

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM BOVINOS NELORE
CONFINADOS SUPLEMENTADOS COM SIMBIÓTICO**

GUILHERME DE OLIVEIRA SGOBBI

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM BOVINOS
NELORE CONFINADOS SUPLEMENTADOS COM SIMBIÓTICO**

Guilherme de Oliveira Sgobbi

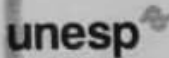
Danilo Domingues Millen

Trabalho de Conclusão de Curso (Iniciação Científica) apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Zootecnia.

Jaboticabal - SP
1/2026

FICHA CATALOGRÁFICA

S523c	Sgobbi, Guilherme de Oliveira CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM BOVINOS NELORE CONFINADOS SUPLEMENTADOS COM SIMBIÓTICO / Guilherme de Oliveira Sgobbi. -- Jaboticabal, 2026 35 p. : tabs. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Danilo Domingues Millen Coorientador: Gercino Ferreira Virgínio Júnior 1. Bovinocultura de Corte. 2. Nutrição de Ruminantes. 3. Aditivos. 4. Simbiótico. I. Título.
-------	---

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Jaboticabal



Guilherme de Oliveira Sgobbi

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES EM BOVINOS NELORE
CONFINADOS SUPLEMENTADOS COM SIMBIÓTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em **Zootecnia**.

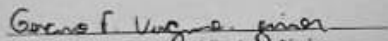
Orientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen

Coorientador (se houver): DR. Gercino Ferreira Virgínio Júnior

Área de Concentração: Nutrição de Ruminantes

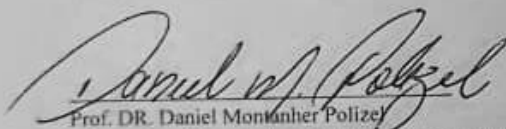
Trabalho aprovado em 27/06/2026

Banca Examinadora:



DR. Gercino Ferreira Virgínio Júnior

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal



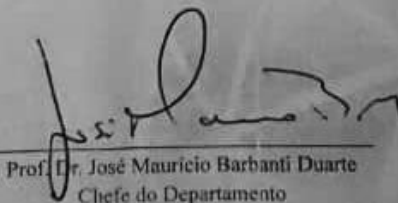
Prof. DR. Daniel Montanher Polize

Unesp - Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira



Ana Laura Januário Lelis

DRA. na Huvepharma



Prof. Dr. José Maurício Barbanti Duarte
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, que me concedeu forças, saúde, foco e tudo aquilo de que precisei ao longo desta caminhada e destes cinco anos de graduação. Somente Ele sabe quantas noites passei em claro, quantas vezes pedi por misericórdia e quantas vezes pensei que as dificuldades jamais teriam fim. No entanto, Deus sabe de todas as coisas, e hoje estou aqui, concluindo mais uma etapa da minha vida. Tudo se resolveu e tudo há de se resolver no tempo certo. Sempre busquei seguir pensando no futuro, no bem e na possibilidade de, por meio desta formação, proporcionar melhorias não apenas para mim, mas também para todos aqueles que estão ao meu redor.

Agradeço também à minha família: ao meu pai, Walter; à minha mãe, Simone; aos meus avós Walter Sgobbi (*in memoriam*) e Martha, Maria José e Aparecido Sacoman; à minha irmã, Graziela e ao meu cunhado Pedro Borges. Todos sempre me apoiaram, acreditaram em mim e me fortaleceram com suas orações, desejando minha saúde, meu bem-estar e minha capacidade de continuar seguindo em frente. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada momento de compreensão foram essenciais para que eu pudesse continuar aprendendo, evoluindo e me preparando para construir um futuro melhor para aqueles que amo.

Ao longo dessa jornada de graduação, tive a oportunidade de conhecer pessoas que contribuíram significativamente para meu crescimento pessoal e profissional. Por isso, deixo um agradecimento especial a alguns amigos que tornaram essa caminhada mais leve, divertida e inesquecível. Meu muito obrigado a Gabriela Leonel, pela parceria de estudos, experimento, horas de laboratório, brigas, cadinhos e coletas; Murilo Barreto, por toda a ajuda no setor e durante a condução dos experimentos; e a Livia Fanelli, Maria Eduarda Deberaldini, Barbara Afonso, Ana Laura Januário Lelis. Vocês foram fundamentais nessa trajetória e ocupam um lugar muito especial em minha vida. Espero que nossa amizade permaneça por muitos anos.

À minha namorada, Kalista Eloisa Loregian, deixo um agradecimento mais do que especial. Obrigado por permanecer ao meu lado em todos os momentos, independentemente das dificuldades, do cansaço ou dos desafios enfrentados ao longo dessa trajetória. Mesmo nos períodos mais difíceis, você nunca soltou minha mão e jamais me abandonou na trincheira da vida. Sua presença, apoio, paciência e companheirismo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Eu te amo. Obrigada por me dar a oportunidade de realizar esse trabalho junto a você e a equipe.

Por fim, agradeço ao coorientador Gercino, por todas as correções e valorosas contribuições ao meu trabalho, ao professor Danilo Millen, ao setor de Bovino de Corte pelas oportunidades, ensinamentos e confiança depositada em mim durante todos esses anos, e ao Laboratório de Nutrição e Metabolismo de Bovinos de Corte, Rumenology Lab. Sou grato por terem me permitido concluir minha graduação e desenvolver este trabalho levando o nome do setor, representando pessoas e histórias tão importantes que passaram e ainda passarão por este caminho. E dentro do Setor não posso deixar de agradecer ao seu Servidone, por toda parceria, ensinamentos e risadas.

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida (Número do processo: 165279/2025-7). Agradeço a empresa EKO *Life Sciences* pelo apoio na condução do experimento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Intensificação na terminação de bovinos de corte confinados	5
2.2. Adaptação ruminal e desafios metabólicos em dietas ricas em amido.....	6
2.3. Aditivos na nutrição de ruminantes	7
2.4. Simbióticos na nutrição de ruminantes.....	9
2.5. Digestibilidade dos nutrientes	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Animais, local do experimento e delineamento experimental.....	13
3.2. Tratamentos e dietas experimentais.....	14
3.3. Protocolo de adaptação	16
3.4. Consumo de matéria seca	16
3.5. Digestibilidade aparente dos nutrientes	16
3.6. Determinação do amido fecal	17
3.7. Análises estatísticas	18
4. RESULTADOS.....	19
4.1. Moderada energia	19
4.2. Alta energia.....	20
5. DISCUSSÃO.....	22
6. CONCLUSÃO	25
7. RESUMO	26
8. ABSTRACT.....	27
9. REFERÊNCIAS	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes das dietas experimentais de moderada e alta densidade energética.	15
Tabela 2. Conteúdo nutricional das dietas experimentais de moderada e alta densidade energética.	15
Tabela 3. Consumo de matéria seca de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de moderada energia suplementados com doses crescentes de simbiótico....	19
Tabela 4. Digestibilidade total e dos nutrientes de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de moderada energia e suplementados com simbiótico.....	20
Tabela 5. Consumo de matéria seca de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de alta energia suplementados com doses crescentes de um simbiótico.	20
Tabela 6. Digestibilidade total e dos nutrientes de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de alta energia e suplementados com simbiótico.....	21

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se um aumento expressivo no número de bovinos terminados em confinamento no Brasil, fenômeno associado à intensificação dos sistemas produtivos e à crescente demanda por maior eficiência na produção de carne bovina (Oliveira; Millen, 2014; ABIEC, 2023). Para viabilizar esse modelo em um sistema predominantemente a pasto, tornou-se necessária a substituição gradual de dietas volumosas por dietas com maior proporção de concentrado, elevando a densidade energética das dietas (Pinto; Millen, 2019).

Nesse contexto, diferentes estratégias nutricionais têm sido estudadas com o objetivo de minimizar os efeitos adversos associados às dietas de alta densidade energética. Entre essas estratégias, destaca-se o uso de aditivos como ionóforos, agentes tamponantes, leveduras vivas e simbióticos, os quais atuam na modulação da microbiota ruminal e na regulação do padrão fermentativo (Martin; Nisbet, 1992; Kmet et al., 1993; Nicodemo, 2001). Além de reduzirem a incidência de distúrbios metabólicos, esses aditivos podem promover melhorias no desempenho animal e na digestibilidade dos nutrientes, contribuindo para o aumento da eficiência alimentar (Uyeno et al., 2015; Hassan; Karsl, 2022).

Entre as alternativas aos aditivos tradicionalmente utilizados na nutrição de bovinos de corte, destacam-se os ionóforos, antibióticos, probióticos, prebióticos e simbióticos. Dentre esses, os ionóforos são amplamente empregados devido à sua capacidade de modular a fermentação ruminal, promovendo redução no consumo de matéria seca, geralmente em torno de 3%, sem comprometer o desempenho animal. Além disso, aumentam a eficiência alimentar, favorecem a produção de propionato em detrimento do acetato e do metano, melhoram o aproveitamento energético da dieta e auxiliam no controle da coccidiose (Duffield et al., 2012; Tedeschi et al., 2003; Rigueiro et al., 2020).

Os simbióticos consistem na associação entre probióticos, definidos como microrganismos vivos que conferem benefícios ao hospedeiro, e prebióticos, que atuam como substratos seletivos capazes de estimular o crescimento e a atividade desses microrganismos no ambiente ruminal (Hill et al., 2014). A utilização combinada desses componentes apresenta potencial para promover o equilíbrio da microbiota ruminal, otimizar a digestibilidade dos nutrientes, especialmente da fração fibrosa, que em confinamentos pode ser de baixa qualidade, além disso, elevar a eficiência alimentar e o

desempenho produtivo de bovinos terminados em confinamento (Martin; Nisbet, 1992; Kmet et al., 1993; Uyeno et al., 2015).

A digestibilidade dos nutrientes constitui um dos principais indicadores da eficiência de utilização da dieta em bovinos de corte, atuando como elo fundamental entre a composição da dieta, a dinâmica da microbiota ruminal e o desempenho produtivo dos animais. Em sistemas de confinamento, especialmente sob dietas com elevada proporção de concentrado, alterações no ambiente ruminal, como a redução do pH, são frequentemente observadas, promovendo mudanças no perfil microbiano e na atividade fermentativa, o que pode comprometer a degradação dos nutrientes, sobretudo da fração fibrosa (Owens et al., 1998; Plaizier et al., 2008). Esse cenário impacta diretamente o aproveitamento dos alimentos e pode reduzir a eficiência alimentar e o desempenho animal (Owens et al., 1998). Dessa forma, compreender e otimizar a digestibilidade torna-se essencial para garantir a estabilidade do ambiente ruminal, maximizar o aproveitamento dos nutrientes ingeridos e sustentar elevados níveis de desempenho em sistemas intensivos de produção.

Apesar dos avanços relacionados ao uso de aditivos nutricionais em dietas de confinamento, ainda são necessários estudos que avaliem a eficácia da inclusão de simbióticos em dietas com diferentes densidades energéticas para bovinos de corte. Nesse contexto, este trabalho parte da hipótese de que a suplementação com simbiótico pode promover melhorias na digestibilidade dos nutrientes e no consumo de matéria seca de bovinos Nelore terminados em confinamento em dietas de moderada e alta inclusão de amido. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de níveis crescentes de um simbiótico sobre o consumo de matéria seca e a digestibilidade dos nutrientes em bovinos Nelore confinados alimentados com dietas de moderada e alta densidade energética.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Intensificação na terminação de bovinos de corte confinados

A utilização de confinamentos na pecuária de corte brasileira tem apresentado crescimento contínuo nas últimas décadas, com expansão expressiva do número de animais terminados nesse sistema em todo o território nacional (Oliveira; Millen, 2014; ABIEC, 2023). Para viabilizar essa intensificação em um sistema historicamente baseado em pastejo, tornou-se necessária a substituição gradual de dietas volumosas por dietas com maior proporção de concentrado, elevando a densidade energética das dietas e intensificando o uso de grãos como principais fontes energéticas nos sistemas de confinamento (Pinto; Millen, 2019).

Nesse contexto, sistemas intensivos baseados em dietas de elevada densidade energética passaram a ser amplamente adotados com o objetivo de reduzir a idade de abate, aumentar o ganho médio diário e melhorar o rendimento e a uniformidade das carcaças (Ferraz; Felício, 2010). Além disso, a intensificação da produção mostrou-se economicamente viável mediante a adoção de estratégias nutricionais e de manejo voltadas à melhoria dos índices produtivos e zootécnicos.

Dados recentes evidenciam o avanço da intensificação da bovinocultura de corte no Brasil. Em 2024, aproximadamente 8,8 milhões de bovinos foram terminados em confinamento, representando cerca de 19% do total de animais abatidos no país, o maior valor já registrado (ABIEC, 2025). Para atender às exigências nutricionais desses animais e maximizar o desempenho produtivo, as dietas utilizadas nesses sistemas apresentam elevada inclusão de concentrados energéticos. Nesse cenário, o milho destaca-se como principal fonte energética, tanto na forma de grão seco quanto processado, incluindo a silagem de grão úmido, amplamente utilizada em sistemas intensivos de produção (Monsalve; Millen, 2025).

Apesar dos benefícios produtivos associados às dietas com elevada proporção de concentrado, sua utilização impõe importantes desafios nutricionais e metabólicos. A rápida fermentação dos carboidratos não fibrosos promove redução do pH ruminal, favorecendo o desenvolvimento de distúrbios como a acidose ruminal e alterando o equilíbrio da microbiota e da fermentação ruminal (Owens et al., 1998; Plaizier et al., 2008). Essas alterações podem comprometer o consumo de matéria seca, a digestibilidade dos nutrientes e a eficiência alimentar dos animais (Russell; Rychlik, 2001). Dessa forma,

a manutenção de um ambiente ruminal estável constitui fator essencial para sustentar elevados níveis de desempenho produtivo em sistemas intensivos de terminação.

2.2. Adaptação ruminal e desafios metabólicos em dietas ricas em amido

Os ruminantes evoluíram consumindo dietas predominantemente fibrosas. Em razão disso, desenvolveram um compartimento digestivo especializado, o rúmen, capaz de abrigar microrganismos responsáveis pela fermentação de carboidratos estruturais, permitindo ao hospedeiro obter energia a partir da degradação da fração fibrosa das forragens (Van Soest, 1991). No entanto, os sistemas intensivos de produção promoveram alterações significativas nesse padrão alimentar, com a introdução de dietas ricas em concentrado, representando um desafio à estabilidade fermentativa e metabólica do ambiente ruminal.

Nesse contexto, animais previamente adaptados a dietas fibrosas passam a receber dietas com elevada proporção de concentrado, ricas em amido, tendo o milho como principal fonte energética utilizada nos confinamentos (Monsalve; Millen, 2025). Embora essa estratégia favoreça o desempenho produtivo, a elevada inclusão de amido promove rápida fermentação ruminal, aumentando a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e lactato. Consequentemente, ocorre redução do pH ruminal e alterações na composição da microbiota, caracterizando um importante desafio metabólico em sistemas intensivos de produção (Owens et al., 1998; Russell; Rychlik, 2001).

Para possibilitar o aumento da densidade energética das dietas de forma segura, torna-se fundamental a adoção de estratégias adequadas de adaptação ruminal. Mudanças abruptas na composição da dieta alteram significativamente o ambiente ruminal e, quando realizadas sem protocolos adequados de adaptação ao concentrado, podem desencadear distúrbios digestivos e metabólicos, especialmente a acidose ruminal (Perdigão et al., 2018; Estevam et al., 2020; Watanabe et al., 2021).

Nesse sentido, protocolos de adaptação gradual são amplamente utilizados na alimentação de bovinos confinados, baseando-se no aumento progressivo da proporção de concentrado ao longo do período de adaptação. Essa estratégia permite o ajuste gradual da microbiota ruminal, da atividade fermentativa e da capacidade absorptiva do epitélio ruminal. Programas do tipo “*step-up*”, caracterizados pelo incremento gradual do nível de concentrado na dieta, são fundamentais para reduzir o risco de acidose, manter o

consumo de matéria seca e promover maior estabilidade do ambiente ruminal (Brown et al., 2006).

Apesar da adoção de protocolos de adaptação, o risco de distúrbios metabólicos ainda persiste em sistemas intensivos de produção. Dessa forma, estratégias complementares, como a utilização de aditivos nutricionais capazes de modular a fermentação ruminal e favorecer a estabilidade do ambiente ruminal, têm recebido crescente atenção na nutrição de bovinos confinados.

2.3. Aditivos na nutrição de ruminantes

Em sistemas intensivos de confinamento, a utilização de aditivos alimentares está diretamente relacionada à necessidade de aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes, estabilizar o ambiente ruminal e reduzir a ocorrência de distúrbios metabólicos, especialmente em dietas com elevada proporção de concentrado. Nesse contexto, aditivos como ionóforos e antimicrobianos não ionóforos promovem alterações na população microbiana do rúmen, favorecendo padrões fermentativos mais eficientes, reduzindo perdas energéticas e contribuindo para maior estabilidade do ambiente ruminal (Russell; Strobel, 1989; McGuffey et al., 2001).

Como consequência, observa-se melhora na eficiência alimentar e no desempenho produtivo dos animais. Além disso, levantamentos conduzidos com nutricionistas de confinamento no Brasil demonstram ampla adoção dessas tecnologias nos sistemas intensivos de produção (Oliveira; Millen, 2014; Pinto; Millen, 2018). Quando associados a dietas adequadamente formuladas, esses aditivos também podem favorecer a digestibilidade dos nutrientes e reduzir perdas fermentativas (McGuffey et al., 2001).

Com o objetivo de minimizar os efeitos negativos associados às dietas ricas em amido, diferentes classes de aditivos têm sido utilizadas para modular a fermentação ruminal. Entre elas, destacam-se óleos essenciais, taninos, probióticos, prebióticos e simbióticos, cujo uso vem crescendo nos sistemas intensivos de produção (Hassan; Karsli, 2022).

Os óleos essenciais apresentam potencial para modular a fermentação ruminal, podendo melhorar a eficiência energética e reduzir a produção de metano entérico (Benchaar et al., 2008). Os taninos, por sua vez, podem influenciar a degradabilidade dos nutrientes e o fluxo de proteína no trato digestivo por meio de interações com a microbiota ruminal. Seus efeitos dependem da dose utilizada, podendo melhorar a eficiência de utilização da proteína em níveis moderados (Frutos et al., 2004; Cieslak et al., 2012).

Os probióticos consistem em microrganismos vivos capazes de promover equilíbrio da microbiota ruminal, contribuindo para maior estabilidade fermentativa e melhora na digestibilidade dos nutrientes (Vanbelle et al., 1990; Martin; Nisbet, 1992; Nicodemo, 2001). Em sistemas de confinamento, sua utilização tem sido associada à modulação da microbiota ruminal, ao estímulo de bactérias benéficas e à maior estabilidade do pH ruminal, especialmente em dietas com elevada inclusão de concentrado (Krehbiel et al., 2003; Uyeno et al., 2015; McCann et al., 2017).

Os prebióticos, por outro lado, são compostos não digestíveis que atuam como substratos seletivos para microrganismos benéficos, estimulando seu crescimento e atividade no trato gastrointestinal. Em ruminantes, sua utilização tem sido relacionada à modulação da microbiota ruminal e à melhora na eficiência de utilização dos nutrientes, contribuindo para maior estabilidade fermentativa em dietas ricas em concentrado (Uyeno et al., 2015; Hassan; Karsli, 2022).

Apesar do potencial desses aditivos, os resultados relacionados ao desempenho produtivo ainda são inconsistentes na literatura. Estudos conduzidos com bovinos confinados demonstraram aumento na digestibilidade da fibra e maior estabilidade do pH ruminal após suplementação com microrganismos vivos, sem respostas consistentes sobre ganho de peso e características de carcaça (Beauchemin et al., 2003; Elam et al., 2003). Dessa forma, as evidências indicam que os principais benefícios de probióticos e prebióticos estão mais relacionados à modulação da microbiota ruminal, à estabilidade fermentativa e à saúde gastrointestinal do que a melhorias consistentes no desempenho produtivo (Seo et al., 2010; Uyeno et al., 2015).

Em revisão recente focada em bovinos confinados, Engle et al. (2024) destacaram que a suplementação com probióticos pode melhorar parâmetros de digestibilidade, favorecer a estabilidade do pH ruminal e aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes, embora os efeitos sobre o desempenho produtivo permaneçam variáveis entre estudos.

Nesse contexto, os simbióticos surgem como uma alternativa promissora, combinando os potenciais benefícios de probióticos e prebióticos na modulação do ambiente ruminal e na melhoria da utilização dos nutrientes em sistemas intensivos de produção.

2.4. Simbióticos na nutrição de ruminantes

Os simbióticos são aditivos nutricionais resultantes da associação entre probióticos e prebióticos, combinando microrganismos vivos e substratos seletivos capazes de estimular seu crescimento e atividade no trato gastrointestinal. Em ruminantes, a utilização desses aditivos tem despertado interesse devido ao potencial de modular a microbiota ruminal, favorecer a estabilidade fermentativa e melhorar a utilização dos nutrientes, especialmente em dietas com elevada densidade energética (Uyeno et al., 2015).

A principal vantagem da associação entre probióticos e prebióticos está no potencial efeito sinérgico entre seus componentes. Enquanto os probióticos fornecem microrganismos vivos capazes de modular a microbiota ruminal e favorecer a estabilidade fermentativa, os prebióticos atuam como substratos seletivos que estimulam o crescimento e a atividade metabólica desses microrganismos, aumentando sua sobrevivência e colonização no trato gastrointestinal.

Dessa forma, a combinação de ambos tende a potencializar os efeitos observados quando utilizados isoladamente, promovendo maior estabilidade da microbiota, melhor aproveitamento dos nutrientes e maior resiliência do ambiente ruminal frente aos desafios impostos por dietas altamente fermentescíveis. O conceito de simbiótico foi originalmente proposto justamente com o objetivo de aumentar a eficácia dos probióticos por meio da oferta simultânea de um substrato capaz de favorecer seu estabelecimento e atividade (Gibson; Roberfroid, 1995). Posteriormente, a definição foi atualizada pela International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP), que reconhece os simbióticos como combinações de microrganismos vivos e substratos seletivamente utilizados pelos microrganismos do hospedeiro, capazes de conferir benefícios à saúde, destacando a possibilidade de interações complementares ou verdadeiramente sinérgicas entre seus componentes (Swanson et al., 2020).

Em ruminantes, essa interação pode contribuir para maior estabilidade da fermentação ruminal, melhor digestibilidade dos nutrientes e redução dos riscos de distúrbios fermentativos, embora a magnitude dessas respostas ainda dependa da composição da dieta, das cepas microbianas utilizadas e das condições de manejo (Uyeno et al., 2015).

A associação entre probióticos e prebióticos pode promover efeitos sinérgicos no ambiente ruminal, favorecendo o estabelecimento de microrganismos benéficos, estimulando a degradação da fibra e contribuindo para maior estabilidade do pH ruminal. Dessa forma, os simbióticos apresentam potencial para auxiliar na prevenção de distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal, frequentemente observados em sistemas intensivos de produção (Martin; Nisbet, 1992; Kmet et al., 1993; Uyeno et al., 2015).

Além da modulação da microbiota ruminal, esses aditivos têm sido associados à melhora da digestibilidade dos nutrientes e à maior eficiência de utilização da dieta. No entanto, os efeitos sobre o desempenho produtivo ainda permanecem inconsistentes na literatura, variando conforme o tipo de microrganismo utilizado, composição da dieta, nível de inclusão e condições de manejo (Uyeno et al., 2015).

Estudos conduzidos com bovinos confinados demonstram que a suplementação com aditivos microbianos pode promover melhorias na estabilidade fermentativa e na digestibilidade da fibra, sem necessariamente resultar em respostas consistentes sobre ganho de peso ou eficiência alimentar (Beauchemin et al., 2003). Resultados semelhantes foram observados por Elam et al. (2003), que, ao avaliarem a inclusão de *Lactobacillus acidophilus* em bovinos de corte em terminação, não verificaram melhorias significativas no desempenho produtivo ou nas características de carcaça, embora tenham relatado alterações no ambiente intestinal.

De maneira geral, as evidências disponíveis indicam que os principais benefícios de probióticos, prebióticos e simbióticos estão mais relacionados à modulação da microbiota ruminal, à estabilidade fermentativa e à saúde gastrointestinal do que a respostas consistentes no desempenho produtivo.

Apesar do potencial desses aditivos, ainda são escassos os estudos que avaliam especificamente os efeitos da suplementação com simbióticos em bovinos de corte submetidos a dietas com diferentes densidades energéticas. Dessa forma, torna-se necessário aprofundar as investigações acerca do impacto desses aditivos sobre a digestibilidade dos nutrientes, o consumo e a estabilidade do ambiente ruminal em sistemas intensivos de produção.

2.5. Digestibilidade dos nutrientes

A digestibilidade de um alimento refere-se à fração dos nutrientes ingeridos que é efetivamente degradada, absorvida e utilizada pelo organismo, influenciando diretamente

o aproveitamento da dieta e o desempenho dos ruminantes (Van Soest, 1991). Dessa forma, a digestibilidade constitui um dos principais indicadores da eficiência de utilização dos nutrientes pelos animais.

A digestibilidade pode ser determinada por métodos de coleta total de fezes ou por estimativas indiretas utilizando indicadores. A digestibilidade aparente representa a fração dos nutrientes ingeridos que desaparece ao longo do trato digestivo, sendo calculada pela diferença entre a quantidade ingerida e a excretada nas fezes (Van Soest, 1991). Entretanto, essa estimativa inclui perdas de origem endógena, como secreções digestivas e células descamadas do epitélio gastrointestinal. Já a digestibilidade verdadeira é obtida após a correção dessas perdas endógenas, permitindo estimar com maior precisão a fração efetivamente aproveitada pelo animal.

Para determinação da digestibilidade, podem ser utilizadas metodologias de coleta total de fezes ou técnicas indiretas baseadas em marcadores. Entre os marcadores empregados em estudos com ruminantes, destacam-se o dióxido de titânio (TiO_2) e o óxido de cromo (Cr_2O_3), utilizados para estimar a produção fecal a partir de amostras representativas (Titgemeyer, 1997; Myers et al., 2004). Além da estimativa da excreção fecal, esses indicadores também permitem avaliar parâmetros relacionados à taxa de passagem e ao aproveitamento dos nutrientes da dieta.

Os indicadores podem ser classificados em internos e externos. Os indicadores internos são constituintes naturalmente presentes nos alimentos, enquanto os externos são adicionados à dieta e posteriormente quantificados nas fezes (Owens; Hanson, 1992). Entre os marcadores externos, o Cr_2O_3 foi amplamente utilizado ao longo dos anos, embora apresente limitações relacionadas à recuperação fecal incompleta, variações individuais na excreção e flutuações diárias na concentração fecal, além de preocupações relacionadas ao seu potencial tóxico (Titgemeyer, 1997).

Nesse contexto, o TiO_2 destaca-se como alternativa viável devido à sua estabilidade química, baixa toxicidade, facilidade de utilização e menor risco durante o manuseio. Dessa forma, o uso de marcadores externos contribui para avaliações mais precisas da digestibilidade e do aproveitamento nutricional em diferentes estratégias alimentares para ruminantes (Myers et al., 2004).

Em dietas com elevada proporção de concentrado, como as utilizadas em sistemas de confinamento, a digestibilidade dos nutrientes pode ser diretamente influenciada pelas

alterações no ambiente ruminal. O aumento da ingestão de amido favorece a produção de AGCC e reduz o pH ruminal, comprometendo a atividade de microrganismos fibrolíticos e reduzindo a digestibilidade da fração fibrosa da dieta (Van Soest, 1991; Owens et al., 1998). Além disso, alterações na taxa de passagem e na dinâmica fermentativa podem impactar a eficiência de utilização dos nutrientes.

Nesse cenário, o uso de aditivos nutricionais tem sido proposto como estratégia para modular a fermentação ruminal e melhorar a digestibilidade dos nutrientes. A suplementação com probióticos e simbióticos pode favorecer a estabilidade do ambiente ruminal, estimular populações microbianas benéficas e contribuir para melhor aproveitamento da dieta, embora os efeitos observados ainda variem conforme a composição da dieta, o manejo e as condições experimentais adotadas (Uyeno et al., 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Animais, local do experimento e delineamento experimental

Foram utilizados quatro bovinos machos castrados da raça Nelore, canulados no rúmen, com peso vivo inicial de $300 \pm 7,50$ kg, alojados em baias individuais. Antes do início do experimento, todos os animais foram pesados, vermifugados e submetidos a protocolo sanitário preventivo, incluindo vacinação contra enfermidades virais e bacterianas (*Cattlemaster*, Pfizer Animal Health, New York, EUA). Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UNESP – Câmpus de Jaboticabal, sob o protocolo nº 005498.

O experimento foi conduzido em delineamento em quadrado latino 4×4 , repetido no tempo, de forma que todos os animais recebessem todos os tratamentos ao longo dos períodos experimentais.

Cada período experimental teve duração de 28 dias, sendo os primeiros 14 dias destinados à adaptação às dietas experimentais e os 14 dias subsequentes destinados às coletas e avaliações. Entre os períodos experimentais, foi adotado um intervalo de sete dias (*washout*) para minimizar possíveis efeitos residuais dos tratamentos. Durante esse período, os animais permaneceram em piquetes de capim Tifton (*Cynodon spp.*), recebendo dieta à base de forragem e água à vontade, permitindo o restabelecimento das condições ruminais antes do início do período experimental subsequente.

Considerando os quatro períodos experimentais e os intervalos entre períodos, cada quadrado latino apresentou duração total de 133 dias, totalizando 266 dias de condução experimental.

As baias apresentavam piso parcialmente concretado, ventilação adequada e acesso irrestrito à água por meio de bebedouros automáticos.

Para melhor visualização do fluxo de manejos e coletas, a Figura 1 ilustra o cronograma adotado em cada período experimental, cujas metodologias e análises específicas serão detalhadas nas seções subsequentes deste tópico.

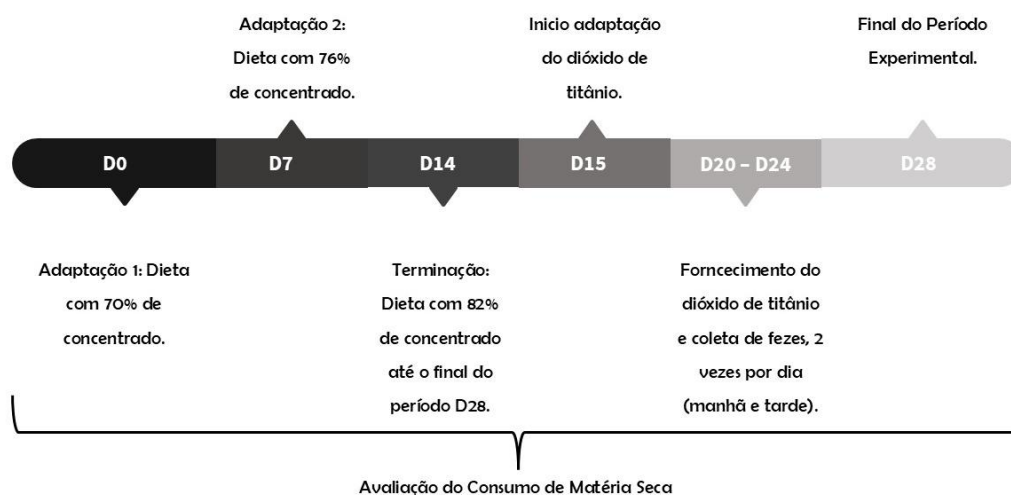


Figura 1. Representação esquemática do cronograma de atividades e coletas ao longo do período experimental de 28 dias.

3.2. Tratamentos e dietas experimentais

Os animais receberam dietas de moderada densidade energética [35% de amido e 1,19 Mcal/kg de energia líquida de ganho (ELg)] no quadrado 1 e alta densidade energética [45% de amido e 1,36 Mcal/kg de ELg] no quadrado 2.

Os tratamentos consistiram na suplementação de níveis crescentes de um aditivo simbiótico (RUMIFORCE®, EKO Life Sciences, Brasília, DF, Brasil), fornecido nas doses de 0, 5, 10 e 15 g/animal/dia via cânula ruminal. A dose utilizada foi recomendada pelo fabricante, com base em testes internos de desempenho e estabilidade do produto. O aditivo foi fornecido na forma de pó, em sacos de papel, previamente pesado e administrado diariamente antes do fornecimento das dietas, com o objetivo de garantir contato direto com o ambiente ruminal e padronização da ingestão entre os tratamentos.

O simbiótico é composto pela associação de probióticos e prebióticos, embora ainda não seja um produto comercialmente disponível. Contém metabólitos intracelulares e extracelulares provenientes do crescimento das bactérias *Enterococcus faecium*, *Bifidobacterium bifidum*, *Ruminobacter amylophilum*, *Ruminobacter succinogenes* e *Bacillus licheniformis*, além das leveduras *Saccharomyces cerevisiae* e *Kluyveromyces marxianus*. É ainda enriquecido com frutooligossacarídeos (FOS) e mananoligossacarídeos (MOS), além de aminoácidos, vitaminas, minerais e outros nutrientes orgânicos e inorgânicos.

Antes do início do experimento, os animais passaram por um período de aclimação de sete dias, recebendo dieta composta por feno de Tifton e mistura mineral *ad libitum*, com o objetivo de uniformizar o ambiente ruminal.

O arraçãoamento foi realizado uma vez ao dia, às 08h00. As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações do NASEM (2016) e fornecidas *ad libitum*. A quantidade ofertada foi ajustada diariamente para manutenção de aproximadamente 3% de sobras em relação ao total fornecido.

A composição e conteúdo nutricional das dietas experimentais encontra-se apresentada na Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Ingredientes das dietas experimentais de moderada e alta densidade energética.

Ingrediente, %	Moderada densidade			Alta densidade		
	Adaptação 1	Adaptação 2	Terminação	Adaptação 1	Adaptação 2	Terminação
Silagem de milho	22,00	17,00	12,00	31,50	25,55	19,60
Milho moído	25,10	27,10	29,10	42,80	48,75	54,70
Casca de soja	35,30	39,30	43,30	8,00	9,00	10,00
Torta de algodão	15,50	14,50	13,50	15,50	14,50	13,50
Ureia	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50
Núcleo ¹	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70

¹Núcleo mineral-vitaminico (30 kg/t da dieta): cálcio, 150 g/kg; fósforo, 10 g/kg; sódio, 75 g/kg; magnésio, 30 g/kg; enxofre, 30 g/kg; cobre, 750 mg/kg; manganês, 3.000 mg/kg; zinco, 3.000 mg/kg; cobalto, 30 mg/kg; iodo, 40 mg/kg; selênio, 12 mg/kg; vitamina A, 150.000 UI/kg; vitamina D3, 15.000 UI/kg; vitamina E, 500 UI/kg.

Tabela 2. Conteúdo nutricional das dietas experimentais de moderada e alta densidade energética.

Ingrediente, %	Moderada densidade			Alta densidade		
	Adaptação 1	Adaptação 2	Terminação	Adaptação 1	Adaptação 2	Terminação
Forragem, %	21,03	16,25	11,47	20,14	16,33	12,53
Matéria Seca, %	57,82	62,60	68,24	67,96	70,89	74,08
Proteína Bruta, %	16,58	16,76	16,95	14,28	14,57	14,86
Extrato Etéreo, %	5,08	5,28	5,47	4,11	4,18	4,24
FDN%	44,17	43,14	42,10	32,45	30,04	27,63
Amido, %	30,09	32,65	35,21	39,57	42,37	45,16
ELg, Mcal/kg	1,08	1,11	1,14	1,20	1,23	1,26

¹FDN: Fibra em Detergente Neutro; ELg: Energia Líquida de ganho.

3.3. Protocolo de adaptação

O protocolo de adaptação às dietas experimentais foi realizado de forma gradual (*step-up*), utilizando duas dietas intermediárias.

Para as dietas de moderada densidade energética, os animais receberam inicialmente dietas contendo 70% e 76% de concentrado durante sete dias cada, até atingirem a dieta de terminação contendo 82% de concentrado a partir do 15º dia experimental. Procedimento semelhante foi adotado para as dietas de alta densidade energética.

Embora ambas as dietas de terminação apresentassem a mesma proporção de concentrado, diferiram quanto à composição dos ingredientes energéticos. Na dieta de moderada densidade energética, o milho moído correspondeu a 23% da formulação, enquanto na dieta de alta densidade energética sua inclusão foi de 51,3%.

3.4. Consumo de matéria seca

O consumo de matéria seca (CMS) foi determinado individualmente por meio da pesagem diária da quantidade de dieta fornecida e das sobras, coletadas antes do fornecimento da dieta do dia subsequente. O CMS foi calculado com base na diferença entre a quantidade de matéria seca fornecida e recusada pelos animais, sendo expresso em kg/dia e em porcentagem do peso vivo total (%PV).

3.5. Digestibilidade aparente dos nutrientes

O dióxido de titânio (TiO₂) foi administrado via cânula ruminal do 15º ao 24º dia de cada período experimental, sendo os cinco primeiros dias destinados à estabilização da excreção fecal do marcador. A dose utilizada foi de 1 g/kg de matéria seca ingerida.

O fornecimento do marcador foi dividido em duas administrações diárias, realizadas às 08h00 e às 16h00, visando maior uniformidade do fluxo do marcador ao longo do trato gastrointestinal.

As coletas fecais foram realizadas do 20º ao 24º dia experimental, duas vezes ao dia, de forma parcial. As amostras coletadas foram compostas por animal e período, sendo posteriormente retiradas alíquotas de aproximadamente 200 g, armazenadas a -20 °C até à determinação da concentração de TiO₂, conforme metodologia descrita por Pezzato et al. (2002).

Após o período de coleta, as amostras fecais compostas foram secas em estufa de ventilação forçada e moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm para posteriores análises laboratoriais.

As amostras de dietas, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), segundo AOAC (1995); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991); e amido, conforme metodologia descrita por Poore et al. (1993).

A produção fecal foi estimada com base na concentração de TiO_2 nas fezes. Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes foram calculados a partir da diferença entre o consumo e a excreção fecal de cada nutriente, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e de cada componente nutricional (proteína bruta, extrato etéreo, amido, FDN e FDA) foram determinados por meio da relação entre as concentrações do indicador e do nutriente no alimento e nas fezes, conforme a equação apresentada abaixo:

$$\text{Digestibilidade (\%)} = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{ indicador no alimento}}{\% \text{ indicador nas fezes}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutriente nas fezes}}{\% \text{ nutriente no alimento}} \right) \right]$$

3.6. Determinação do amido fecal

Para determinação do amido fecal, amostras de fezes foram coletadas diretamente do reto dos animais nos mesmos horários estabelecidos para as coletas destinadas à determinação do marcador externo TiO_2 . Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas a -20°C até o processamento laboratorial.

Posteriormente, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley utilizando peneira de 1 mm.

A determinação do teor de amido nas amostras fecais foi realizada conforme metodologia descrita por Poore et al. (1993).

3.7. Análises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). O modelo estatístico incluiu o efeito fixo dos tratamentos, enquanto os efeitos de animal e período experimental foram considerados aleatórios. Contrastes ortogonais polinomiais linear, quadrático e cúbico foram utilizados para avaliar os efeitos das doses crescentes do simbiótico, sendo apresentados quando significativos. As médias ajustadas foram obtidas pelo procedimento LSMEANS, sendo as diferenças consideradas significativas quando $p \leq 0,05$.

4. RESULTADOS

4.1. Moderada energia

Os resultados referentes ao CMS e à digestibilidade aparente total e dos nutrientes de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dietas de moderada energia suplementados com doses crescentes do simbiótico encontram-se apresentados nas Tabelas 3 a 4.

Não foi observado efeito da suplementação com simbiótico sobre o consumo de matéria seca durante os períodos de adaptação e terminação, ingestão total ou consumo expresso em porcentagem do peso vivo (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de matéria seca de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de moderada energia suplementados com doses crescentes de simbiótico.

Variável ¹	Simbiótico (g/dia)				EPM ²	Valor de p ³ Tratamento
	0	5	10	15		
CMS, kg						
Adaptação	8,85	7,44	7,61	8,13	0,952	0,56
Terminação	10,11	9,23	8,39	8,77	0,788	0,47
Ingestão total	9,46	8,30	7,98	8,44	0,824	0,59
% Peso vivo total	2,51	2,29	2,20	2,29	0,122	0,21

¹CMS: Consumo de matéria seca; ²EPM: Erro padrão da média; ³Valores de p referem-se ao efeito dos tratamentos ($p \leq 0.05$).

Da mesma forma, a suplementação com simbiótico não influenciou a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, amido, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo e amido fecal (Tabela 4).

Tabela 4. Digestibilidade total e dos nutrientes de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de moderada energia e suplementados com simbiótico.

Variável ¹	Simbiótico (g/dia)				EPM ²	Valor de p^3
	0	5	10	15		Tratamento
Amido Fecal, %	4,11	3,53	3,00	4,52	0,532	0,24
Matéria Seca, %	81,84	84,43	80,54	82,73	1,939	0,66
Matéria Mineral, %	61,91	63,80	65,05	64,00	5,516	0,96
Matéria Orgânica, %	82,89	85,48	81,79	83,79	2,023	0,71
Amido, %	97,84	98,29	95,38	97,79	0,751	0,54
Proteína Bruta, %	80,38	83,35	78,69	80,84	2,650	0,69
FDN, %	76,14	79,23	56,59	77,17	5,752	0,57
FDA %	72,70	74,15	54,84	72,37	5,698	0,60
Extrato Etéreo, %	90,51	92,92	73,23	93,68	4,259	0,21

¹FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; ²EPM: erro padrão da média; ³Valores de p referem-se ao efeito dos tratamentos ($p \leq 0.05$).

4.2. Alta energia

Na dieta de alta energia, a suplementação com simbiótico não influenciou o consumo de matéria seca durante os períodos de adaptação e terminação, ingestão total ou consumo expresso em porcentagem do peso vivo (Tabela 5).

Tabela 5. Consumo de matéria seca de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de alta energia suplementados com doses crescentes de um simbiótico.

Variável ¹	Simbiótico (g/dia)				EPM ²	Valor de p^3
	0	5	10	15		Tratamento
CMS, kg						
Adaptação	8,97	9,29	9,45	8,75	0,665	0,85
Terminação	10,44	10,51	9,06	10,26	0,642	0,36
Ingestão total	9,68	9,88	9,26	9,48	0,634	0,43
% Peso vivo total	2,00	2,03	1,99	1,95	0,103	0,91

¹CMS: Consumo de matéria seca; ²EPM: Erro padrão da média; ³Valores de p referem-se ao efeito dos tratamentos ($p \leq 0.05$).

Para as variáveis de digestibilidade (Tabela 6), não foram observados efeitos sobre amido fecal, matéria mineral, amido, FDN e EE. Além disso, foram verificados efeitos cúbicos para a digestibilidade da matéria seca ($p = 0,05$), matéria orgânica ($p = 0,03$) e da proteína bruta ($p = 0,02$) em função das doses do simbiótico na dieta de alta energia. Da

mesma forma, foi observado efeito quadrático das doses sobre a fibra em detergente ácido ($p = 0,05$).

Tabela 6. Digestibilidade total e dos nutrientes de bovinos Nelore canulados no rúmen alimentados com dieta de alta energia e suplementados com simbiótico.

Variável ¹	Simbiótico (g/dia)				EPM ²	Valor de p^3 Tratamento
	0	5	10	15		
Amido Fecal, %	9,55	10,15	10,60	9,71	1,858	0,98
Matéria Seca, %	84,31	83,44	86,44	82,60	1,099	0,05 ^C
Matéria Mineral, %	63,62	59,91	62,14	61,49	3,687	0,86
Matéria Orgânica, %	85,39	84,67	87,84	83,75	1,113	0,03 ^C
Amido, %	96,71	96,29	97,42	95,94	0,774	0,57
Proteína Bruta, %	81,53	79,63	83,28	79,04	1,236	0,03 ^C
FDN, %	68,96	68,97	74,60	65,28	2,535	0,12
FDA %	59,26	57,27	68,01	52,20	3,347	0,05 ^Q
Extrato Etéreo, %	89,98	92,15	93,23	92,07	2,488	0,83

¹FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: Fibra em detergente ácido; ²EPM: erro padrão da média; ³Valores de p referem-se ao efeito dos tratamentos e aos contrastes de regressão: linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C) ($p \leq 0.05$).

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que a suplementação com o simbiótico não influenciou o CMS, independentemente do nível energético da dieta, moderada ou alta. A ausência de efeito sobre o consumo sugere que o aditivo não promoveu alterações significativas em fatores relacionados à ingestão, como palatabilidade, taxa de passagem ou regulação metabólica do consumo. Em dietas de confinamento, especialmente com alta inclusão de concentrado, o CMS é fortemente regulado por mecanismos metabólicos associados à densidade energética e ao controle hepático da oxidação de nutrientes, reduzindo a sensibilidade do consumo a intervenções microbianas no rúmen (Owens et al., 1998; Allen, 2000). Nesse contexto, a literatura demonstra que a inclusão de probióticos e simbióticos raramente promove alterações consistentes no consumo de matéria seca em bovinos de corte, sobretudo em condições de elevado consumo energético, corroborando os achados do presente estudo (Seo et al., 2010; Uyeno et al., 2015).

Da mesma forma, não foram observadas alterações consistentes na digestibilidade dos nutrientes na dieta de moderada energia, indicando que, sob condições menos desafiadoras do ponto de vista fermentativo, o ambiente ruminal possivelmente já apresentava maior estabilidade, limitando o potencial de resposta ao aditivo. Em sistemas com menor risco de acidose e maior equilíbrio entre fibra e concentrado, a microbiota ruminal tende a apresentar maior estabilidade fermentativa, reduzindo a possibilidade de ganhos adicionais via modulação microbiana (Beauchemin et al., 2003). Esse comportamento é compatível com estudos que demonstram maior variabilidade de resposta a aditivos microbianos em função do contexto nutricional, sendo frequentemente observados efeitos nulos em dietas menos desafiadoras (Chaucheyras-Durand; Fonty, 2002).

Por outro lado, na dieta de alta energia, embora não tenham sido observados efeitos sobre o consumo ou sobre a maioria das variáveis de digestibilidade, foram observadas variações nas digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e FDA em função das doses do simbiótico. Apesar de estatisticamente significativos, esses padrões não apresentaram resposta biológica clara e consistente, dificultando sua interpretação prática. Além disso, não foi observada tendência dose-dependente consistente entre os tratamentos, sugerindo que essas respostas possam estar

associadas à variabilidade experimental inerente ao delineamento com número reduzido de animais.

Ainda assim, é importante considerar que dietas de alta energia representam um ambiente mais propenso a distúrbios fermentativos, como redução do pH ruminal e inibição de microrganismos fibrolíticos (Owens et al., 1998; Nagaraja; Lechtenberg, 2007). Nessas condições, a utilização de simbióticos poderia favorecer a estabilidade ruminal, estimulando populações microbianas benéficas e melhorando a digestão da fibra. No entanto, os resultados obtidos sugerem que o aditivo utilizado não foi capaz de promover alterações relevantes na fermentação ruminal a ponto de impactar a digestibilidade de forma consistente. Esse achado está alinhado com evidências da literatura indicando que os efeitos de probióticos e simbióticos sobre digestibilidade e desempenho são frequentemente inconsistentes e dependentes da composição da dieta, da dose e da cepa microbiana utilizada (Nocek et al., 2006; Seo et al., 2010; Uyeno et al., 2015).

Os resultados obtidos demonstram que, nas condições avaliadas, a suplementação com o simbiótico não foi suficiente para promover alterações consistentes no consumo ou na digestibilidade dos nutrientes. Esse comportamento reforça que a resposta a aditivos microbianos é dependente do contexto nutricional e do produto utilizado, não sendo possível generalizar seus efeitos para diferentes sistemas de alimentação. Nesse sentido, estudos com probióticos e simbióticos em ruminantes têm demonstrado elevada variabilidade de respostas, evidenciando que os benefícios desses aditivos dependem da composição da dieta, das cepas microbianas, da dose utilizada e das condições de produção (Uyeno et al., 2015; Markowiak; Śliżewska, 2018; Elghandour et al., 2020).

Outro aspecto relevante é que os efeitos desses aditivos tendem a ser mais evidentes em condições de maior desafio metabólico ou sanitário, como episódios de instabilidade fermentativa, acidose subaguda ou situações de estresse. Dessa forma, a ausência de respostas consistentes no presente estudo pode indicar que as condições experimentais não foram suficientemente desafiadoras para permitir benefícios expressivos da suplementação com simbiótico. Embora a suplementação não tenha promovido alterações consistentes, os resultados contribuem para o entendimento da resposta de simbióticos em bovinos de corte alimentados com dietas de diferentes densidades energéticas, demonstrando que sua eficácia depende das condições de

utilização e reforçando a necessidade de estudos que elucidem os mecanismos envolvidos.

6. CONCLUSÃO

De forma geral, os resultados indicam que a suplementação com simbiótico Rumiforce® não promoveu alterações no consumo de matéria seca nem na digestibilidade dos nutrientes em bovinos Nelore confinados, independentemente da densidade energética da dieta utilizada nesse experimento. Embora respostas pontuais tenham sido observadas em dietas de alta energia, estas não apresentaram um padrão biológico consistente que justifique sua aplicação prática ou caracterize efeito dose-dependente. Esses achados sugerem que os possíveis efeitos de simbióticos em sistemas de confinamento podem estar mais relacionados à modulação do ambiente ruminal do que a respostas consistentes sobre consumo e digestibilidade. Entretanto, estudos adicionais envolvendo diferentes condições de desafio ruminal, doses e estratégias de suplementação ainda são necessárias para melhor compreensão dos efeitos desses aditivos em dietas com alta proporção de concentrado.

7. **RESUMO:** O presente estudo avaliou os efeitos da suplementação com simbiótico sobre o consumo de matéria seca e a digestibilidade aparente dos nutrientes em bovinos Nelore confinados alimentados com dietas de moderada e alta densidade energética. Foram utilizados quatro bovinos Nelore, machos castrados, canulados no rúmen, distribuídos em delineamento em quadrado latino 4×4 repetido no tempo. Os tratamentos consistiram na inclusão de 0, 5, 10 e 15 g/animal/dia de um simbiótico em dietas de moderada e alta energia. Cada período experimental teve duração de 28 dias, sendo 14 dias de adaptação e 14 dias de terminação. O consumo de matéria seca foi determinado diariamente por meio da diferença entre alimento fornecido e sobras. A digestibilidade aparente dos nutrientes foi estimada utilizando dióxido de titânio (TiO_2) como marcador externo. Na dieta de moderada energia, a suplementação com simbiótico não influenciou o consumo de matéria seca durante adaptação, terminação, ingestão total ou quando expresso em porcentagem do peso vivo ($p > 0,05$). Também não foram observados efeitos sobre a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, amido, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e matéria mineral ($p > 0,05$). Na dieta de alta energia, igualmente não houve efeito das doses do simbiótico sobre o consumo de matéria seca ($p > 0,05$). Foram observadas variações na digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente ácido em função das doses avaliadas. Entretanto, essas respostas não apresentaram padrão biológico consistente. Não foram observadas diferenças para amido fecal, matéria mineral, amido, fibra em detergente neutro e extrato etéreo. Conclui-se que a suplementação com simbiótico não alterou o consumo de matéria seca nem promoveu efeitos consistentes sobre a digestibilidade dos nutrientes em bovinos Nelore confinados alimentados com dietas de moderada ou alta densidade energética.

Palavras chave: Bovinos Nelore; confinamento; simbiótico; digestibilidade dos nutrientes.

8. **ABSTRACT:** The present study evaluated the effects of symbiotic supplementation on dry matter intake and apparent nutrient digestibility in feedlot Nellore cattle fed moderate- and high-energy diets. Four rumen-cannulated Nellore steers were used in a 4×4 Latin square design repeated over time. Treatments consisted of the inclusion of 0, 5, 10, and 15 g/animal/day of a symbiotic in moderate- and high-energy diets. Each experimental period lasted 28 days, including 14 days of adaptation and 14 days of finishing. Dry matter intake was determined daily based on the difference between feed offered and refusals. Apparent nutrient digestibility was estimated using titanium dioxide (TiO_2) as an external marker. In the moderate-energy diet, symbiotic supplementation did not affect dry matter intake during the adaptation or finishing periods, total intake, or intake expressed as percentage of body weight ($p > 0.05$). Likewise, no effects were observed on the apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, starch, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, ether extract, or mineral matter ($p > 0.05$). Similarly, in the high-energy diet, symbiotic supplementation did not affect dry matter intake ($p > 0.05$). Variations were observed in the digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, and acid detergent fiber according to the evaluated doses. However, these responses did not show a consistent biological pattern. No differences were observed for fecal starch, mineral matter, starch, neutral detergent fiber, or ether extract. In conclusion, symbiotic supplementation did not alter dry matter intake or promote consistent effects on nutrient digestibility in feedlot Nellore cattle fed moderate- or high-energy diets.

Keywords: Nellore cattle; feedlot; symbiotic; nutrient digestibility.

9. REFERÊNCIAS

ABIEC. *Beef Report 2023*. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2025.

ABIEC. *Beef Report 2025*. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2025.

ALLEN, M.S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598–1624, 2000. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030200750302>>. Acesso em: 26 maio 2026.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. 14th ed. Washington, D.C.

BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z.; MORGAVI, D.P.; *et al.* Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle^{1,2}. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 6, p. 1628–1640, 2003. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/81/6/1628/4790374>>. Acesso em: 15 maio 2026.

BENCHAAAR, C.; CALSAMIGLIA, S.; CHAVES, A. V.; *et al.* A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1–4, p. 209–228, 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840107002751>>. Acesso em: 15 maio 2026.

BROWN, M.S.; PONCE, C.H.; PULIKANTI, R. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: Performance and ruminal metabolism¹. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. suppl_13, p. E25–E33, 2006. Disponível em: https://academic.oup.com/jas/article/84/suppl_13/E25/4776456. Acesso em: 15 maio 2026.

CHAUCHEYRAS-DURAND, F.; FONTY, G. Influence of a Probiotic Yeast *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077) on Microbial Colonization and Fermentations in the Rumen of Newborn Lambs. **Microbial Ecology in Health and Disease**, v. 14, n. 1, p. 30–36, 2002. Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/089106002760002739>>. Acesso em: 26 maio 2026.

CIESLAK, A.; ZMORA, P.; PERS-KAMCZYC, E.; *et al.* Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, n. 1–4, p. 102–106, 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840112002453>>. Acesso em: 15 maio 2026.

DUFFIELD, T. F.; MERRILL, J. K.; BAGG, R. N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 12, p. 4583–4592, 2012. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/90/12/4583-4592/4717934>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

ELAM, N.A.; GLEGHORN, J.F.; RIVERA, J.D.; *et al.* Effects of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* (strains NP45 and NP51) and *Propionibacterium freudenreichii* on performance, carcass, and intestinal characteristics, and *Escherichia coli* strain O157 shedding of finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 11, p. 2686–2698, 2003. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/81/11/2686/4789882>>. Acesso em: 15 maio 2026.

ELGHANDOUR, Mona M Y; SALEM, Abdelfattah Z M; CASTAÑEDA, Jose S Martínez; *et al.* Direct-fed microbes: A tool for improving the utilization of low quality roughages in ruminants. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 3, p. 526–533, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095311914608340>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

ENGLE, T. E.; SCHUTZ, J.; CAPPELLOZZA, B. I. 153 Use of probiotics in feedlot diets. **Journal of Animal Science**, v. 102, n. Supplement_3, p. 392–393, 2024. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article/102/Supplement_3/392/7757350>. Acesso em: 15 maio 2026.

ESTEVAM, D.D.; PEREIRA, I.C.; RIGUEIRO, A.L.N.; *et al.* Feedlot performance and rumen morphometrics of Nellore cattle adapted to high-concentrate diets over periods of 6, 9, 14 and 21 days. **Animal**, v. 14, n. 11, p. 2298–2307, 2020. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751731120001147>>. Acesso em: 18 mar. 2026.

FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E. De. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238–243, 2010. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174009001648>>. Acesso em: 15 maio 2026.

FRUTOS, P.; HERVÁS, G.; GIRÁLDEZ, F.J.; *et al.* Review. Tannins and ruminant nutrition. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 2, p. 191–202, 2004. Disponível em: <<https://sjar.revistas.csic.es/index.php/sjar/article/view/73>>. Acesso em: 15 maio 2026.

GIBSON, Glenn R.; ROBERFROID, Marcel B. Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. **The Journal of Nutrition**, v. 125, n. 6, p. 1401–1412, 1995. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022316623035514>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

HASSAN, M.A.S.; KARSLI, M.A. The Effects of Some Feed Additives in Nutrition of Ruminant Animals. **International Journal of Veterinary and Animal Research (IJVAR)**, v. 5, n. 2, p. 107–112, 2022. Disponível em: <<https://ijvar.org/index.php/ijvar/article/view/535>>. Acesso em: 15 maio 2026.

HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; *et al.* The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 11, n. 8, p. 506–514, 2014. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nrgastro.2014.66>>. Acesso em: 15 maio 2026.

KMET, V.; FLINT, H.J.; WALLACE, R.J. Probiotics and manipulation of rumen development and function. **Archiv für Tierernährung**, v. 44, n. 1, p. 1–10, 1993. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17450399309386053>>. Acesso em: 15 maio 2026.

KREHBIEL, C.; RUST, S.; ZHANG, G.; *et al.* Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action 1,2. **Journal of Animal Science**, v. 81, suppl. 2. P. E120-132, 2003.

MARTIN, S.A.; NISBET, D.J. Effect of Direct-Fed Microbials on Rumen Microbial Fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 6, p. 1736–1744, 1992. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030292779326>>. Acesso em: 15 maio 2026.

MARKOWIAK, Paulina; ŚLIŻEWSKA, Katarzyna. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. **Gut Pathogens**, v. 10, n. 1, p. 21, 2018. Disponível em: <<https://gutpathogens.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13099-018-0250-0>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

MCCANN, J.C.; ELOLIMY, A.A.; LOOR, J.J. Rumen Microbiome, Probiotics, and Fermentation Additives. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 33, n. 3, p. 539–553, 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749072017300622>>. Acesso em: 15 maio 2026.

MCGUFFEY, R.K.; RICHARDSON, L.F.; WILKINSON, J.I.D. Ionophores for Dairy Cattle: Current Status and Future Outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. E194–E203, 2001. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030201702184>>. Acesso em: 15 maio 2026.

MONSALVE, J.G.; MILLEN, D.D.. A snapshot of nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil in 2023. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 12, p. 1518571, 2025. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2025.1518571/full>>. Acesso em: 15 maio 2026.

MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V.; *et al.* Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide¹. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 1, p. 179–183, 2004. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/82/1/179/4790386>>. Acesso em: 15 maio 2026.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, Kelly F. Acidosis in Feedlot Cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, n. 2, p. 333–350, 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749072007000230>>. Acesso em: 26 maio 2026.

NASEM. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8. ed. Washington, DC: National Academies Press, 2016.

NICODEMO, M.L.F. Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte. 2001. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/325185>>. Acesso em: 15 maio 2026.

NOCEK, J.E.; KAUTZ, W.P.; LEEDLE, J.A.Z.; *et al.* Direct-Fed Microbial Supplementation on the Performance of Dairy Cattle During the Transition Period. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 331–335, 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030203736108>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

NOCEK, J.E.; KAUTZ, W.P. Direct-Fed Microbial Supplementation on Ruminal Digestion, Health, and Performance of Pre- and Postpartum Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 1, p. 260–266, 2006. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030206720902>>. Acesso em: 26 maio 2026

OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64–75, 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037784011400279X>>. Acesso em: 18 mar. 2026.

OWENS, F.N.; HANSON, C.F. External and Internal Markers for Appraising Site and Extent of Digestion in Ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 9, p. 2605–2617, 1992. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030292780230>>. Acesso em: 15 maio 2026.

PERDIGÃO, A.; MILLEN, D.D.; BRICHI, A.L.C.; *et al.* Effects of restricted vs. step up dietary adaptation for 6 or 9 days on feedlot performance, feeding behaviour, ruminal and blood variables of Nellore cattle. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 1, p. 224–234, 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jpn.12681>>. Acesso em: 15 maio 2026.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C. De; BARROS, M.M.; *et al.* Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de**

Zootecnia, v. 31, n. 4, p. 1595–1604, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000700001&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

PINTO, A.C.J.; MILLEN, D.D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 99, n. 2, p. 392–407, 2019. Disponível em: <<https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjas-2018-0031>>. Acesso em: 18 mar. 2026.

PLAIZIER, J.C.; KRAUSE, D.O.; GOZHO, G.N.; *et al.* Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. **The Veterinary Journal**, v. 176, n. 1, p. 21–31, 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1090023307004315>>. Acesso em: 15 maio 2026.

POORE, M.H.; MOORE, J.A.; ECK, T.P.; *et al.* Effect of Fiber Source and Ruminal Starch Degradability on Site and Extent of Digestion in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 8, p. 2244–2253, 1993. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002203029377561X>>. Acesso em: 15 maio 2026.

RIGUEIRO, A. L. N.; PEREIRA, M. C. S.; SQUIZATTI, M. M.; *et al.* Different combinations of sodium monensin and virginiamycin during feedlot finishing of Nellore cattle. **Animal Production Science**, v. 60, n. 8, p. 1061–1072, 2020. Disponível em: <<https://connectsci.au/an/article/60/8/1061/17256/Different-combinations-of-sodium-monensin-and>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

RUSSELL, J B; STROBEL, H J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 1–6, 1989. Disponível em: <<https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.55.1.1-6.1989>>. Acesso em: 15 maio 2026.

RUSSELL, J.B.; RYCHLIK, J.L. Factors That Alter Rumen Microbial Ecology. **Science**, v. 292, n. 5519, p. 1119–1122, 2001. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1058830>>. Acesso em: 15 maio 2026.

SEO, J.K; KIM, S.W.; KIM, M.H.; *et al.* Direct-fed Microbials for Ruminant Animals. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 12, p. 1657–1667, 2010.

Disponível em: <<http://ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.2010.r.08>>. Acesso em: 26 maio 2026.

SWANSON, Kelly S.; GIBSON, Glenn R.; HUTKINS, Robert; *et al.* The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 17, n. 11, p. 687–701, 2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41575-020-0344-2>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

TEDESCHI, Luis Orlindo; FOX, Danny Gene; TYLUTKI, Thomas Paul. Potential Environmental Benefits of Ionophores in Ruminant Diets. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, n. 5, p. 1591–1602, 2003. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/jeq2003.1591>>. Acesso em: 29 jun. 2026.

TITGEMEYER, E.C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 8, p. 2235, 1997. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jas/article/75/8/2235-2247/4625091>>. Acesso em: 15 maio 2026.

UYENO, Y.; SHIGEMORI, S.; SHIMOSATO, T. Effect of Probiotics/Prebiotics on Cattle Health and Productivity. **Microbes and environments**, v. 30, n. 2, p. 126–132, 2015. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsme2/30/2/30_ME14176/_article>. Acesso em: 18 mar. 2026.

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 Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991.

VANBELLE, M.; TELLER, E.; FOCANT, M. Probiotics in animal nutrition: A review. **Archiv für Tierernährung**, v. 40, n. 7, p. 543–567, 1990. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/174503990009428406>>. Acesso em: 15 maio 2026.

WATANABE, D.H.M; DOELMAN, J.; STEELE, M.; *et al.* Effect of feeding calcium gluconate embedded in a hydrogenated fat matrix on feed intake, gastrointestinal fermentation and morphology, intestinal brush border enzyme activity and blood metabolites in growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 100, n. 8, p. skac205, 2022.

Disponível em:
<<https://academic.oup.com/jas/article/doi/10.1093/jas/skac205/6598089>>. Acesso em:
15 maio 2026.