

Campus Colorado do Oeste
Coordenação do Curso em Bacharelado em Zootecnia

JEOVANER DA SILVA CASTRO

**FIBRA NA HOMEOSTASE RUMINAL E IMPACTOS DA ADIÇÃO DE GRÃOS DE
CEREAIS EM DIETAS DE ANIMAIS RUMINANTES**

COLORADO DO OESTE

2025

JEOVANER DA SILVA CASTRO

**FIBRA NA HOMEOSTASE RUMINAL E IMPACTOS DA ADIÇÃO DE GRÃOS DE
CEREAIS EM DIETAS DE ANIMAIS RUMINANTES**

Monografia entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia, sob a orientação do Prof. Dr. Fagton de Mattos Negrão.

COLORADO DO OESTE

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Castro, Jeovaner da Silva.

A importância da fibra na homeostase ruminal e impactos da
adição de grãos de cereais em dietas de animais ruminantes /
Jeovaner da Silva Castro. - Colorado do Oeste, 2025.
37 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Fagton de Mattos Negrão.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia -
IFRO, Colorado do Oeste, 2025.

1. Comportamento ingestivo. 2. Fibra insolúvel em detergente
neutro. 3. Nutrição de ruminantes. 4. Parâmetros ruminais. 5. Saliva. I.
Negrão, Fagton de Mattos (orient.). II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Juliana Machado da Silva Sasset, CRB-11/1140

FOLHA DE APROVAÇÃO


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Zootecnia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Colorado do Oeste, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Autor: Jeovaner da Silva Castro


Orientador: Dr. Fagton de Mattos Negrão

Situação: (X) Aprovado () Reprovado

Aprovado em: 05/11/2025

Documento assinado digitalmente
 **FAGTON DE MATTOS NEGRAO**
Data: 10/03/2026 09:05:20-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Fagton de Mattos Negrão (Doutor)
IFRO/Colorado do Oeste
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **LUCIEN BISSI DA FREIRIA**
Data: 11/03/2026 07:17:24-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Lucien Bissi da Freiria (Doutor)
IFRO/Colorado do Oeste
Membro interno

TULIO OTAVIO
JARDIM D
ALMEIDA
LINS:8325034424
9

Assinado de forma digital por TULIO OTAVIO JARDIM D ALMEIDA
LINS:83250344249
Dados: 2026.03.12 09:22:12-04'00'

Túlio Otávio Jardim D'Almeida Lins (Doutor)
IFRO/Colorado do Oeste
Membro interno

Documento assinado digitalmente
 **EMERSON SILVA MIRANDA**
Data: 13/03/2026 10:49:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Emerson Silva Miranda (Mestre)
UFMT/Cuiabá
Membro externo

DEDICATÓRIAS

À minha querida família pelo apoio e confiança.

À minha esposa Myrian Favaleça pelo companheirismo.

À minha filha Maria Julia pela sequência de um futuro esperançoso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fortalecer a cada dia.

Ao Instituto Federal de Rondônia - IFRO - *Campus* Colorado do Oeste, pela oportunidade.

À Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Zootecnia do *Campus* Colorado do Oeste, pois através dele, pude obter uma formação continuada na área de Zootecnia.

Aos meus pais Jacir Ferreira de Castro e Luzia Pereira da Silva Castro, por sempre terem acreditado e confiado em mim.

A minha avó Olinda, por sempre ter me apoiado e incentivado.

Aos meus amigos que sempre me ajudaram até aqui: Emerson Miranda, Hawander Alberton, Taís Eduarda, Renata Carolina, Enissander Moro, Solean Skarlet, Katia Cristina, Gabriele Ferreira, Matheus Ferreira, Ellen Cristina.

Em especial ao meu orientador Dr. Fagton de Mattos Negrão que por sua vez não mediu esforços durante todo o período que estive à frente da coordenação do curso de Bacharel em Zootecnia do IFRO/Colorado do Oeste em nos ajudar e incentivar sempre.

À banca examinadora, Lucien Bissi da Freiria, Emerson Miranda e Túlio Otávio Jardim D'Almeida Lins por fazerem parte de toda minha trajetória do curso e agora comporem a minha banca examinadora.

RESUMO

Ao longo da evolução, os animais ruminantes se especializaram no consumo de forragens ricas em fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), as quais eram abundantes nas planícies. Como estratégia evolutiva, compartimentalizaram o estômago em quatro compartimentos, que lhes conferiram maior capacidade de extrair a energia da parede celular vegetal em comparação aos animais não ruminantes. Nesse sentido, essa revisão aborda dois objetivos principais: destacar a importância da FDN para a manutenção da homeostase ruminal e os impactos da inclusão de grãos de cereais na dieta de ruminantes. O manuscrito reporta o papel da FDN na regulação dos parâmetros ruminais (pH, osmolaridade e concentração de ácidos graxos de cadeia curta), fundamentais para prevenir distúrbios digestivos e metabólicos, bem como a sua influência no comportamento ingestivo desses animais. Em contrapartida, a revisão descreve como a inclusão de grãos, rico em amido, altera a dinâmica da fermentação, a digestibilidade dos nutrientes e perda de carbonos na forma de metano, com reflexos no desempenho, eficiência e perfil do microbioma ruminal. Em suma, a nutrição de ruminantes é algo complexo e, à medida em que há inclusão de grãos na dieta, cuidados tanto do ponto de vista de manejo quanto de dieta e animal devem ser tomados, para conciliar desempenho e saúde animal.

Palavras-chave: Comportamento ingestivo. Fibra insolúvel em detergente neutro. Nutrição de ruminantes. Parâmetros ruminais. Saliva.

ABSTRACT

Throughout evolution, ruminant animals specialized in consuming forages rich in neutral detergent fiber (NDF), which were abundant on the plains. As an evolutionary strategy, they compartmentalized the stomach into four compartments, giving them a greater capacity to extract energy from plant cell walls compared to non-ruminant animals. Therefore, this review addresses two main objectives: to highlight the importance of NDF for maintaining ruminal homeostasis and the impacts of including cereal grains in ruminant diets. The manuscript reports on the role of NDF in regulating ruminal parameters (pH, osmolarity, and short-chain fatty acid concentration), which are essential for preventing digestive disorders and metabolites, as well as its influence on the ingestive behavior of these animals. In contrast, the review describes how the inclusion of starch-rich grains alters fermentation dynamics, nutrient digestibility, and carbon loss in the form of methane, with repercussions on performance, efficiency, and the ruminal microbiome profile. In short, ruminant nutrition is complex, and as grains are included in the diet, care must be taken from both a management and dietary and animal perspective to balance animal performance and health.

Keywords: Ingestive behavior. Neutral detergent insoluble fiber. Ruminant nutrition. Ruminal parameters. Saliva.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Representação filogenética da evolução de diferentes grupos de mamíferos e plantas ao longo das eras geológicas 14
- Figura 2 – Comportamento ingestivo de bovinos em diferentes alturas de dossel forrageiro de pastos de Piatã 17
- Figura 3 – Efeito de diferentes proporções de volumoso: concentrado em dietas de iaques sobre a eficiência alimentar..... 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Comportamento ingestivo de bezerros holandeses consumindo dietas com diferentes proporções de concentrado	19
Tabela 2 –	Efeitos de diferentes inclusões de concentrado em dietas de vacas Angus	20
Tabela 3 –	Variáveis de fermentação ruminal de vacas leiteiras alimentadas com dietas de diferentes relações volumoso: concentrado	24
Tabela 4 –	Efeito da inclusão de concentrado em dietas de novilho Nelore sobre a população microbiana	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMS	–	Consumo de Matéria Seca
AGCC	–	Ácidos Graxos de Cadeia Curta
CF	–	Carboidrato Fibroso
CNF	–	Carboidrato Não Fibroso
CO ₂	–	Dióxido de Carbono
DMC	–	Dieta de Média Inclusão de Concentrado
DBC	–	Dieta de Baixa Inclusão de Concentrado
DAC	–	Dieta de Alta Inclusão de Concentrado
EA	–	Eficiência Alimentar
FDN	–	Fibra Insolúvel em Detergente Neutro
FDNFe	–	Fibra Insolúvel em Detergente Neutro Fisicamente Efetiva
H ⁺	–	Protons Livres
ML	–	Mililitros
MS	–	Matéria Seca
MO	–	Matéria Original
NaHCO ₃		Bicarbonato
Na ² HPO ₄		Fosfato
pH	–	Potencial Hidrogeniônico
PB	–	Proteína Bruta
PCR	–	Proteína C reativa
TGI	–	Trato Gastrointestinal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1. HOMEOSTASE RUMINAL E O PAPEL DA FIBRA	14
1.1 EVOLUÇÃO E ADAPTAÇÕES DOS ANIMAIS RUMINANTES	14
1.2. IMPORTÂNCIA DA FIBRA PARA A HOMEOSTASE RUMINAL.....	15
2. IMPACTOS DA ADIÇÃO DE GRÃOS NA DIETA DE RUMINANTES	18
2.1 COMPORTAMENTO INGESTIVO DE RUMINANTES: SISTEMA DE PRODUÇÃO A PASTO VS. CONFINAMENTO.....	18
2.2. EFEITOS DO INCREMENTO DE CONCENTRADO EM DIETAS SOBRE DESEMPENHO, EFICIÊNCIA E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES	21
2.3. EFEITOS DA INCLUSÃO DE GRÃOS DE CEREAIS EM DIETAS DE RUMINANTES SOBRE PARÂMETROS RUMINAIS E MICROBIOMA RUMINAL.....	25
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	31

INTRODUÇÃO

Os animais ruminantes domésticos desempenham um papel fundamental para os seres humanos, contribuindo para a segurança alimentar fornecendo alimentos de elevado valor nutricional, geração de renda e desenvolvimento socioeconômico. Esses animais possuem um sistema digestivo altamente especializado, resultado da evolução adaptativa que ocorreu ao longo de milhares de anos para aproveitar ao máximo as forragens (Clauss et al., 2010).

No entanto, em sistemas de produção mais intensivos, os quais visam por maior eficiência, produção e ciclo curto, geralmente o desempenho é limitado pelo suprimento de energia das forragens (volumosos em geral). Assim, torna-se necessário adicionar grãos de cereais em suas dietas para tal, tendo em vista incrementar a concentração de energia em suas dietas (Humer e Zebeli, 2017).

Essa prática, apesar de ser amplamente utilizada, tende a romper o modelo nutricional (dietas com alta inclusão de carboidratos fibrosos –CF– e concomitante baixa concentração de carboidratos não fibrosos –CNF– (Klevenhusen e Zebeli, 2020)) ao qual os ruminantes foram evolutivamente adaptados, exigindo ajustes fisiológicos e comportamentais.

O incremento da inclusão de concentrado nas dietas pode modificar o comportamento ingestivo, a cinética da fermentação, a produção e absorção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), o pH e a osmolaridade, podendo comprometer a homeostase ruminal. A redução no consumo de volumosos (fonte de fibra fisicamente efetiva) diminui a ruminação e a salivação, que reduz a produção de saliva e concomitante regulação do pH, podendo favorecer o aparecimento de distúrbios digestivos (Bailey e Balch, 1961; Wang et al., 2020; Plaizier et al., 2022).

Por outro lado, dietas com adequada proporção de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) permitem manter o tempo de retenção ruminal, estimular o tamponamento do pH através da ação salivar e sustentar a diversidade microbiana responsável pela degradação eficiente da parede celular vegetal (PCV), sendo indispensáveis para a manutenção da saúde e funcionamento do rúmen.

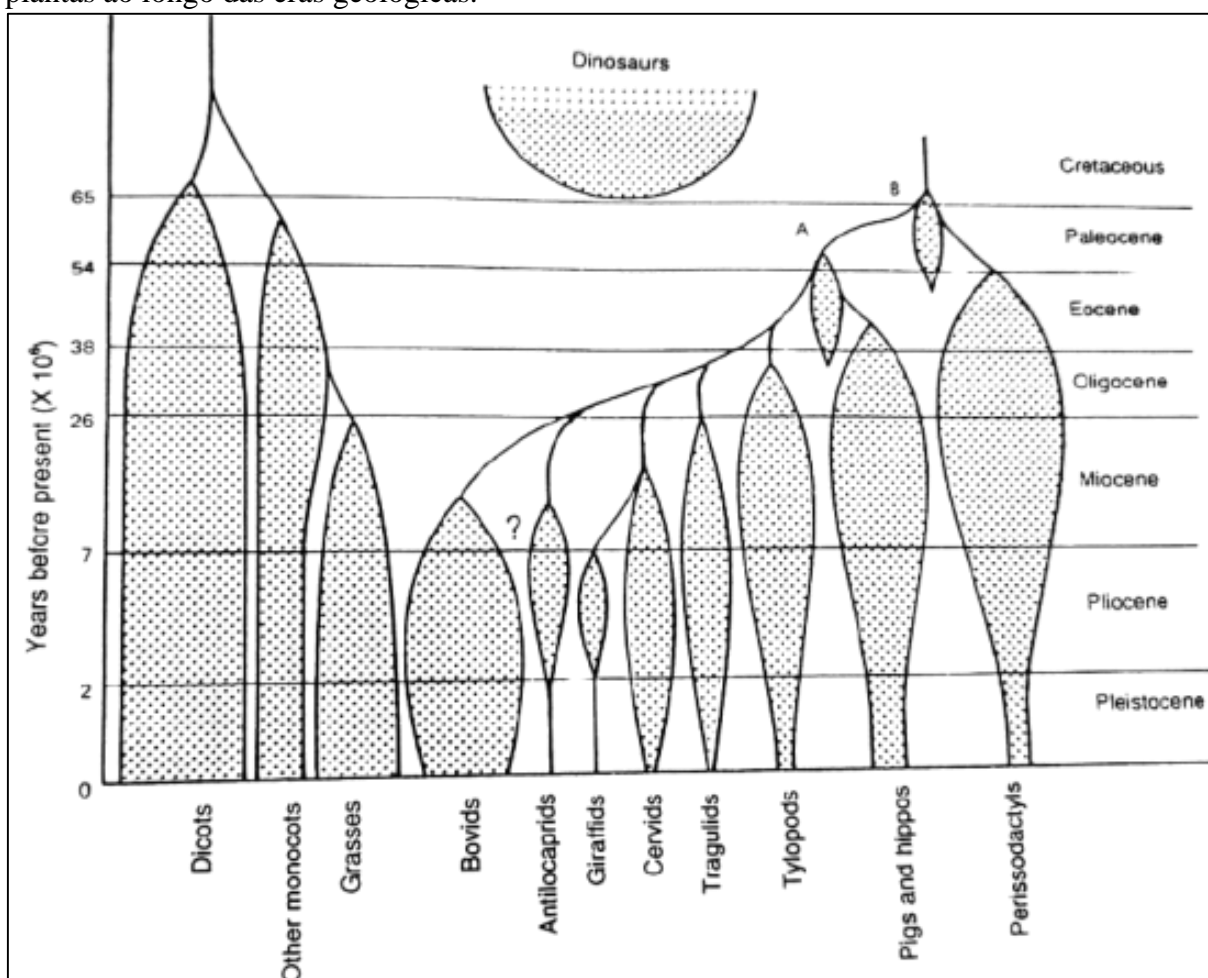
Nesse sentido, essa revisão aborda dois objetivos principais: (i) destacar a importância da FDN para a manutenção da homeostase ruminal e (ii) os impactos da inclusão de grãos de cereais na dieta de ruminantes.

1. HOMEOSTASE RUMINAL E O PAPEL DA FIBRA

1.1 EVOLUÇÃO E ADAPTAÇÕES DOS ANIMAIS RUMINANTES

Acredita-se que a família *Bovidae* tenha se originado no mesmo período geológico em que surgiram as gramíneas (Figura 1). Na escala evolutiva, as forragens (*Grasses*) emergiram no mioceno, ligeiramente antes do aparecimento da família *Bovidae* (*Bovids*), embora ainda dentro da mesma era. Essa proximidade temporal sugere uma coevolução entre ruminantes e gramíneas, no qual os primeiros desenvolveram adaptações ao longo de milhares de anos para explorar, de forma eficiente, os recursos forrageiros abundantes nas planícies.

Figura 1 – Representação filogenética da evolução de diferentes grupos de mamíferos e plantas ao longo das eras geológicas.



Fonte: Adaptado de Van Soest (1994).

Para maximizar a utilização desse banco de energia latente representado pelas forragens, os ruminantes se adaptaram tanto do ponto de vista anatômico quanto

fisiológico para tal. O estômago desses animais é compartimentado (derivados embriologicamente do estômago simples), sendo constituído por rúmen e retículo (câmara fermentativa colonizada por microrganismos), omaso e abomaso. Este último é considerado o estômago verdadeiro, por apresentar epitélio glandular semelhante ao dos não-ruminantes (Hofmann, 1988).

A simbiose entre a microbiota ruminal (composta por bactérias, fungos, protozoários e archaeas) e o hospedeiro ruminante configura uma relação mutualmente vantajosa. Do ponto de vista do animal, a fermentação pré-gástrica, hipotetizada por Van Soest (1994) como um mecanismo adaptativo para mitigar os efeitos tóxicos de metabólitos secundários das plantas. Ademais, essa associação proporciona vantagens adicionais, tais como o suprimento de vitaminas do complexo B, aminoácidos (provenientes da massa microbiana, principal fonte de proteína) e a AGCC, que constituem a principal fonte de energia para o ruminante (Church, 1988; Van Soest, 1994).

Essa simbiose permite que os ruminantes consumam grandes quantidades de volumosos, como gramíneas com elevado teor de FDN, já que os microrganismos ruminais possuem a capacidade de degradar os componentes da PCV (Hungate, 1984; Liu et al., 2021). Essa função é particularmente relevante, uma vez que os animais invertebrados não produzem enzimas glicosidases capazes de romper as ligações do tipo β -1,4 ou β -1,6, presentes entre os monômeros de glicose que compõem a celulose da PCV.

Em contrapartida, cabe ao ruminante consumir o alimento e reduzir o tamanho das partículas, tornando-as acessíveis à microbiota, que as utiliza como fonte de energia para crescimento e manutenção. Além disso, o animal desempenha papel fundamental na manutenção das condições adequadas do rúmen, por meio da remoção dos produtos da fermentação (AGCC e massa microbiana), da fração indigestível do alimento e do fornecimento de tampões presentes na saliva, bem como da regulação da temperatura e umidade do ambiente ruminal (Owens e Goetsch, 1988).

1.2. IMPORTÂNCIA DA FIBRA PARA A HOMEOSTASE RUMINAL

Com o intuito de melhorar o entendimento sobre a FDN (casualmente denominada como fibra) e a sua relação com a homeostase ruminal é necessário entender primeiro suas frações e terminologias utilizadas ao redor do mundo.

Para isso, Van Soest (1994) definiu a fibra como uma fração do alimento de lenta e incompleta digestão e que por isso ocupa espaço no trato gastrointestinal (TGI), a exercer o efeito de repleção. Quanto ao caráter químico da FDN, esta fração corresponde

aos carboidratos celulose, hemicelulose e ao composto fenólico lignina, componentes esses presentes na estrutura da PCV (Van Soest, 1994). Logo, os demais carboidratos da célula vegetal são CNF.

A recuperação do resíduo da FDN se dá em função da metodologia proposta por Van Soest et al. (1991), na qual um sistema de solução em detergente neutro lava a parte solúvel da amostra. Adicionalmente, é possível realizar uma análise sequencial em detergente ácido para retirar a hemicelulose, análise esta que tem o intuito de isolar a lignina posteriormente, os constituintes do resíduo recuperado após o procedimento são celulose e lignina, que são denominados como fibra insolúvel em detergente ácido.

Tendo em vistas a melhoria na recuperação do resíduo sem contaminantes, outros procedimentos adicionais foram empregados à metodologia inicial de Van Soest (1991), tais como a correção para retirada total do amido, minerais e proteínas (Sniffen et al., 1992; Van Soest et al., 1991).

Após esse entendimento da fração química da FDN, é necessário dar atenção a estrutura física, uma vez que os alimentos que apresentam um teor significativo de FDN podem não corroborar com a homeostase ruminal caso o tamanho de partículas do mesmo não seja adequado.

Logo, uma terminologia amplamente utilizada é a FDNfe (fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva), que concilia o teor de FDN à estrutura física do alimento. Para fins de estimação dessa fração, foi desenvolvido na universidade do Estado da Pensilvânia o separador de partículas Penn State (*Penn State Particle Separator*), composto por três peneiras (com crivos de 4, 8 e 19 mm), além do fundo. Após a utilização do equipamento conforme a metodologia proposta por Mertens (1997), o percentual de partículas retidas acima da peneira de 4 mm é multiplicado pelo teor de FDN da amostra, resultando no valor de FDNfe.

Dessa forma, o teor de FDNfe representa um indicador mais preciso para assegurar a saúde ruminal, uma vez que garante o tamanho mínimo de partículas que possam manter o “mat ruminal” no rúmen e estimular a ruminação, processo fundamental para o estímulo e produção de saliva (Armentano e Pereira, 1997). Sendo esta terminologia mais utilizada em dietas de gado de corte.

Na nutrição de vacas de leite, a FDN por si só não implica em muita coisa como no gado de corte. Então foi proposto por Mertens (1997), a fibra insolúvel em detergente neutro efetiva (FDNe), que é a fração da FDN capaz de estimular a mastigação e manter a saúde ruminal, cuja efetividade pode ser observada na manutenção da gordura do leite.

A partir da compreensão da fibra sob os aspectos químico e físico, torna-se possível avançar para sua real importância no funcionamento do rúmen. Independentemente da terminologia empregada (FDN, FDNfe ou FDNe), o papel central da fibra na nutrição de ruminantes está relacionado à sua capacidade de modular o ambiente ruminal por meio do estímulo à mastigação, à ruminação e à produção de saliva, processos diretamente associados à manutenção da homeostase ruminal. Assim, a seguir, discute-se como a fibra, especialmente aquela oriunda de forragens, atua nos mecanismos fisiológicos responsáveis pela estabilidade do meio ruminal.

No contexto evolutivo, àqueles ruminantes classificados como pastejadores de acordo com Hofmann (1988) tinham a base alimentar composta essencialmente por forragens, caracterizadas por concentrações relativamente elevada de CF e, concomitante, baixos teores de CNF (Lopes et al., 2010; Valente et al., 2010).

Quando os ruminantes são alimentados com dietas à base de forragem, eles tendem a manter a homeostase, definida por Cannon (1929) como a manutenção da estabilidade do meio interno. Essa condição é alcançada devido a composição química das forragens, as quais apresentam elevado teor de FDN.

Diante disso, como o resíduo recuperado da FDN é de lenta e incompleta digestão (Van Soest, 1994), essa característica é essencial para promover condições adequadas de parâmetros ruminais, como pH variando de 6,2 a 6,8 (Mao e Wang, 2025), concentrações de AGCC inferiores a 90 mmol/L (Ramos et al., 2021;) e osmolaridade em torno de 280 mOsm (Valadares Filho e Pina, 2006), tais condições favorecem o crescimento microbiano.

O consumo de partículas longas de forragem promove a formação de um tapete flutuante no ambiente ruminal, o qual tem papel central no estímulo às contrações ruminais (Yang e Beauchemin, 2007). Diante disso, o atrito exercido pelas partículas sobre a parede do rúmen é captado por mecanorreceptores, desencadeando estímulos às contrações ruminais. Tal efeito é necessário para a ocorrência de movimentos antiperistálticos, característicos do processo de ruminação, que retornam o bolo alimentar à boca, podendo ocorrer até 1.440 vezes ao dia (Ruckebusch, 1988). A remastigação, por sua vez, intensifica a produção de saliva mediante a ativação das glândulas salivares sublinguais, parótidas e mandibulares, contribuindo para o tamponamento do pH ruminal.

Após a ingestão de alimentos volumosos, grandes ruminantes como bovinos podem produzir até 150 litros de saliva, enquanto pequenos ruminantes como os ovinos chegam a produzir até 10 litros por dia (Mao e Wang, 2025). McDougall (1948) reportou

que a saliva apresenta alto teor de umidade, cuja matéria seca contida em 1 ml varia de 1-1,4 mg, e conta com a presença de alguns minerais, tais como nitrogênio (20 mg/100mL), sódio (408mg/100mL), potássio (32 mg/100mL), cálcio (0,8 mg/100 mL), magnésio (0,8 mg/100 mL), fósforo (81 mg/100mL) e cloro (61 mg/100mL).

Ademais, os íons de bicarbonato (NaHCO_3 – 9,8 g/L) e fosfato (Na_2HPO_4 – 9,3g/L) que, também, constituem a saliva (McDougall, 1948) são de extrema importância no tamponamento dos ácidos produzidos no rúmen, uma vez que esses compostos apresentam altos valores de pKa (10,25 e 12,67, respectivamente). Enfatiza-se, assim, a facilidade desses íons em contribuir para assimilação de prótons livres (H^+) no meio, uma vez que quanto menor o pH da solução em relação ao pKa da base, maior a sua ação tamponante.

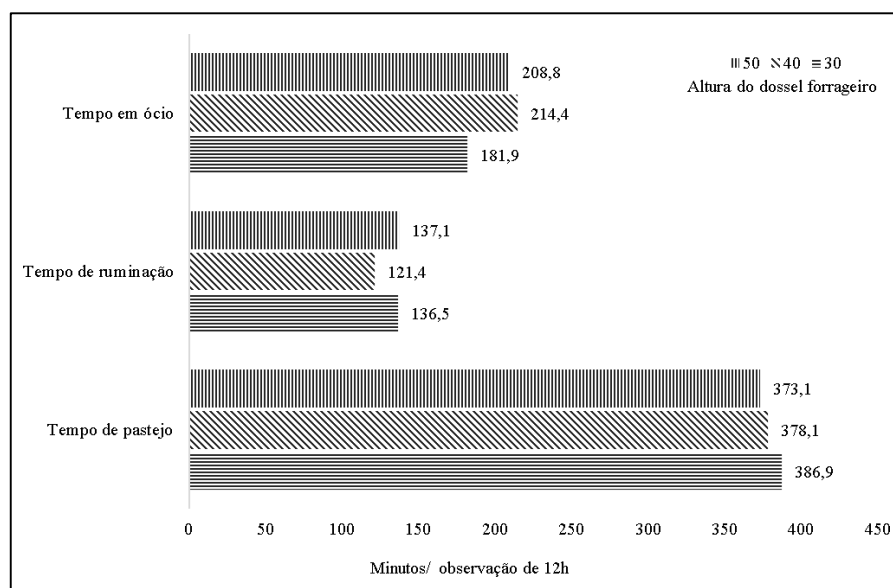
González et al. (2012) reportaram que a saliva pode contribuir com até 30% para a manutenção do pH ruminal, as demais vias que ajudam a controlar o balanço ácido-base do fluido ruminal são absorção (50%) e o escape do rúmen (15%). Assim, denota-se a importância da FDN em garantir a homeostase do ambiente ruminal, uma vez que a sua presença na dieta garante estímulos à ruminação, além de que o seu perfil de desaparecimento no ambiente ruminal é menor quando comparado aos CNF, o que elimina os riscos de acúmulos de AGCC no meio.

2. IMPACTOS DA ADIÇÃO DE GRÃOS NA DIETA DE RUMINANTES

2.1 COMPORTAMENTO INGESTIVO DE RUMINANTES: SISTEMA DE PRODUÇÃO A PASTO VS. CONFINAMENTO

Ruminantes em condições de pastejo geralmente destinam maior parte do tempo à procura e consumo do alimento (Figura 2). Melo et al. (2016) reportaram o comportamento ingestivo de bovinos (em 12 horas de observação) em pastagens de capim-piatã alocados em diferentes alturas de dossel forrageiro, com valores percentuais médios de 53,23; 18,48 e 28,29% para o tempo de pastejo, ruminação e ócio, respectivamente.

Figura 2 - Comportamento ingestivo de bovinos em diferentes alturas de dossel forrageiro de pastos de Piatã.



Fonte: Adaptado de Melo et al. (2016).

Em literatura é reportado valores médios de 6-9h de pastejo, 8-12h de ruminação e 5-10h de ócio. No entanto, uma série de fatores podem influenciar o tempo do comportamento ingestivo dos animais, tais como: massa de forragem disponível (Poppi, 1983; Pattray et al., 1987), estrutura do dossel forrageiro (Hodgson, 1985), espécie forrageira (Graselli, 2002), época do ano, categoria e raça dos animais (Guimarães et al., 2020). Diante disso, torna-se evidente que o manejo da forragem impacta diretamente o desempenho animal, pois alterações na estrutura do dossel forrageiro pode influenciar o consumo de forragem.

As alterações no comportamento ingestivo podem impactar diretamente no desempenho dos animais. As variáveis supracitadas impactam em maior tempo de pastejo pelos animais, os quais tendem a destinarem uma proporção maior da energia líquida para a manutenção (Dimarco e Aello, 2001; Moraes et al., 2009).

A fim de mostrar as alterações sofridas no comportamento ingestivo de bovinos, Souza et al. (2019) avaliam essa variável ao longo de um período de 24 horas em novilhos cruzados mantidos sob pastejo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e em sistema de confinamento. Os autores observaram mudanças expressivas no comportamento ingestivo, com reduções no tempo destinado à alimentação (pastejo no sistema a pasto e consumo de ração no sistema de confinamento) e à ruminação, com valores de 602,5 vs. 230,5 e 462,4 vs. 260,7 minutos, respectivamente.

Essas alterações se devem em função da inclusão grãos de cereais nas dietas dos ruminantes (milho, sorgo, cevada, aveia e trigo, os quais apresentam elevado teor energético e baixo teor de FDN (CQBAL 4.0)), com o intuito de potencializar os índices zootécnicos de carne.

Assim, ruminantes alimentados com dietas com alta inclusão de volumoso dedicam maior proporção do tempo ao consumo e à ruminação quando comparado àqueles em confinamento, em que há maior participação de grãos de cereais.

Essa condição pode ser observada no estudo de Burger et al. (2000), que avaliaram o comportamento ingestivo de bezerros da raça Holandesa submetidos a dietas com diferentes proporções de concentrado (Tabela 1). Os autores relataram redução linear no tempo destinado à alimentação (-0,0509 h) e à ruminação (-0,0479 h), concomitante ao aumento linear no tempo de ócio (+0,0938 h) para cada ponto percentual de incremento de concentrado na dieta.

Tabela 1 - Comportamento ingestivo de bezerros holandeses consumindo dietas com diferentes proporções de concentrado

Variáveis (h/dia)	Níveis de concentrado, % da MS					Valor de p
	30	45	60	75	90	
Tempo desprendido na alimentação ¹	4,92	3,96	3,29	2,31	1,92	<0,01
Tempo desprendido na ruminação ²	7,52	7,54	6,83	6,94	4,23	<0,01
Tempo desprendido no ócio ³	10,92	11,69	13,25	14,02	16,79	<0,01
Outras ⁴	0,64	0,81	0,63	0,73	1,06	>0,05

¹ $\hat{y}=6,3380 - 0,05099x$; $R^2= 0,99$; ² $\hat{y}= 9,4875 - 0,04792x$; $R^2 = 0,69$; ³ $\hat{y}= 7,70 + 0,09389x$; $R^2= 0,94$; ⁴ $\hat{y}= 0,77$.

Fonte: Adaptado de Burger et al. (2000).

O efeito sobre a redução no período de ruminação decorre do fato de que em dietas de alto concentrado, além de apresentarem baixo teor de FDN, ainda possuem baixa efetividade física (tamanho de partícula) para estimular as contrações ruminais, ambos fatores fundamentais para a ocorrência do processo de ruminação e conseqüentemente o tamponamento ruminal (Zebeli et al., 2012). Ainda, observa-se que, com o aumento da participação de grãos nas dietas de ruminantes, há incremento no tempo de ócio dos animais (Burger et al., 2000). Isso ocorre porque dietas de auto concentrado reduzem tanto o tempo de consumo quanto o de ruminação, em função do baixo teor de fibra presente nesses alimentos.

Isso se deve ao perfil contrastante de carboidratos presentes em forragens e grãos. De modo geral, as forragens apresentam baixos teores de CNF e altas concentrações de CF, como observado em gramíneas do gênero *Brachiaria*, que contém em média 15,55% de CNF e 68,55% de CF (Lopes et al., 2010). Em contrapartida, os grãos de cereais apresentam composição oposta, com alto teores de CNF e baixos de CF: 72,88% e 13,42% no fubá de milho; 50,70% e 27,69% no grão de aveia; 73,44% e 14,01% no grão de sorgo (CQBAL 4.0).

Essa diferença na composição química, somada aos menores valores de fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) presente nos grãos, é determinante para a alteração dos padrões de comportamento ingestivo. Quando associada a altas inclusões de concentrado e a falhas no manejo alimentar, essa condição pode predispor os ruminantes a diferentes distúrbios (Jaramillo-López et al., 2017).

Esse efeito está relacionado à redução do período de ruminação, que acarreta menor produção de saliva. A saliva desempenha papel de extrema importância para o tamponamento dos ácidos orgânicos produzidos pela fermentação microbiana no rúmen (Van Soest, 1994). Além disso, a elevada taxa no qual esses AGCC são produzidos, pode superar a capacidade de absorção do epitélio ruminal ou o fluxo desses compostos para os demais compartimentos do TGI. Nessa condição, ocorre acúmulo de AGCC no ambiente ruminal e queda do pH (Nagaraja e Lechtenberg, 2007). Sem intervenção adequada por meio de práticas de manejo ou alteração na dieta, seja por alterar o processamento ou a inclusão de concentrado, os animais podem evoluir para quadros de acidose ruminal e suas complicações associadas.

2.2. EFEITOS DO INCREMENTO DE CONCENTRADO EM DIETAS SOBRE DESEMPENHO, EFICIÊNCIA E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES

No geral, os níveis máximos de concentrado adicionados às dietas de bovinos de corte e leite se diferem, uma vez que as vacas leiteiras têm um consumo de matéria seca (CMS) mais elevado quando comparado aos bovinos de corte. Essa discrepância no CMS pode ser observada no estudo meta-analítico de Arelovich et al. (2008), no qual as vacas leiteiras apresentaram um CMS de 0,65X maior que o gado de corte (3,4 vs. 2,06% PC, valores obtidos com valores médios de FDN de 32,7 e 16%, respectivamente).

Adicionalmente, tem-se uma maior preocupação acerca do gado leiteiro por esses animais permanecem por mais tempo no sistema de produção (de 4 a 6 lactações) comparado ao gado em confinamento, com duração variando de 90 a 120 dias. Além de

que a transição do período seco para a lactação das vacas de leite é marcada por uma alteração na dieta, com visível aumento na ingestão de carboidratos de rápida fermentação, para manter altos níveis de produção (Castillo-Lopes et al., 2025). Preocupações acerca desse período e manter níveis adequados de FDN se tornam necessários para evitar distúrbios.

Uma vez que a prevalência da acidose ruminal subaguda é incrementada com a ingestão de matéria seca e com maior proporção de grãos de cereais, adicionalmente, a produção de leite e a gordura do leite usualmente é menor em vacas com esse distúrbio (Krause e Oetzel, 2006). Nesse sentido, a indústria leiteira tem grandes prejuízos pela ocorrência desse distúrbio, como mencionado por Donovan (1997), que reportou um custo variando de US\$ 500 milhões a US\$ 1 bilhão nas indústrias dos Estados Unidos da América.

Nesse contexto, as dietas formuladas para vacas leiteiras precisam de mais fibra, como observado na compilação de estudos de Arelovich et al. (2008), os quais observaram valores médios de 32,7 e 16% de FDN para vacas leiteiras de alta produção e bovinos de corte confinados, respectivamente. Esses autores reportaram valores extremos de FDN de 22,5 e 45,8% para o gado de leite e 7,5 e 35,3% para o gado de corte.

Os efeitos da inclusão de concentrado em dietas de vacas Angus sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes foram reportados por Chen et al. (2021). Esses autores relataram um aumento no CMS, acompanhado com incrementos na taxa de ganho. A digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e da proteína bruta (PB) também foi aumentada com o aumento da participação de concentrado na dieta. Em contrapartida, a digestibilidade da FDN apresentou redução (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeitos de diferentes inclusões de concentrado em dietas de vacas Angus

Variáveis	Dietas			Valor de p
	DBC	DMC	DAC	
CMS, kg/d	8,36 ± 0,26c	9,51 ± 0,22b	10,59 ± 0,31a	0,039
Ganho médio diário, kg/d	0,74 ± 0,092b	1,03 ± 0,017a	1,12 ± 0,075a	0,018
Digestibilidade dos nutrientes, % da matéria seca				
Matéria seca	62,5 ± 2,86c	68,3 ± 1,61b	73,0 ± 3,74a	0,015
Matéria orgânica	59,1 ± 3,81b	63,4 ± 2,93ab	67,3 ± 4,76a	< 0,001
Proteína bruta	53,5 ± 1,09c	57,3 ± 0,86ac	62,7 ± 1,17a	< 0,001
Extrato etéreo	59,0 ± 3,72	57,2 ± 2,33	61,0 ± 3,82	0,426
FDN	66,9 ± 2,07a	63,1 ± 3,53a	58,5 ± 1,66b	0,036

DBC= dieta de baixa inclusão de concentrado (relação volumoso: concentrado de 65:35); DMC= dieta de média inclusão de concentrado (relação volumoso: concentrado de 50:50); DAC= dieta de alta inclusão de concentrado (relação volumoso: concentrado de 35:65); CMS= consumo de matéria seca; FDN= fibra insolúvel em detergente neutro.

Letras diferentes na linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Chen et al. (2021).

O efeito observado de redução no CMS em dietas de alta inclusão de forragem está associado ao mecanismo conhecido como limitação física ou repleção (Mertens, 1994; Van Soest, 1994). Nesse contexto, a fibra exerce o seu papel de ocupar espaço no TGI, por ser uma fração do alimento de lenta e incompleta digestão. Como consequência, o alimento precisa ser regurgitado várias vezes durante a ruminação até atingir tamanho de partícula adequado (2-4 mm) para escapar do ambiente ruminal pelo orifício retículo-omasal.

A taxa de degradação da FDN é estimada em aproximadamente $0,05 \text{ h}^{-1}$, enquanto a do amido, principal constituinte dos CNF, alcança cerca de $0,2 \text{ h}^{-1}$ (Sniffen et al., 1992). Em termos práticos, isso significa que, a cada hora, de 1 kg de FDN ingerido são degradados cerca de 50 g, ao passo que, do mesmo 1 kg de amido consumido, aproximadamente 200 g são degradados. Assim, o desaparecimento ruminal da FDN é menor quando comparado ao amido.

As forragens são compostas majoritariamente por FDN, sendo está de alto tempo de retenção ruminal, no qual o seu desaparecimento está associado apenas à degradação pelos microrganismos e à saída do ambiente ruminal, mediante ao tamanho de partícula adequado, que é reduzido na cavidade oral. Dessa forma, Van Soest (1994) destacou que os ruminantes raramente conseguem ingerir energia suficiente para expressar o seu máximo potencial produtivo quando alimentados exclusivamente com volumosos.

Com o aumento da inclusão de grãos na dieta, o efeito de repleção se torna menos expressivo e a regulação de consumo passa a ser regulada principalmente por mecanismos de saciedade, caracterizados com limitação química (Cabral et al., 2006), em função do maior aporte energético.

Van Soest (1994) descreveu que a limitação química está relacionada às taxas de absorção dos AGCC, sendo o acetato e o propionato os principais responsáveis por restringir o consumo. Segundo o mesmo autor, o aumento da concentração plasmática desses ácidos estimula a liberação de hormônios peptídeos, como a colecistocina, cuja ação está associada à sinalização de saciedade e consequente cessação da ingestão alimentar.

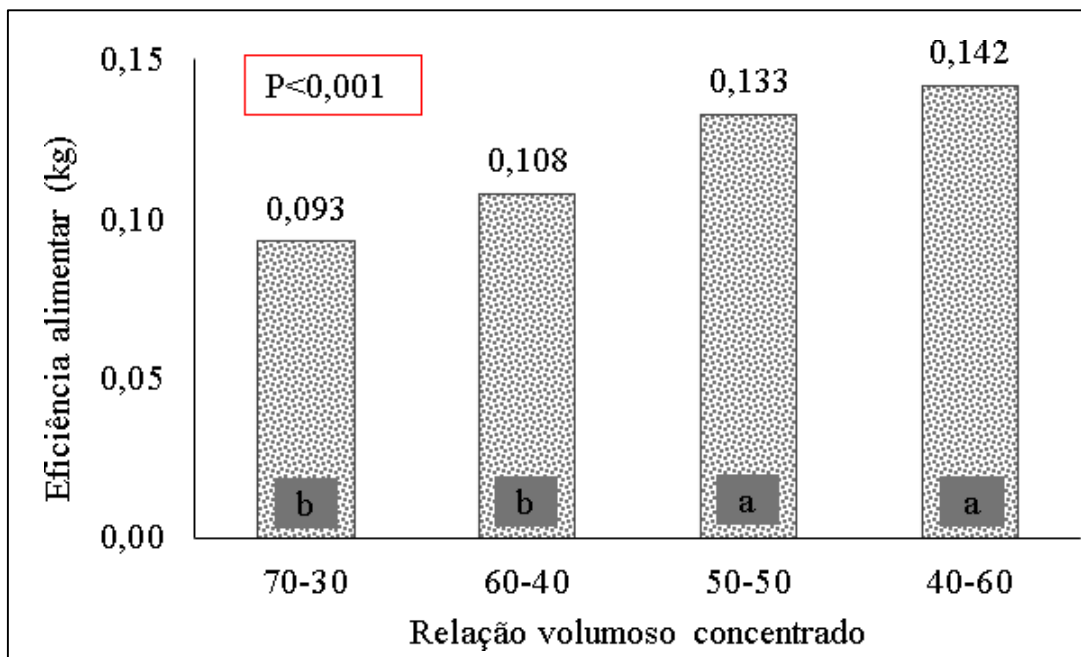
A maior digestibilidade da MS, MO, PB em dietas de alta inclusão de grãos está associada ao fato de que essas frações não estão complexadas à lignina, composto indigestível em condições anaeróbicas. Quando associadas a lignina, as macromoléculas apresentam digestão limitada e de difícil acesso microbiano (Menezes et al., 2021). No caso da PB, sua maior disponibilidade também decorre da menor proporção de nitrogênio complexado à PCV, particularmente do nitrogênio insolúvel em detergente neutro, o que aumenta a sua disponibilidade no rúmen.

A redução da digestibilidade da FDN em dietas com alta inclusão de concentrado tem sido consistentemente relatada ao longo das últimas décadas. Esse efeito está associado, em parte, à queda do pH ruminal decorrente do aumento da proporção de grãos, a qual compromete a viabilidade e a atividade dos microrganismos responsáveis pela degradação da PCV (Nagaraja e Titgemeyer, 2007).

A literatura tem reportado que o incremento da proporção de grãos na dieta de ruminantes está associado a melhorias na eficiência alimentar (EA). Esse efeito foi demonstrado no estudo de Chen et al. (2015), no qual iaques foram alimentados com dietas contendo diferentes proporções volumoso: concentrado (Figura 3). Os autores observaram menores valores médios de EA nas dietas com maiores proporções de volumoso (70:30 e 60:40), em comparação às formulações com maior inclusão de concentrado (50:50 e 40:60).

O aumento da EA em dietas com menor inclusão de volumoso está relacionado principalmente a dois fatores: a digestibilidade dos nutrientes e o conteúdo energético da dieta. A métrica de EA, definida pela razão entre o ganho de peso total e o consumo total de matéria seca (Jiang et al. 2022), reflete a eficiência com que os nutrientes ingeridos são convertidos em ganho corporal. Dessa forma, incrementos na digestibilidade aumentam a disponibilidade de nutrientes para deposição de tecidos. Concomitantemente, dietas com alta inclusão de grãos reduzem as perdas energéticas decorrentes da produção de metano entérico (Jião et al., 2014), resultando em maior oferta de energia líquida para ganho e, conseqüentemente, reflete em maior EA dos ruminantes.

Figura 3 - Efeito de diferentes proporções de volumoso: concentrado em dietas de iaques sobre a eficiência alimentar.



Fonte: Adaptado de Chen et al. (2015).

2.3. EFEITOS DA INCLUSÃO DE GRÃOS DE CEREAIS EM DIETAS DE RUMINANTES SOBRE PARÂMETROS RUMINAIS E MICROBIOMA RUMINAL

Li et al. (2020) reportaram redução no pH do líquido ruminal em animais alimentados com dietas de alta inclusão de concentrado (6,64 vs. 6,24), Tabela 3. No entanto, mais importante do que a média das mensurações é tempo no qual o pH permanece abaixo de determinados limiares sugeridos em literatura para caracterizar quadros de acidose ruminal subaguda: valores inferiores a 5,8 por pelo menos 5,2h (Zebeli et al., 2008) ou inferiores a 5,6 por 3h (Plaizier et al., 2008). Nesse sentido, os autores identificaram diferença significativa entre as dietas, com vacas recebendo alta inclusão de concentrado permanecendo, em média, 4,47 h com pH abaixo de 5,8, contra 0,5 h nas dietas de baixa inclusão.

Essa análise é relevante porque, no período imediatamente posterior ao consumo, sendo mais rápido em dietas com alta quantidade de CNF em detrimento aos CF, é esperado que o pH ruminal apresente queda em decorrência da degradação da MO no rúmen (Church, 1988). Após essa fase de fermentação mais intensa, os valores de pH tendem a se elevar novamente em função da absorção dos AGCC pelo epitélio ruminal, do fluxo para os compartimentos posteriores e da ação dos mecanismos de

tamponamento. Assim, o uso da média do pH pode não refletir adequadamente se os animais estão passando ou não por algum distúrbio.

Tabela 3 - Variáveis de fermentação ruminal de vacas leiteiras alimentadas com dietas de diferentes relações volumoso: concentrado

Variáveis	Inclusão de concentrado		SE	Valor de P
	Baixa	Alta		
pH				
média	6,64	6,24	0,08	<0,01
Mínimo	5,90	5,53	0,17	<0,01
Máximo	6,79	6,54	0,08	<0,01
pH <5,8 (h/d)	0,50	4,47	1,54	<0,01
pH <5,5 (h/d)	0,06	0,35	0,14	0,06
AGCC total (mmol)	118,00	137,30	7,70	<0,01
Proporção de AGCC				
Acetato	64,80	59,00	1,92	<0,01
Propionato	19,10	24,50	2,06	<0,01
Butirato	11,40	12,60	0,71	<0,01
AGCR	2,90	2,05	0,18	<0,01
Relação acetato: propionato	3,43	2,57	0,34	<0,01

Baixa inclusão de concentrado de relação volumoso: concentrado de 60:40; Alta inclusão de concentrado de relação volumoso: concentrado 35:65; AGCC= ácido graxo de cadeia curta; AGCR= ácido graxo de cadeia ramificada; SE= erro padrão.

Fonte: Adaptado de Li et al. (2020).

Nutricionistas ao redor do mundo fazem uso de estratégias de manejo de alimentação (Pritchard e Bruns, 2003; Schwartzkopf-Genswein et al., 2003), utilização de aditivos alimentares (Ribeiro et al., 2025), cuidados com o tamanho de partículas dos grãos (Kim et al., 2017), bem como com o teor de FDN fisicamente efetiva da dieta (Allen, 1997) e de amido (Chen et al., 2016; Neubauer et al., 2020), o comportamento animal (Moya et al., 2011), dentre outros fatores que impactam diretamente ou indiretamente em eventos de distúrbios em animais confinados, tendo em vistas a reduzi-los. Haja vista que pode haver redução de consumo e digestibilidade de nutrientes, os quais impactam diretamente no desempenho animal, alongando o número de dias confinados ou peso de carcaça ao abate mais leve, sendo que estes atuam diretamente na rentabilidade do sistema de produção.

Adicionalmente, Li et al. (2020) reportaram alterações na produção e proporção molar dos AGCC do líquido ruminal (Tabela 3). O aumento da inclusão de grãos nas

dietas das vacas leiteira incrementou a concentração de AGCC (118 vs. 137,3 mmol para dietas de baixa e alta inclusão, respectivamente) e a proporção de propionato (19,1 vs. 24,5%), ao passo em que dietas de baixa inclusão apresentou maior proporção de acetato (64,8 vs. 59%) e ácido graxo de cadeia ramificada (2,9 vs. 2,05%). Assim, a alteração da proporção de acetato e propionato nos dois tipos de dieta, levou a uma redução na relação acetato: propionato (3,43 vs. 2,57 para dieta de alta e baixa inclusão, respectivamente).

Os nutricionistas ao redor do mundo buscam reduzir essa relação; uma vez que a produção de acetato está associada a maiores perdas de energia bruta da dieta por meio da produção de metano (Jiã et al., 2014). Ao passo em que um mol de piruvato (intermediário comum a produção de todos os AGCC durante o processo de fermentação) é convertido em um mol de acetato, há produção de um mol de CO₂, bem como a produção de 4 mols de hidrogênio, sendo estes combustíveis para as *Archaeas* metanogênicas produzirem o metano, ao passo que a produção de um mol de propionato no ambiente ruminal, além de não perder carbono, retira 2 mols de hidrogênio do meio (Kozloski, 2019).

Além disso, o propionato é um AGCC essencial ao animal hospedeiro, uma vez que ele é precursor de glicose, pela via da gliconeogênese no fígado (Van Soest, 1994). Toda glicose sintetizada pelo animal é preciosa, já que o processo de fermentação que precede a digestão e absorção de carboidratos nos intestinos retira grande parte da glicose que poderia estar disponível ao animal.

A inclusão excessiva de grãos de cereais em dietas de ruminantes impacta a riqueza e diversidade do microbioma ruminal, reduzindo diretamente a abundância do filo *Bacteroidetes* e incrementos no filo *Firmicutes* (Mao et al., 2013; Petri et al., 2013). Estudos têm associado a melhoria da EA em ambientes ruminais com menor riqueza microbiana, uma vez que essa variável demonstra o número de espécie de microrganismos. Uma riqueza microbiana menor produz uma variedade menor de metabólicos, no entanto, são metabólicos de alto interesse ao animal ruminante (Shabat et al., 2016).

Em contraste, McGovern et al. (2020) avaliando o consumo alimentar residual (métrica de eficiência alimentar) de duas raças de bovinos (Holsteins e Charolês) e não encontraram associação significativa entre a EA e quaisquer variáveis de riqueza e diversidade microbiana. Assim, mais estudos são necessários para elucidar essa associação.

Achados comuns em trabalhos de ampliação do gene 16S por meio da PCR (reação em cadeia da polimerase) do microbioma ruminal de bovinos alimentados em dieta de alto concentrado são a redução das espécies de microrganismos fibrolíticos (Tabela 4).

Granja-Salcedo et al. (2015) ao aumentarem a inclusão de concentrado na dieta de bovinos, reportaram uma redução significativa na população de *Ruminococcus flavefaciens* (redução de 88,81%) e de *Ruminococcus albus* (redução de 91,98%), sem alterações na população de *Fibrobacter succinogenes*, sendo essas espécies as três principais bactérias fibrolíticas isoladas do ambiente ruminal.

Tabela 4 - Efeito da inclusão de concentrado em dietas de novilho Nelore sobre a população microbiana.

Itens	Inclusão de concentrado (%MS)		SEM	Valor de p
	30	80		
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	0,008	0,007	0,002	0,545
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	0,134a	0,015b	0,057	0,049
<i>Ruminococcus albus</i>	0,561a	0,045b	0,192	0,028
<i>Selenomonas ruminantium</i>	0,030b	0,079a	0,037	0,025
<i>Streptococcus bovis</i>	0,001	0,003	0,001	0,066

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Granja-Salcedo et al. (2015).

A queda de pH abaixo de 6 é reportado como o principal fator para a redução da população fibrolítica (Russell e Dombrowski, 1980; Miyazaki et al., 1992), como observado para *R. flavefaciens* e *R. Albus*. Os autores mencionaram que embora a *F. succinogenes* também seja susceptível a queda de pH ruminal, a mesma não alterou sua população em função da inclusão de concentrado na dieta, talvez a diferença na membrana celular (gram-negativa) quando comparada às do gênero *Ruminococcus* possa explicar parte dessa resposta.

Adicionalmente, Granja-Salcedo et al., (2015) também reportaram aumentos significativos da população de *Streptococcus bovis* (aumento de 300%). Pesquisadores e nutricionistas frequentemente destacam a *S. bovis* como a bactéria deflagradora da acidose ruminal, uma vez que essa bactéria em condições de excesso de metabólicos disponíveis no meio (glicose e piruvato) e pH baixo altera a sua rota metabólica que normalmente produz acetato, formato e etanol para produção de lactato (Russell e Hino, 1985; Finlayson, 1986).

Essa condição intensificada se dá em função de realizar a oxidação de co-fatores reduzidos para dar seguimento ao processo de geração de energia. No entanto, Owens et al. (1998) reportaram um contraponto de que talvez outras bactérias que estão envolvidas diretamente na digestão de amido possam ser fontes mais importantes de lactato, uma vez que a sua concentração no ambiente ruminal é normalmente baixa.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A homeostase ruminal tende a ser mantida quando animais ruminantes estão em pastejo ou recebem dietas com alta inclusão de volumosos, condição favorecida pela composição química e pelo efeito físico desses alimentos, que estimulam a ruminação, a salivação e motilidade do rúmen.

Ao passo em que são alimentados com alta inclusão de grãos de cereais, observaram-se incrementos no desempenho e na eficiência alimentar. Entretanto, a menor granulometria de partículas e a composição química desses ingredientes acarretam alterações no comportamento ingestivo, acompanhadas por modificações nos parâmetros ruminais e na estrutura do microbioma. Essas mudanças podem resultar em desafios importantes, tais como o risco de acidose ruminal.

Em suma, a nutrição de ruminantes é complexa e exige equilíbrio entre ganhos produtivos e manutenção da saúde ruminal. À medida que se aumenta a participação de grãos nas dietas, tornam-se essenciais o cuidado com o manejo, dieta e animal tendo em vistas a conciliar a eficiência alimentar, saúde animal e sustentabilidade do sistema de produção.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447-1462, 1997. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0
- ARELOVICH, H. M.; ABNEY, C. S.; VIZCARRA, J. A.; GALYEAN, M. L. Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle: analysis of published data. **The Professional Animal Scientist**, v. 24, p. 375-383, 2008. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30882-2
- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, 1997. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(97)76071-5
- BAILEY, C. B.; BALCH, C. C. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. III. The rate of secretion of mixed saliva in the cow during eating, with an estimate of the magnitude of the total daily secretion of mixed saliva. **British Journal of Nutrition**, v. 15, p. 383-402, 1961. DOI: 10.1079/bjn19610053
- BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; CASALI, A. D. P. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000. DOI: 10.1590/S1516-35982000000100031
- CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; MALAFAIA, P. A. M.; ZERVOUDAKIS, J. T.; SOUZA, A. L.; VELOSO, R. G.; NUNES, P. M. M. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2406-2412, 2006. DOI: 10.1590/S1516-35982006000800029
- CANNON, W. B. Organization for physiological homeostasis. **Physiological Reviews**, v. 9, n. 3, p. 399-403, 1929.
- CASTILLO-LOPEZ, E.; HARTINGER, T.; RICCI, S.; XU, K.; SCHWARTZ-ZIMMERMANN, H. E.; BERTHILLER, F.; REISINGER, N.; ZEBELI, Q. Association between the severity of subacute ruminal acidosis and the microbiome of the rumen, and the metabolome of the rumen, blood, and milk in primiparous cows. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 11, p. 12298-12313, 2025. DOI: 10.3168/jds.2025-27008
- CHEN, G. J.; SONG, S. D.; WANG, B. X.; ZHANG, Z. F.; PENG, Z. L.; GUO, C. H.; ZHONG, J. C.; WANG, Y. Effects of forage:concentrate ratio on growth performance, ruminal fermentation and blood metabolites in housing-feeding yaks. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 12, p. 1736-1741, 2015. DOI: 10.5713/ajas.15.0419

CHEN, H.; WANG, C.; HUASAI, S.; CHEN, A. Effects of dietary forage to concentrate ratio on nutrient digestibility, ruminal fermentation and rumen bacterial composition in Angus cows. **Scientific Reports**, v. 11, p. 17023, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-96580-5

CHEN, L.; LIU, S.; WANG, H.; [et al.]. Relative significances of pH and substrate starch level to roles of *Streptococcus bovis* S1 in rumen acidosis. **AMB Express**, v. 6, p. 80, 2016. DOI: 10.1186/s13568-016-0248-2

CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Englewood Cliffs. 1998. 564 p.

CLAUSS, M.; HUME, I. D.; HUMMEL, J. Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 979-992, 2010. DOI: 10.1017/S1751731110000388

CQBAL 4.0 – **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes**. Acesso em: jul. de 2025. Disponível em: <[https://www.cqbal.com.br/#!/>](https://www.cqbal.com.br/#!/).

DiMARCO, O. N.; AELLO, M. S. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 1, p. 100-105, 2001. DOI: 10.1590/S0102-09352001000100017

DONOVAN, J. 1997. Subacute acidosis is costing us millions. *Hoard's Dairyman* 142, 666.

FINLAYSON, H. J. The effect of pH on the growth and metabolism of *Streptococcus bovis* in continuous culture. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 61, p. 95-102, 1986.

GONZÁLEZ, L. A.; MANTECA, X.; CALSAMIGLIA, S.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; FERRET, A. Ruminal acidosis in feedlot cattle: interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, n. 1-2, p. 66-79, 2012. DOI: 10.1016/j.anifeeds.2011.12.009

GRANJA-SALCEDO, Y. T.; RIBEIRO JÚNIOR, C. S.; DE JESUS, R. B.; GOMEZ-INSUASTI, A. S.; RIVERA, A. R.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T. T. Effect of different levels of concentrate on ruminal microorganisms and rumen fermentation in Nellore steers. **Archives of Animal Nutrition**, v. 70, n. 1, p. 17-32, 2016. DOI: 10.1080/1745039X.2015.1117562

GRASELLI, L. C. P. **Características estruturais e morfogenéticas e acúmulo de forragem em relvado de *Brachiaria decumbens* sob pastejo, a diferentes alturas**. 2002. 50f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

GUIMARÃES, Y. L. F.; DEBORTOLI, E. C.; SANTOS, J.; GOPINGER, E. Ingestive behavior of cattle in different production system – a systematic review of scientific studies. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e4859108705, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8705

HODGSON, J. The control of herbage intake in the grazing ruminant. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 44, n. 2, p. 339-346, 1985. DOI: 10.1079/pns19850054

HOFMANN, R. R. Anatomy of the gastrointestinal tract. *In*: CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Englewood Cliffs. 1988. p. 14-43.

HUMER, E.; ZEBELI, Q. Grains in ruminant feeding and potentials to enhance their nutritive and health value by chemical processing. **Animal Feed Science and Technology**, v. 226, p. 133-151, 2017. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2017.02.005

HUNGATE, R. E. Micróbios de importância nutricional no trato alimentar. **Anais da Sociedade de Nutrição**, v. 43, n.1, 1984 DOI: 10.1079/PNS19840021

JARAMILLO-LÓPEZ, E.; ITZA-ORTIZ, M. F.; PERAZA-MERCADO, G.; CARRERA-CHÁVEZ, J. M. Ruminal acidosis: strategies for its control. **Austral Journal of Veterinary Sciences**, v. 49, p. 139-148, 2017. DOI: 10.4067/S0719-81322017000300139

JIANG, Y.; DAI, P.; DAI, Q.; MA, J.; WANG, Z.; HU, R.; ZOU, H.; PENG, Q.; WANG, L.; XUE, B. Effects of the higher concentrate ratio on the production performance, ruminal fermentation, and morphological structure in male cattle-yaks. **Veterinary Medicine and Science**, v. 8, p. 771-780, 2022. DOI: 10.1002/vms3.678

JIAO, H. P.; DALE, A. J.; CARSON, A. F.; MURRAY, S.; GORDON, A. W.; FERRIS, C. Effect of concentrate feed level on methane emissions from grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 7043-7053, 2014. DOI: 10.3168/jds.2014-7979

KIM, D. H.; CHOI, S. H.; PARK, S. K.; LEE, S. S.; CHOI, C. W. Effect of corn grain particle size on ruminal fermentation and blood metabolites of Holstein steers fed total mixed ration. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 80-85, 2018. DOI: 10.5713/ajas.17.0069

KLEVENHUSEN, F.; ZEBELI, Q. A review on the potentials of using feeds rich in water-soluble carbohydrates to enhance rumen health and sustainability of dairy cattle production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 14, p. 5737-5746, 2021. DOI: 10.1002/jsfa.11358

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3th ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2019. 216 p.

KRAUSE, K. M.; OETZEL, G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, n. 3-4, p. 215-236, 2006. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004

LI, C.; BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Feeding diets varying in forage proportion and particle length to lactating dairy cows: I. Effects on ruminal pH and fermentation, microbial protein synthesis, digestibility, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 4340-4354, 2020. DOI: 10.3168/jds.2019-17606

LIU, K.; ZHANG, Y.; YU, Z.; XU, Q.; ZHENG, N.; ZHAO, S.; HUANG, G.; WANG, J. Ruminal microbiota–host interaction and its effect on nutrient metabolism. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 49-55, 2021. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.12.001

LOPES, F. C. F.; PACIULLO, D. S. C.; MOTA, E. F.; PEREIRA, J. C.; AZAMBUJA, A. A.; MOTTA, A. C. S.; RODRIGUES, G. S.; DUQUE, A. C. A. Composição química e digestibilidade ruminal in situ da forragem de quatro espécies do gênero *Brachiaria*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 883-888, 2010. DOI: 10.1590/S0102-09352010000400018

MAO, J.; WANG, L. Rumen acidosis in ruminants: a review of the effects of high-concentrate diets and the potential modulatory role of rumen foam. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 12, p. 1595615, 2025. DOI: 10.3389/fvets.2025.1595615

MAO, S. Y.; ZHANG, R. Y.; WANG, D. S.; ZHU, W. Y. Impact of subacute ruminal acidosis (SARA) adaptation on rumen microbiota in dairy cattle using pyrosequencing. **Anaerobe**, v. 24, p. 12-19, 2013. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2013.08.003

MCDOUGALL, E. I. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **The Biochemical Journal**, v. 43, p. 99–109, 1948. DOI: 10.1042/bj0430099

MCGOVERN, E.; MCGEE, M.; BYRNE, C. J.; KENNY, D. A.; KELLY, A. K.; WATERS, S. M. Investigation into the effect of divergent feed efficiency phenotype on the bovine rumen microbiota across diet and breed. **Scientific Reports**, v. 10, p. 15317, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-71458-0

MELO, J. C.; ALEXANDRINO, E.; PAULA NETO, J. J.; REZENDE, J. M.; SILVA, A. A. M.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA, A. K. R. Comportamento ingestivo de bovinos em capim-piatã sob lotação intermitente em resposta a distintas alturas de entrada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 385-400, 2016. DOI: 10.1590/S1519-99402016000300006

MENEZES, R. A.; GONÇALVES, L. C.; PIRES, F. P. A. A.; MENEZES, G. L.; OLIVEIRA, A. F. Lignina: caracterização, efeito e manipulação na nutrição de ruminantes. **Nutri Time**, v. 18, n. 4, p. 8961-8970, 2021.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FORAGE QUALITY, EVALUATION, AND UTILIZATION, 1994, Wisconsin. **Proceedings** Wisconsin: 1994. p.450-493. DOI: 10.2134/1994.foragequality.c11

MIYAZAKI, K.; HINO, T.; ITABASHI, H. Effects of extracellular pH on the intracellular pH and membrane potential of cellulolytic ruminal bacteria, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, and *Fibrobacter succinogenes*. **Journal of General and Applied Microbiology**, v. 38, n. 6, p. 567-573, 1992. DOI: 10.2323/jgam.38.567

MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, M. F.; MORAES, K. A. K.; FIGUEIREDO, D. M.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; COUTO, V. R. M. Exigências de energia de bovinos de corte em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 933-940, 2009. DOI: 10.1590/S1516-35982009000500021

MOYA, D.; MAZZENGA, A.; HOLTSHAUSEN, L.; COZZI, G.; GONZÁLEZ, L. A.; CALSAMIGLIA, S.; GIBB, D. G.; MCALLISTER, T. A.; BEAUCHEMIN, K. A.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. Feeding behavior and ruminal acidosis in beef cattle offered a total mixed ration or dietary components separately. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 2, p. 520-530, 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3045

NAGARAJA, T. G.; LECHTENBERG, K. F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, n. 2, p. 333-350, 2007. DOI: 10.1016/j.cvfa.2007.04.002

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. E. Suppl., p. E17-E38, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-478

NEUBAUER, V.; PETRI, R. M.; HUMER, E.; KRÖGER, I.; REISINGER, N.; BAUMGARTNER, W.; WAGNER, M.; ZEBELI, Q. Starch-rich diet induced rumen acidosis and hindgut dysbiosis in dairy cows of different lactations. **Animals**, v. 10, n. 10, p. 1727, 2020. DOI: 10.3390/ani10101727

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Englewood Cliffs. 1998. p. 145-171.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998. DOI: 10.2527/1998.761275x

PETRI, R. M.; SCHWAIGER, T.; PENNER, G. B.; BEAUCHEMIN, K. A.; FORSTER, R. J.; MCKINNON, J. J.; MCALLISTER, T. A. Characterization of the core rumen microbiome in cattle during transition from forage to concentrate as well as during and

after an acidotic challenge. **PLoS ONE**, v. 8, p. e83424, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0083424

PLAIZIER, J. C.; MULLIGAN, F. J.; NEVILLE, E. W.; GUAN, L. L.; STEELE, M.; PENNER, G. B. Invited review: Effect of subacute ruminal acidosis on gut health of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 9, p. 7141-7160, 2022. DOI: 10.3168/jds.2022-21960

PLAZIER, J. C.; KRAUSE, D. O.; GOZHO, G. N.; MCBRIDE, B. W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. **Veterinary Journal**, v. 176, p. 21-31, 2008. DOI: 10.1016/j.tvjl.2007.12.016

POPPI, D. P. Nutrition of the lamb after weaning. *In*: FAMILTON, A.S. (Ed.). **Lamb growth**. Lincoln College: Farmers Handbook, 1983. p. 29-42

PRITCHARD, R. H.; BRUNS, K. W. Controlling variation in feed intake through bunk management. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14_suppl_2, p. E133-E138, 2003. DOI: 10.2527/2003.8114_suppl_2E133x

RAMOS, S. C.; JEONG, C. D.; MAMUAD, L. L.; KIM, S. H.; KANG, S. H.; KIM, E. T.; CHO, Y. I.; LEE, S. S.; LEE, S. S. Diet transition from high-forage to high-concentrate alters rumen bacterial community composition, epithelial transcriptomes and ruminal fermentation parameters in dairy cows. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 838, 2021. DOI: 10.3390/ani11030838

RATTRAY, P. V.; THOMPSON, K. F.; HAWKER, H. et al. Pastures for sheep production. *In*: NICOL, A. M. (Ed.). **Livestock feeding on pasture**. New Zealand Society of Animal Production, 1987. p. 89-104.

RIBEIRO, R. V.; TORRES, R. N. S.; BALDASSINI, W. A.; CHARDULO, L. A. L.; TEDESCHI, L. O.; MACHADO NETO, O. A meta-analysis of the effects of monensin supplementation on beef cattle performance, digestion and ruminal parameters in three feeding systems. **Animal Feed Science and Technology**, v. 324, p. 116301, 2025. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2025.116301

RUCKEBUSCH, T. Motility of the gastrointestinal tract. *In*: CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Englewood Cliffs. 1998. p. 64-107.

RUSSELL, J. B.; DOMBROWSKI, D. B. Effect of pH on the efficiency of growth by pure cultures of rumen bacteria in continuous culture. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 39, p. 604-610, 1980. DOI: 10.1128/aem.39.3.604-610.1980

RUSSELL, J. B.; HINO, T. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiraling effect that contributes to rumen acidosis. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p. 1712-1721, 1985. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(85)81017-1

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; GIBB, D. J.; CREWS, D. H., JR.; HICKMAN, D. D.; STREETER, M.; MCALLISTER, T. A. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14_suppl_2, p. E149-E158, 2003. DOI: 10.2527/2003.8114_suppl_2E149x

SHABAT, S. K. B.; SASSON, G.; DORON-FAIGENBOIM, A.; DURMAN, T.; YAACOBY, S.; BERG MILLER, M. E.; WHITE, B. A.; SHTERZER, N.; MIZRAHI, I. Specific microbiome-dependent mechanisms underlie the energy harvest efficiency of ruminants. **The ISME Journal**, v. 10, n. 12, p. 2958-2972, 2016. DOI: 10.1038/ismej.2016.62

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992. DOI: 10.2527/1992.70113562x

SOUZA, S. O.; SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, A. P. G.; SILVA, J. W. D.; SANTOS, L. V. Ingestive behaviour of steers grazing *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu and in feedlot in Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 2161-2166, 2019. DOI: 10.1007/s11250-019-01912-3

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. *In*: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Joticabal: FAPESP, 2006, p. 151-179.

VALENTE, B. S. M.; CÂNDIDO, M. J. D.; CUTRIM JUNIOR, J. A. A.; PEREIRA, E. S.; BOMFIM, M. A. D.; FEITOSA, J. V. Composição químico-bromatológica, digestibilidade e degradação in situ da dieta de ovinos em capim-tanzânia sob três frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 113-120, 2010. DOI: 10.1590/S1516-35982010000100015

VAN SOEST, P. J. Nutrition ecology of ruminants. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2

WANG, L.; ZHANG, G.; LI, Y.; ZHANG, Y. Effects of high forage/concentrate diet on volatile fatty acid production and the microorganisms involved in VFA production in cow rumen. **Animals**, v. 10, n. 2, p. 223, 2020. DOI: 10.3390/ani10020223

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: chewing and ruminal pH. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 2826-2838, 2007. DOI: 10.3168/jds.2007-0032

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJAJ, S.; BOGUHN, J.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Invited review: role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 1041-1056, 2012. DOI: 10.3168/jds.2011-4421

ZEBELI, Q.; DIJKSTRA, J.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 2046-2066, 2008. DOI: 10.3168/jds.2007-0572