

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 23/02/2028.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Daniel Polli

Zootecnista

**EFEITO DE MINERAIS ORGÂNICOS COMO SUBSTITUTOS
DE FONTES INORGÂNICAS E ADIÇÃO DE α -AMILASE
SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, CARACTERÍSTICAS
DE CARÇA E MORFOMETRIA RUMINAL EM BOVINOS
CONFINADOS**

Dracena

2026

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Daniel Polli

Zootecnista

**EFEITO DE MINERAIS ORGÂNICOS COMO SUBSTITUTOS
DE FONTES INORGÂNICAS E ADIÇÃO DE α -AMILASE
SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, CARACTERÍSTICAS
DE CARÇA E MORFOMETRIA RUMINAL EM BOVINOS
CONFINADOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Murillo Ceola Stefano Pereira

Coorientador: Prof.^a Dr. Danilo Domingues Millen

Dracena

2026

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

P774e

Polli, Daniel

Efeito de minerais orgânicos como substitutos de fontes inorgânicas e adição de α -amilase sobre o desempenho produtivo, características de carcaça e morfometria ruminal em bovinos confinados [recurso eletrônico] / Daniel Polli. -- Dracena: [s.n.], 2026.

51 f. ; PDF.

Recurso educacional derivado de dissertação em Ciência e Tecnologia Animal - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Orientado por Murillo Ceola Stefano Pereira e co-orientado por Danilo Domingues Millen. Área do conhecimento: Produção Animal, 2026.

1. Enzimas. 2. Nelore (Bovino). 3. Rúmen. 4. Zebu. I. Título.

Bibliotecário Fábio S. Rosas
CRB 8/6665

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

Este estudo contribui para a bovinocultura de corte ao propor estratégias nutricionais mais sustentáveis para bovinos confinados, como a substituição de minerais inorgânicos por orgânicos e a inclusão de enzima exógena nas dietas. Essas práticas reduzem a contaminação ambiental, aumentam a eficiência produtiva e tornam a produção mais econômica.

EXPECTED SOCIETAL IMPACT

This study is expected to contribute meaningfully to the advancement of beef cattle production by evaluating nutritional strategies designed to improve sustainability in feedlot systems. Replacing inorganic trace minerals with organic sources and including exogenous enzymes may enhance feed efficiency and reduce environmental impact.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito de minerais orgânicos como substitutos de fontes inorgânicas e adição de α -amilase sobre o desempenho produtivo, características de carcaça e morfometria ruminal em bovinos confinados

AUTOR: DANIEL POLLI

ORIENTADOR: MURILLO CEOLA STEFANO PEREIRA

COORDINADOR: DANILO DOMINGUES MILLEN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências, pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
MURILLO CEOLA STEFANO PEREIRA
Data: 09/03/2026 08:49:15-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. MURILLO CEOLA STEFANO PEREIRA (Participação Presencial)
Departamento de Produção Animal / UNESP / Câmpus de Dracena - FCAT

Documento assinado digitalmente
CYNTIA LUDOVICO MARTINS
Data: 16/03/2026 10:35:32-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Assistente Dra. CYNTIA LUDOVICO MARTINS (Participação Virtual)
Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva / UNESP / Câmpus de Botucatu - FMVZ

Documento assinado digitalmente
CRISTIANA ANDRIGHETTO
Data: 12/03/2026 17:37:17-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Assoc. CRISTIANA ANDRIGHETTO (Participação Presencial)
Departamento de Produção Animal / UNESP / Câmpus de Dracena - FCAT

Dracena, 23 de fevereiro de 2026.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Daniel Polli, nascido em 02 de novembro de 1984, na cidade de Dourado/SP. Aos 21 anos foi aprovado no vestibular para ingresso na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, mais precisamente na recém-criada Unidade Experimental de Dracena/SP, no segundo semestre do ano de 2005, local onde se tornou bacharel em Zootecnia em 2010. No mesmo ano de 2010, ingressou como assistente técnico no Grupo Gasparim, empresa essa que conta com três setores de atuação: sementes de pastagens, suplementos para ruminantes e produção de bovinos de corte com ciclo completo. São mais de 14 anos de atuação por essa empresa, onde atualmente exerce a função de Gerente Técnico da Gasparim Nutrição Animal. Sempre em contato com a faculdade de formação, no segundo semestre de 2023 iniciou como aluno especial programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, *stricto-sensu* (Mestrado), na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT-Dracena), no Programa Interunidades de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal (PPGCTA), ingressando como aluno regular no primeiro semestre de 2024.

DEDICATÓRIA

A Deus pela capacidade, perseverança e
discernimento.

Aos amigos que sempre estão prontos
para nos ajudar em nossos sonhos.

A família que sempre acompanha e
convive em nossa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me possibilitar capacidade de realizar mais essa etapa em minha vida.

Minha esposa Suelen Polli por me apoiar e incentivar em voltar aos estudos.

Meus pais que sempre me incentivaram a estudar e possibilitaram inicialmente a graduação, onde foi a base da minha carreira profissional.

Meu orientador, professor Murillo Ceola Stefano Pereira pela oportunidade e todo apoio e companheirismo.

Ao Grupo Gasparim pela oportunidade, apoio e compreensão durante todo esse período.

Aos colegas de trabalho do Grupo Gasparim que me ajudaram no trabalho de pesquisa.

A empresa Alltech pela parceria de longa data em nossos projetos de pesquisa.

Aos colegas do CENAB – FCAT que me ajudaram nessa nova etapa, em especial meu grande Amigo Robson Dinardi.

Aos professores da FCAT – UNESP Dracena, mestres de longa data.

EPÍGRAFE

“Aprenda como se você fosse viver para sempre. Viva como se você fosse morrer amanhã”.

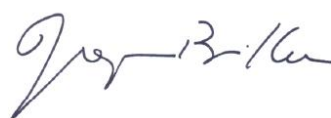
Steve Jobs

Comissão de Ética no Uso de Animais

Certificado

Certificamos que a proposta intitulada "Protocolos Nutricionais para o melhorar o desempenho de bovinos de corte em sistemas intensivos" (**Nutritional protocols to improve the performance of beef cattle in intensive systems**), registrada com o nº **21/2022 – CEUA**, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). **Danilo Domingues Millen** – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de **pesquisa científica** – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP - Câmpus de Dracena, em **24/10/2022**.

Dracena, 24 de outubro de 2022.



Prof.ª Dra Jaqueline Dalbello Biller

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - DTA

Rod. Cmte. João Ribeiro de Barros, km 651- Bairro das Antas – CEP: 17900-000 – Dracena/SP - Brasil

Tel. (18) 3821-8200 – www.dracena.unesp.br - academico@dracena.unesp.br

ANEXO I

Orientação Técnica CONCEA nº 8, de 18.03.2016 – DOU de 21.03.2016

Expediente CEUA nº 21/2022

Finalidade	Pesquisa Científica.
Vigência da Autorização	nov/2022 – out/2023
Espécie/Linhagem/Raça	Bos taurus indicus
Número de Animais	360
Peso/Idade	340 kg / 18 meses.
Sexo	Macho
Origem	Fazenda



Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - DTA

Rod. Cmte. João Ribeiro de Barros, km 651- Bairro das Antas – CEP: 17900-000 – Dracena/SP - Brasil

Tel. (18) 3821-8200 – www.dracena.unesp.br - academico@dracena.unesp.br

RESUMO

Este estudo avaliou o desempenho produtivo, as características de carcaça e a morfologia ruminal de bovinos confinados alimentados com níveis reduzidos de microminerais orgânicos (MO), na forma de proteínatos, associados ao selênio na forma de levedura (Se-levedura), em substituição a fontes de microminerais inorgânicos (MI), em combinação ou não com a inclusão de amilase exógena. Foram utilizados 120 novilhos Nelore comerciais, com peso vivo (PV) inicial de $349,20 \pm 22,90$ kg, distribuídos em 24 baias. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×2 . Os fatores experimentais consistiram em fonte/nível de microminerais (MI ou MO) com ou sem inclusão de amilase exógena (Amaize, Alltech, Maringá, PR, Brasil; 0,5 g/kg da matéria seca). O suplemento mineral inorgânico continha Co, Cu, Fe, Mn e Zn na forma de sulfatos, com o Se fornecido como selenito de sódio. O suplemento orgânico forneceu Co, Cu, Fe, Mn e Zn na forma de proteínatos, em níveis correspondentes a 50% daqueles utilizados no suplemento inorgânico, enquanto o Se, na forma de levedura, foi incluído no mesmo nível do suplemento MI. Ambos os suplementos continham ainda Cr na forma de levedura e I como iodeto de sódio. As dietas experimentais foram idênticas entre os tratamentos, diferindo apenas quanto à fonte de microminerais e à inclusão de amilase exógena. Não foi observada interação ($P \geq 0,12$) entre a fonte de microminerais e a amilase exógena para nenhuma das variáveis avaliadas. Bovinos alimentados com MO apresentaram tendência para maior ganho de peso diário (GPD; $P = 0,07$) e melhor eficiência alimentar ($P = 0,06$), em comparação àqueles alimentados com MI. A inclusão de amilase exógena resultou em maior consumo de matéria seca (CMS), tanto expresso em kg/dia ($P = 0,03$) quanto como porcentagem do PV ($P = 0,02$), sem efeito ($P \geq 0,10$) sobre o GPD e a eficiência alimentar em relação aos animais que não receberam amilase. Não houve efeito principal da fonte de microminerais ou da inclusão de amilase exógena ($P \geq 0,15$) sobre as características de carcaça avaliadas, com exceção da espessura final de gordura do músculo *Biceps femoris* ($P = 0,05$), que foi superior nos animais alimentados com MO. O escore de rumenite e a morfologia ruminal também não diferiram entre os tratamentos ($P \geq 0,14$). De modo geral, a utilização de níveis reduzidos de MO não comprometeu o desempenho, as características de carcaça ou a morfologia ruminal de bovinos Nelore confinados, promovendo, entretanto, incrementos modestos no GPD, na eficiência alimentar e na espessura de gordura do *Biceps femoris* quando comparada às fontes inorgânicas. A inclusão de amilase exógena aumentou o CMS, sem refletir em alterações no desempenho, nas características de carcaça ou na morfologia ruminal.

Palavras-chave: Enzimas. Nelore (Bovino). Rúmen. Zebu.

ABSTRACT

This study assessed the growth, carcass traits, and rumen morphology of feedlot cattle fed reduced levels of organic trace minerals (OTM) in proteinate forms and Se-yeast, replacing inorganic trace minerals (ITM) sources in combination with exogenous amylase. One hundred and twenty commercial yearling Nellore bulls with an initial body weight (BW) of 349.20 ± 22.90 kg were allocated to 24 pens. The study employed a completely randomized block design with a 2×2 factorial treatment arrangement. Factors included ITM or OTM sources/level with or without exogenous amylase (Amaize, Alltech, Maringá, PR, Brazil [0.5 g/kg of dry matter]). The ITM supplement contained Co, Cu, Fe, Mn, and Zn in sulfate form, with Se provided as sodium selenite. The OTM supplement provided Co, Cu, Fe, Mn, and Zn in proteinate form at 50% of the levels supplied by the ITM supplement, while Se, as Se-yeast, was included at the same level as in the ITM supplement. Both supplements also contained Cr as Cr-yeast and I as sodium iodide. Cattle were fed the same diets, except for the inclusion of trace minerals and exogenous amylase. There was no interaction ($P \geq 0.12$) between trace mineral and exogenous amylase for any variable evaluated. Cattle fed OTM tended to have higher average daily gain (ADG; $P = 0.07$) and gain-to-feed (G:F) ratio ($P = 0.06$) compared to cattle fed ITM. Cattle fed exogenous amylase had greater dry matter intake (DMI), whether measured in kg/d ($P = 0.03$) or as a percentage of BW ($P = 0.02$), with no ($P \geq 0.10$) effect on ADG and G:F ratio compared to cattle not fed exogenous amylase. There was no main effect of trace mineral or exogenous amylase inclusion ($P \geq 0.15$) on any of the carcass traits evaluated, except for final *Biceps femoris* fat thickness ($P = 0.05$), which were higher in cattle fed OTM. Rumenitis score and rumen morphology were also not different ($P \geq 0.14$). Overall, feeding reduced OTM levels did not exert adverse effects on growth, carcass traits, or rumen morphology in feedlot Nellore cattle, while modestly enhancing ADG, G:F ratio, and *Biceps femoris* fat thickness compared to ITM sources. The exogenous amylase inclusion increased DMI without differences in ADG, G:F ratio, carcass characteristics, or rumen morphology.

Keywords: Enzymes. Nellore. Rumen. Zebu.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	14
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
2 OBJETIVO GERAL	16
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Fontes de minerais orgânicos e inorgânicos.....	17
3.2 Atividade da enzima amilase para ruminantes.....	21
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO 2 – Replacing inorganic trace minerals with organic trace minerals with or without an exogenous amylase in the diet of finishing feedlot bulls: growth performance, carcass parameters, and rumen morphology	31
ABSTRACT	34
INTRODUCTION.....	36
MATERIALS AND METHODS.....	37
RESULTS AND DISCUSSION.....	40
CONCLUSION	43
LITERATURE CITED	43

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pecuária brasileira destaca-se como um dos principais players do mercado global de carne bovina. De acordo com o Beef Report 2025, publicado pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC), o Brasil manteve, em 2024, posição de liderança mundial na produção e exportação de carne bovina, com um rebanho estimado em aproximadamente 193,9 milhões de bovinos. No mesmo período, o país registrou recorde histórico de abate, alcançando cerca de 45,9 milhões de animais, refletindo a intensificação dos sistemas produtivos, especialmente aqueles baseados em confinamento (ABIEC, 2025).

Para manter essa produtividade, torna-se fundamental a utilização de minerais, que são essenciais para manter a estrutura óssea, formar tecido e regular os fluidos corporais, além de equilibrar os níveis de ácido-base, controlar a pressão osmótica, manter o potencial de membrana e facilitar a transmissão nervosa (NASEM, 2016). Os minerais são classificados em macrominerais e microminerais, que são requeridos em quantidades maiores ou menores do que 100 mg/kg da dieta, respectivamente (NASEM, 2016).

Os minerais na dieta de bovinos são frequentemente fornecidos na forma de sais inorgânicos, como óxidos, cloretos, sulfatos e carbonatos (Hilal *et al.*, 2016). No entanto, os minerais inorgânicos geralmente apresentam menor disponibilidade biológica e estabilidade em comparação com alternativas orgânicas (NASEM, 2016). Além disso, microminerais orgânicos estão substituindo cada vez mais os sais inorgânicos devido à melhor biodisponibilidade e funcionalidade (Mohanta; Garg, 2014), agindo como componentes essenciais de cofatores, metaloenzimas e hormônios do sistema endócrino, o que melhora a absorção intestinal e aumenta a retenção nos tecidos, sugerindo maior biodisponibilidade (Pal *et al.*, 2010; NASEM, 2016).

Os suplementos de minerais orgânicos estão cada vez mais substituindo os sais inorgânicos devido à melhora na biodisponibilidade e funcionalidade (Mohanta; Garg, 2014). No entanto, existem poucos estudos avaliando o impacto da suplementação de macrominerais orgânicos em bovinos de leite ou de corte.

Por outro lado, ao longo da última década, os níveis de inclusão de grãos nas dietas de terminação brasileiras aumentaram (Millen *et al.*, 2009; Silvestre; Millen, 2021). Mundialmente, os cereais nas dietas de terminação em confinamentos são a principal fonte energética fornecida aos animais, e o milho é o tipo de cereal mais utilizado para compor estas dietas no Brasil (Silvestre; Millen, 2021).

Os grãos de cereais, em especial o milho e o sorgo, são compostos por aproximadamente 70% de amido e a digestibilidade do mesmo pode variar em função do tipo

do cereal, teor dos compostos químicos presentes neste carboidrato de reserva e até mesmo a estrutura interna do grânulo (Santos *et al.*, 2001).

As variedades do milho podem ser tanto do tipo “dentado”, o qual contém endosperma farináceo e com isso maior quantidade de amido digestível, quanto do tipo “duro” ou “flint” com maior teor de endosperma vítreo e amido menos digestível, o qual é produzido em abundância no Brasil (Correa *et al.*, 2002). A vitreosidade tem sido associada a uma menor digestibilidade do amido tanto no rúmen (Philippeau; Michalet-Doreau, 1998) quanto no trato total (Corona *et al.*, 2006).

Para aumentar a utilização do amido, o processamento de grãos é a técnica mais comumente empregada na indústria de confinamento para otimizar a digestão do amido e melhorar o desempenho animal (Zinn *et al.*, 2002). A adição de amilase exógena nas dietas de acabamento também foi sugerida como uma estratégia para melhorar a digestibilidade do amido em dietas de gado de leite (Gencoglu *et al.*, 2010) e de corte (Tricarico *et al.*, 2007).

O processo de digestão dos animais não é 100% eficiente, por isso faz-se a adição de enzimas amilolíticas na dieta dos animais, para aumentar a digestibilidade ruminal de carboidratos e principalmente, do amido (DiLorenzo *et al.*, 2011). As enzimas apresentam como característica única a afinidade por determinado substrato, em que, cada enzima vai degradar um substrato em sítio específico de reação (Lehninger, 2005).

O uso de aditivos alternativos aos antibióticos em bovinos confinados aumentou à medida que a demanda do mercado consumidor por produtos naturais aumentou (Khiaosaard; Zebeli, 2023). Sendo assim, pesquisar sobre os efeitos combinados de minerais orgânicos e amilase exógena no desempenho em confinamento e nas características da carcaça é essencial como uma alternativa. Com base nisso, foi hipotetizado que a alimentação com minerais orgânicos (macrominerais e microminerais) para bovinos em confinados, combinado com adição de amilase exógena, melhoraria o desempenho produtivo, as características da carcaça e a saúde ruminal de bovinos Nelore confinados.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAFCO. **Publicação oficial:** Associação de Oficiais Americanos de Controle de Alimentação. Atlanta: [s.n.], 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Beef Report 2025:** perfil da Pecuária no Brasil Exportações brasileiras de carne bovina. Disponível em: <https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2025-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>. Acesso em: 06 jan. 2026.

BARUSELLI, M. S. Minerais orgânicos: o que são, como funcionam e vantagens do seu uso em ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA, 2., 2000, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande: Associação Brasileira de Buiatria, 2000.

CORONA, L.; OWENS, F. N.; ZINN, R. A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 3020–3031, 2006.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N.; LACERDA, A. C.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Madison, v. 85, n. 11, p. 3008–3012, 2002.

DILorenzo, N.; SMITH, D. R.; QUINN, M. J.; MAY, M. L.; PONCE, C. H.; STEINBERG, W.; ENGSTROM, M. A.; GALYEAN, M. L. Effects of grain processing and supplementation with exogenous amylase on nutrient digestibility in feedlot diets. **Livestock Science**, v. 137, p. 178–184, 2011.

FELIX, T. L.; MURPHY, T. A.; LOERCH, S. C. Effects of grain source and grain processing on performance and digestibility of nutrients in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 2, p. 856–864, 2017.

FILAPPI, A.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R. Suplementação mineral para bovinos de corte sob pastejo - revisão. **Veterinária em Notícias**, v. 11, n. 2, p. 91–98, 2005

GADO, H. M.; SALEM, A. Z. M.; ODONGO, N. E.; BORHAMI, B. E.; HASSAN, A. A.; GENCHEV, A.; KHATTAB, M. S. A. Effects of dietary supplementation of exogenous α -amylase on nutrient digestibility, growth performance, blood metabolites and meat quality of lambs fed high-concentrate diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 208, p. 120–128, 2015.

GOFF, J. P. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-based and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 2763–2813, 2018.

GURUNG, N.; RAY, S.; BOSE, S.; RAI, V. A broader view: microbial enzymes and their relevance in industries, medicine, and beyond. **BioMed Research International**, v. 2013, 2013.

- HANSEN, S. L.; ASHBY, J. M.; FLEMING, C. R.; SPEARS, J. W. Bioavailability of copper from copper glycinate in steers fed high sulfur and molybdenum. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 173–179, 2008.
- HILAL, E. Y.; ELKHAIREY, M. A. E.; OSMAN, A. O. A. The role of zinc, manganese and copper in rumen metabolism and immune function: A review article. **Open Journal of Animal Science**, v. 6, p. 304–324, 2016.
- HRISTOV, A. N.; RODE, L. M.; MCFARLAND, D.; HUNTINGTON, G. B. Effect of exogenous polysaccharide-degrading enzyme preparations on ruminal fermentation and digestibility of nutrients in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, p. 182–193, 2008.
- HUMER, E.; ASCHENBACH, J. R.; NEUBAUER, V.; KRÖGER, I.; KHIAOSA-ARD, R.; ZEBELI, Q. Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 1–14, 2015.
- HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 852–867, 1997.
- KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, 2005. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivo_internos/023V2N3P206_220_MAI2005. Acesso em: 10 dez. 2024.
- KHIAOSA-ARD, R.; ZEBELI, Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 2012–5691, 2013.
- KLINGERMAN, C. M.; HUHTANEN, P.; BLAUWIEKEL, R.; SHAVER, R. D. An evaluation of exogenous enzymes with amylolytic activity for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 1050–1059, 2009.
- KOZLOSKI, V. G. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2016.
- KREHBIEL, C. R.; BANDYK, C. A.; HERSOM, M. J.; CARSTENS, G. E.; WAGNER, J. J.; ENGLE, T. E.; LOERCH, S. C.; GALYEAN, M. L. Effect of grain processing and dietary inclusion of wet distillers grains on energy and nitrogen balance in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 10, p. 2939–2947, 2008.
- KUNG JR., L.; TREACHER, R. J.; NAUMANN, G. A.; SMAGALA, A. M.; ENDRES, K. M.; COHEN, M. A. The effect of fibrolytic enzymes sprayed onto forages and fed in a total mixed ration to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1690–1699, 2000.
- LEE, J.; MASTERS, D. G.; WHITE, C. L. Trace element and vitamin nutrition of grazing sheep. In: FREER, M.; DOVE, H. (ed.). **Sheep Nutrition**. Carberra: CABI, 2002. p. 285–311.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 2. ed. Guelph: University Books, 1997. p. 57–58.
- LEHNINGER, A. L. **Principles of biochemistry**. New York: Worth Publishers, 2005. p. 1982–1104.

MACKIE, R. I.; THERION, J. J. Influence of mineral interactions on growth efficiency of rumen bacteria. In: GILCHRIST, F. M. C.; MACKIE, R. I. (ed.). **Herbivore nutrition in subtropics and tropics**. Craighall: Science Press, 1984. p. 455-477.

MANDAL, G. P.; DASS, R. S.; ISORE, D. P.; GARG, A. K.; RAM, G. C. Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (*Bos indicus* × *Bos taurus*) bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p. 1-12, 2007.

MARQUES, R. S.; COOKE, R. F.; RODRIGUES, M. C.; CAPPELLOZZA, B. I.; MILLS, R. R.; BUNNELL, J. F.; MORIEL, P.; ARTHINGTON, J. D. Effects of organic or inorganic cobalt, copper, manganese, and zinc supplementation to late-gestating beef cows on productive and physiological responses of the offspring. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 1215–1226, 2016.

McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. 2. ed. Netherlands: Elsevier Science, 2003. 644 p.

MEALE, S. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; HRISTOV, A. N.; CHAVES, A. V.; MCALLISTER, T. A. Board Invited Review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve ruminant production. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 427–442, 2014.

MESCHIATTI, A. P. M.; RAMIREZ-MELLA, M.; THOMAS, M.; SAWYER, J. E.; CORRIGAN, M.; SAWYER, J. D. Feeding the combination of essential oils and exogenous α-amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 97, p. 456–471, 2019.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3427–3439, 2009.

MORAES, L. M. P. Amilases. In: SAID, S.; PIETRO, R. (ed.). **Enzimas como agentes biotecnológicos**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 2004.

MOHANTA, R. K.; GARG, A. K. Organic trace minerals: Immunity, health, production, and reproduction in farm animals. **Indian Journal of Animal Nutrition**, v. 31, p. 203–212, 2014.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient requirements of beef cattle**. 8. ed. rev. Washington, DC: National Academies Press, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.

OLIVEIRA, L. H.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; SILVA, F. A. S. Absorção e excreção de minerais em bovinos alimentados com dietas contendo aditivos minerais orgânicos e inorgânicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 7, p. 345–354, 2014.

PASA, C. Relação reprodução animal e os minerais. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 1, p. 101-122, 2010.

- PAL, D. T.; GARG, A. K.; DAS, S. K.; BHATTACHARYYA, A.; KARAN, D. Effect of copper- and zinc-methionine supplementation on bioavailability, mineral status and tissue concentrations of copper and zinc in ewes. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 24, p. 89–94, 2010.
- PEREIRA, M. N.; VON PINHO, R. G.; BRUNO, R. G. S.; CALDEIRA, L. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 358–363, 2004.
- PEREIRA, M. N.; PEREIRA, R. A. N. **Silagem do milho reidratado na alimentação do gado leiteiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2013. 96 p. (Informe Agropecuário).
- PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 2178–2184, 1998.
- RAMOS, B. M. O.; LANA, R. P.; BORGES, A. L. C. C.; PEREIRA, L. G. R.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. Effects of vitreousness and particle size of maize grain on ruminal and intestinal in sacco degradation of dry matter, starch and nitrogen. **Animal Feed Science and Technology**, v. 148, p. 253–266, 2009.
- SANTOS, F. A. P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; SIMAS, J. M.; CHEN, K. H.; WU, Z. Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 923–931, 2001.
- SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M.; MARTINEZ, J. C.; BITTAR, C. M. M.; NUSSIO, L. G. Performance and economic analysis of feedlot cattle fed diets supplemented with α -amylase. **Livestock Science**, v. 177, p. 138–144, 2015.
- SIMON, A. L.; COPETTI, P. M.; LAGO, R. V. P.; VITT, M. G.; NASCIMENTO, A. L.; SILVA, L. E. L.; WAGNER, R.; KLEIN, B.; MARTINS, C. S.; KOZLOSKI, G. V.; DA SILVA, A. S. Inclusion of exogenous enzymes in feedlot cattle diets: Impacts on physiology, rumen fermentation, digestibility and fatty acid profile in rumen and meat. **Biotechnology Reports**, v. 41, e00824, 2024.
- SPEARS, J. W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 58, p. 151–163, 1996.
- SUTTLE, N. F. **Mineral nutrition of livestock**. 4. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2010.
- TRICARICO, J. M.; ABNEY, M. D.; GALYEAN, M. L.; RIVERA, J. D.; HANSON, K. C.; MCLEOD, K. R.; HARMON, D. L. Effects of a dietary *Aspergillus oryzae* extract containing α -amylase activity on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 802–811, 2007.
- TRICARICO, J. M.; JOHNSTON, J. D.; DAWSON, K. A.; HANSON, K. C.; MCLEOD, K. R.; HARMON, D. L. Dietary supplementation of ruminant diets with an *Aspergillus oryzae* α -amylase. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1–4, p. 136–150, 2008.
- UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. (ed.). **The mineral nutrition of livestock**. New York: CABI Publishing, 1999. 614 p.

VASCONCELOS, J. T.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; GALYEAN, M. L.; GREENE, L. W.; LEMENAGER, R. P. Performance of feedlot steers supplemented with zinc, manganese, copper, and cobalt as sulfates or methionine/complexes during a twelve-month period. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 4, p. 1049–1058, 2007.

ZINN, R. A.; OWENS, F. N.; WARE, R. A. Influence of organic zinc supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 11, p. 2801–2808, 2001.