



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS
SOBRE A DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE
NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA
DE EQUINOS EM TRABALHO LEVE**

VANESSA DE QUEIROZ VARGAS

CAMPO GRANDE-MS

2025

VARGAS, V.Q.	EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM TRABALHO LEVE	2025
--------------	---	------



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A
DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS
GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM TRABALHO
LEVE**

Vanessa de Queiroz Vargas

Orientador: Prof. Dr. Gumercindo Loriano Franco

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE-MS

2025



Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Serviço Público Federal
Ministério da Educação



Certificado de aprovação

VANESSA DE QUEIROZ VARGAS

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM TRABALHO LEVE

EFFECT OF AMINO ACID SUPPLEMENTATION ON DIGESTIBILITY, NITROGEN BALANCE AND SHORT-CHAIN FATTY ACIDS IN LIGHT WORKING HORSES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 19-12-2025

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Gumercindo Loriano Franco
(UFMS) – Presidente

Dra. Tatiana da Costa Moreno Gama
(UEMS)

Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos
(UFMS)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto, Professora do Magistério Superior**, em 20/01/2026, às 14:49, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

**NOTA
MÁXIMA
NO MEC**

**UFMS
É 10!!!**



Documento assinado eletronicamente por **Tatiana da Costa Moreno Gama Lopes, Usuário Externo**, em 28/01/2026, às 10:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

**NOTA
MÁXIMA
NO MEC**

**UFMS
É 10!!!**



Documento assinado eletronicamente por **Gumercindo Loriano Franco, Professor do Magisterio Superior**, em 29/01/2026, às 14:33, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6173883** e o código CRC **106EAEC7**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.001236/2021-33

SEI nº 6173883

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por não desistir de mim mesmo quando tudo parecia escuro e eu já havia desistido, a Nossa Senhora pelas incontáveis vezes que eu chamei e em todas elas vieste em meu socorro.

Aos meus pais, José Paulo Nunes Vargas e Adriana Pereira de Queiroz, por sempre me apoiarem e incentivarem nos estudos mesmo sem entender do que se tratava, mesmo sem condições financeiras sempre deram um “jeitinho”.

A minha irmã Aline de Queiroz Vargas que desde o início me apoiou nessa jornada e demonstrou tamanha empolgação pela oportunidade que eu recebi, ao meu irmão Kaio de Queiroz Vargas por me trazer descontração nos momentos de tensão e ao meu namorado Eduardo por fazer de tudo para me ajudar e proporcionar conforto e estabilidade. Minha amada família, se eu venço vocês vencem comigo!!

Ao meu orientador Prof. Dr. Gumerindo Loriano Franco por todos os ensinamentos ao longo desse período, pela orientação e pela paciência minha mais sincera gratidão!! Ao professor Fábio e a todos os membros do Geneq que colaboraram de alguma forma com esse trabalho.

Ao colega de pós-graduação Uriel Curcio que contribuiu imensamente com o desenvolvimento do experimento. A Evelyn Silva de Melo por toda a paciência, disposição e auxílio durante as análises laboratoriais.

A todos os professores da pós-graduação que contribuíram significativamente para a minha formação, sou muito grata por tudo que pude aprender e vivenciar nesse período. A Ana, que me auxiliou muito nessa reta final como acadêmica apoiadora, agradeço muito por toda a ajuda e sensibilidade comigo e por me fazer enxergar que meu diagnóstico de TEA não é motivo de vergonha ou culpa.

Aos meus animais que muitas vezes foram meus confidentes e meu suporte, em especial ao Serafim que me vê com os olhos do coração, o gatinho que São Francisco colocou em meu caminho e se tornou meu maior companheiro.

A empresa Liquida equinos pelo produto desse experimento e a CAPES pela concessão da bolsa que me deu melhores condições de estudo.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram com esse trabalho.

Muito obrigada!!!

*“Nunca houve noite que pudesse impedir
O nascer do sol e a esperança”*

Pe. Marcelo Rossi – Sou um milagre

RESUMO

VARGAS, V.Q. **Efeito da suplementação com aminoácidos sobre a digestibilidade, balanço de nitrogênio e ácidos graxos de cadeia curta de equinos em trabalho leve.** 2025. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação com aminoácidos a partir de um produto líquido à base de melaço, (Líquida Equinos®) sobre a digestibilidade, balanço de nitrogênio e ácidos graxos de cadeia curta de equinos em trabalho leve, recebendo uma dieta padrão composta por concentrado comercial e feno de capim-tifton 85. Foram utilizados seis cavalos machos da raça Pantaneiro, com idade de 10 ± 4 anos, e peso corporal de 395 ± 41 kg, dispostos em delineamento crossover, recebendo dois tratamentos: controle (melaço simples) e suplemento. As dietas foram formuladas com base nas exigências nutricionais de cavalos adultos em trabalho leve. A digestibilidade aparente foi calculada com base no controle da ingestão e na excreção fecal de: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN). Também foram avaliados o balanço de nitrogênio (BN) e as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC; acetato, propionato e butirato), e pH no líquido fecal. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) na ingestão, excreção ou digestibilidade dos nutrientes. Entretanto, a suplementação aumentou ($P < 0,05$) as concentrações fecais de propionato (C3) ($P = 0,01$), butirato (C4) ($P = 0,005$) e o total de AGCC ($P = 0,04$), além de reduzir o pH fecal ($P = 0,03$). As proporções relativas dos AGCC permaneceram sem alterações. Foi observado efeito da suplementação na interação tratamento X tempo nas proporções relativas de butirato (NC4%) ($P = 0,03$) para o grupo suplementado no período de 0 a 3 h (F1) após o fornecimento do concentrado. Para excreção e balanço de nitrogênio não foram observadas diferenças significativas. Houve tendência de aumento para excreção fecal de N e redução significativa na excreção de N urinária ($P = 0,04$) para o grupo

suplementado. A suplementação com aminoácidos teve efeitos positivos sobre a produção de AGCC, demonstrando atividade fermentativa intensificada sem comprometer a estabilidade digestiva, além de reduzir a excreção urinária de N sem afetar o BN, indicando otimização no metabolismo nitrogenado.

Palavras-chave: Fermentação, metabolismo proteico, nutrição, cavalos

ABSTRACT

VARGAS, V.Q. **Effect of amino acid supplementation on digestibility, nitrogen balance and short-chain fatty acids in horses in light work.** 2025.

Master's Dissertation - Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

This study aimed to evaluate the effects of amino acid supplementation from a liquid molasses-based product (Líquida Equinos®) on the digestibility, nitrogen balance and short-chain fatty acids of horses in light work, receiving a standard diet composed of commercial concentrate and Tifton 85 hay. Six male Pantaneiro horses, aged 10 ± 4 years and weighing 395 ± 41 kg, were used in a crossover design, receiving two treatments: control (simple molasses) and supplement. The diets were formulated based on the nutritional requirements of adult horses in light work. Apparent digestibility was calculated based on monitoring intake and fecal excretion of: dry matter (DM), crude protein (CP), mineral matter (MM), ether extract (EE), and neutral detergent fiber (NDF). Nitrogen balance (NB) and concentrations of short-chain fatty acids (SCFAs; acetate, propionate, and butyrate), and pH in fecal fluid were also evaluated. No differences ($P > 0.05$) were observed in nutrient intake, excretion, or digestibility. However, supplementation increased ($P < 0.05$) fecal concentrations of propionate (C3) ($P = 0,01$), butyrate (C4) ($P = 0,005$), and total SCFAs ($P = 0,04$), in addition to reducing fecal pH ($P = 0,03$). The relative proportions of SCFAs remained unchanged. An effect of supplementation was observed in the treatment x time interaction on the relative proportions of butyrate (NC4%) ($P = 0,03$) for the supplemented group in the period from 0 to 3 h (F1) after concentrate feeding. No significant differences were observed for excretion and nitrogen balance. There was a trend toward increased fecal N excretion and a significant reduction in urinary N excretion ($P = 0,04$) in the supplemented group. Amino acid supplementation had positive effects on SCFA production, demonstrating enhanced fermentative activity without compromising digestive stability, in addition to reducing urinary N excretion without affecting BN, indicating optimization in nitrogen metabolism.

Keywords: Fermentation, protein metabolism, nutrition, horses

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Função digestiva dos equinos	13
2.2 Proteínas e Aminoácidos	14
2.3 Minerais na nutrição equina	Erro! Indicador não definido.
2.4 Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)	16
2.5 Balanço de nitrogênio (BN)	19
REFERÊNCIAS.....	22
EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM TRABALHO LEVE.....	24
ABSTRACT:	24
Introdução	25
Material e Métodos.....	27
Resultados.....	32
Discussão	35
Conclusão	43
Referências	43

1 1 INTRODUÇÃO

3 Os equinos possuem um sistema digestivo adaptado para o aproveitamento
4 de alimentos ricos em fibra. A digestão enzimática do hospedeiro é limitada ao
5 intestino delgado e no intestino grosso ocorre ampla atuação da microbiota
6 promovendo a fermentação. Por meio da microbiota residente, ocorre a degradação
7 de carboidratos estruturais e não estruturais que resulta na produção de ácidos
8 graxos de cadeia curta (AGCC), estes representam a principal fonte energética
9 (70%) para os equinos (Poelaert et al., 2019). Para a plena eficiência desse
10 processo é necessário o equilíbrio entre as populações microbianas e a
11 estabilidade fermentativa, sendo que a dieta exerce grande influência pois deve
12 garantir o fornecimento adequado de nutrientes (Brandi et al., 2009).

13 A composição da dieta desempenha um papel essencial na manutenção da
14 microbiota e na modulação da fermentação ceco cólica. Dietas desbalanceadas,
15 com excesso de amido ou carboidratos solúveis podem diminuir o pH e alterar o
16 perfil da microbiota, podendo resultar em distúrbios digestivos (Sadet-Bourgetteau
17 et al., 2017). Em contrapartida, dietas equilibradas em fibra e proteína propiciam a
18 produção estável de AGCC e mantêm a saúde e integridade da mucosa intestinal.
19 Dentre os produtos provenientes da fermentação, o acetato (C_2) é a principal fonte
20 de energia oxidativa, o propionato (C_3) atua como precursor gliconeogênico e o
21 butirato (C_4) é a principal fonte de energia para os colonócitos do intestino grosso,
22 além de garantir a integridade da mucosa (Von Engelhardt et al., 1998).

23 A digestão e o metabolismo de nitrogênio (N) são processos de grande
24 relevância na nutrição de equinos, principalmente pela capacidade de reciclagem
25 de ureia e da utilização de compostos nitrogenados pela microbiota do intestino
26 grosso (Obitsu et al., 2015). A qualidade da proteína dietética está diretamente
27 relacionada a eficiência no uso de N, podendo influenciar no desempenho
28 metabólico e na excreção de compostos nitrogenados no meio ambiente (Trottier
29 et al., 2016). Portanto, a utilização de estratégias nutricionais que favoreçam o
30 equilíbrio fermentativo e a utilização do N são fundamentais para melhorar a
31 digestibilidade bem como a sustentabilidade na criação de equinos.

32 Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar o impacto da
33 suplementação com aminoácidos (Líquida Equinos®), sobre a digestibilidade de

- 34 nutrientes, balanço de nitrogênio e produção de ácidos graxos de cadeia curta de
35 equinos em trabalho leve.

36 **2 REVISÃO DE LITERATURA**

37

38 **2.1 Função digestiva dos equinos**

39

40 Os equinos são animais herbívoros, fermentadores de intestino posterior,
41 que possuem um comportamento alimentar caracterizado por longos períodos de
42 pastejo além da constante locomoção que favorece o trânsito da digesta ao longo
43 do trato gastrointestinal.

44

45 **2.1.1 Anatomia do trato gastrointestinal**

46 O cavalo possui um estômago com capacidade de cerca de 8 a 16 litros e
47 suas principais funções são o armazenamento, a mistura e o início da digestão dos
48 alimentos (Dabareiner et al., 1995). A digesta permanece no estômago por cerca
49 de 2 a 6 horas e conforme se aproxima do piloro tem seu pH reduzido a partir da
50 secreção de ácido clorídrico, o que ativa a pepsina e inibe a fermentação. Portanto,
51 devido ao tamanho reduzido e ao curto tempo de trânsito, a digestão de proteínas
52 e a fermentação microbiana são pouco significativas no estômago (Santos et al.,
53 2010).

54 O intestino delgado é dividido em duodeno, jejuno e íleo, é na porção
55 proximal do duodeno que a bile e as enzimas pancreáticas são incorporadas a
56 digesta (Dabareiner et al., 1995). Apesar de uma taxa de passagem relativamente
57 rápida ocorre uma ampla atuação de enzimas na digestão nessa porção do trato
58 gastrointestinal (Santos et al., 2010). A digestão no intestino delgado irá envolver
59 enzimas pancreáticas como a amilase (atua sobre os polissacarídeos), a lipase
60 (hidrólise de lipídios) além das proteases que são responsáveis por degradar
61 proteínas em peptídeos (tripsina e quimiotripsina); as enzimas da borda em escova
62 dos enterócitos (maltase, lactase e sacarase) completam a digestão dos
63 carboidratos e promovem uma absorção eficaz de monossacarídeos, aminoácidos,
64 vitaminas e ácidos graxos (Cunningham, 2014).

65 O intestino grosso dos equinos é dividido em ceco, colón ventral (direito e
66 esquerdo), colón dorsal (direito e esquerdo) e colón menor. Essa região possui
67 funções absortivas e fermentativas que são interdependentes, além da alta
68 capacidade de retenção seletiva de partículas longas que possibilita um maior

69 tempo para a ação dos microrganismos (Cunningham, 2014). O ceco possui cerca
70 de 1,5 a 2 metros de comprimento com uma capacidade aproximada de 30 L,
71 podendo ser considerado um grande tanque de fermentação já que nessa porção
72 do trato a ingesta se mistura aos microrganismos responsáveis pela digestão da
73 celulose (Dabareiner et al., 1995). O intestino grosso dos equinos é rico em
74 microrganismos como bactérias anaeróbicas e fungos que em condições ideais tem
75 a capacidade de degradar pectinas e hemicelulose; sintetizar aminoácidos e
76 vitaminas B e K; fermentar carboidratos complexos como a celulose e o amido
77 residual (Dicks et al., 2014). Segundo Julliard e Grimm (2017), a ação de
78 microrganismos fermentadores no intestino grosso é fundamental pois estes
79 utilizam de compostos não digeríveis pelas enzimas do hospedeiro (como os
80 polissacarídeos da parede celular das plantas) como substrato e a partir da
81 fermentação o hospedeiro obtém como fonte de energia os ácidos graxos de cadeia
82 curta. Por fim, o cólon menor tem um importante papel na absorção de água e
83 eletrólitos garantido o equilíbrio hídrico e eletrolítico, é nessa porção final do
84 intestino que são formadas as fezes (Reece; Erickson, 2020).

85

86 **2.2 Proteínas e Aminoácidos**

87 As proteínas são macromoléculas essenciais e complexas indispensáveis
88 para a vida e presentes em todos os seres vivos, sendo essencial sua compreensão
89 para a nutrição animal (Andriguetto, 1981). A atuação das proteínas no organismo
90 é ampla: crescimento, reparação e manutenção dos tecidos; função estrutural,
91 hormonal, imunológica e enzimática. E ainda participam de diversos processos
92 bioquímicos necessários para o funcionamento do organismo. Andriguetto (1981)
93 fez uma analogia didática definindo os aminoácidos como o “alfabeto das proteínas”
94 já que assim como combinações de letras formam palavras, as variadas
95 combinações de aminoácidos resultam em proteínas.

96 O conhecimento acerca das necessidades de proteína dos cavalos é
97 escasso devido ao sistema digestivo complexo e a dieta variada desses animais,
98 além da composição das rações ser rica em ingredientes diversos (Mok et al.,
99 2020). No trato gastrointestinal dos equinos grande parte da digestão proteica
100 ocorre no intestino delgado (51%; NRC, 2007) a partir da ação de enzimas que
101 degradam as proteínas em peptídeos e aminoácidos, que então são absorvidos
102 pela mucosa intestinal (Cunningham, 2014). Os aminoácidos e peptídeos

103 resultantes da digestão das proteínas, após absorvidos são utilizados pelo
104 organismo para sintetizar novas proteínas conforme a necessidade do organismo.
105 Na nutrição de equinos é importante levar em consideração não apenas a
106 quantidade de proteína, mas principalmente a qualidade e a digestibilidade dos
107 aminoácidos provenientes dessa proteína (Gibbs et al., 2002).

108 O conhecimento da digestibilidade pré-cecal é de grande importância para
109 compreensão da disponibilidade de aminoácidos bem como para oferta adequada
110 da alimentação objetivando um melhor aproveitamento do N proveniente da dieta.
111 Coenen et al. (2011) evidenciou o papel do intestino anterior no pool sistêmico de
112 aminoácidos como principal local de absorção e citou a contribuição do intestino
113 posterior como insignificante.

114

115 2.2.1 Suplementação com Aminoácidos em Equinos

116 Aminoácidos essenciais não são sintetizados pelo próprio animal e
117 necessitam ser fornecidos via dieta. Para equinos são arginina, histidina, isoleucina,
118 leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina; para a síntese
119 proteica ser eficiente, todos os aminoácidos essenciais devem estar presentes
120 (NRC, 2007). Segundo Gibbs et al. (2002) equinos não necessariamente exigem
121 proteína bruta (PB) na dieta, mas sim aminoácidos essenciais, já que muitas vezes
122 mesmo quando a dieta atende a exigência de PB o animal pode se encontrar
123 deficiente em aminoácidos essenciais.

124 Aminoácidos limitantes recebem essa denominação pois sua disponibilidade
125 está abaixo da necessidade do animal para adequado funcionamento do
126 organismo, limitando a síntese proteica. A lisina e a treonina são consideradas os
127 aminoácidos limitantes mais importantes em equinos, sendo a lisina amplamente
128 conhecida como o primeiro aminoácido limitante para equinos (Mok et al., 2020;
129 NRC, 2007).

130 O conhecimento acerca das exigências específicas de cada aminoácido é
131 limitado e o NRC (2007) possui requisitos específicos apenas para lisina sendo que
132 para os demais aminoácidos, as exigências levam em consideração a composição
133 dos tecidos, além de estimar suas proporções com base na lisina e a atividade do
134 animal. A treonina é considerada o segundo aminoácido limitante e a metionina
135 pode se tornar limitante a depender da dieta em situações que demandam maior
136 aporte de proteínas, como exercício intenso ou crescimento (Mok et al., 2020). A

137 suplementação com aminoácidos é uma maneira eficiente de melhorar a síntese
138 proteica e o metabolismo nitrogenado, reduzindo a excreção de N pelas fezes e
139 pela urina (NRC, 2007).

140

141

142 **2.3 Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)**

143 Ácidos graxos de cadeia curta são os principais produtos da fermentação
144 microbiana de carboidratos estruturais e não estruturais que alcançam o intestino
145 grosso após escaparem da digestão enzimática no intestino delgado (Poelaert et
146 al., 2019). Embora possa ocorrer fermentação na porção aglandular do estômago,
147 a produção de ácidos graxos voláteis ocorre majoritariamente no intestino grosso
148 devido a uma maior presença de bactérias celulolíticas nessa região e
149 principalmente no ceco, o que indica que é nessa porção do trato que ocorre de
150 forma expressiva a digestão de fibras (Brandi et al., 2009).

151 Os AGCC atuam como fonte energética para as células epiteliais do intestino
152 grosso além de proteger a integridade da mucosa dessa região e contribuírem
153 substancialmente para o metabolismo basal dos equinos (Santos et al., 2010). Para
154 animais que contam com um grande volume de fermentação no intestino grosso,
155 os AGCC podem fornecer cerca de 80% de energia de manutenção (Von-
156 Engelhardt et al. 1998).

157 É importante destacar a função da microbiota nesse processo, que é
158 composta por diversas espécies, como Ruminococcus spp., Butyrivibrio spp.,
159 Clostridium spp. e Eubacterium spp. Esses microrganismos têm a capacidade de
160 degradação de polissacarídeos provenientes da dieta (Poelaert et al., 2019)
161 convertendo a matéria orgânica em acetato (C_2), propionato (C_3), butirato (C_4),
162 valerato e isobutirato, sendo estes produtos fermentativos vitais para o metabolismo
163 energético de equinos (Hoffman, 2009). Quando os microrganismos fermentam os
164 substratos, o lúmen do intestino grosso fica com altas concentrações de AGCC que
165 são metabolizados no cólon pelos colonócitos e utilizados como fonte de energia
166 (Poelaert et al. 2019).

167 A dieta ofertada aos equinos pode influenciar diretamente o perfil da
168 microbiota intestinal e consequentemente afetar a fermentação. Dietas com
169 excesso de carboidratos não estruturais e amido podem alterar a microbiota além
170 de causar distúrbios, sendo preferíveis dietas ricas em fibras solúveis pois sua

171 fermentação é mais rápida o que por outro lado pode levar a distúrbios metabólicos,
172 sendo necessário equilíbrio na alimentação desses animais (Brandi et al., 2009).
173 Nesse contexto, a adequação nas proporções entre volumoso e concentrado é
174 fundamental para garantir equilíbrio e preservar a atividade fermentativa da
175 microbiota no intestino posterior.

176 Sorensen et al. (2021) observaram que cavalos alimentados com feno de
177 alfafa apresentaram maiores concentrações de AGCC no ceco quando comparados
178 aos cavalos alimentados com feno de gramíneas de estação fria, demonstrando
179 que a alfafa é fermentada mais rápido e próxima ao intestino grosso. Os autores
180 também relatam que apesar redução do pH fecal e alterações na composição da
181 microbiota diante as mudanças de substrato, houve uma maior taxa de produção e
182 absorção de AGCC e consequentemente um maior aporte energético no grupo
183 alimentado com alfafa. Essas observações demonstram na prática que a eficiência
184 da fermentação varia conforme o substrato, mesmo em dietas semelhantes.

185 A oferta de concentrado em grande quantidade por refeição pode oferecer
186 riscos para o ecossistema microbiano do intestino grosso e até mesmo levar a
187 distúrbios (Sadet-Bourgetteau et al., 2017). Os autores observaram que a inclusão
188 de concentrado a dieta reduziu o pH cecal, do colón ventral direito e das fezes, bem
189 como aumento nas concentrações de AGCC, o que sugere intensificação da
190 fermentação. Entretanto, a oferta simultânea de volumoso e concentrado suavizou
191 essas alterações, indicando que o manejo alimentar adequado mantém a
192 estabilidade fermentativa. Portanto, a correta associação balanceada entre fontes
193 de fibra e carboidratos solúveis favorece a geração de energia sem comprometer a
194 saúde intestinal e o equilíbrio microbiano.

195 Com relação ao metabolismo energético os AGCC têm diferentes funções: o
196 acetato é utilizado majoritariamente como substrato para síntese lipídica em tecidos
197 periféricos e é o mais abundante dentre os AGCC (Poelaert et al. 2019). Zak-
198 Bochenek et al. (2022), citaram a contribuição do acetato como fonte energética
199 utilizada nos processos de regeneração e reparo tecidual, os autores também
200 destacam a atuação do propionato na manutenção da homeostase glicêmica a
201 partir da atuação como um precursor da via gliconeogênica hepática. O butirato tem
202 função imunomoduladora, epigenética e fornece energia local para o epitélio
203 intestinal local (Poelaert et al. 2019), sendo a principal fonte de energia para os

204 colonócitos além de participar de processos de proliferação, diferenciação e reparo
205 da mucosa intestinal (Von Engelhardt et al., 1998).

206 A proporção entre os AGCC é um ponto muito importante a ser considerado
207 e reflete diretamente na eficiência fermentativa. Em condições fisiológicas normais
208 os AGCC são produzidos no intestino grosso em proporções relativamente
209 estáveis, sendo cerca de 60 a 70% de acetato (C_2), 15 a 25% de propionato (C_3) e
210 10 a 15% de butirato (C_4) (Von Engelhardt et al., 1998; Poelaert et al., 2019). A
211 estabilidade nessas proporções reflete a eficiência e o equilíbrio fermentativo entre
212 carboidratos estruturais e não estruturais.

213 Alterações nesses padrões podem indicar adaptações da microbiota as
214 condições dietéticas, porém em sistemas fermentativos estáveis essas proporções
215 se mantêm mesmo com variações nas concentrações de AGCC. Sadet-Bourgeteau
216 et al. (2017) observaram que ao fornecer concentrado e volumoso em diferentes
217 sequências as proporções de acetato, propionato e butirato não foram alteradas,
218 demonstrando que a microbiota intestinal equina tem grande capacidade adaptativa
219 e de manutenção do equilíbrio fermentativo.

220 A constância dessas proporções indica a eficiência do intestino posterior na
221 estabilidade metabólica por meio da microbiota que tem a capacidade de regular e
222 se adaptar ao ambiente fermentativo além de contribuir com a saúde digestiva de
223 seu hospedeiro. Essa relação entre as proporções de AGCC reflete o tipo de
224 atividade microbiana predominante: quando a atividade fibrolítica é favorecida
225 ocorre aumento na produção de acetato (C_2), em menor grau de butirato (C_4); dietas
226 que estimulam atividade amilolítica tendem a elevar a proporção de propionato (C_3)
227 (Julliand e Grimm, 2017).

228 Manter o equilíbrio fermentativo no intestino posterior é fundamental para a
229 saúde digestiva e metabólica dos equinos, já que alterações na oferta de substratos
230 pode, afetar a microbiota e modificar a produção e o perfil de AGCC. A manutenção
231 desse equilíbrio é dependente tanto da adequada relação entre carboidratos
232 estruturais e não estruturais quanto da disponibilidade de nutrientes para o
233 metabolismo microbiano. O aporte equilibrado de macro e microminerais, por
234 exemplo o cobalto que é utilizado pelos microrganismos do intestino grosso para a
235 síntese de vitamina B_{12} (Coenen et al. 2011), oferta de fibra de boa qualidade e a
236 disponibilidade de compostos nitrogenados favorecem a estabilidade das
237 condições adequadas para fermentação no intestino grosso. Esse equilíbrio

garante que a produção e o aproveitamento dos AGCC sejam adequados pois, os mesmos são indispensáveis para a integridade da mucosa e para o suprimento energético dos animais.

241

242 **2.3 Balânco de nitrogênio (BN)**

243 O balanço de N é o resultado da diferença entre a quantidade de N ingerido
244 via dieta e o N excretado, principalmente via fezes e urina (Trottier et al., 2016). O
245 BN pode ser utilizado como ferramenta para mensurar as necessidades proteicas
246 com base na digestibilidade real em diferentes fases de crescimento ou atividades
247 (NRC, 2007). Um BN positivo indica retenção do nitrogênio no organismo, o que é
248 observado durante o crescimento, gestação ou treinamento; valores negativos são
249 associados a ingestão proteica insuficiente e perda de massa corporal (Trottier et
250 al., 2016). Portanto, para maior retenção de nitrogênio assim como melhor
251 aproveitamento proteico, é de suma importância a utilização de proteínas altamente
252 digestíveis e um perfil balanceado de aminoácidos o que também irá reduzir a
253 excreção de compostos nitrogenados que está associada a impactos ambientais.

254 Glade (1984) demonstrou que a digestão e absorção de N em equinos se dá
255 por todo o trato gastrointestinal, sendo que maiores absorções são observadas no
256 jejuno, íleo, ceco e cólon menor. O autor descreveu que a fração nitrogenada
257 solúvel da digesta representava cerca de 20% do total no estômago, 80% no jejuno
258 e reduzia no ceco para 30%, demonstrando assim a dinâmica intensa que ocorre
259 entre a síntese microbiana e a absorção dos compostos nitrogenados ao longo do
260 intestino dos equinos. Por meio dessa redistribuição é apontado o papel do intestino
261 posterior que não se resume a fermentação, mas engloba também a reciclagem e
262 o aproveitamento dos compostos nitrogenados.

263 Adicionalmente, Trottier et al. (2016) evidenciaram que o intestino grosso
264 tem exigências particulares de N e pode utilizar tanto aminoácidos como formas
265 não proteicas, garantindo o equilíbrio entre a microbiota e o metabolismo do
266 hospedeiro. Portanto, é fundamental compreender a dinâmica do N ao longo do
267 trato gastrointestinal para garantir a eficiência proteica e reduzir perdas via
268 excreção fecal/urinária.

269 Segundo Saastamoinen et al. (2021) as recomendações alimentares para
270 equinos devem considerar, além da categoria e o nível de atividade dos cavalos,
271 também a fonte proteica utilizada. Ao ofertar proteína de boa qualidade, as

272 ingestões de N podem ser reduzidas para diminuir a excreção de N via fezes e
273 urina, obtendo assim uma maior eficiência de utilização do N e consequentemente
274 reduzindo o impacto ambiental.

275 Segundo Trottier et al. (2016), a evolução dos equinos é marcada pela
276 adaptação do sistema digestivo a dietas com maior teor de fibra e menor teor
277 proteico, o que explica a eficiência na utilização de N disponível. Os autores citam
278 que atender somente as exigências mínimas de N é uma maneira eficaz de reduzir
279 perdas ambientais, mas é necessário conhecer a real qualidade e digestibilidade
280 da proteína utilizada.

281 Outro ponto destacado pelos autores é o papel da microbiota do intestino
282 grosso no aproveitamento de compostos nitrogenados, podendo utilizar fontes de
283 N e até mesmo absorver aminoácidos. Portanto, evidencia-se a importância de
284 dietas equilibradas utilizando proteínas de alta digestibilidade, garantindo
285 estabilidade fisiológica e a sustentabilidade na criação de equinos.

286 Nos equinos, a digestão das proteínas se inicia no estômago com a secreção
287 da pepsina; entretanto, a maior parte desse processo ocorre no intestino delgado,
288 onde as enzimas pancreáticas tripsina e quimiotripsina atuam. Essas enzimas
289 degradam as proteínas em peptídeos e aminoácidos, que são então absorvidos e
290 utilizados pelo organismo. (Cunningham, 2014). Parte da proteína da dieta “escapa”
291 da digestão no intestino delgado e chega ao intestino grosso na forma de frações
292 não digeridas, proteínas microbianas e compostos nitrogenados não proteicos.
293 Esse material é fermentado pela microbiota intestinal, resultando na produção
294 adicional de compostos nitrogenados, como amônia e peptídeos microbianos.
295 (Trottier et al., 2016).

296 Nesse sentido, Obitsu et al. (2015) observaram que em situações de baixa
297 ingestão proteica, os equinos contam com mecanismos de reciclagem de ureia para
298 reproveitamento do N endógeno, suprindo assim a microbiota intestinal. Esse
299 processo auxilia na síntese microbiana e no metabolismo nitrogenado
300 proporcionando estabilidade digestiva e fermentativa em situações de dietas com
301 teor proteico reduzido.

302 Diante do exposto, o BN é uma ferramenta eficiente para ajustar a
303 formulação de dietas com níveis de proteínas mais precisos, promovendo maior
304 eficiência metabólica e reduzindo a excreção de N pelas fezes e pela urina e
305 garantindo sustentabilidade na criação equina.

306

307 **Considerações Gerais**

308

309 A compreensão aprofundada da fisiologia digestiva dos equinos é peça
310 chave para desvendar pontos que convergem em dúvidas, como o detalhamento
311 do metabolismo proteico e dos processos fermentativos que ocorrem no intestino
312 posterior. A partir da elucidação desses questionamentos é possível formular dietas
313 adequadas as reais necessidades dos equinos. A literatura destaca a digestão
314 enzimática no intestino delgado como um fator crucial na disponibilidade de
315 aminoácidos já que no intestino grosso sua absorção é reduzida, sendo de maior
316 destaque nessa porção o papel da fermentação que tem como produto os AGCC
317 bem como o aproveitamento de compostos nitrogenados por parte da microbiota
318 residente. A oferta de proteína deve ser voltada para sua qualidade e
319 digestibilidade, além de ser fundamental considerar o perfil dos aminoácidos
320 resultantes da degradação dessa proteína. Outro ponto de atenção é atender as
321 exigências dos aminoácidos essenciais já que eles possuem influência direta sobre
322 a síntese proteica e o metabolismo nitrogenado. Diante disso, o balanço de N,
323 fornecendo assim dados para o desenvolvimento de dietas que reduzam as perdas
324 pela excreção e propiciem uma melhor retenção. Portanto, traçar um paralelo entre
325 digestão enzimática, fermentação microbiana, metabolismo proteico e
326 disponibilidade de aminoácidos é uma forma de trazer a luz métodos de otimizar as
327 necessidades nutricionais dos equinos visando otimizar o desempenho metabólico
328 e manter a saúde digestiva.

330 **REFERÊNCIAS**

331

- 332 BRANDI, R. A.; FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na
333 dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 246–258, 1 jul. 2009.
- 334
- 335 COENEN, M. et al. Recent German Developments in the Formulation of Energy
336 and Nutrient Requirements in Horses and the Resulting Feeding
337 Recommendations. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 31, n. 5-6, p. 219–
338 229, maio 2011.
- 339
- 340 CUNNINGHAM, J. G.; KLEIN, B. G.; AL, E. **Tratado de fisiologia veterinária**. 5.
341 ed. [s.l.] Rio De Janeiro Elsevier, 2014.
- 342
- 343 DABAREINER, R. M.; WHITE, N. A. Large colon impaction in horses: 147 cases
344 (1985-1991). **Javma-journal of The American Veterinary Medical Association**,
345 v. 206, n. 5, p. 679–685, 1 mar. 1995.
- 346
- 347 DICKS, L. M. T. et al. The equine gastro-intestinal tract: An overview of the
348 microbiota, disease and treatment. **Livestock Science**, v. 160, p. 69–81, fev.
349 2014.
- 350
- 351 GIBBS, P. G.; POTTER, G. D. Concepts in Protein Digestion and Amino Acid
352 Requirements of Young Horses. **The Professional Animal Scientist**, v. 18, n. 4,
353 p. 295–301, dez. 2002.
- 354
- 355 GLADE, M. J. The Influence of Dietary Fiber Digestibility on the Nitrogen
356 Requirements of Mature Horses. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 3, p. 638–
357 646, 1 mar. 1984.
- 358
- 359 HOFFMAN, R. M. Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horses.
360 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 270–276, jul. 2009.
- 361 JOSÉ MILTON ANDRIGUETTO. **Nutrição animal: Os alimentos**. [s.l.] NBL
362 Editora, 1990.
- 363
- 364 JULLIAND, V.; GRIMM, P. The Impact of Diet on the Hindgut Microbiome. **Journal
365 of Equine Veterinary Science**, v. 52, p. 23–28, maio 2017.
- 366
- 367 MOK, C. H.; URSCHEL, K. L. Amino acid requirements in horses. **Asian-
368 Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 5, p. 679–695, 1 maio 2020.
- 369
- 370 NATIONAL RESEARCH COUNCIL COMMITTEE ON NUTRIENT
371 REQUIREMENTS OF HORSES. **Nutrient requirements of horses**. 6. ed. [s.l.]
372 Washington, Dc National Academies Press, 2007.
- 373
- 374 OBITSU, T.; HATA, H.; TANIGUCHI, K. Nitrogen digestion and urea recycling in
375 Hokkaido native horses fed hay-based diets. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 2,
376 p. 159–165, 12 jul. 2014.
- 377

- 378 POELAERT C. K. et al. Beyond Gut Instinct: Metabolic Short-Chain Fatty Acids
379 Moderate the Pathogenesis of Alphaherpesviruses. **Frontiers in Microbiology**, v.
380 10, n. v. 10, p. 723, 2019, 5 abr. 2019.
- 381
- 382 REECE, W. O.; ERICKSON, H. H. **Dukes - Fisiologia dos Animais Domésticos**.
383 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2020.
- 384
- 385 SAASTAMOINEN, M.; SÄRKIJÄRVI, S.; SUOMALA, H. Protein Source and Intake
386 Effects on Diet Digestibility and N Excretion in Horses—A Risk of Environmental N
387 Load of Horses. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3568, 15 dez. 2021.
- 388
- 389 SADET-BOURGETEAU, S.; PHILIPPEAU, C.; JULLIAND, V. Effect of concentrate
390 feeding sequence on equine hindgut fermentation parameters. **animal**, v. 11, n. 7,
391 p. 1146–1152, 8 dez. 2016.
- 392
- 393 SANTOS, A. S. et al. Understanding the equine cecum-colon ecosystem: current
394 knowledge and future perspectives. **animal**, v. 5, n. 1, p. 48–56, 23 ago. 2010.
- 395
- 396 SORENSEN, R. J. et al. Effect of hay type on cecal and fecal microbiome and
397 fermentation parameters in horses. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 1, 29
398 dez. 2020.
- 399
- 400 TROTTIER, N. L. et al. Gastrointestinal Nitrogen Metabolism of Equids and Impact
401 on Protein Requirement. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 45, p. 78–86,
402 out. 2016.
- 403
- 404 VON ENGELHARDT, W. et al. Role of short-chain fatty acids in the hind gut.
405 **Veterinary Quarterly**, v. 20, n. sup3, p. 52–59, jun. 1998.
- 406
- 407 ŹAK-BOCHENEK, A. et al. Homeostasis of the Intestinal Mucosa in Healthy
408 Horses—Correlation between the Fecal Microbiome, Secretory Immunoglobulin A
409 and Fecal Egg Count. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 3094, 10 nov. 2022.

410 **EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM AMINOÁCIDOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE,**
411 **BALANÇO DE NITROGÊNIO E ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA DE EQUINOS EM**
412 **TRABALHO LEVE**

413

414 Este artigo segue as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

415

416 Vanessa de Queiroz Vargas^{1*}; Uriel de Almeida Curcio¹; Gumerindo Loriano
417 Franco¹, et al.

418

419 ¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS. E-mail:
420 vanessaqvargas@gmail.com

421

422 *Autores para correspondência.

423 vanessaqvargas@gmail.com; gumerindo.franco@ufms.br

424

425 **ABSTRACT**

426 This study aimed to evaluate the effects of amino acid supplementation from a liquid
427 molasses-based product (Líquida Equinos®) on the digestibility, nitrogen balance and
428 short-chain fatty acids of horses in light work, receiving a standard diet composed of
429 commercial concentrate and Tifton 85 hay. Six male Pantaneiro horses, aged 10 ± 4
430 years and weighing 395 ± 41 kg, were used in a crossover design, receiving two
431 treatments: control (simple molasses) and supplement. The diets were formulated
432 based on the nutritional requirements of adult horses in light work. Apparent
433 digestibility was calculated based on monitoring intake and fecal excretion of: dry
434 matter (DM), crude protein (CP), mineral matter (MM), ether extract (EE), and neutral
435 detergent fiber (NDF). Nitrogen balance (NB) and concentrations of short-chain fatty
436 acids (SCFAs; acetate, propionate, and butyrate), and pH in fecal fluid were also
437 evaluated. No differences ($P > 0.05$) were observed in nutrient intake, excretion, or
438 digestibility. However, supplementation increased ($P < 0.05$) fecal concentrations of
439 propionate (C3) ($P = 0.01$), butyrate (C4) ($P = 0.005$), and total SCFAs ($P = 0.04$), in
440 addition to reducing fecal pH ($P = 0.03$). The relative proportions of SCFAs remained
441 unchanged. An effect of supplementation was observed in the treatment x time
442 interaction on the relative proportions of butyrate (NC4%) ($P = 0.03$) for the

443 supplemented group in the period from 0 to 3 h (F1) after concentrate feeding. No
444 significant differences were observed for excretion and nitrogen balance. There was a
445 trend toward increased fecal N excretion and a significant reduction in urinary N
446 excretion ($P = 0,04$) in the supplemented group. Amino acid supplementation had
447 positive effects on SCFA production, demonstrating enhanced fermentative activity
448 without compromising digestive stability, in addition to reducing urinary N excretion
449 without affecting BN, indicating optimization in nitrogen metabolism.

450

451

452 **Keywords:** Fermentation, protein metabolism, nutrition, horses

453

454

455

456

457 **Introdução**

458 A proteína é um dos principais componentes da dieta dos equinos devido a sua
459 ampla participação no organismo e nos processos metabólicos e fisiológicos, porém a
460 eficiência na utilização dessa proteína proveniente da dieta é influenciada não somente
461 pela quantidade ingerida com também pelo perfil dos aminoácidos resultantes da
462 degradação dessa proteína. Segundo Gibbs et al. (2002), equinos não possuem uma
463 exigência específica para proteína bruta propriamente dita, mas sim por aminoácidos
464 essenciais, uma vez que o animal pode permanecer deficiente em aminoácidos
465 essenciais mesmo com uma dieta que atenda ao teor de PB recomendado.

466 A eficiência da digestão proteica dos equinos é fortemente ligada a fisiologia
467 digestiva, sendo caracterizada por uma digestão enzimática pré-cecal limitada, que
468 acaba por reduzir a absorção de aminoácidos no intestino delgado. Consequentemente,
469 parte da proteína da dieta segue para o intestino grosso e é submetida a fermentação
470 microbiana, resultando na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) — uma

471 das principais fontes energéticas para o animal (Poelaert et al., 2019) — além de
472 compostos nitrogenados, porém estes nem sempre são aproveitados pelo hospedeiro
473 de maneira eficiente.

474 O perfil e a estabilidade da microbiota são fortemente modulados pela dieta
475 oferecida, e principalmente pelo equilíbrio entre os componentes fibrosos (volumoso)
476 e carboidratos não fibrosos (CNF) como concentrado (Sadet-Bourgeteau et al., 2017).

477 Além do metabolismo energético proveniente da fermentação, a eficiência da
478 utilização do nitrogênio (N) é de extrema importância para a compreensão do
479 metabolismo proteico. O balanço de nitrogênio (que compreende o N ingerido,
480 utilizado pela microbiota e o N excretado) reflete a adequação do aporte de
481 aminoácidos bem como capacidade do animal em utilizá-los, e é um indicador da
482 eficiência digestiva e o potencial impacto ambiental resultante da liberação de
483 compostos nitrogenados (Trottier et al. 2016). Portanto, otimizar a oferta de
484 aminoácidos é uma estratégia nutricional que visa reduzir as perdas de N além de
485 reduzir o impacto ambiental.

486 Diante do exposto, a utilização de suplementos contendo aminoácidos surge
487 como uma proposta alternativa para aprimorar o aproveitamento proteico ao passo
488 que modula a microbiota de forma positiva, sem comprometer a estabilidade digestiva.
489 Com base nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de um
490 suplemento comercial líquido à base de melado contendo aminoácidos sobre a
491 digestibilidade de nutrientes, a fermentação intestinal e o balanço de nitrogênio de
492 cavalos em trabalho leve.

493

494

495

496

497 **Material e Métodos**

498 O experimento foi conduzido no Laboratório de Metabolismo Animal da
499 Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso
500 do Sul (FAMEZ/UFMS), localizada em Campo Grande, MS, Brasil no período de agosto a
501 dezembro de 2023. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de
502 Nutrição Animal e no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária, todos pertencentes à
503 FAMEZ/UFMS.

504 Foram utilizados seis cavalos machos castrados, da raça Pantaneiro com idade
505 média de 10 ± 4 anos e peso corporal (PC) médio de 395 ± 41 kg. Os animais foram
506 mantidos em baias individuais com dimensões de 2,5 m x 4,0 M, piso de concreto e
507 dotadas de bebedouro automático e dois cochos, um de alvenaria para feno e um de
508 plástico que era colocado dentro do de feno para a oferta do concentrado.

509 Os cavalos foram alimentados com 1,2 kg MS/100 kg PC de feno de capim-tifon
510 85 (*Cynodon spp.*), dividido em duas porções diárias (7h e 17h) e 0,5 kg MS/100 kg PC de
511 concentrado comercial (Servsal Ração Equinos®), fornecido diariamente às 7h. As dietas
512 experimentais consistiram na inclusão de 30 mL/100 kg PC de suplemento líquido
513 contendo aminoácidos que tinha como veículo o melaço (Líquida Equinos®) ou de
514 melaço de cana líquido [*Saccharum officinarum* (L.)] na mesma quantidade (controle)
515 um. O suplemento contendo aminoácidos tinha como níveis de garantia por kg de
516 produto: L-lisina 30 g, L-valina 14 g, leucina 2 g, metionina 12 g, treonina 18 g e triptofano
517 7 g, cálcio entre 20 g, fósforo 10,4 g, magnésio 2 g, potássio 7 g sódio 4,2 g, zinco 2,5 g,
518 manganês 150 mgcobre 910 mg, cobalto 10 mg, cromo 4,5 mg e selênio 4 mg. O
519 suplemento também continha vitaminas A e E, com teores de 14.500 UI/kg e 5.000 UI/kg,
520 respectivamente.

521 As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais de cavalos
 522 adultos em atividade física leve (NRC 2007; Tabela 1).

523 Foi adotado um delineamento experimental do tipo crossover, envolvendo dois
 524 tratamentos, seis animais e dois períodos experimentais de 20 dias, sendo 14 dias de
 525 adaptação seguidos por 6 dias de coleta de dados. Ao fim de cada período foi estabelecido
 526 um intervalo de 7 dias em que os animais receberam apenas feno para promover a
 527 limpeza e renovação do conteúdo do trato gastrointestinal e diminuir possíveis efeitos
 528 residuais dos tratamentos.

529 Durante o período de adaptação os animais eram soltos em uma área de piquete
 530 com 63 x 63 m de capim decumbens cortado rente ao solo, para expressarem seus
 531 comportamentos naturais. Na fase de coleta de dados a rotina de atividade física
 532 consistiu na condução dos animais ao tranco duas vezes ao dia, das 10h às 10:30h e das
 533 16h às 16:30h totalizando 60 minutos diários.

534

535

536 Tabela 1. Composição química (g/kg MS¹) do feno, ração e melaço das dietas
 537 experimentais fornecidas aos equinos da raça Pantaneiro

Itens (g kg/ MS)	Feno	Ração	Melaço de Cana Líquido
MS (fração 0 – 1)	0,87	0,88	0,79
MM	93,82	103,69 ¹	67,0
PB	80,30	142,63	-
EE	11,24	41,59	5,6
FDN	836,93	229,90	-
FDA	469,50	43,00	-
Amido (%)	-	412,24	1,7
ED (Mcal/kg)	1,79	3,83	-

538 ¹Níveis de garantia em g ou mg/kg:
 539 MS – matéria seca; MM- matéria mineral; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDN
 540 – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; Energia Digestível (ED)
 541

542 A digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes foi avaliada a partir do controle
543 da ingestão e da excreção fecal total de cada animal. A ingestão foi determinada com base
544 na diferença entre a quantidade ofertada no cocho e as sobras. Quando houve sobra de
545 feno elas foram pesadas no período da manhã antes do trato. Além das amostras das
546 sobras, também foi coletado em cada período, uma amostra do feno fornecido e de
547 concentrado.

548 Esse dados foram coletados entre o 16º e o 20º dia de cada período experimental.
549 A excreção fecal foi avaliada a partir da coleta total, com recolhimento imediato após a
550 defecação. As fezes foram pesadas, e uma alíquota de 10% de cada amostra foi congelada
551 a -20 °C para posterior análise laboratorial. As amostras de alimentos e fezes foram
552 submetidas à análise química conforme os métodos oficiais descritos pela AOAC (2000):
553 matéria seca (MS, método 930.15), proteína bruta (PB, 976.05), matéria mineral (MM,
554 942.05) e extrato etéreo (EE, 920.39). As frações de fibra em detergente neutro (FDN) e
555 fibra em detergente ácido (FDA) foram analisadas segundo a metodologia de Van Soest
556 (1991). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com o NRC
557 (2001) e o amido conforme (IAF, 2008).

558 Adicionalmente, também foi mensurado o consumo diário de água por meio de
559 reservatórios individuais conectados aos bebedouros, sendo o volume ingerido estimado
560 pela diferença entre o volume fornecido e o volume residual no dia seguinte, sendo
561 realizado o reabastecimento diário.

562 No 19º dia de cada período, realizou-se a determinação dos valores de pH do
563 líquido fecal durante 12 horas. Depois de excretadas as fezes foram pesadas e amostradas
564 para quantificar a produção fecal, na sequência uma alíquota de 150 gramas de fezes
565 frescas foi espremida em espremedor de frutas confeccionado em aço inoxidável e no

566 líquido extraído foi determinado o pH fecal utilizando peagâmetro digital (marca: Tecnal;
567 modelo: Tec-5) calibrado com solução tampão pH 4 e pH 7 (Hydock et al., 2014).

568 Das amostras de líquido fecal extraídas para determinação dos valores de pH, 5
569 mL foi transferido para um tubo Falcon contendo 1 mL de ácido metafosfórico (diluído a
570 25%; Kabe et al., 2016) e congelados para posterior determinação das concentrações de
571 AGCC. Outros 50 mL de líquido fecal foram armazenados congelados após acidificação
572 com 1 mL de H₂SO₄ para posterior determinação de N-NH₃ (Detmann et al., 2021).
573 Posteriormente os resultados de pH, N-NH₃ e AGCC foram agrupados por faixas de
574 horários tendo como referência o horário de fornecimento do concentrado (F1 - 0 a 3
575 horas; F2- 3 a 6 horas e F3 – 6 a 10 horas pós alimentação). As amostras foram
576 centrifugadas a 3.500 rpm por 10 minutos e congeladas a -20 °C. A análise dos AGCC foi
577 realizada por cromatografia gasosa, conforme Erwin et al. (1961), utilizando
578 cromatógrafo a gás (Thermo Finnigan, modeloTrace) com detector de ionização de
579 chama (FID), equipado com coluna capilar de sílica fundida (100 m × 0,25 mm × 0,2 µm)
580 e hélio como gás de arraste (1,2 mL/min).

581 No 20º dia do período experimental foram feitas as coletas de urina durante 24h.
582 A urina foi coletada por meio de um aparato (coletor) colocado na região do prepúcio
583 e acoplado uma mangueira que levada a urina ao balde de coleta. No balde foi
584 adicionado 100 mL de HCl a 25%. A urina foi quantificada a cada 12 horas e uma
585 amostra de 50 mL foi acondicionada a um tubo Falcon e congelada a -20 °C para
586 posterior análise.

587 A determinação do nitrogênio total nas amostras urina foi realizada por meio do
588 método de Kjeldahl, conforme descrito pela AOAC (2000). 10 mL de cada amostra foram
589 transferidos para tubos de centrifuga onde foi adicionado 1mL de ácido tricloroacético,
590 2 mL do sobrenadante obtido após a centrifugação foi utilizado no destilador juntamente

591 com 10 mL de solução de hidróxido de potássio. A amônia liberada foi captada em
592 solução de ácido bórico e posteriormente titulada com solução de ácido clorídrico (0,005
593 N) até o indicador virar de verde para rosa claro. A concentração final de N foi calculada
594 considerando o volume titulado e os fatores de correção e de diluição. Por fim, a
595 concentração de N calculada foi corrigida segundo Souza et al. 2013.

596 O balanço de nitrogênio (BNC) foi calculado com base na equação proposta por
597 Graham-Thiers & Bowen (2011).

598 As variáveis pH fecal e concentração de isobutirato (NC_4) foram transformadas
599 em logaritmo decimal (\log_{10}), uma vez que os valores iniciais não apresentaram
600 distribuição normal.

601 Todos os dados foram analisados utilizando o procedimento GLIMMIX do SAS
602 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA, versão SAS University - 2016) selecionando os testes de
603 hipóteses tipo 1 e 3. O modelo estatístico para consumo e digestibilidade, continha como
604 efeito fixo o tratamento e, como variável aleatória, cavalo e período. Os modelos
605 estatísticos para AGCC, pH e N-NH₃, continham como efeito fixo tratamento, hora e a
606 interação resultante e, como variável aleatória, cavalo e período. Estes últimos foram
607 analisados como medidas repetidas no tempo, usando hora como termo específico e
608 cavalo*período como sujeito. Foi escolhida a estrutura de covariância que melhor se
609 ajustou aos dados de cada variável pelo menor critério de informação de Akaike. A função
610 PDIFF foi utilizada quando detectada significância no teste-F e todos os resultados foram
611 reportados como LSMEANS seguidos por erro padrão da média (EPM). A significância foi
612 definida quando $P \leq 0,05$ no teste T e valores entre $0,05 < P \leq 0,10$ foram considerados
613 como tendência.

614

615

616 **Resultados**

617 Para os valores médios de ingestão diária de MS e dos nutrientes pelos equinos
 618 submetidos a suplementação com aminoácidos comparado ao grupo controle (melaço
 619 simples) não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos
 620 para nenhuma das variáveis analisadas. A ingestão MS, MM, PB, EE e FDN foi
 621 semelhante entre os tratamentos (Tabela 2).

622 A suplementação de cavalos com aminoácidos não alterou a excreção da MS e
 623 dos nutrientes (MM, PB, EE, FDN; $P=0,25$) (Tabela 3).

624

625 Tabela 2. Ingestão média de MS e dos nutrientes (kg/dia) de equinos em trabalho leve
 626 recebendo suplemento com aminoácidos

Variáveis	Tratamento		EPM	Valor de P
	Suplemento	Controle		
	6,14	6,37	0,27	0,29
MM	0,80	0,78	0,03	0,40
PB	0,80	0,78	0,03	0,38
EE	0,15	0,15	0,01	0,25
FDN	5,86	5,67	0,24	0,29

627 EPM - Erro Padrão da Média. MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína
 628 bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro

629 Valores tem diferença significativa quando $P<0,05$.

630

631 Tabela 3. Excreção média de MS e dos nutrientes nas fezes (kg/dia) por equinos em
 632 trabalho leve recebendo suplemento com aminoácidos

Variáveis	Tratamento		EPM	Valor de P
	Suplemento	Controle		
MS	2,92	2,82	0,12	0,47
MM	0,33	0,32	0,02	0,80
PB	0,25	0,23	0,02	0,54
EE	0,06	0,05	0,01	0,65
FDN	2,04	1,98	0,09	0,58

633 EPM - Erro Padrão da Média. MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína
 634 bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro.

635 Valores tem diferença significativa quando $P<0,05$.

636

637 Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (Tabela 4) não
 638 apresentaram diferenças ($P = 0,76$) entre os cavalos que receberem o suplemento com
 639 aminoácidos e o controle.

640
 641 Tabela 4. Digestibilidade aparente da MS e dos nutrientes (fração de 0-1) por equinos
 642 em trabalho leve recebendo suplemento com aminoácidos

Variáveis	Tratamento			
	Líquida	Controle	EPM	Valor de P
MS	0,54	0,54	0,01	0,86
MM	0,59	0,59	0,02	0,84
PB	0,69	0,70	0,01	0,88
EE	0,63	0,64	0,03	0,79
FDN	0,65	0,65	0,01	0,76

643 EPM - Erro Padrão da Média. MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína
 644 bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro.;
 645 Valores tem diferença significativa quando $P < 0,05$.

646 Para os resultados referentes as concentrações de AGCC no conteúdo fecal dos
 647 animais (Tabela 5), observou-se um efeito significativo da suplementação com
 648 aminoácidos ($P < 0,05$) nas concentrações de propionato (C3) ($P = 0,01$) e butirato (C4)
 649 ($P = 0,005$), além de uma tendência de aumento para o acetato (C2) ($P = 0,10$). O efeito
 650 da suplementação também refletiu na concentração total de AGCC, demonstrando um
 651 aumento significativo ($P = 0,04$) em relação ao controle. Embora as concentrações
 652 absolutas de AGCC tenham demonstrado um aumento significativo para os animais
 653 suplementados, não houve diferença significativa entre os tratamentos para as
 654 proporções relativas de cada ácido (%) ($P > 0,05$) o que indica que o suplemento
 655 aumentou a produção total de AGCC mas não alterou o perfil fermentativo da
 656 microbiota intestinal.

657 Em relação a interação Tratamento X Tempo, houve efeito da suplementação
 658 sobre a variável NC4% ($P = 0,03$) no período de 0 a 3 h (F1) após o fornecimento do
 659 concentrado o que demonstra uma variação sobre as proporções relativas de butirato
 660 em relação as faixas de horário . Quanto ao pH fecal, este demonstrou-se

661 significativamente menor no grupo suplementado ($P = 0,03$) ao passo que a
 662 concentração de NH₃ não demonstrou diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$).

663

664 Tabela 5. Concentração média de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC; mmol/L), pH e
 665 amônia (NH₃) no conteúdo fecal de equinos em trabalho leve recebendo suplementação
 666 com aminoácidos

Variáveis	Tratamento			Valor de P		
	Líquida	Controle	EPM	Trat	Tem	Trat X Tem
C2	37,921	30,710	3,844	0,103	0,898	0,758
C3	11,430	8,183	1,120	0,017	0,735	0,999
NC4	3,694	2,320	1,083	0,005	0,860	0,689
Total	53,182	41,491	5,150	0,043	0,852	0,872
C2%	71,351	74,313	1,205	0,054	0,599	0,151
C3%	21,802	19,872	0,954	0,138	0,862	0,335
NC4%	6,674	5,782	1,060	0,061	0,223	0,033
pH	5,783	6,020	1,021	0,031	0,866	0,536
NH ₃	9,754	11,271	1,221	0,275	0,661	0,823

667 EPM = erro padrão da média; Trat = efeito do tratamento; Tem = efeito do tempo; Trat ×
 668 Tem = interação entre tratamento e tempo.

669 Valores de $P \leq 0,05$ foram considerados significativos e tenência quando $P > 0,05$ e $< 0,1$
 670

671 Observou-se um efeito significativo da suplementação com aminoácidos ($P < 0,05$)
 672 nas concentrações de propionato (C3) ($P = 0,01$) e butirato (C4) ($P = 0,005$), além de uma
 673 tendência de aumento para o acetato (C2) ($P = 0,10$). O efeito da suplementação também
 674 refletiu na concentração total de AGCC, demonstrando um aumento significativo ($P =$
 675 0,04) em relação ao controle. Embora as concentrações absolutas de AGCC tenham
 676 demonstrado um aumento significativo para os animais suplementados, não houve
 677 diferença significativa entre os tratamentos para as proporções relativas de cada ácido
 678 (%) ($P > 0,05$) o que indica que o suplemento aumentou a produção total de AGCC mas
 679 não alterou o perfil fermentativo da microbiota intestinal.

680 Em relação a interação Tratamento X Tempo, houve efeito da suplementação
 681 sobre a variável NC4% ($P = 0,03$), o que demonstra uma variação sobre as proporções
 682 relativas de butirato em relação as faixas de horário. Quanto ao pH fecal, este

683 demonstrou-se significativamente menor no grupo suplementado ($P = 0,03$) ao passo
 684 que a concentração de NH₃ não demonstrou diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$).

685 Para os resultados referentes as variáveis de excreção e balanço de nitrogênio
 686 (Tabela 6), não foram observadas diferenças significativas para o nitrogênio ingerido (P
 687 = 0,21). Os dados de balanço de nitrogênio também não demonstraram diferenças entre
 688 o tratamento e o controle ($P = 0,62$). Foi observada uma tendência para os dados de
 689 excreção fecal ($P = 0,08$) e uma redução significativa na excreção urinária de nitrogênio
 690 ($P = 0,04$) para o grupo suplementado, o que indica que a suplementação pode ter
 691 influenciado a via de excreção de nitrogênio aumentando a excreção fecal e reduzindo a
 692 urinária.

693
 694 Tabela 6. Balanço e excreção de nitrogênio por equinos em trabalho leve recebendo
 695 suplemento com aminoácidos

Variáveis	Tratamento			
	Líquida	Controle	EPM	Valor de P
N Ing	132,03	126,42	3,56	0,21
N Fec	41,64	37,34	1,73	0,08
N Uri	3,00	6,12	0,93	0,04
BN	85,78	82,95	5,09	0,62

696 EPM - Erro Padrão da Média. N Ing= nitrogênio ingerido; N Fec= nitrogênio fecal; N Uri= nitrogênio urinário; BN= balanço de nitrogênio;

697 Valores tem diferença significativa quando $P < 0,05$ e tendência quando $P > 0,05$ e $< 0,1$.

698
 699

700 Discussão

701 Observou-se que a digestibilidade da MS, MM, PB, EE e FDN foi semelhante entre
 702 os grupos, o que indica que a suplementação não promoveu alterações relevantes na
 703 capacidade de aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Esses resultados sugerem
 704 que a inclusão do suplemento, nas condições experimentais adotadas, não influenciou
 705 de forma expressiva os processos digestivos.

706 Oliveira et al. (2015) observaram resultados semelhantes em um estudo
 707 conduzido com 24 cavalos de esporte alimentados com dietas contendo diferentes níveis

708 de proteína bruta (7,5% a 13%), não verificando alterações na ingestão de nutrientes
709 (MS, MO, EE e FDN), independentemente do teor proteico ofertado. Esses autores
710 destacaram a estabilidade no comportamento de consumo quando as dietas atendem
711 plenamente às exigências nutricionais dos cavalos, mesmo com variações na
712 concentração de nutrientes.

713 A oferta tanto de volumoso como de concentrado eram fixas e os valores médios
714 de ingestão observados neste estudo estão de acordo com as recomendações do *NRC*
715 (2007) para equinos adultos em trabalho leve, o que demonstra que as dietas atenderam
716 adequadamente às exigências nutricionais da categoria e reforça a ausência de
717 diferenças significativas suplemento com aminoácidos para a ingestão.

718 Os dados de excreção fecal e digestibilidade da MS e dos nutrientes também não
719 apresentaram diferenças significativas entre o grupo suplementado com aminoácidos e
720 o controle, o que indica estabilidade fisiológica dos processos de digestão e absorção
721 intestinal. Os achados demonstram que o metabolismo digestivo não foi sobrecarregado
722 pela inclusão do suplemento com aminoácidos, o que está em conformidade com os
723 resultados observados por Hoffmann et al. (1987). Esses autores concluíram que
724 variações moderadas na relação entre fibra e energia das dietas de equinos não alteram
725 significativamente a digestibilidade dos nutrientes, evidenciando a eficiência do trato
726 gastrointestinal e a capacidade de adaptação da espécie. Ressaltaram ainda que a
727 manutenção da estabilidade digestiva decorre da constância do fluxo intestinal e da
728 eficiência da absorção no intestino grosso, mesmo diante de modificações dietéticas,
729 como alterações na relação volumoso:concentrado ou aumento no teor de fibra.

730 A digestibilidade dos nutrientes presentes na dieta também está intimamente
731 ligada ao comportamento e ao manejo alimentar, já que estes influenciam diretamente
732 na taxa de passagem e no tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal (Harris

733 et al., 2017). Diante de dietas equilibradas os equinos tendem a ajustar a motilidade
734 intestinal naturalmente, otimizando assim o aproveitamento dos nutrientes, o que pode
735 ter contribuído para a uniformidade observada entre os tratamentos.

736 Assim, os resultados do presente trabalho demonstram que o metabolismo
737 digestivo dos cavalos permaneceu dentro da faixa fisiológica normal, indicando que a
738 suplementação com aminoácidos não interferiu no padrão de excreção nem na
739 digestibilidade dos nutrientes, corroborando as observações de Oliveira et al. (2015) e
740 Hoffmann et al. (1987).

741 A suplementação influenciou significativamente a produção de ácidos graxos de
742 cadeia curta (AGCC), houve aumento nas concentrações de propionato (C3) e butirato
743 (C4), além de tendência de elevação do acetato (C2). Os achados do presente estudo
744 sugerem uma maior atividade fermentativa pela microbiota intestinal, decorrente do
745 fornecimento dos aminoácidos facilmente fermentáveis presentes no suplemento. Em
746 contrapartida, Jordan et al. (2019) ao investigarem suplementação com caseína não
747 observaram alterações significativas na produção de AGCC demonstrando que as
748 diferentes fontes proteicas podem modular a fermentação intestinal de formas distintas.
749 O suplemento fornece aminoácidos de disponibilidade rápida e maior oferta de substrato
750 para os microrganismos ao passo que a caseína tem uma degradação mais lenta além de
751 formar micelas que retardam a fermentação. Esse contraste entre os resultados
752 evidencia o papel da composição da dieta e da forma química da fonte proteica sobre a
753 modulação da microbiota intestinal, que reflete diretamente na produção de AGCC.

754 Sorensen et al. (2021) evidenciam que discretas variações na fermentação
755 intestinal não são necessariamente efeitos negativos sobre a digestibilidade e
756 demonstram adaptações fisiológicas, o que corrobora com as observações do presente
757 estudo. O aumento para AGCC totais reforça a maior fermentação de carboidratos

758 estruturais e não estruturais promovida pelo suplemento, intensificando assim, a
759 produção de metabólitos energéticos essenciais para a fisiologia e metabolismo dos
760 equinos, além disso Segundo Poelaert et al. (2019) os AGCC são amplamente associados
761 a efeitos positivos na saúde de mamíferos, sendo reconhecidos pela proteção de células
762 do epitélio intestinal bem como pela influência positiva sobre a fisiologia geral, função
763 cardiovascular, e na inflamação.

764 O butirato (nC4) possui grande importância fisiológica, pois é o AGCC utilizado
765 como principal fonte de energia pelos colonócitos. Além de nutrir a mucosa intestinal,
766 desempenha funções relacionadas ao reparo tecidual, proliferação celular e manutenção
767 da integridade da barreira epitelial. No presente estudo, observou-se uma modulação
768 positiva na atividade fermentativa do intestino posterior, uma vez que o efeito da
769 suplementação foi significativo ($P = 0,005$) sobre as concentrações de butirato. Esse
770 aumento no grupo suplementado indica que a maior disponibilidade de nitrogênio
771 (proveniente de aminoácidos) pode ter estimulado o crescimento de microrganismos
772 produtores de butirato, resultando em maior produção desse metabólito. Tal resposta
773 sugere uma fermentação mais eficiente e equilibrada, favorecendo tanto a saúde
774 intestinal quanto o aproveitamento energético no intestino grosso. Zeyner et al. (2004)
775 destacaram a ligação intrínseca entre a absorção de AGCC no ceco e cólon e a absorção
776 de água, já que essa é uma função crítica para a manutenção da hidratação e da
777 consistência das fezes em equinos.

778 O aumento nas concentrações de propionato (C3) observado no grupo
779 suplementado no presente estudo indica aumento na atividade de microrganismos
780 fermentadores de carboidratos solúveis, principalmente, bactérias utilizadoras de
781 lactato. O propionato provém principalmente da fermentação de carboidratos não
782 estruturais, seu aumento indica elevação da eficiência fermentativa e melhor

783 aproveitamento energético dos substratos. Esse resultado reforça a hipótese de que o
784 fornecimento de aminoácidos pode melhorar o metabolismo microbiano por meio do
785 estímulo de vias fermentativas mais eficientes, culminando em uma maior produção de
786 AGCC e melhor utilização dos carboidratos fermentáveis, colaborando assim com o
787 balanço energético e com a estabilidade cecocólica (Von Engelhardt et al., 1998). Por
788 tanto, o aumento do propionato observado reflete um maior aproveitamento sem
789 provocar desequilíbrio fermentativo.

790 Embora tenha sido observado um aumento nas concentrações absolutas, as
791 proporções relativas dos AGCC (%) não tiveram diferenças significativas entre os
792 tratamentos, demonstrando que o suplemento não alterou o perfil fermentativo da
793 microbiota, mas intensificou a atividade global de fermentação. Esse padrão reflete
794 aumento na eficiência metabólica associado a estabilidade microbiana, o que é desejável
795 já que segundo Santos et al. (2010) a microbiota do intestino grosso equino atua sob
796 limitação de nitrogênio pois grande parte dos açúcares solúveis e proteínas são digeridas
797 e absorvidas no intestino delgado e a disponibilidade adequada de nitrogênio cecocólica
798 otimiza a relação entre energia e proteína microbiana, direcionando assim uma maior
799 porção de substrato fermentável para a produção de AGCC sem resultar em desequilíbrio
800 fermentativo.

801 Portanto, o fornecimento de aminoácidos por meio da suplementação pode ter
802 corrigido a limitação de nitrogênio parcialmente, o que resultou em uma fermentação
803 mais eficiente e controlada, já que favoreceu o crescimento da microbiota responsável
804 pela produção de AGCC e consequentemente intensificou a produção de metabolitos
805 energéticos benéficos ao hospedeiro.

806 A interação entre tratamento e tempo observada para nC4% indica que a
807 suplementação a variação ao longo do tempo nas proporções de butirato, o que sugere

808 uma modulação dinâmica da fermentação que pode ser em decorrência de alterações
809 dinâmicas na disponibilidade de substratos fermentáveis ao decorrer dos diferentes
810 momentos de alimentação. Essa observação é comum em estudos que envolvem
811 amostragens fecais seriadas onde ocorre essa variação para AGCC conforme o padrão de
812 fermentação e a taxa de passagem.

813 Sadet-Bourgetteau et al. (2017) observaram que a sequência da alimentação
814 (concentrado com feno ou antes do feno) modificou os padrões pós-prandiais de AGCC e
815 de pH no intestino grosso de equinos, aumento de AGCC entre 4h e 8h após a refeição, o
816 que demonstra que a fermentação é dependente do tempo após a alimentação. Assim
817 como citado pelos autores, no presente estudo foi observada uma redução significativa
818 do pH fecal diante do uso do suplemento, o que reforça as evidências de maior
819 fermentação pois o aumento na produção de AGCC leva a acidificação do conteúdo
820 intestinal. Essa redução, desde que dentro de parâmetros fisiológicos, pode reforçar a
821 ideia de uma fermentação mais eficiente.

822 A oferta de dietas com variações controladas na composição pode modular não
823 somente a microbiota, mas todo o ambiente fermentativo do intestino grosso. Brandi et
824 al. 2024, observaram ligeiras diferenças na composição microbiana e no pH fecal ao
825 compararem dietas associando feno com amido e açúcar ou com fibra e óleos, sendo
826 ausentes efeitos negativos nos parâmetros digestivos e sobre a fermentação e
827 demonstrando a capacidade adaptativa da microbiota frente a oscilações dietéticas.
828 Resultados parecidos foram descritos por Moore e Dehority (1993), os autores
829 concluíram que mudanças controladas no teor de concentrado da dieta não
830 influenciaram na digestão da fibra e nem nas concentrações bacterianas celulolíticas ou
831 totais mesmo com a remoção de protozoários do intestino grosso, reforçando assim a

832 resiliência dos microrganismos presentes no intestino grosso dos equinos em manter a
833 estabilidade fermentativa.

834 No presente estudo a suplementação com aminoácidos proporcionou nitrogênio
835 rapidamente fermentável para o ecossistema cecocólico o que pode explicar a
836 acentuação dos efeitos fermentativos pós-prandiais observados como o aumento de
837 AGCC, a interação tratamento X tempo nas proporções de nC4% e a ligeira redução do pH
838 fecal. Portanto, a interação observada indica uma resposta adaptativa da microbiota
839 frente a variação nutricional oferecida pelo suplemento, que pode ser interpretada como
840 uma modulação fermentativa fisiológica diante a rápida disponibilidade dos
841 aminoácidos presentes no suplemento que representa a inclusão de substrato
842 fermentável no lúmen intestinal.

843 As concentrações fecais de amônia (NH_3) não diferiram significativamente entre
844 os tratamentos, sugerindo que a suplementação não interferiu na deaminação de
845 compostos nitrogenados e que o nitrogênio dietético foi utilizado de forma eficiente
846 pelos microrganismos do trato intestinal, evitando assim o acúmulo e a excreção
847 excessiva de amônia. Apesar de os dados de ingestão e balanço de nitrogênio não
848 diferirem significativamente, foi observada uma tendência para excreção fecal no grupo
849 suplementado acompanhada de uma redução significativa na excreção urinária de N para
850 os animais suplementados, sugerindo uma redistribuição de N pelos sistemas
851 excretórios, mas sem prejudicar a retenção de N.

852 O BN é obtido por meio da diferença entre N ingerido e N excretado via fezes e
853 urina (Trottier et al., 2016), esse parâmetro demonstra a eficiência na utilização da
854 proteína além de auxiliar na adequação nutricional conforme a categoria fisiológica.
855 Apesar do BN semelhante entre os grupos os dados de excreção indicam maior eficiência
856 metabólica por parte do grupo suplementado, considerando que a eliminação de N via

857 urina apresenta maior demanda energética e está frequentemente associada a impactos
858 no meio ambiente (Graham-Thiers & Bowen, 2011). Desse modo, a redução de N urinário
859 observada demonstra maior eficiência no aproveitamento no N dietético.

860 O ligeiro aumento observado no N fecal para o grupo suplementado pode ser
861 relacionado a intensificação da fermentação que indica maior atuação microbiana, essas
862 afirmações são evidenciadas pelo aumento dos AGCC. Em contrapartida, Saastamoinen
863 et al. (2021) relataram que a oferta de proteína de qualidade pode reduzir a ingestão
864 total de nitrogênio sem resultar em aumento na excreção via fezes e urina, destacando
865 que a oferta proteica de qualidade em equilíbrio com a disponibilidade energética é
866 fundamental para um melhor aproveitamento do nitrogênio e redução das perdas
867 ambientais. Porém, Segundo Trottier et al. (2016), o intestino grosso possui demandas
868 próprias de N podendo utilizar tanto aminoácidos quanto formas não proteicas,
869 favorecendo a microbiota residente. Portanto, parte do N fecal pode ter sido utilizada na
870 síntese microbiana no intestino grosso o que elevou a excreção fecal de N total para o
871 grupo suplementado. A estabilidade nas concentrações de N-NH₃ indica que o nitrogênio
872 adicional proporcionado ao intestino grosso foi incorporado a proteína microbiana ou
873 absorvido pela própria mucosa intestinal, evitando o acúmulo de N residual livre e
874 possibilitando a atribuição do aumento do N fecal principalmente a uma maior excreção
875 de biomassa microbiana.

876 A menor excreção urinária observada no grupo suplementado está de acordo com
877 mecanismos de reciclagem de ureia, que direcionam o N endógeno para o intestino
878 grosso em casos de alta demanda microbiana (Obitsu et al., 2015), o que diminui a
879 eliminação renal.

880 De acordo com Saastamoinen et al., (2021) a eficiência na utilização de N está
881 fortemente relacionada a digestibilidade e ao perfil dos aminoácidos provenientes da

882 proteína, sendo a quantidade ingerida de menor importância. A oferta de dietas
883 contendo proteínas de melhor qualidade reduz as perdas por excreção fecal e urinária.
884 No presente estudo, mesmo não apresentando diferenças para ingestão, é possível
885 afirmar que a suplementação modulou a distribuição de N e reduziu a excreção urinária
886 sem afetar o BN. A suplementação também promoveu rotas de utilização e excreção de N
887 mais eficientes mantendo a retenção total. Esses resultados demonstram a importância
888 de dietas que atendam as necessidades proteicas bem como de aminoácidos resultando
889 na otimização do metabolismo nitrogenado e na redução de perdas ambientais.

890

891 **Conclusão**

892 A suplementação líquida à base de melaço com aminoácidos demonstrou efeitos
893 positivos sobre a produção de AGCC indicando intensificação da atividade fermentativa
894 sem prejuízo à estabilidade digestiva, além de reduzir a excreção de N via urina sem
895 afetar o BN, indicando otimização no metabolismo nitrogenado.

896

897 **Considerações Gerais**

898 Ao longo do estudo é destacada a importância da compreensão da relação entre a
899 digestão enzimática, a fermentação ceco-cólica e o metabolismo proteico na formulação
900 de dietas eficientes para equinos. A suplementação com aminoácidos disponibilizou
901 nitrogênio rapidamente fermentável e favoreceu a microbiota que intensificou a
902 fermentação no intestino grosso. A maior produção de AGCC, principalmente de
903 propionato e butirato demonstra essa resposta por parte da microbiota. A estabilidade
904 das proporções relativas dos AGCC indica que a microbiota respondeu de forma e
905 equilibrada, mantendo a homeostase fermentativa. A redução da excreção urinária de
906 nitrogênio indica melhor eficiência metabólica, mantendo um BN positivo e demonstra

907 uma melhor eficiência metabólica, demonstrando o papel da suplementação com
908 aminoácidos como forma de otimizar a utilização do nitrogênio e reduzir perdas
909 ambientais. Portanto, a suplementação alvo do presente estudo, demonstrou efeitos
910 positivos sobre metabolismo digestivo e nitrogenado, sem comprometer a estabilidade
911 fermentativa do intestino posterior.

912

913 Referências

914

- 915 AOAC . **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical**
916 **Chemists (AOAC)**. 17. ed. [s.l.] Gaithersburg: AOAC International, 2000.
917 BRANDI, L. A. et al. Dietary Energy Sources Affect Cecal and Fecal Microbiota of
918 Healthy Horses. **Animals**, v. 14, n. 23, p. 3494–3494, 3 dez. 2024.
919
- 920 DETMANN, E. et al. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 2.
921 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2021. p. 350
922
- 923 ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile Fatty Acid Analyses of Blood and
924 Rumen Fluid by Gas Chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768–
925 1771, set. 1961.
926
- 927 GIBBS, P. G.; POTTER, G. D. Concepts in Protein Digestion and Amino Acid
928 Requirements of Young Horses. **The Professional Animal Scientist**, v. 18, n. 4, p.
929 295–301, dez. 2002.
930

- 931 GRAHAM-THIERS, P. M.; BOWEN, L. K. Effect of protein source on nitrogen balance
932 and plasma amino acids in exercising horses. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 3,
933 p. 729–735, 1 mar. 2011.
- 934
- 935 HARRIS, P. A. et al. Review: Feeding conserved forage to horses: recent advances and
936 recommendations. **animal**, v. 11, n. 6, p. 958–967, 24 nov. 2016.
- 937 HOFFMAN, R. M. Carbohydrate metabolism and metabolic disorders in horses.
938 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 270–276, jul. 2009.
- 939
- 940 HYDOCK, K. L.; NISSLEY, S. G.; STANIAR, W. B. A standard protocol for fecal pH
941 measurement in the horse. **The Professional Animal Scientist**, v. 30, n. 6, p. 643–
942 648, dez. 2014.
- 943
- 944 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos**
945 **químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008. p. 125–
946 130
- 947
- 948 JORDAN, K. V. et al. Effects of sodium caseinate on hindgut fermentation and fiber
949 digestion in horses. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 2, p. 813–819, 13 dez. 2018.
- 950
- 951 KABE, A. M. G. et al. Soybean Hulls in Equine Feed Concentrates: Apparent Nutrient
952 Digestibility, Physicochemical and Microbial Characteristics of Equine Feces. **Journal**
953 **of Equine Veterinary Science**, v. 36, p. 77–82, 1 jan. 2016.
- 954

- 955 MOORE, B. E.; DEHORITY, B. A. Effects of diet and hindgut defaunation on diet
956 digestibility and microbial concentrations in the cecum and colon of the horse.
957 **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 12, p. 3350–3358, 1 dez. 1993.
- 958
- 959 NATIONAL RESEARCH COUNCIL COMMITTEE ON NUTRIENT REQUIREMENTS OF
960 HORSES. **Nutrient requirements of horses**. 6. ed. [s.l.] Washington, Dc National
961 Academies Press, 2007.
- 962
- 963 NATIONAL RESEARCH COUNCIL. SUBCOMMITTEE ON DAIRY CATTLE NUTRITION
964 (WASHINGTON, D.C.) (WASHINGTON, D.C. **Nutrient requirements of dairy cattle**.
965 [s.l.] Washington: National Academy, 2001.
- 966
- 967 OBITSU, T.; HATA, H.; TANIGUCHI, K. Nitrogen digestion and urea recycling in
968 Hokkaido native horses fed hay-based diets. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 2, p.
969 159–165, 12 jul. 2014.
- 970
- 971 OLIVEIRA, C. A. A. et al. The impact of dietary protein levels on nutrient digestibility
972 and water and nitrogen balances in eventing horses1. **Journal of Animal Science**, v.
973 93, n. 1, p. 229–237, 1 jan. 2015.
- 974
- 975 POELAERT C. K. et al. Beyond Gut Instinct: Metabolic Short-Chain Fatty Acids
976 Moderate the Pathogenesis of Alphaherpesviruses. **Frontiers in Microbiology**, v. 10,
977 n. v. 10, p. 723, 2019, 5 abr. 2019.
- 978

- 979 SAASTAMOINEN, M.; SÄRKIJÄRVI, S.; SUOMALA, H. Protein Source and Intake Effects
980 on Diet Digestibility and N Excretion in Horses—A Risk of Environmental N Load of
981 Horses. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3568, 15 dez. 2021.
- 982
- 983 SADET-BOURGETEAU, S.; PHILIPPEAU, C.; JULLIAND, V. Effect of concentrate feeding
984 sequence on equine hindgut fermentation parameters. **animal**, v. 11, n. 7, p. 1146–
985 1152, 8 dez. 2016.
- 986
- 987 SANTOS, A. S. et al. Understanding the equine cecum-colon ecosystem: current
988 knowledge and future perspectives. **animal**, v. 5, n. 1, p. 48–56, 23 ago. 2010.
- 989
- 990 SORENSEN, R. J. et al. Effect of hay type on cecal and fecal microbiome and
991 fermentation parameters in horses. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 1, 29 dez.
992 2020.
- 993
- 994 SOUZA, N. K. P. et al. Accuracy of the estimates of ammonia concentration in rumen
995 fluid using different analytical methods. **Arquivo Brasileiro de Medicina
996 Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1752–1758, 1 dez. 2013.
- 997
- 998 TROTTIER, N. L. et al. Gastrointestinal Nitrogen Metabolism of Equids and Impact on
999 Protein Requirement. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 45, n. 10, p. 78–86,
1000 out. 2016.
- 1001

- 1002 VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral
- 1003 Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition.
- 1004 **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, out. 1991.
- 1005
- 1006 VON ENGELHARDT, W. et al. Role of short-chain fatty acids in the hind gut.
- 1007 **Veterinary Quarterly**, v. 20, n. sup3, p. 52–59, jun. 1998.
- 1008
- 1009 ZEYNER, A.; GEISSLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hay intake and feeding sequence on
- 1010 variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia,
- 1011 buffering capacity) of horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**,
- 1012 v. 88, n. 1-2, p. 7–19, 28 jan. 2004.