa</sup>	221 $\pm$ 204 <sup>Aa</sup>	209 $\pm$ 207 <sup>Aa</sup>	153 $\pm$ 209 <sup>Aa</sup>	43 $\pm$ 50 <sup>Aa</sup>	143 $\pm$ 242 <sup>Aa</sup>	30,83 $\pm$ 48 <sup>Ba</sup>	162 $\pm$ 157 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	343 $\pm$ 189 <sup>Aa</sup>	369 $\pm$ 256 <sup>Aa</sup>	173 $\pm$ 269 <sup>Aa</sup>	237 $\pm$ 193 <sup>Aa</sup>	223 $\pm$ 205 <sup>Aa</sup>	296 $\pm$ 318 <sup>Aa</sup>	355,66 $\pm$ 368 <sup>Aa</sup>	317 $\pm$ 273 <sup>Aa</sup>
<b>Linfócitos (células/<math>\mu</math>L)</b>								
Sol. 1	3087 $\pm$ 1015 <sup>Aa</sup>	3086 $\pm$ 1325 <sup>Aa</sup>	2825 $\pm$ 1438 <sup>Aa</sup>	2504 $\pm$ 1101 <sup>Aa</sup>	2662 $\pm$ 1246 <sup>Aa</sup>	2779 $\pm$ 1479 <sup>Aa</sup>	2852,17 $\pm$ 758 <sup>Aa</sup>	3372 $\pm$ 906 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	3443 $\pm$ 1307 <sup>Aa</sup>	3137 $\pm$ 1792 <sup>Aa</sup>	2498 $\pm$ 1513 <sup>Aa</sup>	2594 $\pm$ 1834 <sup>Aa</sup>	2674 $\pm$ 1307 <sup>Aa</sup>	2683 $\pm$ 1440 <sup>Aa</sup>	3445,33 $\pm$ 1746,41 <sup>Aa</sup>	3105 $\pm$ 1287 <sup>Aa</sup>
<b>Monócitos (células/<math>\mu</math>L)</b>								
Sol. 1	389 $\pm$ 163 <sup>Aa</sup>	344 $\pm$ 326 <sup>Aa</sup>	256 $\pm$ 197 <sup>Aa</sup>	225 $\pm$ 144 <sup>Aa</sup>	403 $\pm$ 199 <sup>Aa</sup>	328 $\pm$ 217 <sup>Aa</sup>	164 $\pm$ 93 <sup>Aa</sup>	195,50 $\pm$ 71 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	454 $\pm$ 273 <sup>Aa</sup>	353 $\pm$ 260 <sup>Aab</sup>	214 $\pm$ 198 <sup>Aab</sup>	276 $\pm$ 232 <sup>Aab</sup>	403 $\pm$ 336 <sup>Aab</sup>	287 $\pm$ 224 <sup>Aab</sup>	190 $\pm$ 191 <sup>Ab</sup>	236,50 $\pm$ 252 <sup>Aab</sup>
<b>Basófilos (células/<math>\mu</math>L)</b>								
Sol. 1	58,83 $\pm$ 79,26 <sup>Ba</sup>	49 $\pm$ 62 <sup>Aa</sup>	23 $\pm$ 38 <sup>Aa</sup>	0 $\pm$ 0 <sup>Aa</sup>	106 $\pm$ 128 <sup>Aa</sup>	88 $\pm$ 110 <sup>Aa</sup>	27 $\pm$ 45 <sup>Aa</sup>	33 $\pm$ 51 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	152,33 $\pm$ 133,07 <sup>Aa</sup>	38 $\pm$ 43 <sup>Aa</sup>	13 $\pm$ 32 <sup>Aa</sup>	56 $\pm$ 62 <sup>Aa</sup>	0 $\pm$ 0 <sup>Ba</sup>	29 $\pm$ 72 <sup>Aa</sup>	23 $\pm$ 57 <sup>Aa</sup>	68 $\pm$ 55 <sup>Aa</sup>

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna ou por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ )

Os valores das PPT, em ambos os tratamentos, não apresentaram diferença significativa entre tempos ou tratamentos ( $p>0.05$ ). Entretanto, eles tiveram comportamento semelhante aos do volume globular (Tabela 7), ou seja, os animais que receberam a SOL2 apresentaram os menores valores (Tabela 9). Por ser menos hipotônica, ela permitiu a menor saída de água do vaso para o interstício. Por esse motivo, ocasionou o aparecimento de maior valor das PPT (Tabela 9).

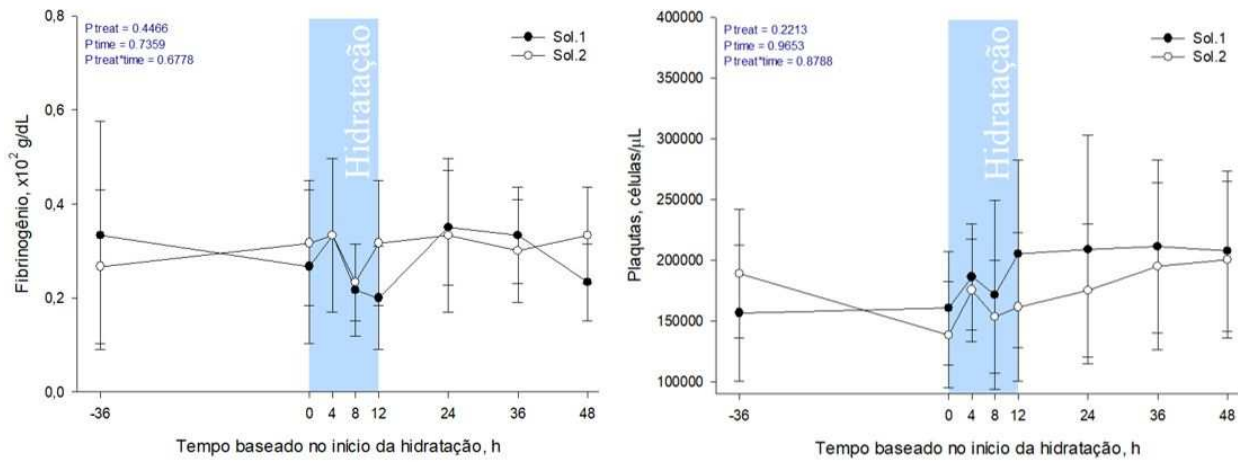
**Figura 26** – Contagem de proteínas plasmáticas totais de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Quanto ao fibrinogênio e plaquetas dos equinos tratados com ambas as soluções intravenosas, mesmo apresentando variações durante o período de hidratação, nenhum desses parâmetros apresentou diferença estatística relevante entre tempos ou tratamentos ( $p>0,05$ ) (Figura 27). As plaquetas e o fibrinogênio podem ser usados como marcadores inflamatórios (JACKSON, 2014) e sua manutenção dentro da faixa de normalidade demonstra, da mesma forma que outras variáveis a segurança na utilização de ambas as soluções.

Todos os valores de média e desvio-padrão de proteínas plasmáticas totais, fibrinogênio e plaquetas, analisados durante todo o período experimental, encontram-se na Tabela 9 e complementam os resultados descritos anteriormente.

**Figura 27** – Fibrinogênio e plaquetas de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



## Conclusão

Conclui-se que as duas soluções eletrolíticas testadas foram seguras, pois não causaram reações adversas nos animais. Da mesma forma, foram eficazes em reidratar os animais, evidenciado por meio de variáveis clínicas e laboratoriais. Ademais, a Solução 1 sinalizou ser mais precoce e eficaz no processo de reidratação os animais.

**Tabela 9** – Valores médios e desvio-padrão de proteínas plasmáticas totais, fibrinogênio e plaquetas dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

Tratamento	Tempo						36h
	(-36h)	0h	4h	8h	12h	24h	
	<b>Proteínas Plasmáticas Totais</b>						
<b>Sol. 1</b>	7,46 ± 0,32 <sup>Aa</sup>	7,73 ± 0,48 <sup>Aa</sup>	7,36 ± 0,26 <sup>Aa</sup>	7,40 ± 0,48 <sup>Aa</sup>	7,43 ± 0,34 <sup>Aa</sup>	7,40 ± 0,56 <sup>Aa</sup>	7,23 ± 0,32 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	7,26 ± 0,39 <sup>Aa</sup>	7,76 ± 0,34 <sup>Aa</sup>	7,16 ± 0,29 <sup>Aa</sup>	7,16 ± 0,34 <sup>Aa</sup>	7,46 ± 0,32 <sup>Aa</sup>	7,43 ± 0,23 <sup>Aa</sup>	7,33 ± 0,32 <sup>Aa</sup>
	<b>Fibrinogênio</b>						
<b>Sol. 1</b>	0,33 ± 0,24 <sup>Aa</sup>	0,26 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	0,21 ± 0,09 <sup>Aa</sup>	0,20 ± 0,10 <sup>Aa</sup>	0,35 ± 0,12 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,16 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	0,26 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	0,31 ± 0,13 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	0,23 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	0,31 ± 0,13 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	0,30 ± 0,16 <sup>Aa</sup>
	<b>Plaquetas</b>						
<b>Sol. 1</b>	156,6 ± 55,9 <sup>Aa</sup>	160,5 ± 46,6 <sup>Aa</sup>	186,3 ± 43,4 <sup>Aa</sup>	171,5 ± 77,5 <sup>Aa</sup>	205,3 ± 77,3 <sup>Aa</sup>	208,8 ± 94 <sup>Aa</sup>	211,33 ± 55,9 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	189 ± 53,1 <sup>Aa</sup>	138,5 ± 43,7 <sup>Aa</sup>	175,3 ± 42,1 <sup>Aa</sup>	153,5 ± 46,2 <sup>Aa</sup>	161,5 ± 61,2 <sup>Aa</sup>	175,1 ± 55 <sup>Aa</sup>	195 ± 55,9 <sup>Aa</sup>

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna ou por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ )

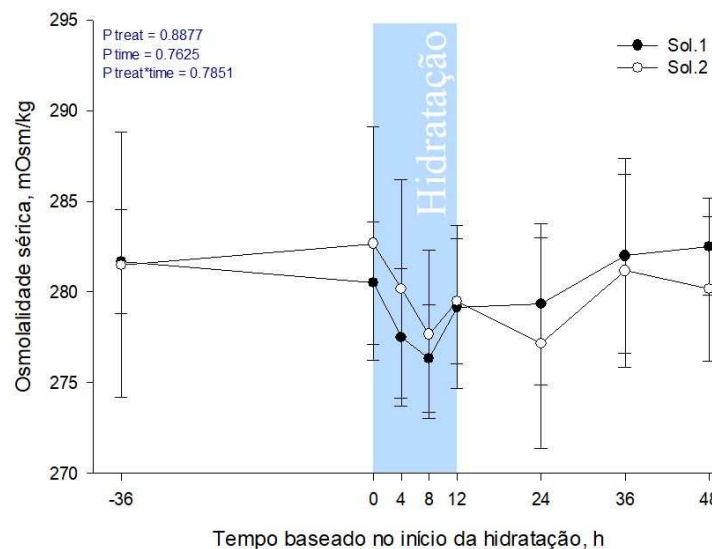
## CAPÍTULO 2

### DESENVOLVIMENTO DE NOVAS SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS DE USO INTRAVENOSO PARA EQUINOS: EFEITOS SOBRE PERFIL ELETROLÍTICO E ÁCIDO BASE

#### Resultados e Discussão

Um marcador comumente utilizado no fornecimento de informações sobre a hidratação de um paciente é a sua osmolaridade sérica (FIELDING, 2015a). O período de desidratação não causou alteração significativa nesse parâmetro. Nos equinos tratados com ambas as soluções essa variável diminuiu discretamente até a oitava hora de hidratação (T8h) (Figura 28). Apesar dessa leve variação, não houve diferença significativa entre tempos ( $p=0,7625$ ) ou tratamentos ( $p=0,8877$ ).

**Figura 28** – Osmolalidade sérica de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Mesmo com a administração intravenosa de uma solução com tonicidade menor do que a do plasma equino, os valores séricos da osmolaridade dos animais de ambos os grupos permaneceram na faixa de normalidade para a espécie equina (Tabela 10) (FIELDING; MAGDESIAN, 2015), reduzindo a possibilidade de desenvolvimento de hiponatremia.

O fato de soluções eletrolíticas hipotônicas administradas por via intravenosa não terem promovido diminuição na osmolaridade sérica desponta como uma grande vantagem,

visto que uma das principais preocupações com o uso desse tipo de solução é a possibilidade de decréscimo da osmolaridade sérica ou plasmática, ocasionando sérios efeitos adversos. Ensaio clínico com soluções eletrolíticas enterais hipotônicas também não ocasionaram redução na osmolaridade sérica em várias espécies animais (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2014)

A avaliação dos níveis séricos de ureia e creatinina também são fundamentais para o estudo por fornecerem informações, de forma indireta, sobre a taxa de filtração glomerular e da função renal dos animais. O período de desidratação causou aumento significativo da ureia nos dois grupos experimentais, expressando desidratação dos mesmos e consequente redução da taxa de filtração glomerular (TORIBIO, 2007). Posteriormente, houve redução notável desse parâmetro nos equinos tratados com ambas as soluções após o início do tratamento até as doze horas finais do mesmo (Figura 29), com diferença entre os tempos experimentais ( $p < 0,001$ ) e sem diferença entre os tratamentos ( $p = 0,1992$ ).

A redução significativa desse marcador comprova a eficácia das duas soluções quanto a capacidade de causar a expansão plasmática e reestabelecer a perfusão tecidual e, conseqüentemente, aumentar a taxa de filtração glomerular. Dias *et al.* (2021) realizaram estudo envolvendo a administração intravenosa de solução de Ringer com lactato de sódio e registraram comportamento semelhante dessa variável, com aumento após o período de desidratação (com uso de diurético) e posterior redução durante a terapia de hidratação.

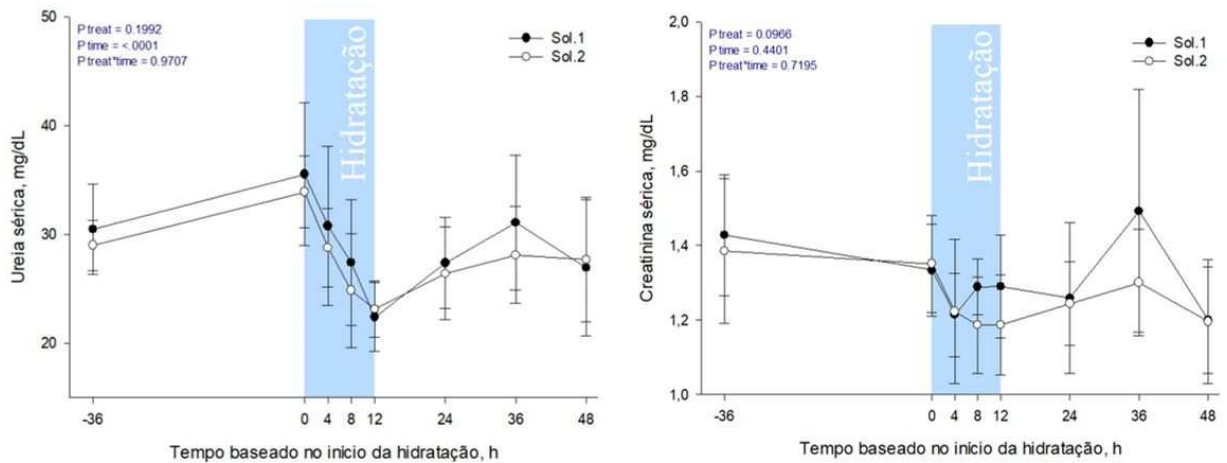
A creatinina, por outro lado, apesar de ter apresentado variações ao longo do período de hidratação (Tabela 10), não apresentou diferenças entre tempos ( $p = 0,4401$ ) ou tratamentos ( $p = 0,0966$ ) (Figura 29) mantendo-se na faixa de normalidade para a espécie (Tabela 23). Tal fato difere dos resultados obtidos por Dias *et al.* (2021). Esses autores registraram redução dessa variável após início da hidratação intravenosa com solução de Ringer com lactato, porém, a taxa de infusão utilizada foi de  $15 \text{ ml kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  durante oito horas.

Mesmo não havendo significância estatística, ao se analisar o comportamento da creatinina sérica por meio do gráfico (Figura 29), é possível notar que durante o período de hidratação a SOL 2 promoveu uma redução gradual nos níveis dessa variável, comportamento semelhante ao promovido pela mesma solução na ureia sérica e indicativo de eficiência na reposição hídrica e promoção do aumento da taxa de filtração glomerular.

A SOL. 1. também foi responsável pela redução da creatina sérica no T4h, sendo sucedida por leve aumento até o final do processo. Tal fato pode ser justificado pela mudança da taxa de infusão. Ademais, o fato de a osmolaridade da SOL. 1 ser menor que a da SOL. 2, favorece a permeabilidade do líquido para o meio extravascular reduzindo a pressão arterial captada pelos barorreceptores e conseqüentemente reduzindo a filtração glomerular. Tal fato

já foi observado anteriormente nas variáveis clínicas, umidade de mucosa e motilidade intestinal, nas quais houve aumento significativo, indicando que o líquido infundido intravenosamente chegou ao intestino e mucosas.

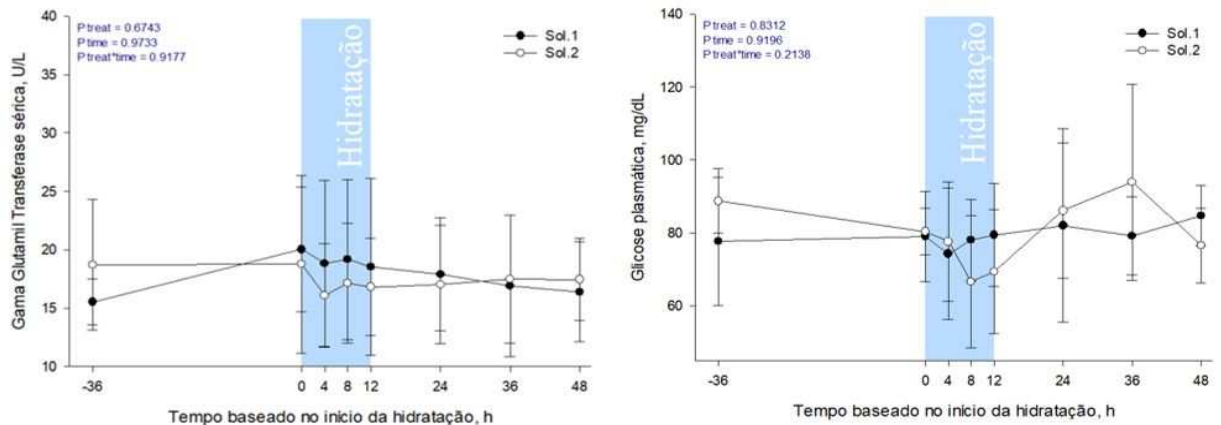
**Figura 29** – Ureia e creatinina séricas de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



A glicose plasmática não apresentou diferença significativa entre tempos ou tratamentos ( $p > 0,05$ ) (Figura 30), justificado pelo fato de as soluções não possuírem nenhum tipo de fonte de energia em suas composições e os animais estarem em jejum durante todo o processo experimental (Tabela 10).

Os níveis da enzima gama glutamil transferase sérica também não apresentaram variações durante os tempos experimentais com ambas as soluções intravenosas (Figura 30), tampouco diferença estatística significativa entre tempos ou tratamentos ( $p > 0,05$ ) e se mantiveram na faixa de normalidade da espécie (Tabela 10) (SATUÉ *et al.*, 2022), esse resultado é desejável uma vez que a utilização das soluções não ocasionou alteração hepática.

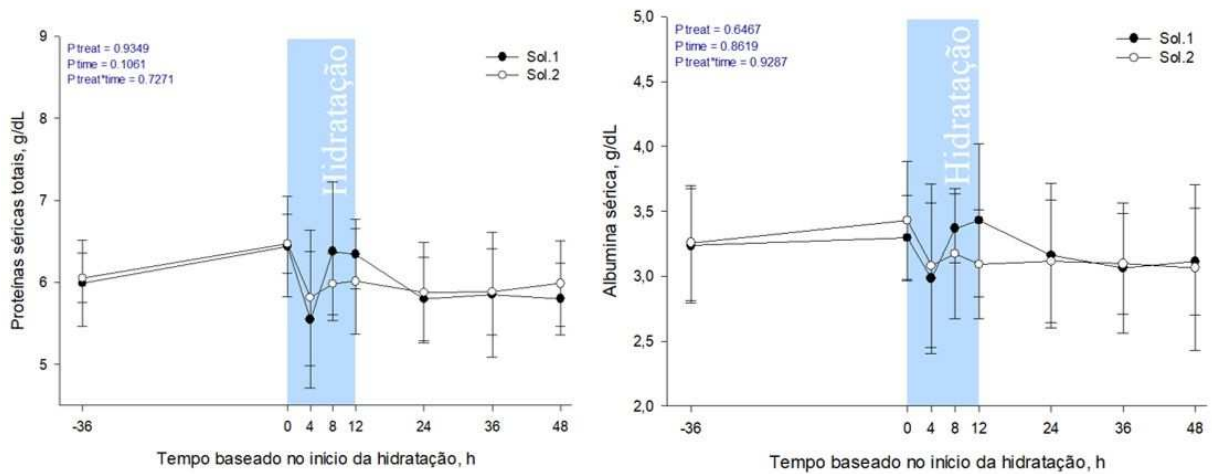
**Figura 30** – Gama glutamil transferase sérica e glicose de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Mesmo que na análise geral as proteínas séricas totais não tenham apresentado diferença estatística significativa ao longo do período experimental ( $p=0,1061$ ) ou tratamentos ( $p=0,9349$ ) (Figura 31), ao observar cada tempo de forma individual é possível notar relevante diferença entre tais. De maneira geral, as duas soluções foram eficientes em reduzir significativamente os níveis de proteínas séricas totais na fase inicial da hidratação (T4h), corroborando mais uma vez com a eficácia das soluções em promover a reposição volêmica. Após a redução da taxa de infusão, houve aumento nos níveis dessa variável em ambos os grupos, não havendo diferenças estatísticas entre eles.

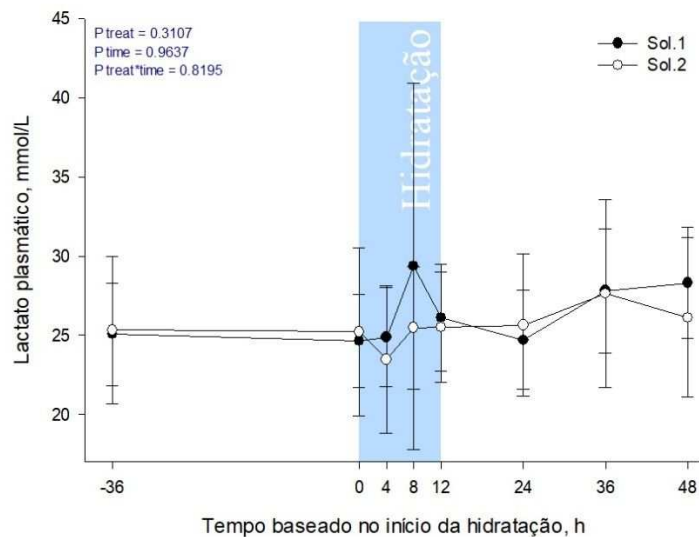
Ambas as soluções também causaram uma diminuição da albumina sérica transcorridas quatro horas de hidratação (Figura 31). Apesar disso e de apresentar discretas variações durante os tempos experimentais, não houve diferença entre tempos ou tratamentos ( $p>0,05$ ) para essa variável, sendo que essa também se manteve dentro dos valores de normalidade para a espécie (Tabela 10). Todavia, de maneira geral, é possível notar na Figura 31, que proteínas séricas totais e albumina tiveram comportamento semelhante.

**Figura 31** – Proteínas séricas totais e albumina sérica de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Não houve diferença entre tempos ou tratamentos ( $p > 0,05$ ) nos níveis de lactato plasmático (Figura 32) Tal dado é relevante, pois o aumento nos seus valores é indicativo de hipoxemia ou sepse (TENNET-BROWN, 2011).

**Figura 32** – Lactato plasmático de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



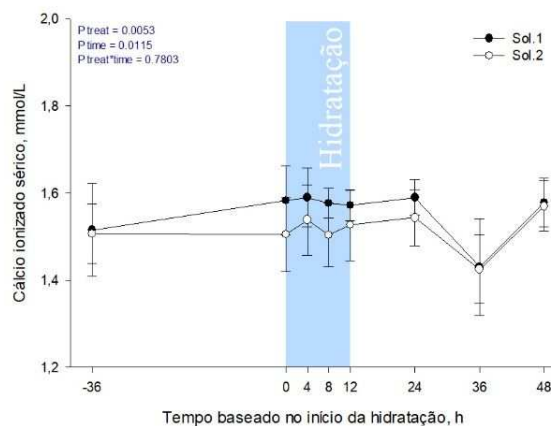
O cálcio ionizado dos equinos tratados com ambas as soluções sofreu variação entre tempos ( $p = 0,015$ ) e entre tratamentos ( $p = 0,0053$ ) (Figura 33). Após protocolo de desidratação houve diferença entre os tratamentos no tempo T0h (Tabela 10), porém sem significado clínico, pois os valores estão na faixa de normalidade, corroborando com outros estudos que

mostraram desbalanços no cálcio ionizado causados pela desidratação (AVANZA *et al.*, 2018; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2014).

Trinta e seis horas após o tratamento, os equinos tratados com ambas as soluções apresentaram redução significativa nos valores de cálcio ionizado (Tabela 10). Essa redução não está ligada ao efeito das soluções intravenosas, mas sim a fatores nutricionais e ambientais. No período em que os animais estavam sendo hidratados, os níveis de cálcio ionizados permaneceram equilibrados. Tal fato mostra que as soluções são equilibradas e mantêm o cálcio dentro da faixa de normalidade tanto na reposição quanto na manutenção. Dias *et al.* (2021) obtiveram resultados semelhantes utilizando a solução de Ringer com lactato.

Por sua vez, Avanza *et al.* (2009) e Lopes *et al.* (2002) notaram redução no cálcio sérico de equinos durante a hidratação, que receberam solução eletrolítica por via enteral, entretanto cabe ressaltar que as soluções eletrolíticas enterais utilizadas pelos autores não continham cálcio na composição.

**Figura 33** – Cálcio ionizado sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

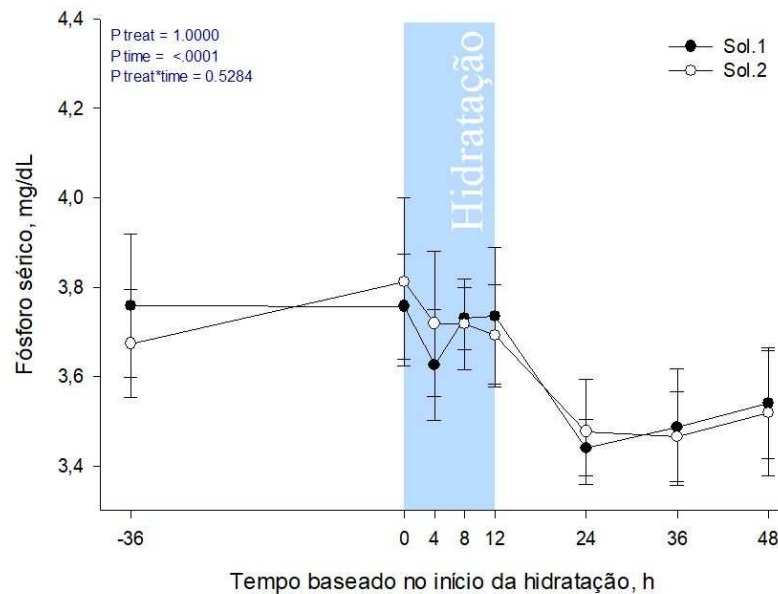


Houve diferença entre os tempos experimentais ( $p < 0,0001$ ) mas não entre tratamentos ( $p = 1,0$ ) quanto ao nível de fósforo sérico dos animais (Figura 34). Apesar do resultado significativo, todos os valores de fósforo sérico dos animais tratados com ambas as soluções se mantiveram na faixa de referência para a espécie equina (Tabela 10) (CARLSON; BRUSS, 2008), logo, a hipofosfatemia não pode ser considerada um risco com a utilização das soluções.

A redução desse eletrólito quatro horas após o início da hidratação é um achado comum em animais que recebem hidratação parenteral, e pode ser justificado pela

redistribuição do eletrólito entre os compartimentos corporais (TORIBIO, 2015). Comportamento semelhante foi encontrado em animais hidratados por via intravenosa com solução de Ringer com lactato em estudo realizado por Dias *et al.* (2021).

**Figura 34** – Fósforo sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

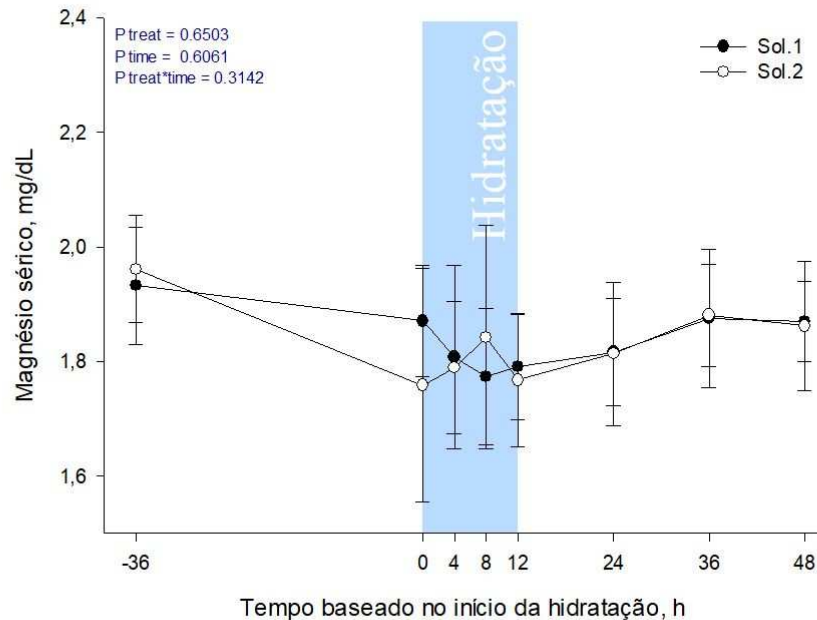


Não houve diferença entre tempos ou tratamentos ( $p>0,05$ ) quanto aos valores de magnésio (Figura 35), reiterando assim que ambas as soluções possuem composição equilibrada e não geram desbalanços eletrolíticos ao animal. Contrariamente Dias *et al.* (2021) observaram redução significativa nos valores de magnésio quando utilizaram a solução de Ringer com lactato. Esse resultado é de extrema importância e justifica a formulação de uma solução eletrolítica de uso intravenoso para equinos contendo magnésio, visto que a hipomagnesemia é um dos achados mais comuns no paciente com abdome agudo (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2020). O resultado obtido por Dias *et al.* (2021), após administração de Ringer com lactato, foi ocasionado pela ausência de magnésio na sua composição.

Os valores de magnésio dos animais de todos os grupos em todos os tempos encontram-se um pouco mais baixos do que os valores de normalidade para a espécie equina (2,2 -2,8 mg/dl) (Tabela 10) (CARLSON; BRUSS, 2008), contudo, é importante salientar que os valores basais dos animais já se apresentavam baixos, antes mesmo do jejum e tratamento, devendo esse fato ser creditado à característica do grupo estudado e não como efeito das soluções testadas. Valores semelhantes foram encontrados nos animais estudados por Avanza

*et al.* (2009), corroborando com a hipótese de que os valores abaixo da referência podem ser atribuídos a variação regional e um grupo de animais.

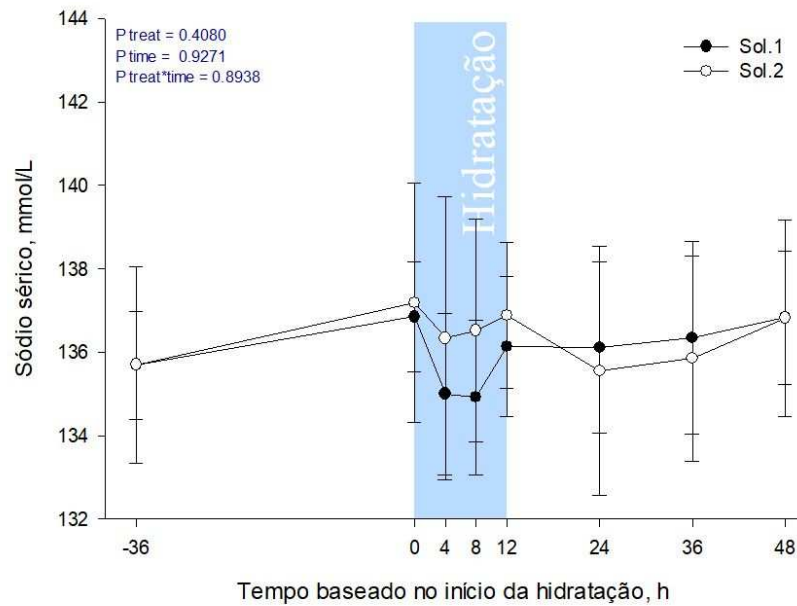
**Figura 35** – Magnésio sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Após o início da hidratação, ambas as soluções promoveram discreto decréscimo nos níveis de sódio (Figura 36). Apesar dessa variação, nenhum dos tratamentos apresentou diferença estatística significante entre tempos ( $p=0,9271$ ) ou tratamentos ( $p=0,4080$ ), e todos os valores encontram-se dentro dos valores de referência para a espécie, portanto sem significado clínico (Tabela 29) (CARLSON; BRUSS, 2008).

A manutenção dos valores de sódio na faixa de normalidade para espécie é fundamental, pois corrobora com estudos já realizados com soluções hipotônicas de uso enteral (DIAS *et al.*, 2021; MONTEIRO *et al.*, 2020; PESSIN *et al.*, 2013; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2014). Tais achados mostram a segurança na utilização de soluções hipotônicas e vão de encontro a informação de que soluções hipotônicas apresentam elevado risco de promoverem hiponatremia (RUDLOFF; HOPPER, 2021). Essa informação deriva de trabalhos que utilizaram água na hidratação enteral de equídeos, os quais apresentaram hiponatremia como citado por Lopes (2003).

**Figura 36** – Sódio sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

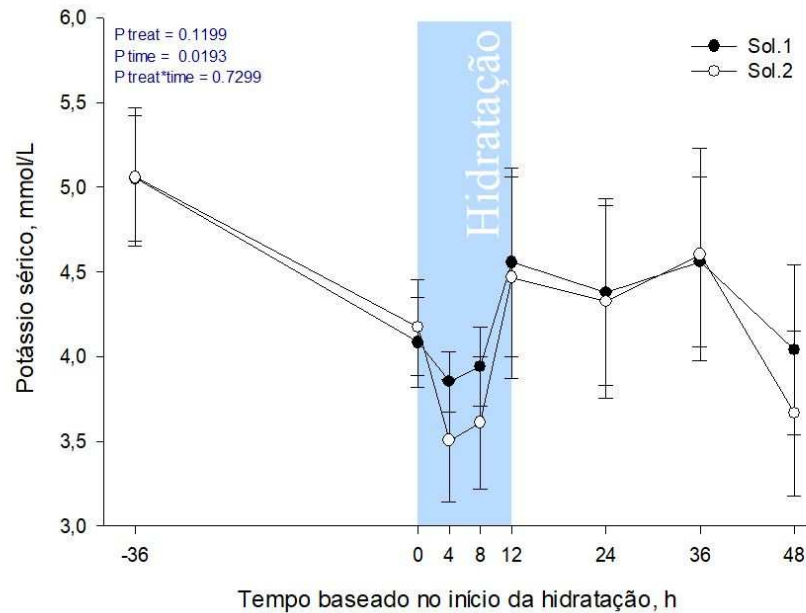


O protocolo de desidratação causou discreta, porém não significativa, diminuição do potássio (Tabela 10). Isso possivelmente se deveu a ausência de ingestão de alimento durante o jejum (NAPPERT; JOHNSON, 2001). A administração dos dois tratamentos promoveu decréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) nos valores séricos desse eletrólito em T4h e T8h, apesar das soluções eletrolíticas conterem cloreto de potássio. A partir de T12h os valores apresentaram um pequeno aumento, mantendo os valores até o T48h, com exceção dos animais tratados com a SOL.2.

A manutenção dos valores baixos em T4h e T8h, apesar das soluções eletrolíticas conterem potássio, pode ter sido ocasionada pela manutenção do jejum alimentar associada redistribuição dos eletrólitos entre os compartimentos devido à terapia de hidratação (TORIBIO, 2015) e perda de potássio pela urina, decorrente do aumento da volemia, da taxa de filtração glomerular e da produção de urina como foi citado em outros estudos (AVANZA *et al.*, 2018; DIAS *et al.*, 2021; MONTEIRO *et al.*, 2020), e pode ser constatado na Tabela 12.

Acredita-se que para um melhor entendimento do comportamento do potássio sérico deve-se aumentar a taxa de infusão das soluções e aferir o sódio urinário e o volume de urina. Apesar da redução em T4 e T8h ter tido significância, os valores permaneceram no intervalo de normalidade para a espécie (CARLSON; BRUSS, 2008).

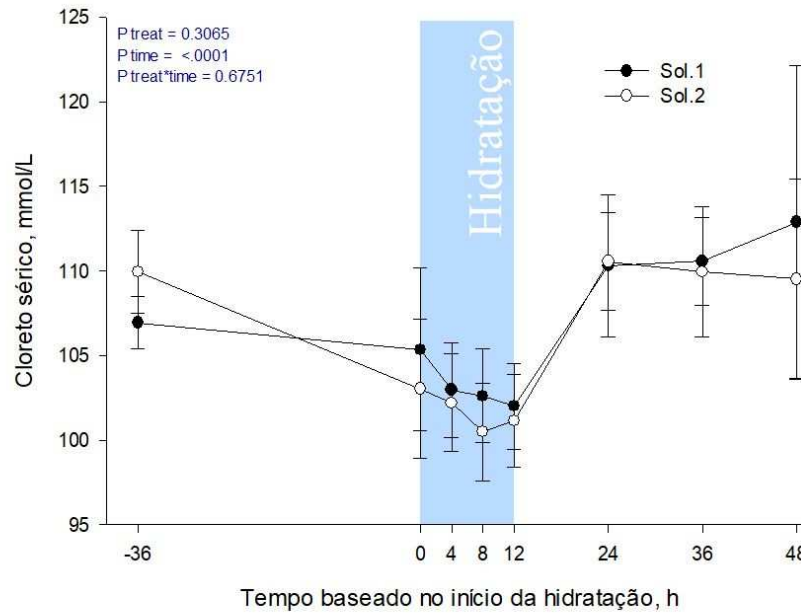
**Figura 37** – Potássio sérico de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



O protocolo de desidratação causou diminuição significativa nos animais do tratamento SOL.2 (Tabela 10). Durante a fase de hidratação (T0h a T12h) ocorreu diminuição dos valores do cloreto sérico em ambos os tratamentos (Tabela 10). Apesar da diminuição, os valores se mantiveram na faixa de normalidade (CARLSON; BRUSS, 2008).

Esses resultados indicam que a quantidade de cloreto das soluções eletrolíticas está adequada. Tal fato possui grande importância, pois soluções que tem a capacidade de ocasionar déficit ou excesso desse eletrólito no sangue podem predispor o aparecimento de alcalose ou acidose metabólica, respectivamente.

**Figura 38** – Cloreto séricos de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Todos os valores de média e desvio-padrão das análises de bioquímica sanguínea, encontram-se na Tabela 10 e complementam os resultados descritos anteriormente e ilustrados no gráfico.

Quanto as análises de gasometria sanguínea, no que diz respeito ao pH, é possível observar que o jejum promoveu redução ( $p < 0,05$ ) desse parâmetro nos animais que receberam a SOL. 1. Os tratamentos 1 e 2 não causaram variações importantes, nesta variável, durante o período de hidratação (Figura 39). Somente no período de acompanhamento após o tratamento houve aumento no pH sanguíneo, com diferença significativa entre os tempos ( $p < 0,001$ ), mas não entre os tratamentos ( $p = 0,6940$ ), porém sem alteração clínica, visto que todos os valores se encontram dentro do intervalo de normalidade (Tabela 11) (CARLSON; BRUSS, 2008).

**Tabela 10** – Valores médios e desvio-padrão de osmoloridade sérica, ureia, creatinina, glicose, gama glutamil transferase, proteínas séricas totais, albumina, cálcio ionizado, fósforo, magnésio, sódio, potássio, cloreto e lactato dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

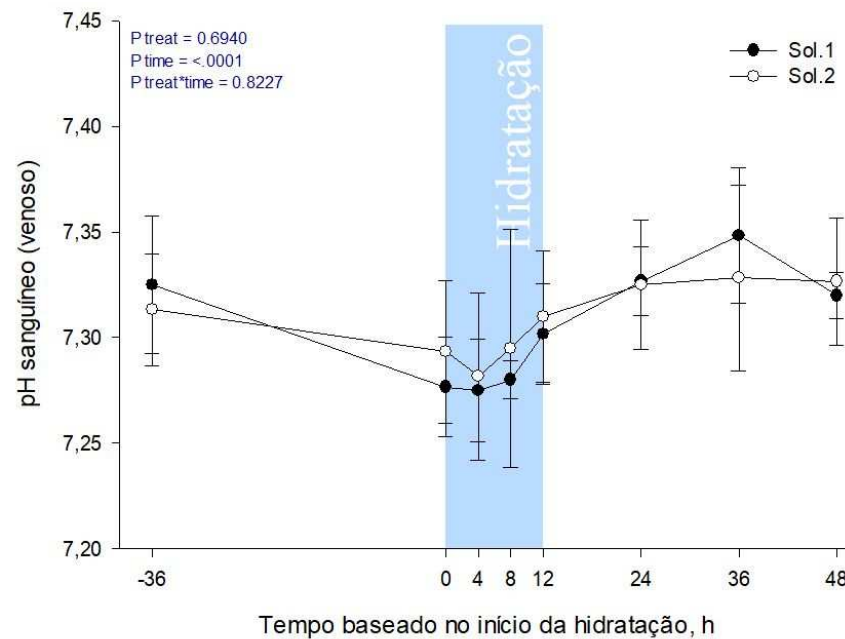
Tratament o	Tempo							
	(-)36h	0h	4h	8h	12h	24h	36h	48h
<b>Osmolaridade Sérica (mOsm/kg)</b>								
<b>Sol. 1</b>	281,66 ± 2,87 <sup>Aa</sup>	280,50 ± 3,39 <sup>Aa</sup>	277,50 ± 3,78 <sup>Aa</sup>	276,33 ± 2,94 <sup>Aa</sup>	279,16 ± 4,49 <sup>Aa</sup>	279,33 ± 4,45 <sup>Aa</sup>	282,00 ± 5,36 <sup>Aa</sup>	282,50 ± 2,66 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	281,50 ± 7,31 <sup>Aa</sup>	282,66 ± 6,43 <sup>Aa</sup>	280,16 ± 6,01 <sup>Aa</sup>	277,66 ± 4,63 <sup>Aa</sup>	279,50 ± 3,44 <sup>Aa</sup>	277,16 ± 5,81 <sup>Aa</sup>	281,16 ± 5,30 <sup>Aa</sup>	280,16 ± 3,97 <sup>Aa</sup>
<b>Ureia (mg/dL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	30,47 ± 4,16 <sup>Acab</sup>	35,53 ± 6,59 <sup>Aab</sup>	30,77 ± 7,33 <sup>Acab</sup>	27,38 ± 5,78 <sup>Abc</sup>	22,39 ± 3,14 <sup>Ad</sup>	27,35 ± 4,20 <sup>Abcd</sup>	31,08 ± 6,19 <sup>Abac</sup>	26,92 ± 6,24 <sup>Abcd</sup>
<b>Sol. 2</b>	28,98 ± 2,32 <sup>Aba</sup>	33,89 ± 3,31 <sup>Aa</sup>	28,76 ± 3,57 <sup>Aba</sup>	24,83 ± 5,23 <sup>Abc</sup>	23,11 ± 2,58 <sup>Ac</sup>	26,39 ± 4,24 <sup>Abc</sup>	28,09 ± 4,46 <sup>Abc</sup>	27,67 ± 5,69 <sup>Abc</sup>
<b>Creatinina (mg/dL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	1,42 ± 0,16 <sup>Aab</sup>	1,33 ± 0,12 <sup>Aab</sup>	1,21 ± 0,11 <sup>Aab</sup>	1,28 ± 0,07 <sup>Aab</sup>	1,29 ± 0,13 <sup>Aab</sup>	1,25 ± 0,20 <sup>Aab</sup>	1,49 ± 0,32 <sup>Aa</sup>	1,20 ± 0,14 <sup>Ab</sup>
<b>Sol. 2</b>	1,38 ± 0,19 <sup>Aa</sup>	1,35 ± 0,13 <sup>Aa</sup>	1,22 ± 0,19 <sup>Aa</sup>	1,18 ± 0,12 <sup>Aa</sup>	1,18 ± 0,13 <sup>Aa</sup>	1,24 ± 0,11 <sup>Aa</sup>	1,30 ± 0,14 <sup>Ba</sup>	1,19 ± 0,16 <sup>Aa</sup>
<b>Glicose (mg/dL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	77,74 ± 17,51 <sup>Aa</sup>	79,08 ± 12,35 <sup>Aa</sup>	74,32 ± 17,95 <sup>Aa</sup>	78,04 ± 11,17 <sup>Aa</sup>	79,47 ± 14,10 <sup>Aa</sup>	82,04 ± 26,46 <sup>Aa</sup>	79,24 ± 10,69 <sup>Aa</sup>	84,71 ± 8,33 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	88,75 ± 8,88 <sup>Aa</sup>	80,39 ± 6,40 <sup>Aa</sup>	77,65 ± 16,41 <sup>Aa</sup>	66,70 ± 18,12 <sup>Aa</sup>	69,42 ± 17,02 <sup>Aa</sup>	86,15 ± 18,49 <sup>Aa</sup>	93,94 ± 26,90 <sup>Aa</sup>	76,56 ± 10,18 <sup>Aa</sup>
<b>Gama Glutamil Transferase (U/L)</b>								
<b>Sol. 1</b>	15,52 ± 1,95 <sup>Aa</sup>	20,02 ± 5,31 <sup>Aa</sup>	18,79 ± 7,15 <sup>Aa</sup>	19,14 ± 6,84 <sup>Aa</sup>	18,52 ± 7,58 <sup>Aa</sup>	17,89 ± 4,85 <sup>Aa</sup>	16,90 ± 6,06 <sup>Aa</sup>	16,38 ± 4,28 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	18,70 ± 5,58 <sup>Aa</sup>	18,73 ± 7,62 <sup>Aa</sup>	16,09 ± 4,40 <sup>Aa</sup>	17,11 ± 5,12 <sup>Aa</sup>	16,80 ± 4,18 <sup>Aa</sup>	17,01 ± 5,06 <sup>Aa</sup>	17,46 ± 5,48 <sup>Aa</sup>	17,44 ± 3,54 <sup>Aa</sup>
<b>Proteínas Séricas Totais (g/dL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	5,98 ± 0,52 <sup>Adac</sup>	6,43 ± 0,61 <sup>Aa</sup>	5,54 ± 0,83 <sup>Ac</sup>	6,37 ± 0,84 <sup>Abad</sup>	6,34 ± 0,42 <sup>Acabd</sup>	5,79 ± 0,50 <sup>Ade</sup>	5,84 ± 0,76 <sup>Aacde</sup>	5,80 ± 0,43 <sup>Aacde</sup>
<b>Sol. 2</b>	6,05 ± 0,30 <sup>Aab</sup>	6,47 ± 0,35 <sup>Aa</sup>	5,81 ± 0,82 <sup>Ab</sup>	5,97 ± 0,37 <sup>Aab</sup>	6,01 ± 0,64 <sup>Aab</sup>	5,87 ± 0,61 <sup>Ab</sup>	5,88 ± 0,52 <sup>Aab</sup>	5,98 ± 0,52 <sup>Aab</sup>
<b>Albumina (g/dL)</b>								
<b>Sol. 1</b>	3,23 ± 0,43 <sup>Aa</sup>	3,29 ± 0,32 <sup>Aa</sup>	2,98 ± 0,58 <sup>Aa</sup>	3,37 ± 0,26 <sup>Aa</sup>	3,43 ± 0,58 <sup>Aa</sup>	3,16 ± 0,55 <sup>Aa</sup>	3,06 ± 0,50 <sup>Aa</sup>	3,11 ± 0,41 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	3,25 ± 0,44 <sup>Aa</sup>	3,43 ± 0,45 <sup>Aa</sup>	3,08 ± 0,63 <sup>Aa</sup>	3,17 ± 0,50 <sup>Aa</sup>	3,09 ± 0,42 <sup>Aa</sup>	3,11 ± 0,47 <sup>Aa</sup>	3,09 ± 0,38 <sup>Aa</sup>	3,06 ± 0,63 <sup>Aa</sup>

		<b>Cálcio Ionizado (mmol/L)</b>						
<b>Sol. 1</b>	1,51 ± 0,10 <sup>Aa</sup>	1,58 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	1,59 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	1,57 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	1,57 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	1,59 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	1,43 ± 0,11 <sup>Ab</sup>	1,57 ± 0,05 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	1,50 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	1,50 ± 0,08 <sup>Ba</sup>	1,53 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	1,50 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	1,52 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	1,54 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	1,42 ± 0,07 <sup>Ab</sup>	1,57 ± 0,05 <sup>Aa</sup>
		<b>Fósforo (mg/dL)</b>						
<b>Sol. 1</b>	3,75 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	3,75 ± 0,11 <sup>Aa</sup>	3,62 ± 0,12 <sup>Acb</sup>	3,73 ± 0,06 <sup>Aba</sup>	3,73 ± 0,15 <sup>Aba</sup>	3,44 ± 0,06 <sup>Ad</sup>	3,48 ± 0,13 <sup>Ad</sup>	3,54 ± 0,12 <sup>Adc</sup>
<b>Sol. 2</b>	3,67 ± 0,12 <sup>Ab</sup>	3,81 ± 0,18 <sup>Aa</sup>	3,71 ± 0,16 <sup>Aab</sup>	3,71 ± 0,10 <sup>Aab</sup>	3,69 ± 0,11 <sup>Ab</sup>	3,47 ± 0,11 <sup>Ac</sup>	3,46 ± 0,10 <sup>Ac</sup>	3,51 ± 0,14 <sup>Ac</sup>
		<b>Magnésio (mg/dL)</b>						
<b>Sol. 1</b>	1,93 ± 0,10 <sup>Aa</sup>	1,87 ± 0,09 <sup>Aa</sup>	1,80 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	1,77 ± 0,11 <sup>Aa</sup>	1,79 ± 0,09 <sup>Aa</sup>	1,81 ± 0,09 <sup>Aa</sup>	1,87 ± 0,12 <sup>Aa</sup>	1,86 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	1,96 ± 0,09 <sup>Aab</sup>	1,75 ± 0,20 <sup>Bab</sup>	1,78 ± 0,11 <sup>Aab</sup>	1,84 ± 0,19 <sup>Aa</sup>	1,76 ± 0,11 <sup>Ab</sup>	1,81 ± 0,12 <sup>Aab</sup>	1,88 ± 0,08 <sup>Aab</sup>	1,86 ± 0,11 <sup>Aab</sup>
		<b>Sódio (mmol/L)</b>						
<b>Sol. 1</b>	135,68 ± 1,28 <sup>Aa</sup>	136,85 ± 1,32 <sup>Aa</sup>	135,00 ± 1,63 <sup>Aa</sup>	134,91 ± 1,85 <sup>Aa</sup>	136,13 ± 1,68 <sup>Aa</sup>	136,11 ± 2,05 <sup>Aa</sup>	136,35 ± 2,30 <sup>Aa</sup>	136,83 ± 1,59 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	135,70 ± 2,35 <sup>Aa</sup>	137,18 ± 2,86 <sup>Aa</sup>	136,33 ± 3,40 <sup>Aa</sup>	136,51 ± 2,67 <sup>Aa</sup>	136,88 ± 1,75 <sup>Aa</sup>	135,55 ± 2,98 <sup>Aa</sup>	135,85 ± 2,46 <sup>Aa</sup>	136,81 ± 2,36 <sup>Aa</sup>
		<b>Potássio (mmol/L)</b>						
<b>Sol. 1</b>	5,05 ± 0,36 <sup>Aa</sup>	4,08 ± 0,26 <sup>Aab</sup>	3,85 ± 0,17 <sup>Ab</sup>	3,94 ± 0,23 <sup>Ab</sup>	4,55 ± 0,55 <sup>Aab</sup>	4,38 ± 0,55 <sup>Ab</sup>	4,56 ± 0,50 <sup>Ab</sup>	4,03 ± 0,50 <sup>Ab</sup>
<b>Sol. 2</b>	5,05 ± 0,40 <sup>Aac</sup>	4,17 ± 0,28 <sup>Abac</sup>	3,50 ± 0,36 <sup>Ab</sup>	3,61 ± 0,38 <sup>Ab</sup>	4,46 ± 0,59 <sup>Abc</sup>	4,32 ± 0,57 <sup>Abc</sup>	4,60 ± 0,62 <sup>Ac</sup>	3,66 ± 0,48 <sup>Ab</sup>
		<b>Cloreto (mmol/L)</b>						
<b>Sol. 1</b>	106,93 ± 1,56 <sup>Acb</sup>	105,35 ± 4,81 <sup>Acd</sup>	102,96 ± 2,81 <sup>Acd</sup>	102,60 ± 2,76 <sup>Acd</sup>	102,00 ± 2,53 <sup>Ad</sup>	110,28 ± 4,19 <sup>Aba</sup>	110,56 ± 2,58 <sup>Aba</sup>	112,88 ± 9,26 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	109,95 ± 2,46 <sup>Aa</sup>	103,00 ± 4,13 <sup>Ab</sup>	102,20 ± 2,89 <sup>Ab</sup>	100,48 ± 2,89 <sup>Ab</sup>	101,15 ± 2,74 <sup>Ab</sup>	110,55 ± 2,90 <sup>Aa</sup>	109,93 ± 3,86 <sup>Aa</sup>	109,51 ± 5,89 <sup>Aa</sup>
		<b>Lactato (mmol/L)</b>						
<b>Sol. 1</b>	25,05 ± 3,24 <sup>Aa</sup>	24,62 ± 2,95 <sup>Aa</sup>	24,87 ± 3,12 <sup>Aa</sup>	29,35 ± 11,54 <sup>Aa</sup>	26,11 ± 3,36 <sup>Aa</sup>	24,70 ± 3,13 <sup>Aa</sup>	27,80 ± 3,92 <sup>Aa</sup>	28,30 ± 3,53 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	25,32 ± 4,66 <sup>Aa</sup>	25,20 ± 5,31 <sup>Aa</sup>	23,46 ± 4,65 <sup>Aa</sup>	25,47 ± 3,85 <sup>Aa</sup>	25,49 ± 3,48 <sup>Aa</sup>	25,64 ± 4,46 <sup>Aa</sup>	27,62 ± 5,92 <sup>Aa</sup>	26,11 ± 5,04 <sup>Aa</sup>

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna ou por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ )

A manutenção dessa variável tem grande importância para o estudo, visto que também foi avaliado no experimento o efeito do acetato de sódio como ânion orgânico em substituição ao lactato de sódio. As duas soluções foram capazes de manter o pH no intervalo de normalidade durante todo o período de hidratação, corroborando com estudos comparativos tanto em humanos quanto em equinos, nos quais tanto o acetato como o lactato de sódio mostraram-se eficientes para evitar desequilíbrios ácido-base nos pacientes (ELLEKJAER; PERNER; JENSEN, 2020; KLINE *et al.*, 2005a, 2005b; PFORTMUELLER; FLEISCHMANN, 2016).

**Figura 39** – pH sanguíneo (venoso) de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



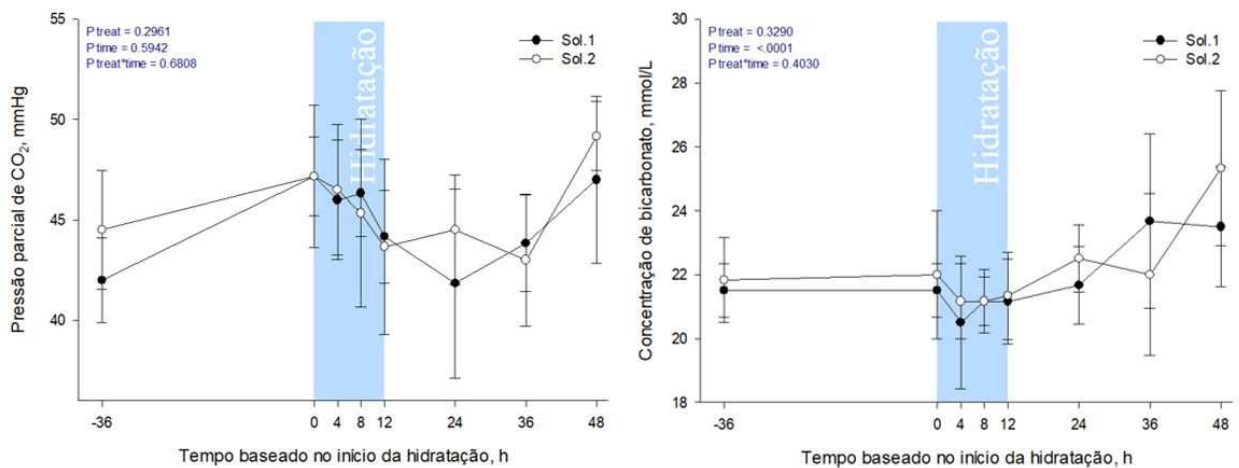
Apesar das discretas variações na pressão parcial de gás carbônico durante o período de hidratação (Figura 40), as soluções não causaram diferenças estatísticas significantes durante os tempos experimentais e entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) e os valores encontram-se na faixa de normalidade esperada para a espécie (Tabela 11) (CARLSON; BRUSS, 2008).

De forma semelhante, a concentração de bicarbonato não apresentou variações importantes durante o período em que os animais estavam sendo hidratados. Contudo, nos tempos de acompanhamento após a hidratação, o valor desse parâmetro apresentou aumento em ambos os grupos experimentais (Figura 40), existindo assim uma diferença entre os

tempos ( $p < 0,0001$ ). Não obstante, todos os valores encontram-se no intervalo de normalidade da espécie (Tabela 11) (CARLSON; BRUSS, 2008).

Ainda que não tenha existido diferença durante o tempo de hidratação, é de referir a observação conjunta das duas variáveis citadas anteriormente visto que ambas agem como mecanismo compensatório umas das outras, tendo notória importância no equilíbrio ácido base (DASGUPTA, 2021). O fato de as soluções não terem promovido desbalanços nesses marcadores valida sua segurança e corrobora com outros estudos envolvendo soluções hipotônicas enterais (DIAS *et al.*, 2021; PESSIN *et al.*, 2013).

**Figura 40** – Pressão parcial de gás carbônico e concentração de bicarbonato de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

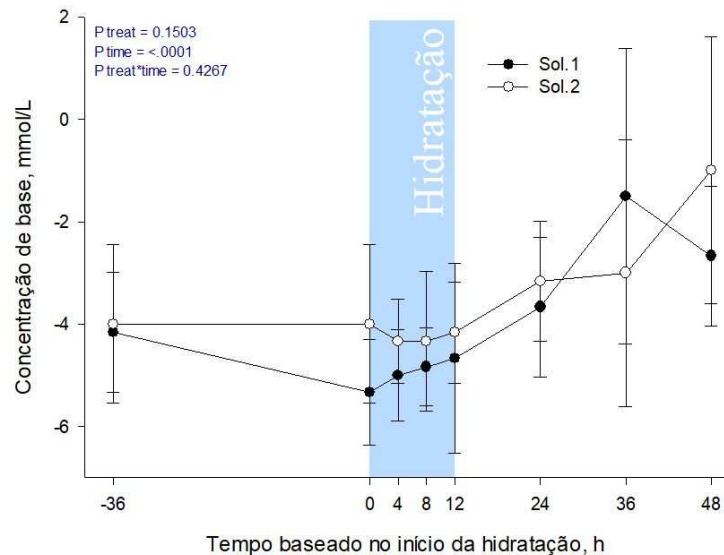


Com relação a concentração de base, os equinos tratados com a SOL. 1 apresentaram um aumento discreto e constante após o início da hidratação. Trinta e seis horas e quarenta e oito horas após o tratamento, é que houve aumento significativo nesse parâmetro. A SOL. 2, por sua vez, apresentou aumento significativo desse parâmetro apenas quarenta e oito horas após a hidratação (Figura 41). Houve diferença estatística significativa entre tempos ( $p < 0,0001$ ) mas não entre tratamentos ( $p = 0,3290$ ).

A concentração de base dos animais tratados com as duas soluções eletrolíticas se mostrou negativa e fora dos valores de referência para a espécie (PALMER, 2015) em todas as avaliações durante o período de hidratação (Tabela 11), todavia deve ser cogitado erros na calibração da máquina ou padrão específico do grupo de animais em questão. Valores negativos de concentração de base indicam acidose metabólica, porém, os animais do presente estudo não apresentaram outros desequilíbrios e alterações clínicas que justificassem tal

desbalanço. Posto isso e todos os dados supracitados que constataam o equilíbrio das soluções, as mesmas não podem ser consideradas acidificantes.

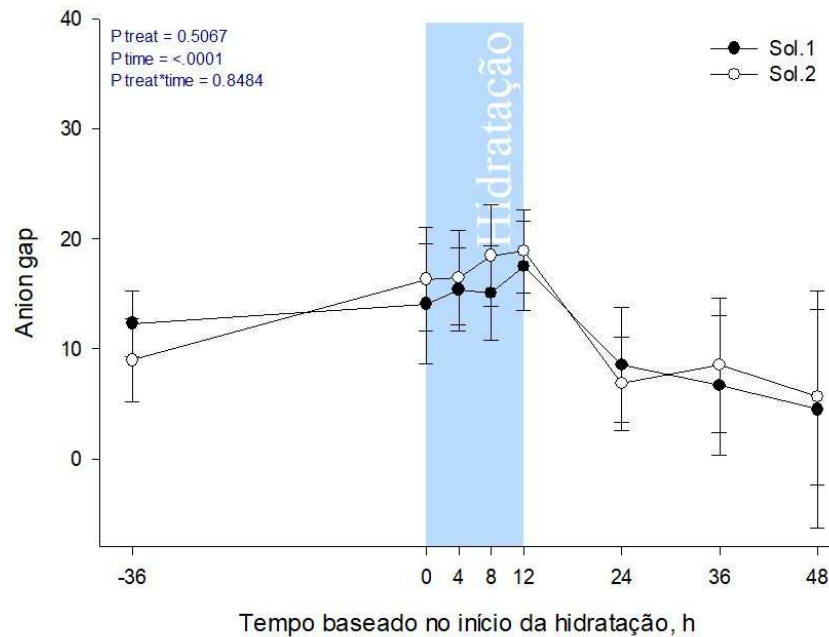
**Figura 41** – Concentração de base de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Os equinos tratados com a SOL. 1 apresentaram discreto aumento do *Anion gap* após o início da hidratação, seguido por significativa redução do mesmo durante os tempos de acompanhamento após o período de hidratação. Comportamento semelhante ocorreu com os equinos tratados com a SOL. 2 (Figura 42) (Tabela 11), havendo diferença estatística significativa entre os tempos experimentais ( $p < 0,0001$ ) e sem diferença entre os tratamentos ( $p = 0,5067$ ). Ademais esse aumento até o término da hidratação em parte se deveu ao jejum ao qual os animais foram submetidos, de forma sequencial quando os animais receberam alimentação o *Anion gap* decresceu, corroborando, mais uma vez, com o fato de as soluções não serem responsáveis pela promoção de alcalose ou acidose

Dias *et al.* (2021) encontraram resultados semelhantes ao presente estudo utilizando ringer com lactato com animais em jejum. Contrariamente Gomes *et al.* (2014) encontraram decréscimo do *Anion gap* durante o período de hidratação, entretanto esses pesquisadores utilizaram solução NaCl 0,9%.

**Figura 42** – *Anion Gap* de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

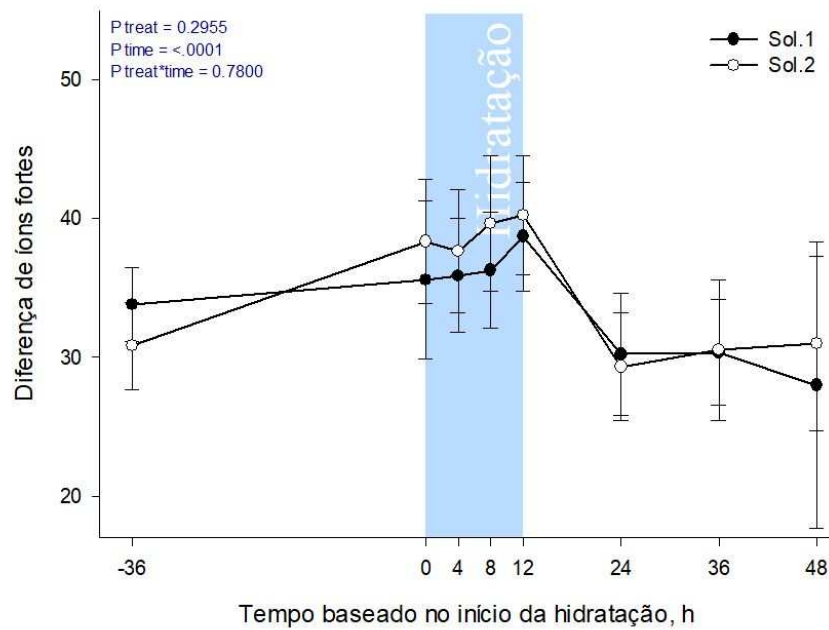


Quanto a diferença de íons fortes, ambas as soluções causaram discreto aumento da mesma no transcorrer da hidratação e acentuada redução desde o primeiro tempo de acompanhamento após a finalização do tratamento (Figura 43). Sendo assim, não houve diferença estatística significantes entre os tratamentos ( $p=0,2955$ ), mas houve entre os tempos experimentais ( $p<0,0001$ ).

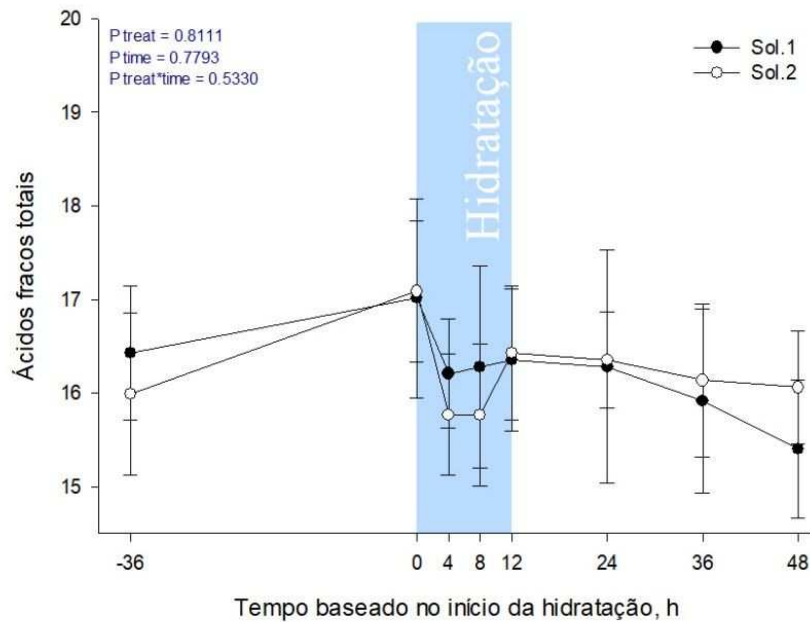
Apesar de ter existido diferença estatística entre os tempos durante todo o período experimental, durante o período de hidratação propriamente dito os valores dessa variável permaneceram estáveis com ambas a soluções. Seu aumento durante o período de desidratação e hidratação é causado pelo jejum, e o decréscimo nos tempos de acompanhamento após o período de hidratação também pode ser justificado da mesma forma, devido ao retorno da alimentação. Tal achado corrobora com estudos já realizados por Dias *et al.* (2021) e Ribeiro Filho *et al.* (2007).

Nos equinos tratados com ambas as soluções, também ocorreu redução na concentração de ácidos fracos totais após quatro horas de hidratação (Figura 43), contudo, essa variação não representou diferença estatística significativa entre tempos experimentais ( $p=0,7793$ ) ou tratamentos ( $p=0,8111$ ), corroborando com os dados obtidos em estudos realizados por Gomes *et al.* (2014) e (2014) e Pessin *et al.* (2013).

**Figura 43** – Diferença de íons fortes de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



**Figura 44** – Ácidos fracos totais de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Todos os valores de média e desvio-padrão das análises de gasometria sanguínea venosa encontram-se na Tabela 11 e complementam os resultados descritos anteriormente e ilustrados no gráfico

## **Conclusão**

O estudo possibilitou chegar à conclusão de que as duas soluções eletrolíticas testadas foram seguras e eficazes para a hidratação dos animais sem causar alterações hepáticas ou renais com base em variáveis importantes dos exames de bioquímica sanguínea. Além disso, por meio de tais exames, aliados à gasometria sanguínea, explicitou-se que as duas soluções são equilibradas e não causam riscos de desbalanços hidroeletrólíticos e ácido base nos pacientes.

Como as soluções testadas no presente estudo não apresentaram efeito alcalinizante, tampouco acidificante podem ser classificadas como neutras.

**Tabela 11** - Valores médios e desvio-padrão de pH, pressão parcial de gás carbônico (pCO<sub>2</sub>), concentração de bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), concentração de base (cBASE), anion gap (AG), diferença de íons fortes (DIF) e ácidos fracos totais (A<sub>tot</sub>) do sangue venoso dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

Tratamento	Tempo							
	(-)36h	0h	4h	8h	12h	24h	36h	48h
<b>pH</b>								
<b>Sol. 1</b>	7,32 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	7,27 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	7,27 ± 0,02 <sup>Ab</sup>	7,28 ± 0,00 <sup>Ab</sup>	7,30 ± 0,02 <sup>Ac<sup>b</sup></sup>	7,32 ± 0,01 <sup>Aac</sup>	7,34 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	7,32 ± 0,01 <sup>Aac</sup>
<b>Sol. 2</b>	7,31 ± 0,02 <sup>Aab</sup>	7,29 ± 0,03 <sup>Aab</sup>	7,28 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	7,29 ± 0,05 <sup>Ab</sup>	7,31 ± 0,03 <sup>Ab</sup>	7,32 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	7,32 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	7,32 ± 0,03 <sup>Aa</sup>
<b>pCO<sub>2</sub> (mmHg)</b>								
<b>Sol. 1</b>	42,00 ± 2,09 <sup>Aa</sup>	47,16 ± 1,94 <sup>Aa</sup>	46,00 ± 2,96 <sup>Aa</sup>	46,33 ± 2,16 <sup>Aa</sup>	44,16 ± 2,31 <sup>Aa</sup>	41,83 ± 4,70 <sup>Aa</sup>	43,83 ± 2,40 <sup>Aa</sup>	47,00 ± 4,14 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	44,50 ± 2,94 <sup>Aa</sup>	47,16 ± 3,54 <sup>Aa</sup>	46,50 ± 3,27 <sup>Aa</sup>	45,33 ± 4,67 <sup>Aa</sup>	43,66 ± 4,36 <sup>Aa</sup>	44,50 ± 2,73 <sup>Aa</sup>	43,00 ± 3,28 <sup>Aa</sup>	49,16 ± 1,72 <sup>Aa</sup>
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mmol/L)</b>								
<b>Sol. 1</b>	21,50 ± 0,83 <sup>Ab</sup>	21,50 ± 0,83 <sup>Ab</sup>	20,50 ± 2,07 <sup>Ab</sup>	21,16 ± 0,75 <sup>Ab</sup>	21,16 ± 1,32 <sup>Ab</sup>	21,66 ± 1,21 <sup>Ac<sup>b</sup></sup>	23,66 ± 2,73 <sup>Aa</sup>	23,50 ± 1,87 <sup>Ac</sup>
<b>Sol. 2</b>	21,83 ± 1,32 <sup>Ab</sup>	22,00 ± 2,00 <sup>Ab</sup>	21,16 ± 1,16 <sup>Ab</sup>	21,16 ± 0,98 <sup>Ab</sup>	21,33 ± 1,36 <sup>Ab</sup>	22,50 ± 1,04 <sup>Ab</sup>	22,00 ± 2,52 <sup>Ab</sup>	25,33 ± 2,42 <sup>Aa</sup>
<b>cBASE (mmol/L)</b>								
<b>Sol. 1</b>	-4,16 ± 1,16 <sup>Aab</sup>	-5,33 ± 1,03 <sup>Aa</sup>	-5,00 ± 0,89 <sup>Aa</sup>	-4,83 ± 0,75 <sup>Aa</sup>	-4,66 ± 1,86 <sup>Aa</sup>	-3,66 ± 1,36 <sup>Aba</sup>	-1,50 ± 2,88 <sup>Ac</sup>	-2,66 ± 1,36 <sup>Ab</sup>
<b>Sol. 2</b>	-4,00 ± 1,54 <sup>Aa</sup>	-4,00 ± 1,54 <sup>Aa</sup>	-4,33 ± 0,81 <sup>Aa</sup>	-4,33 ± 1,36 <sup>Aa</sup>	-4,16 ± 0,98 <sup>Aa</sup>	-3,16 ± 1,16 <sup>Aa</sup>	-3,00 ± 2,60 <sup>Aa</sup>	-1,00 ± 2,60 <sup>Ab</sup>
<b>AG</b>								
<b>Sol. 1</b>	12,30 ± 2,98 <sup>Aca</sup>	14,08 ± 5,44 <sup>Aba</sup>	15,38 ± 3,80 <sup>Aa</sup>	15,09 ± 4,27 <sup>Aa</sup>	17,52 ± 4,05 <sup>Aa</sup>	8,54 ± 5,19 <sup>Ac</sup>	6,67 ± 6,30 <sup>A<sup>b</sup>c</sup>	4,48 ± 10,76 <sup>Ad</sup>
<b>Sol. 2</b>	8,97 ± 3,75 <sup>Ab</sup>	16,32 ± 4,72 <sup>Aa</sup>	16,47 ± 4,27 <sup>Aa</sup>	18,47 ± 4,59 <sup>Aa</sup>	18,86 ± 3,75 <sup>Aa</sup>	6,82 ± 4,21 <sup>Ab</sup>	8,51 ± 6,14 <sup>Ab</sup>	5,63 ± 7,96 <sup>Ab</sup>
<b>DIF</b>								
<b>Sol. 1</b>	33,80 ± 2,67 <sup>Aba</sup>	35,58 ± 5,68 <sup>Aba</sup>	35,88 ± 4,10 <sup>Aba</sup>	36,25 ± 4,17 <sup>Aa</sup>	38,69 ± 3,92 <sup>Aa</sup>	30,21 ± 4,41 <sup>Ab</sup>	30,34 ± 3,78 <sup>Ab</sup>	27,98 ± 10,33 <sup>Ac</sup>
<b>Sol. 2</b>	30,80 ± 3,15 <sup>Ab</sup>	38,32 ± 4,44 <sup>Aa</sup>	37,63 ± 4,43 <sup>Aa</sup>	39,64 ± 4,85 <sup>Aa</sup>	40,20 ± 4,29 <sup>Aa</sup>	29,32 ± 3,89 <sup>Ab</sup>	30,51 ± 5,04 <sup>Ab</sup>	30,96 ± 6,27 <sup>Ab</sup>
<b>A<sub>tot</sub></b>								
<b>Sol. 1</b>	16,42 ± 0,71 <sup>Aa</sup>	17,01 ± 1,06 <sup>Aa</sup>	16,20 ± 0,58 <sup>Aa</sup>	16,28 ± 1,07 <sup>Aa</sup>	16,35 ± 0,75 <sup>Aa</sup>	16,28 ± 1,24 <sup>Aa</sup>	15,91 ± 0,98 <sup>Aa</sup>	15,40 ± 0,73 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	15,98 ± 0,86 <sup>Aa</sup>	17,08 ± 0,75 <sup>Aa</sup>	15,76 ± 0,64 <sup>Aa</sup>	15,76 ± 0,75 <sup>Aa</sup>	16,42 ± 0,71 <sup>Aa</sup>	16,35 ± 0,51 <sup>Aa</sup>	16,13 ± 0,81 <sup>Aa</sup>	16,06 ± 0,60 <sup>Aa</sup>

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna ou por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ )

## CAPÍTULO 3

### DESENVOLVIMENTO DE NOVAS SOLUÇÕES ELETROLÍTICAS DE USO INTRAVENOSO PARA EQUINOS: EFEITOS SOBRE O EXAME DE URINA E BIOQUÍMICA URINÁRIA

#### Resultados e Discussão

A densidade urinária sofreu significativa redução no tratamento com ambas as soluções intravenosas durante o período experimental, e se mostrou um importante marcador da reposição hídrica dos animais (Figura 45). Logo após o período de desidratação, no T0h, houve notável aumento na concentração da urina de ambos os grupos experimentais. Iniciado o processo de hidratação com as soluções hipotônicas intravenosas, os dois grupos também apresentaram redução marcante nessa variável, corroborando com diversos estudos já realizados na área de hidratação que comprovam os efeitos repositores de uma solução por meio da avaliação da densidade urinária (AVANZA *et al.*, 2009; DIAS *et al.*, 2021; MONTEIRO *et al.*, 2022). Esse parâmetro apresentou diferença estatística significativa entre os tempos ( $p < 0,0001$ ) mas não entre os tratamentos.

Apesar de não ter apresentado variação significativa entre tratamentos na análise geral, ao analisar os efeitos de cada uma das soluções durante o período de hidratação, é possível notar que a SOL. 2 foi responsável por causar uma redução mais rápida da densidade urinária quando comparada à SOL. 1. Tal fato é explicado pela menor osmolaridade da SOL. 1 favorecer a migração do líquido para o meio extravascular e tecidos com consequente reestabelecimento da perfusão tecidual. Já a SOL. 2 por ter maior osmolaridade o líquido fica retido mais tempo dentro do leito vascular favorecendo o aumento da pressão arterial e aumento da taxa de filtração glomerular (TORIBIO, 2007).

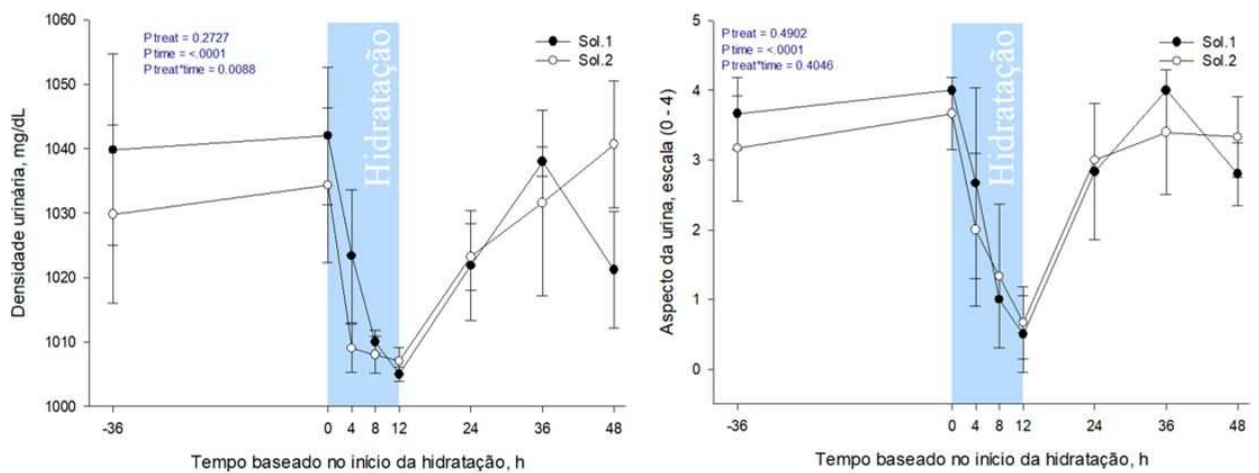
Também houve variação importante no aspecto físico da urina (coloração e turbidez), que reduziu marcadamente durante o tratamento com ambas as soluções em todo o período de hidratação (Figura 45), apresentando assim uma diferença estatística significativa entre os tempos experimentais ( $p < 0,0001$ ), mas não entre os tratamentos ( $p = 0,4902$ ).

O aumento da densidade e a cor mais forte da urina após período de desidratação reflete a redução da filtração glomerular e desidratação dos animais, comprovando assim a eficácia do protocolo adotado. A variação significativa na redução da densidade e coloração da

urina durante o período de hidratação (Tabela 12) mostra que ambas as soluções foram capazes de corrigir o déficit hídrico dos animais, promovendo a expansão plasmática, o reestabelecimento da perfusão tecidual e aumento da taxa de filtração glomerular (TORIBIO, 2007). A diferença notável na coloração das urinas em cada tempo experimental pode ser observada na Figura 46.

Apesar de não ter apresentado diferença estatística significativa entre tratamentos, é possível inferir que a SOL. 2 foi capaz de reduzir a densidade urinária mais precocemente durante o tempo de manutenção hídrica.

**Figura 45** – Densidade urinária e aspecto da urina de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



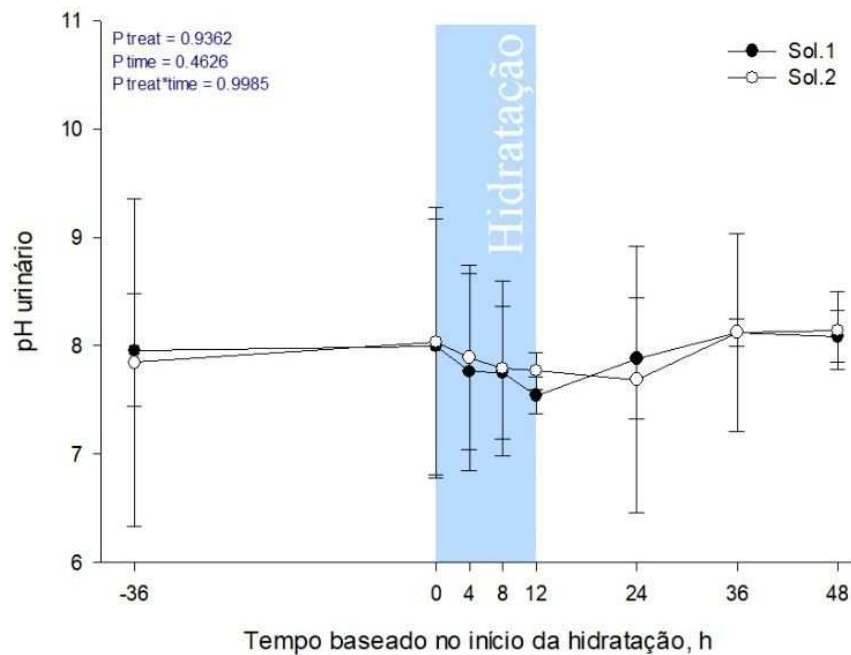
**Figura 46** – Amostras de urina nos diferentes tempos experimentais



Não houve diferença estatística significativa entre tempos experimentais ou tratamentos ( $p > 0,05$ ) quanto ao pH urinário (Tabela 12). Na Figura 47 é possível comprovar tal fato, visto que em ambos os tratamentos houve apenas discreta redução nesse parâmetro,

constatando assim que as soluções são equilibradas e não causam desbalanços ácido-base. Corroborando Silveira *et al.* (2012), obteve resultados semelhantes. Contrariamente Dias *et al.*, (2021) encontraram aumento no pH urinário a partir de 4h de hidratação com ringer com lactato utilizando a taxa de  $15 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

**Figura 47** – pH urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



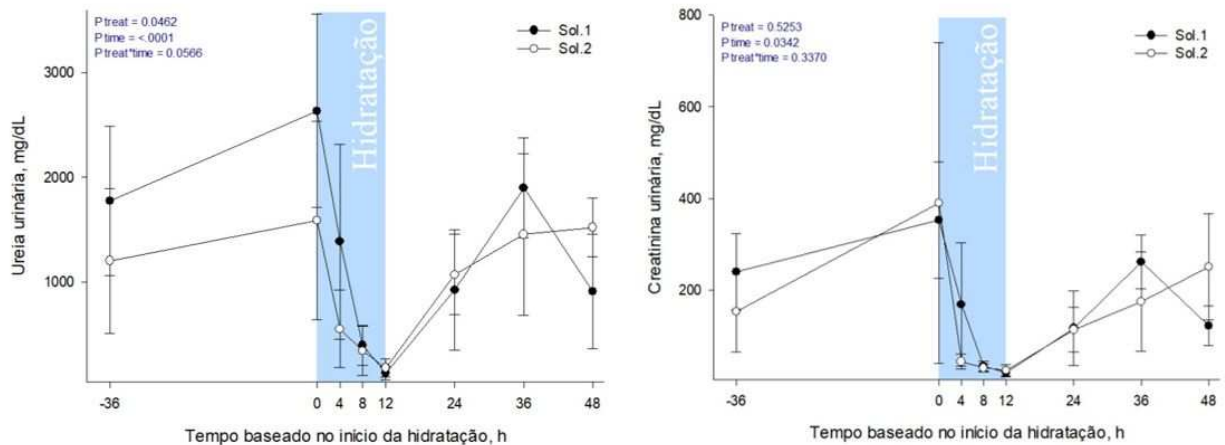
A ureia urinária apresentou marcadas variações durante todos os tempos experimentais com ambos os tratamentos (Figura 48). No período de hidratação dos animais, houve uma queda acentuada e gradativa desse parâmetro, causada por ambas as soluções intravenosas de maneira distinta. Contudo, é necessário ressaltar que desde o T0h os valores de ambos os grupos se apresentavam significativamente diferentes um do outro e a redução foi proporcional a esse valor (Tabela 12). Existiu, então, diferença significativa entre os tempos experimentais ( $p < 0,0001$ ) e entre os tratamentos ( $p = 0,0462$ ).

A creatinina urinária, por sua vez, também apresentou marcada redução nos equinos tratados com ambas as soluções intravenosas durante o período de hidratação (Figura 48). Entretanto, não houve diferença estatística significativa entre tratamentos ( $p = 0,5253$ ), somente entre os tempos experimentais ( $p = 0,0432$ ).

A redução de ureia e creatinina urinária durante o período de hidratação (Tabela 12) reforça ainda mais a eficácia de ambas as soluções intravenosas estudadas quanto à capacidade de reposição volêmica e consequente aumento da taxa de filtração glomerular,

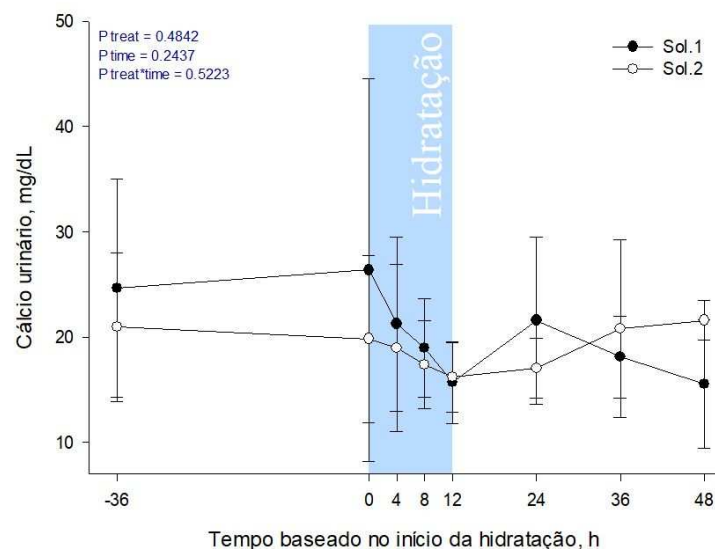
visto que é o comportamento esperado durante qualquer terapia de reposição hídrica. Tais achados corroboram com estudos realizados por Dias *et al.* (2021).

**Figura 48** – Ureia e creatinina urinária de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



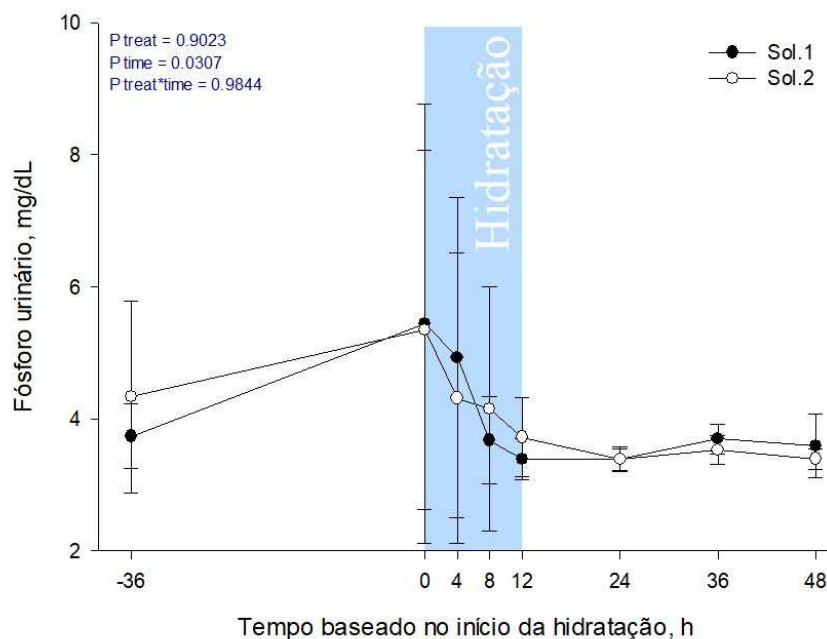
Com relação aos eletrólitos analisados na urina, o cálcio sofreu marcada redução nos animais tratados com a SOL. 1 desde o T0h, enquanto nos animais tratados com a SOL. 2 não houve redução tão acentuada (Figura 49). Apesar disso, as análises estatísticas desse eletrólito não apresentaram diferenças significantes entre tempos ou tratamentos ( $p > 0,05$ ). Reforçando assim a seguridade das soluções hipotônicas em não gerar desbalanços hidroeletrolíticos e ácido base, assim como em estudos feitos por Monteiro *et al.* (2020).

**Figura 49** – Cálcio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



O fósforo, por sua vez, apresentou marcado aumento na urina dos equinos de ambos os grupos e, após o início da hidratação, houve redução acentuada desse eletrólito causada por ambas as soluções (Figura 50 e Tabela 12). Sendo assim, existiu diferença estatística significativa entre os tempos ( $p=0,0307$ ), porém não entre os tratamentos ( $p=0,9023$ ). Tal acontecimento é explicado devido ao fato de a espécie equina ter baixa excreção urinária de fósforo, logo, quanto menor os níveis séricos, menor os níveis urinários (TORIBIO, 2015). Levando em consideração que os níveis séricos de fósforo dos animais também se apresentavam baixos, e que essa redução foi causada pelo jejum, não é possível atribuir às duas soluções estudadas serem responsáveis por tais alterações.

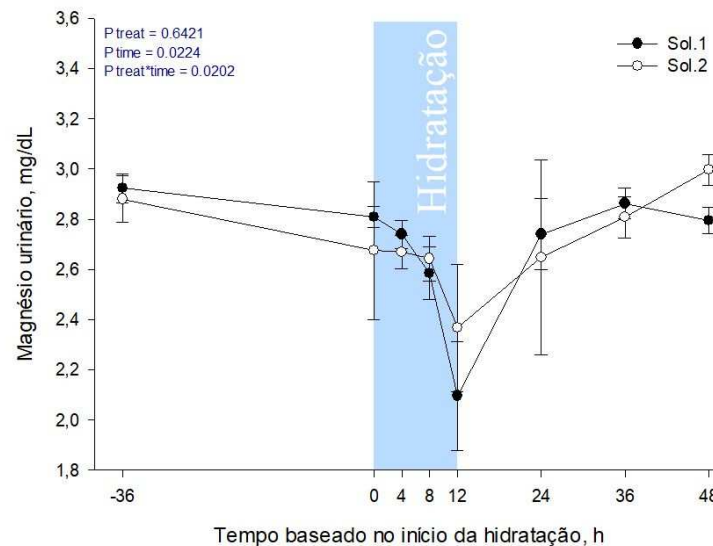
**Figura 50** –Fósforo urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



A SOL. 1 causou redução nos níveis de magnésio urinário após oito e doze horas de hidratação. Situação semelhante aconteceu com os equinos tratados com a SOL. 2, em que os níveis de magnésio se mantiveram similares nos primeiros tempos experimentais durante a hidratação e notadamente mais baixo findada as oito e doze horas de tratamento (Figura 51). Posto isso, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p=0,6421$ ), mas houve entre os tempos experimentais ( $0,0224$ ). Essa redução na excreção urinária se deveu aos animais do presente estudo apresentarem níveis plasmáticos de magnésio abaixo dos

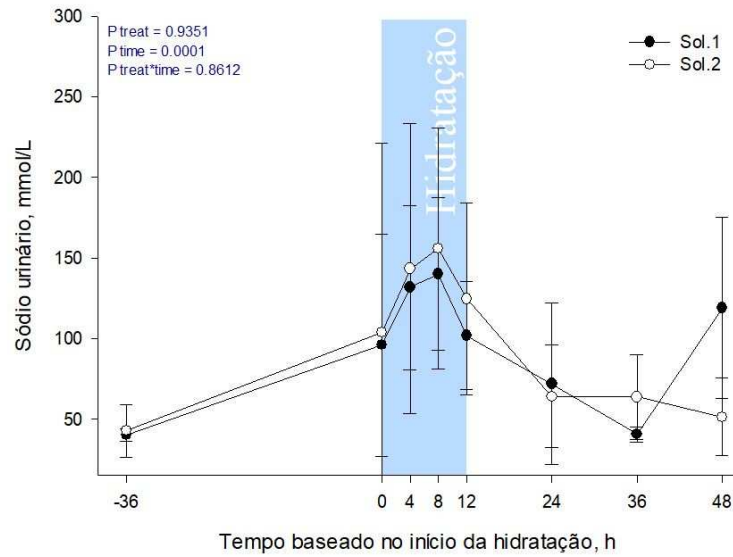
parâmetros de normalidade para a espécie (CARLSON; BRUSS, 2008), fazendo com que os rins reduzissem sua excreção a medida que os animais aumentaram a hidratação e a filtração glomerular.

**Figura 51** – Magnésio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



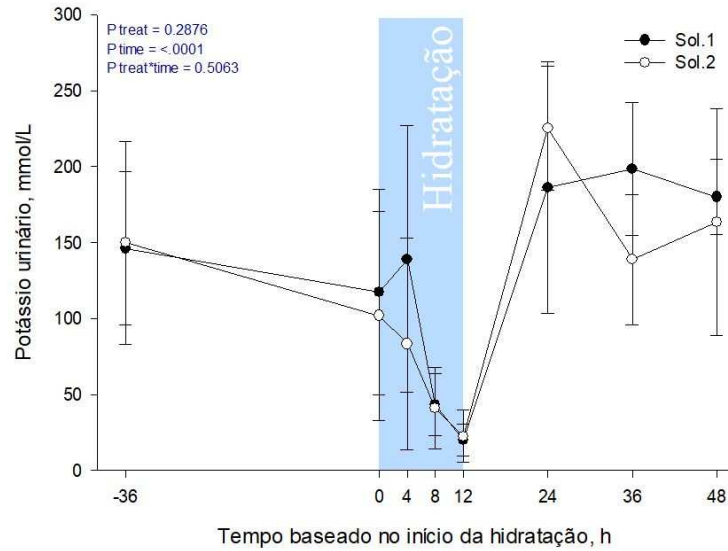
O sódio, por sua vez, apresentou aumento até oito horas após o início do tratamento com ambas as soluções, voltando para os níveis semelhantes aos de início apenas após término da hidratação (Figura 52). Houve diferença significativa entre tempos ( $p=0,001$ ) mas não houve entre os tratamentos ( $p=0,9351$ ). O aumento nos níveis urinários de sódio durante o período de hidratação, está em resposta a esse elemento na solução. Resultados semelhantes foram encontrados por Dias *et al.* (2021) utilizando solução ringer com lactato. Esses resultados reafirmam a utilização de soluções hipotônicas para hidratação, e apesar da natriurese, os níveis de sódio plasmáticos se mantiveram dentro da faixa de normalidade.

**Figura 52** – Sódio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



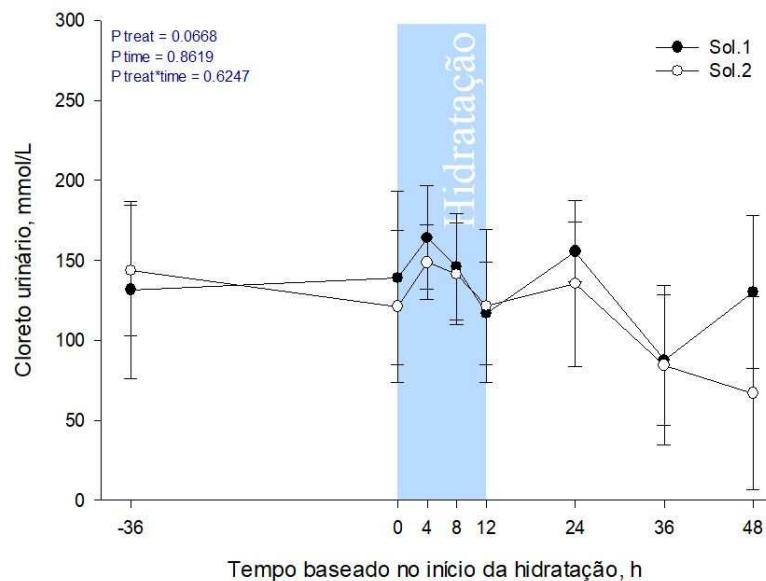
O potássio urinário apresentou redução significativa desse eletrólito durante a hidratação em ambos os tratamentos, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos ( $p=0,2876$ ) (Figura 53). Houve diferença estatística significativa somente entre os tempos experimentais ( $p<0,0001$ ). O potássio é excretado em grande quantidade na urina dos equinos, não obstante, durante a desidratação e hidratação esses animais permaneceram em jejum por 48 horas, sabendo que a principal fonte de potássio para os equinos está na alimentação, justifica a redução desse elemento na urina. Ademais os níveis de potássio plasmático se mantiveram dentro da faixa de normalidade, confirmando que as soluções possuem níveis de potássio suficientes para a manutenção sérica desse elemento, desde que o animal não tenha hipocalemia prévia.

**Figura 53** – Potássio urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



O cloreto urinário apresentou discretas variações durante o período de hidratação, em ambos os grupos de equinos tratados com as diferentes soluções hipotônicas. Sendo assim, não houve diferença estatística significativa entre tempos experimentais ou tratamentos ( $p > 0,05$ ) para esse eletrólito (Figura 54). Esse resultado confirma o fato de que as concentrações de cloreto na solução são suficientes para manter os níveis plasmáticos sem causar inclusive alteração ácido base.

**Figura 54** – Cloreto urinário de equinos submetidos à hidratação intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades



Todos os valores de média e desvio-padrão das análises urinárias de todos os tempos experimentais encontram-se na Tabela 49 e complementam os resultados descritos anteriormente e ilustrados no gráfico.

### **Conclusão**

O estudo possibilitou chegar à conclusão de que as duas soluções eletrolíticas hipotônicas testadas foram seguras e eficazes para a reposição da volemia e hidratação dos animais com base em variáveis importantes das análises de urina.

Analisando os dados apresentados, é possível sugerir ambas as soluções apresentaram eficiência de hidratação e manutenção do equilíbrio hidroeletrólítico e ácido base.

**Tabela 12** – Valores médios e desvio-padrão de densidade, aspecto, pH, ureia, creatinina, cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio e cloreto urinários dos equinos submetidos à hidratação por via intravenosa com duas soluções hipotônicas de diferentes osmolaridades

Tratament o	Tempo							
	(-)36h	0h	4h	8h	12h	24h	36h	48h
<b>Densidade</b>								
Sol. 1	1039 ± 14 <sup>Aa</sup>	1042 ± 10 <sup>Aa</sup>	1023 ± 10 <sup>Ab</sup>	1010 ± 1 <sup>Ac</sup>	1005 ± 1 <sup>Ac</sup>	1021 ± 8 <sup>Ab</sup>	1038 ± 2 <sup>Aa</sup>	1021, ± 9 <sup>Ab</sup>
Sol. 2	1029 ± 13 <sup>Abad</sup>	1034 ± 11 <sup>Bad</sup>	1009 ± 3 <sup>Ac</sup>	1008 ± 2 <sup>Ac</sup>	1007 ± 2 <sup>Ac</sup>	1023 ± 5 <sup>Ad</sup>	1031 ± 14 <sup>Aabd</sup>	1040 ± 9 <sup>Aab</sup>
<b>Aspecto</b>								
Sol. 1	3,66 ± 0,51 <sup>Aba</sup>	4,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	2,66 ± 1,36 <sup>Ac</sup>	1,00 ± 0,00 <sup>Ad</sup>	0,50 ± 0,54 <sup>Ad</sup>	2,83 ± 0,98 <sup>Abc</sup>	4,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	2,80 ± 0,44 <sup>Ab</sup>
Sol. 2	3,16 ± 0,75 <sup>Aa</sup>	3,66 ± 0,51 <sup>Aa</sup>	2,00 ± 1,09 <sup>Ab</sup>	1,33 ± 1,03 <sup>Abc</sup>	0,66 ± 0,51 <sup>Ac</sup>	3,00 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	3,40 ± 0,89 <sup>Aa</sup>	3,33 ± 0,57 <sup>Aa</sup>
<b>pH</b>								
Sol. 1	7,95 ± 0,51 <sup>Aa</sup>	7,99 ± 1,18 <sup>Aa</sup>	7,76 ± 0,91 <sup>Aa</sup>	7,75 ± 0,61 <sup>Aa</sup>	7,54 ± 0,16 <sup>Aa</sup>	7,88 ± 0,56 <sup>Aa</sup>	8,12 ± 0,12 <sup>Aa</sup>	8,08 ± 0,24 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	7,84 ± 1,50 <sup>Aa</sup>	8,03 ± 1,24 <sup>Aa</sup>	7,89 ± 0,85 <sup>Aa</sup>	7,79 ± 0,80 <sup>Aa</sup>	7,77 ± 0,17 <sup>Aa</sup>	7,68 ± 1,22 <sup>Aa</sup>	8,12 ± 0,91 <sup>Aa</sup>	8,14 ± 0,36 <sup>Aa</sup>
<b>Ureia</b>								
Sol. 1	1772 ± 712 <sup>Ac</sup>	2632 ± 922 <sup>Aa</sup>	138 ± 933 <sup>Abc</sup>	392 ± 188 <sup>Adc</sup>	127 ± 67 <sup>Ac</sup>	921 ± 574 <sup>Adb</sup>	1895 ± 478 <sup>Ac</sup>	907 ± 545 <sup>Adl</sup>
Sol. 2	1200 ± 692 <sup>Aba</sup>	1582 ± 948 <sup>Ba</sup>	549 ± 368 <sup>Bcb</sup>	339 ± 234 <sup>Adc</sup>	175 ± 87 <sup>Ac</sup>	1067 ± 384 <sup>Aad</sup>	1450 ± 770 <sup>Aa</sup>	1517 ± 281 <sup>Aa</sup>
<b>Creatinina</b>								
Sol. 1	240 ± 83 <sup>Aba</sup>	352 ± 126 <sup>Aa</sup>	168 ± 134 <sup>Ac</sup>	34 ± 10 <sup>Ac</sup>	20 ± 7 <sup>Ac</sup>	117 ± 80 <sup>Abc</sup>	261 ± 58 <sup>Aac</sup>	122 ± 43 <sup>Abc</sup>
Sol. 2	153 ± 87 <sup>Abc</sup>	390 ± 349 <sup>Aa</sup>	44 ± 15 <sup>Abc</sup>	31 ± 8 <sup>Ac</sup>	25 ± 13 <sup>Ac</sup>	114 ± 48 <sup>Abc</sup>	175 ± 107 <sup>Abc</sup>	251 ± 116 <sup>Aab</sup>
<b>Cálcio</b>								
Sol. 1	24 ± 10 <sup>Aa</sup>	26 ± 18 <sup>Aba</sup>	21 ± 8 <sup>Ab</sup>	18 ± 4	15 ± 3 <sup>Ab</sup>	21 ± 7 <sup>Ab</sup>	18 ± 3 <sup>Ab</sup>	15 ± 6 <sup>Ab</sup>
Sol. 2	20 ± 7 <sup>Aa</sup>	19 ± 7 <sup>Aab</sup>	18 ± 7 <sup>Aab</sup>	17 ± 4 <sup>Aab</sup>	16 ± 3 <sup>Aab</sup>	17 ± 2 <sup>Ab</sup>	20 ± 8 <sup>Aab</sup>	21 ± 1 <sup>Aab</sup>
<b>Fósforo</b>								
Sol. 1	3,73 ± 0,49 <sup>Aab</sup>	5,44 ± 3,32 <sup>Aa</sup>	4,93 ± 2,42 <sup>Aab</sup>	3,67 ± 0,65 <sup>Aab</sup>	3,38 ± 0,31 <sup>Ab</sup>	3,38 ± 0,16 <sup>Ab</sup>	3,69 ± 0,22 <sup>Aab</sup>	3,59 ± 0,48 <sup>Aa</sup>
Sol. 2	4,33 ± 1,45 <sup>Aab</sup>	5,34 ± 2,77 <sup>Aa</sup>	4,31 ± 2,20 <sup>Aab</sup>	4,14 ± 1,85 <sup>Aab</sup>	3,72 ± 0,59 <sup>Aab</sup>	3,38 ± 0,18 <sup>Ab</sup>	3,53 ± 0,21 <sup>Ab</sup>	3,39 ± 0,15 <sup>Aa</sup>

<b>Magnésio</b>								
<b>Sol. 1</b>	2,92 ± 0,05 <sup>Aa</sup>	2,80 ± 0,04 <sup>Aba</sup>	2,74 ± 0,05 <sup>Aa</sup>	2,58 ± 0,10 <sup>Ab</sup>	2,09 ± 0,21 <sup>Bc</sup>	2,74 ± 0,14 <sup>Ab</sup>	2,86 ± 0,06 <sup>Aab</sup>	2,79 ± 0,05 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	2,88 ± 0,09 <sup>Aab</sup>	2,67 ± 0,27 <sup>Ab</sup>	2,66 ± 0,06 <sup>Ab</sup>	2,64 ± 0,08 <sup>Ab</sup>	2,36 ± 0,25 <sup>Ac</sup>	2,64 ± 0,38 <sup>Ade</sup>	2,80 ± 0,08 <sup>Aad</sup>	2,99 ± 0,06 <sup>Aa</sup>
<b>Sódio</b>								
<b>Sol. 1</b>	39,9 ± 3,9 <sup>Ac</sup>	95,9 ± 68,8 <sup>Acba</sup>	131,7 ± 50,9 <sup>Aba</sup>	140,0 ± 47,5 <sup>Aa</sup>	101,7 ± 33,4 <sup>Aabc</sup>	71,9 ± 50,1 <sup>Abc</sup>	40,5 ± 4,7 <sup>Ac</sup>	119,0 ± 56,0 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	42,7 ± 16,3 <sup>Ac</sup>	103,5 ± 117,9 <sup>Aabc</sup>	143,3 ± 90,1 <sup>Aa</sup>	155,9 ± 74,6 <sup>Aa</sup>	124,6 ± 59,6 <sup>Aba</sup>	63,9 ± 31,8 <sup>Abc</sup>	63,7 ± 26,1 <sup>Abc</sup>	51,3 ± 24,0 <sup>Ab</sup>
<b>Potássio</b>								
<b>Sol. 1</b>	146,1 ± 50,5 <sup>Aab</sup>	117,3 ± 67,4 <sup>Ab</sup>	139,1 ± 87,5 <sup>Aab</sup>	43,3 ± 20,2 <sup>Ac</sup>	19,9 ± 10,5 <sup>Ac</sup>	186,1 ± 82,6 <sup>Aa</sup>	198,5 ± 43,8 <sup>Aa</sup>	180,0 ± 24,6 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	149,8 ± 66,8 <sup>Ac</sup>	101,8 ± 68,8 <sup>Abcd</sup>	83,3 ± 69,5 <sup>Abde</sup>	41,0 ± 26,7 <sup>Ad</sup>	22,4 ± 17,1 <sup>Aed</sup>	225,2 ± 41,0 <sup>Aa</sup>	138,8 ± 42,7 <sup>Abc</sup>	163,5 ± 74,7 <sup>Aa</sup>
<b>Cloreto</b>								
<b>Sol. 1</b>	131,5 ± 55,4 <sup>Aa</sup>	138,9 ± 54,4 <sup>Aa</sup>	164,2 ± 32,5 <sup>Aa</sup>	145,8 ± 33,4 <sup>Aa</sup>	116,6 ± 32,2 <sup>Aa</sup>	155,5 ± 18,6 <sup>Aa</sup>	87,4 ± 40,8 <sup>Aa</sup>	130,2 ± 47,7 <sup>Aa</sup>
<b>Sol. 2</b>	143,6 ± 40,8 <sup>Aa</sup>	121,0 ± 47,5 <sup>Aa</sup>	148,6 ± 23,3 <sup>Aa</sup>	141,3 ± 31,8 <sup>Aa</sup>	121,5 ± 47,7 <sup>Aa</sup>	135,4 ± 52,1 <sup>Aa</sup>	84,3 ± 50,0 <sup>Aa</sup>	66,8 ± 60,4 <sup>B</sup>

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese de que as duas soluções eletrolíticas intravenosas seriam eficazes tanto para a fase de manutenção quanto para a fase de reposição hídrica foi comprovada. Não obstante, a hipótese de que a solução com menor tonicidade seria mais adequada para a fase de manutenção e a de maior tonicidade para a fase de reposição foi refutada.

Por meio de variações estatísticas significantes em variáveis do exame físico, sendo elas motilidade intestinal, umidade de mucosa, tempo de enchimento capilar e umidade das fezes, foi possível ratificar a eficácia das duas soluções estudadas na hidratação dos animais.

A manutenção da contagem de leucócitos totais e a das células diferenciadas entre si dentro do intervalo de normalidade para a espécie, e sem apresentar variação estatística significativa, corrobora com a seguridade para a administração de ambas as soluções intravenosas diretamente no leito vascular.

Variáveis bioquímicas apresentaram variações estatísticas significantes que validam a capacidade de reposição volêmica e de hidratação das soluções, sendo essas variáveis a ureia sérica, e ureia e creatinina urinária. Ademais, densidade e aspecto urinário também atestaram tal capacidade.

A manutenção do perfil eletrolítico e hemogasométrico dentro da faixa de normalidade para a espécie, durante o período de hidratação, corrobora com a formulação equilibrada da solução para a espécie equina. Como as soluções testadas não apresentaram efeito alcalinizante tampouco acidificante, podem ser classificadas como neutras.

É possível inferir ainda que as duas soluções permitem a adição de outras formulações intravenosas quando for necessário corrigir desequilíbrios hidroeletrolíticos e ácido base individuais, uma vez que não causaram desbalanços e configuram-se em soluções neutras.

Além disso, atestada e comprovada a eficácia de ambas as soluções, já é possível pensar na disponibilização de soluções de manutenção hídrica e soluções de reposição balanceadas para a espécie equina.

## REFERÊNCIAS

ADROGUÉ, H. J.; MADIAS, N. E. Hyponatremia. **New England Journal of Medicine**, v. 342, n. 21, p. 1581–1589, 2000.

ALVES, G. E. S.; BOTTEON, P. de T. L.; RIBEIRO FILHO, J. D.; OLIVEIRA, H. P. Fluidoterapia em equinos. **Revista Brasileira de Medicina Equina**, v. 18, p. 14–24, 2008.

AUCKBURALLY, A.; PETRUCCIONE, I.; VOSS, S. Providing fluid therapy to equine colic patients. Part 1. **In Practice**, v. 41, n. 9, p. 445–456, 2019.

AVANZA, M. F. B.; RIBEIRO, B. M.; MONTEIRO, L. C.; SILVA, M. O. da; DANTAS, W. de M. F.; ERMITA, P. A. N.; ALVES, S. R.; MANSO FILHO, H. C.; VIANA, R. B.; RIBEIRO FILHO, J. D. Ad libitum intake of hydroelectrolytes and energy replenishers in horses submitted to marcha training. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 40, n. e033318, 2018.

AVANZA, M. F. B.; RIBEIRO FILHO, J. D.; LOPES, M. A. F.; IGNÁCIO, F. S.; CARVALHO, T. A.; GUIMARÃES, J. D. Hidratação enteral em equinos-solução eletrolítica associada ou não à glicose, à maltodextrina e ao sulfato de magnésio: resultados de laboratório. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1116–1123, 2009.

BASKETT, T. F. William O’Shaughnessy, Thomas Latta and the origins of intravenous saline. **Resuscitation**, v. 55, n. 3, p. 231–234, 2002.

BORER, K. E.; CORLEY, K. T. T. Electrolyte disorders in horses with colic. Part 1: potassium and magnesium. **Equine Veterinary Education**, v. 18, n. 6, p. 266–271, 2006a.

BORER, K. E.; CORLEY, K. T. T. Electrolyte disorders in horses with colic. Part 2: calcium, sodium, chloride and phosphate. **Equine Veterinary Education**, v. 18, n. 6, p. 320–325, 2006b.

CARLSON, G. P.; BRUSS, M. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Balance. *Em*: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th. Ed. Academic press, 2008. p. 529–559.

CHOW, R. S. Terms, Definitions, Nomenclature, and Routes of Fluid Administration. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, 2021.

CONSTABLE, P. D.; WALKER, P. G.; MORIN, D. E.; FOREMAN, J. H. Clinical and laboratory assessment of hydration status of neonatal calves with diarrhea. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 212, n. 7, p. 991–996, 1998.

CRABTREE, N. E.; EPSTEIN, K. L. Current Concepts in Fluid Therapy in Horses. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, 2021.

DASGUPTA, A. Water homeostasis electrolytes and acid-base balance. *Em*: DASGUPTA, A.; WAHED, A. **Clinical Chemistry, Immunology and Laboratory Quality Control**. 2nd. ed. Amsterdam: Elsevier, 2021. p. 87–103.

DAVIS, E. Disorders of the Respiratory System. *Em*: REED, S. M.; BAYLY, W. M.; SELTON, D. C. **Equine Internal Medicine**. 4th. ed. St. Louis: Elsevier, 2018. p. 313–386.

DEARO, A. C. de O. Fluidoterapia em grandes animais. Parte I: água corpórea, indicações e tipos de fluidos. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 4, n. 2, p. 3–8, 2001.

DI FILIPPO, P. A.; DUARTE, B. R.; ALBERNAZ, A. P.; QUIRINO, C. R. Effects of feed deprivation on physical and blood parameters of horses. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 43, n. e000321, p. 1–10, 2021.

DI FILIPPO, P. A.; SANTANA, A. E.; PEREIRA, G. T. Equilíbrio ácido-base e hidroeletrólítico em eqüinos com cólica. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1003–1009, 2008.

DIAS, D. C. R.; MOREIRA, N. S.; BITTENCOURT, T. C. B. dos S. C.; OLIVEIRA, D. P.; ERMITA, P. A. N.; SILVA, M. O.; FONSECA, L. A.; RIBEIRO FILHO, J. D. Avaliação comparativa entre diferentes modalidades de reposição hidroeletrólítica em eqüinos desidratados experimentalmente pela utilização de parâmetros do exame físico e marcadores hematológicos. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 26, n. 2, p. 34–41, 2019.

DIAS, D. C. R.; MOREIRA, N. S.; COSTA, C. M.; OLIVEIRA, C. A. de A.; OLIVEIRA, D. P.; SILVA, A. R.; CARVALHO, B. V. L.; VIANA, R. B.; FERREIRA, L. D.; RIBEIRO, J. D. Avaliação de soluções eletrólíticas e vias da administração sobre o teor de umidade das fezes de eqüinos desidratados experimentalmente. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 29, n. 1, p. 3–8, 2022.

DIAS, D. C. R.; RIBEIRO FILHO, J. D.; VIANA, R. B.; BITTENCOURT, T. C. C.; DANTAS, F. T. D. R.; TEIXEIRA, R. B. C.; DI FILIPPO, P. A.; MANSO FILHO, H. C.; ALVES, S. R.; SANTOS, P. V. M.; MOREIRA, N. S. Comparative trial of continuous flow enteral and intravenous fluid therapy in horses. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, 2021.

ELLEKJAER, K. L.; PERNER, A. ; JENSEN, M. M.-. Lactate versus acetate buffered intravenous crystalloid solutions: a scoping review. **British Journal of Anaesthesia**, v. 125, n. 5, p. 693–703, 2020.

FARIAS, S. K. de; RIBEIRO FILHO, J. D.; DONNER, A. C.; DANTAS, W. de M. F.; GOMES, C. L. N. Hemogasometria e ânion gap em eqüinos tratados com soluções eletrólíticas enterais contendo diferentes fontes de energia. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1587–1592, 2011.

FETTMAN, M. J. Fluid and electrolyte metabolism. *Em*: THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Veterinary hematology and clinical chemistry**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004. p. 329–355.

- FIELD, A.; MILES, J. *Discovering statistics using SAS*. Sage, 2010.
- FIELDING, C. L. Body water physiology. *Em*: FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. **Equine Fluid Therapy**. 1st. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015a. p. 3–10.
- FIELDING, C. L. Sodium and water homeostasis and derangements. *Em*: FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. **Equine Fluid Therapy**. 1st. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015b. p. 11–26.
- FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. **Equine Fluid Therapy**. 1st. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015. 1–374 p.
- FREEMAN, K. P.; FARR, A. J.; BARRELET, A. Hematology of Equids. **Schalm's Veterinary Hematology**, n. 7th, p. 993–1003, 2020.
- GOMES, C. L. N.; RIBEIRO FILHO, J. D.; FALEIROS, R. R.; DANTAS, F. T. D. R.; AMORIM, L. da S.; DANTAS, W. de M. F. Blood gas analysis, anion gap, and strong ion difference in horses treated with. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 1086–1092, 2014.
- HALPERIN, M. L.; KAMEL, K. S.; GOLDSTEIN, M. B. Sodium and Water Physiology. *Em*: HALPERIN, M. L.; KAMEL, K. S.; GOLDSTEIN, M. B. **Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Physiology**. 4th. ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2010. p. 246–313.
- HASSEL, D. M. Fluid therapy for gastrointestinal disease. *Em*: FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. **Equine Fluid Therapy**. 1st. ed. Wiley Blackwell, 2015. p. 206–219.
- JACKSON, K. V. Immunohematology and Hemostasis. *Em*: WALTON, R. M. **Equine Clinical Pathology**. 1st. ed. Iowa: Wiley Blackwell, 2014. p. 37–69.
- JONES, S. L.; BLIKSLAGER, A. T. Disorders of the gastrointestinal system. *Em*: REED, S. M.; BAYLY, W. M.; SELTON, D. C. **Equine Internal Medicine**. 2nd. ed. St. Louis: Elsevier, 2004. p. 769–949.
- KABLACK, K. A.; EMBERTSON, R. M.; BERNARD, W. V.; BRAMLAGE, L. R.; HANCE, S.; REIMER, J. M.; BARTON, M. H. Uroperitoneum in the hospitalised equine neonate: retrospective study of 31 cases, 1988–1997. **Equine Veterinary Journal**, v. 32, n. 6, p. 505–508, 2000.
- KELLUM, J. A. **Abnormal saline and the history of intravenous fluids** *Nature Reviews Nephrology* Nature Publishing Group, 2018.
- KLINE, K.; FREY, L. P.; FOREMAN, J. H.; LYMAN, J. T. Effects of intravenous sodium bicarbonate and sodium acetate on equine acid-base status. **Journal of Equine Veterinary**, v. 8, p. 349–354, 2005a.

KLIN, K.; FREY, L. P.; FOREMAN, J. H.; LYMAN, J. T. Effects of intravenous sodium bicarbonate and sodium acetate on equine acid-base status. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 25, n. 8, p. 349–354, ago. 2005b.

LOPES, M. A. F. Administration of enteral fluid therapy: Methods, composition of fluids and complications. **Equine Veterinary Education**, v. 15, n. 2, p. 107–112, 2003.

LOPES, M. A. F.; WALKER, B. L.; WHITE, N. A.; WARD, D. L. Treatments to promote colonic hydration: Enteral fluid therapy versus intravenous fluid therapy and magnesium sulphate. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, n. 5, p. 505–509, 2002.

MAGDESIAN, K. G. Fluid therapy for neonatal foals. *Em*: FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. **Equine Fluid Therapy**. 1st. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015a. p. 279–298.

MAGDESIAN, K. G. Replacement fluids therapy in horses. *Em*: FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. **Equine Fluid Therapy**,. 1st. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015b. p. 161–174.

MELO, U. P. De; PALHARES, M. S.; FERREIRA, C.; GHELLER, V. A.; OLIVEIRA, F.; PAES-LEME, F. O. Efeitos da nutrição parenteral ou enteral, associadas ou não à glutamina, sobre a motilidade gastrointestinal em equinos submetidos à inanição e realimentação. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 28, n. 2, p. 69–74, 2021.

MELO, U. P.; FERREIRA, C.; PALHARES, M. S.; SILVA FILHO, J. M. Choque circulatório em equinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 205–230, 2010.

MIOT, H. A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 10, n. 4, p. 275–278, 2011.

MONTEIRO, L. C.; VIANA, R. B.; AVANZA, M. F. B.; ERMITA, P. A. N.; COSTA, C. M.; ALVES, S. R.; SANTOS, P. V. de M.; SILVA, M. O. da; BALBINO, D. A. de B.; MATTOS, F. S. de; TEIXEIRA, R. B. C.; RIBEIRO FILHO, J. D. Effects of Hypotonic and Isotonic Enteral Electrolyte Solutions Administered in Continuous Flow in Weaned Foals. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, 2020.

MONTEIRO, L. C.; VIANA, R. B.; TEIXEIRA, R. B. C.; AVANZA, M. F. B.; ERMITA, P. A. N.; COSTA, C. M.; ALVES, S. R.; SANTOS, P. V. de M.; BALBINO, D. A. de B.; SANTOS, J. P. A. dos; MORAIS, L. F. de; FERREIRA, G. M. M.; COSTA, L. M. L. da; MATTOS, F. S. de; RIBEIRO FILHO, J. D. Use of enteral electrolyte solutions with different sodium acetate concentrations in weaned foals: the effects on acid-base balance, blood glucose, lactate, and urine ph. **Ciência Rural**, v. 52, n. 6, 2022.

MOREIRA, N. S.; MENDONÇA, M. F. F.; PAIM JÚNIOR, E. S.; CAYMMI, L. G.; SANTOS, E. C. dos; BORGES, E. P.; FERREIRA, A. F. M. S. C.; DIAS, D. C. R.; RIBEIRO FILHO, J. D. Uso da hidratação enteral em fluxo contínuo (HETfc) em Equinos. **Revista Brasileira de Medicina Equina**, v. 13, n. 82, p. 16–24, 2019.

MORTOLA, J. P.; PRADO, C. P. A. Fisiologia Térmica em Mamíferos. *Em: BÍCEGO, K. C.; GARGAGLIONI, L. H. Fisiologia Térmica de Vertebrados*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020. p. 229–252.

NAPPERT, G.; JOHNSON, P. J. Determination of the acid-base status in 50 horses admitted with colic between december 1998 and may 1999. *The Canadian Veterinary Journal*, v. 42, n. 9, p. 703–707, 2001.

OLIVEIRA, G. F.; BOTTEON, P. de T. L.; SOUZA, B. G.; SPINDOLA, B. F.; MELLO, E. B. F. R. B.; BICALHO, J. A. E. Avaliação de indicadores da desidratação induzida por furosemida e alterações do balanço eletrolítico em cavalos. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. 1–15, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4300>>. Acesso em: 2024.

PALMER, J. Acid–base homeostasis and derangements. *Em: FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. Equine Fluid Therapy*. 1st. ed. Oxford: Wiley Blackwell, 2015. p. 101–125.

PESSIN, A. E.; RIBEIRO FILHO, J. D.; DONNER, A. C.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, A. de P.; FONSECA, B. P. A. da. Soluções eletrolíticas enterais hipotônicas em equinos: efeitos de fontes de energia sobre determinados indicadores do equilíbrio ácido base. *Ciência Rural*, v. 43, n. 12, p. 2240–2246, 2013.

PFORTMUELLER, C. A.; FLEISCHMANN, E. Acetate-buffered crystalloid fluids: current knowledge, a systematic review. *Journal of Critical Care*, v. 35, p. 96–104, 2016.

RIBEIRO FILHO, J. D.; ABREU, J. M. G.; ALVES, G. E. S.; DANTAS, W. de M. F. Hemogasometria em eqüinos com compactação experimental do cólon maior tratados com sene, fluidoterapia enteral e parenteral. *Ciência Rural*, v. 37, n. 3, p. 755–761, 2007.

RIBEIRO FILHO, J. D.; ALVES, G. E. S.; DANTAS, W. de M. F. Tratamentos da compactação experimental do cólon maior de equinos com hidratação enteral, intravenosa e sene (*Cassia augustifolia* Vahl). *Revista Ceres*, v. 59, n. 1, p. 32–38, 2012.

RIBEIRO FILHO, J. D.; CARVALHO, B. V. L.; SOUZA, M. C. N. de; MOREIRA, N. S.; MARLIÉRE, J. P.; MOTA, J. V. M.; DIAS, D. C. R.; AVANZA, M. F. B.; SILVA, J. R. B.; TEIXEIRA, R. B. C.; TEIXEIRA, P. P. M.; FILHO, H. C. M.; VIANA, R. B. Hidratação por via intracecal em equinos: uma exceção que salva. *Revista Brasileira de Medicina Equina*, v. 18, n. 105, p. 4–11, 2023.

RIBEIRO FILHO, J. D.; CARVALHO, A. M. de; VALADÃO, C. A. A.; PIMENTA, E. L. M.; FIGUEIREDO, M. A. F.; ESCODRO, P. B. Diretrizes terapêuticas para o restabelecimento do equilíbrio hidroeletrólítico e ácido base em equinos com síndrome cólica nas condições brasileiras de atendimento. *Revista Brasileira de Medicina Equina*, v. 14, n. 87, p. 4–14, 2020.

RIBEIRO FILHO, J. D.; FARIAS, S. K.; ATHINA, D. A.; OLIVEIRA, D. P.; GUIMARÃES, J. D.; SOUZA, M. V.; GOMES, C. L. N.; AVANZA, M. F. B. Efeito de soluções eletrolíticas enterais com diferentes osmolaridades sobre o perfil eletrolítico e bioquímico de equinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 179–184, 2014.

RIBEIRO FILHO, J. D.; GOMES, C. L. N.; FONSECA, B. P. da; ALMEIDA; PINTO, J. de O. Hidratação enteral em ruminantes e equídeos. Eficiência com menor custo. **Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária**, v. 15, n. 48, p. 63–67, 2009.

ROSS, M. W.; CULLEN, K. K.; RUTKOWSKI, J. A. Myoelectric activity of the ileum, cecum, and right ventral colon in ponies during interdigestive, nonfeeding, and digestive periods. **American Journal of Veterinary Research**, v. 51, n. 4, p. 561–566, 1990.

RUDLOFF, E.; HOPPER, K. Crystalloid and Colloid Compositions and Their Impact. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, 2021.

SANTOS, M. O. Dos. **Caracterização clínica e laboratorial de bovinos adultos desidratados experimentalmente.**, 2022.

SATUÉ, K.; MIGUEL-PASTOR, L.; CHICHARRO, D.; GARDÓN, J. Hepatic enzyme profile in horses. **Animals**, v. 12, n. 7, p. 861, 2022.

SCHOTT, H. C. **Fluid Therapy: A Primer for Students, Technicians, and Veterinarians in Equine Practice** *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*. 2006.

SCHWARZWALD, C. C. Disorders of the Cardiovascular System. *Em*: REED, S. M.; BAYLY, W. M.; SELTON, D. C. **Equine Internal Medicine**. 4th. ed. Elsevier, 2018. p. 387–541.

SEIFTER, J. L. **Body fluid compartments, cell membrane ion transport, electrolyte concentrations, and acid-base balance** *Seminars in Nephrology* W.B. Saunders, 2019.

SILVEIRA, C. O.; RIBEIRO FILHO, J. D.; DA CRUZÍ, A. L.; MENESES, R. M.; DANTAS, W. de M. F.; GUIMARÃES, J. D. Avaliação de equinos submetidos à hidratação enteral com soluções eletrolíticas isotônicas contendo diferentes fontes de energia e cálcio. **Archives of Veterinary Science**, v. 17, n. 1, p. 22–31, 2012.

TENNENT-BROWN, B. S. Lactate production and measurement in critically ill horses. **Compendium: Continuing Education for Veterinarians**, v. 33, p. E1–E7, 2011.

TORIBIO, R. E. **Essentials of Equine Renal and Urinary Tract Physiology** *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice* 2007.

TORIBIO, R. E. Phosphorus homeostasis and derangements. *Em*: FIELDING, C. L.; MAGDESIAN, K. G. **Equine Fluid Therapy**. 1th. ed. Wiley Blackwell, 2015. p. 88–100.

WALTON, R. M.; LAWSON, C. A. Equine Hematology. *Em*: WALTON, R. M.; COWELL, R. L. **Equine Hematology, Cytology, and Clinical Chemistry**. Wiley, 2020. p. 9–26.

WHITE, N. A. Equine Colic. **Proceedings of the 51th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners**, p. 109–174, 2006.

WOODCOCK, T. E.; MICHEL, C. C. Advances in the Starling Principle and Microvascular Fluid Exchange; Consequences and Implications for Fluid Therapy. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, 2021.