

CAPÍTULO 8

Fezes e urina como indicadores da eficiência do uso de nutrientes por ruminantes em pastejo

Eduardo Bohrer de Azevedo, Eliana Bordin Dutra, Lucas Biscaglia Miranda, Eduarda Jahnke Kepplin

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-29-9.c8>

Resumo

Os sistemas pastoris e a nutrição de ruminantes em pastejo são fundamentais para a sustentabilidade agropecuária, a eficiência no uso de recursos naturais e a busca por maior produtividade. Portanto, protocolos científicos que visem estudar suas particularidades nutricionais são de extrema importância. A mensuração de parâmetros nutricionais enfrenta desafios devido à variabilidade das pastagens e à dificuldade de medir diretamente esses parâmetros com animais em condições de pastoreio. As análises de fezes e urina emergem como ferramentas valiosas para estimar a eficiência do uso de nutrientes, sendo a análise fecal capaz de quantificar o consumo, a digestibilidade e a composição dietética. A coleta de fezes pode ser realizada por meio de bolsas coletoras ou coletas pontuais, enquanto indicadores como cromo e titânio são utilizados para estimar o volume fecal. O nitrogênio das fezes pode servir como indicador de consumo e digestibilidade. A espectroscopia de infravermelho próximo (NIRs) das fezes surge como uma técnica promissora para avaliar a composição fecal sem o uso de reagentes químicos. Já a análise urinária permite estimar a síntese microbiana e o balanço de nitrogênio, embora a coleta em pastejo seja desafiadora. O uso de derivados de purina na urina para estimar a eficiência ruminal e o consumo tem potencial para ser aplicado em projetos de pesquisa, além de explorar a relação entre excreção e impacto ambiental. As metodologias disponíveis, embora diversas, exigem uma escolha cuidadosa para que se adequem aos objetivos experimentais, possibilitando ajustes nutricionais e melhorias na produção agropecuária.

1. Introdução

Os sistemas pastoris e a nutrição de ruminantes em pastejo são fundamentais para a sustentabilidade da produção agropecuária. Esses sistemas promovem o uso eficiente dos recursos naturais, reduzindo custos. Além disso, a nutrição adequada dos ruminantes em pastejo busca garantir o aporte de nutrientes necessários para aumentar a produtividade.

A mensuração de parâmetros nutricionais de ruminantes em pastejo apresenta diversas dificuldades, considerando a variabilidade da composição nutricional das pastagens, que é influenciada por fatores naturais, como a fenologia da planta, as condições edafoclimáticas e as características das diferentes plantas forrageiras. Soma-se a isso a dificuldade de realizar mensurações diretas de parâmetros como a digestibilidade e, principalmente, o consumo diário de matéria seca.

Para estimar a eficiência do uso de nutrientes por ruminantes em ambientes pastoris, a análise das fezes e da urina se destaca como uma ferramenta valiosa, capaz de gerar informações sobre o uso dos componentes proteicos e energéticos ingeridos pelos animais (DEL VALLE et al., 2023; AZEVEDO et al., 2024). Com base nisso, o objetivo desta revisão é abordar as principais técnicas utilizadas para avaliações nutricionais de ruminantes em pastejo, por meio de análises fecais e urinárias, além de discutir aspectos práticos das coletas e os avanços nas metodologias.

2. Fezes

A dificuldade de quantificar e até mesmo estimar parâmetros nutricionais de ruminantes, especialmente em condições de pastejo, aliada à demanda por metodologias acessíveis, práticas e de baixo custo, tem incentivado estudos baseados na avaliação fecal, devido à facilidade de obtenção dessas amostras a campo. Dessa forma, por meio das fezes, é possível estimar parâmetros da composição da dieta (DIXON & COATES, 2009), assim como quantificar a quantidade diária ingerida de componentes nutricionais (CARVALHO et al., 2007).

As análises fecais, tanto em protocolos científicos quanto em nível produtivo, permitem estimar o consumo diário (KOZLOSKI et al., 2014), a digestibilidade (DAVID et al., 2014), a concentração e a quantidade de proteína bruta da dieta (AZEVEDO et al., 2024), a composição botânica da forragem (COATES & DIXON, 2007) e até mesmo o aproveitamento de minerais, principalmente o fósforo (DIXON & COATES, 2009). Essas variáveis podem ser medidas por meio de indicadores, análises químicas e espectroscopia (LEITE & STUTH, 1988; TOLLESON & SCHAFER, 2014).

2.1. Coleta de fezes de ruminantes em pastejo

A excreção fecal de ruminantes em pastejo pode ser obtida por meio de bolsas coletoras presas aos animais, permitindo a coleta total de fezes com poucos materiais laboratoriais. Para reduzir erros decorrentes da excreção irregular das fezes e da variação diária do comportamento ingestivo, a literatura recomenda um mínimo de cinco dias de coleta, considerando que o alimento leva horas para percorrer todo o trato gastrointestinal do animal. No entanto, o tempo de coleta adotado para experimentação com animais a campo é baseado em ensaios de digestibilidade in vivo, carecendo de estudos que investiguem o período ideal de coleta para animais em pastejo (PENNING, 2004; EZEQUIEL et al., 1995).

Na prática, observa-se um maior uso das bolsas coletoras para ovinos em detrimento de bovinos, pois os bovinos defecam um volume maior em razão do consumo, e a umidade das fezes é maior, o que pode resultar em perdas significativas. Dessa forma, enquanto para ovinos a frequência de esvaziamento das bolsas é de duas vezes ao dia, para bovinos essa frequência pode ser aumentada para três a quatro vezes, o que implica um maior manejo dos animais e, conseqüentemente, pode interferir no comportamento ingestivo, limitando o uso dessa metodologia para essa espécie. Além disso, o uso das bolsas é recomendado apenas em animais machos, para evitar contaminação pela urina (CARVALHO et al., 2007; PENNING, 2004).

Coletas pontuais e globais de fezes também podem ser realizadas; entretanto, sua principal diferença em relação à coleta total de fezes é que essas

dependem da utilização de um indicador externo, fornecido ao animal em dose conhecida (GONÇALVES et al., 2019). A coleta pontual de fezes é realizada diretamente da ampola retal do animal, onde, após estabilização do marcador ao longo do trato gastrointestinal, deve ser feita a coleta de fezes durante um período de cinco dias (GLINDEMANN et al., 2009). Contudo, um grande limitante diz respeito à oscilação do marcador ao longo do dia. Uma das alternativas propostas pela literatura é dosar os animais duas vezes ao dia, realizando a coleta pontual em dois momentos (PENNING, 2004).

Com o objetivo de reduzir a variabilidade oriunda do marcador e tornar o manejo menos invasivo para os animais, pode-se utilizar a técnica de coleta global. Ao dosar o indicador, pequenos marcadores plásticos cortados devem ser fornecidos, identificando cada animal por uma cor específica. Dessa forma, através da passagem pelo trato gastrointestinal, é possível realizar a coleta de fezes a campo, obtendo uma amostra mais representativa da excreção fecal diária (MINSON et al., 1960; PEYRAUD et al., 1996; AZEVEDO et al., 2024).

2.2. Indicadores para estimativa de volume fecal

Os indicadores usados em estudos de ciência animal são substâncias indigestíveis, presentes nos alimentos (indicadores internos) ou administradas aos animais (indicadores externos), que podem ser posteriormente identificadas e quantificadas em suas fezes (WARNER, 1981). Essas substâncias devem atender a alguns pré-requisitos, como: passar pelo trato digestivo inalteradas, não influenciar os processos fisiológicos no trato digestivo, fluir em taxa semelhante à do alimento ou nutriente investigado, ser totalmente recuperadas nas fezes ou, pelo menos, em taxa conhecida, além de permitir uma análise precisa e quantitativa (SALES & JANSSENS, 2003; PENNING, 2004).

Embora esses marcadores sejam amplamente utilizados em estudos nutricionais (MERCHEN, 1993), nenhum deles atende perfeitamente a todas essas características em diferentes espécies e categorias de animais, além de manejos alimentares variados. Portanto, é necessário estudar e conhecer as técnicas disponíveis, bem como os avanços nas metodologias a serem utilizadas, para estimar a produção fecal diária em ruminantes. Dentre os

indicadores externos mais utilizados, podemos destacar o cromo (Cr), o titânio (Ti) e o itérbio (Yb) (PENNING, 2004). O Cr foi muito utilizado em pesquisas há alguns anos, mas seu uso foi interrompido devido ao seu potencial deletério à saúde (DELAGARDE et al., 2010). Atualmente, o Ti tem sido usado mais amplamente, enquanto o Yb recebe menor destaque.

Baseando-se na possibilidade de uso de componentes indigestíveis da fibra, como a lignina em detergente ácido indigestível (LDAi), SALIBA et al. (2003) desenvolveram um indicador externo chamado LIPE®, feito de lignina isolada, purificada e enriquecida, extraída de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*). Trata-se de um hidroxifenilpropano modificado que tem sido utilizado para estimar a produção fecal diária em diferentes espécies animais (LANZETTA et al., 2009; SALIBA et al., 2015). No entanto, ainda são necessários mais estudos de validação, e alguns resultados recentes apontaram baixa acurácia (AMARAL et al., 2022). Assim como o LIPE®, o polietilenoglicol, um indicador externo considerado para estimar com precisão a produção fecal total em ruminantes, como bovinos leiteiros (AHVENJÄRVI et al., 2018) e ovinos (HASSOUN et al., 2013), também pode ser analisado por espectroscopia de infravermelho, permitindo uma análise técnica não destrutiva, mais rápida, simples e sem uso de reagentes.

2.3. Indicadores para estimativa de digestibilidade

A estimativa da digestibilidade por meio de indicadores internos pode ser realizada com compostos indigestíveis, utilizando a relação entre suas concentrações na forragem e nas fezes, bem como pela técnica de índices fecais. Os indicadores internos são definidos como qualquer substância presente de forma natural no alimento, que pode ser quantitativamente medida por métodos químicos ou físicos disponíveis. Eles apresentam a vantagem de já estarem presentes no alimento e, de modo geral, permanecerem uniformemente distribuídos na digesta durante o processo de digestão e excreção (PIAGGIO et al., 1991).

Conforme mencionado, a técnica da relação baseia-se no fato de que a digestibilidade da forragem pode ser estimada pela relação entre a concentração

de um componente indigestível da planta (marcador interno) no alimento e a concentração desse mesmo componente nas fezes. De acordo com PENNING (2004), a técnica requer que o marcador permaneça inalterado ao longo da sua passagem pelo trato gastrointestinal, que possa ser quantitativamente recuperado nas fezes e que tanto a forragem quanto as fezes sejam acuradamente amostradas. Diversos componentes da forragem podem ser utilizados para esse fim, e muitos deles já foram pesquisados (BERCHIELLI et al., 2005; FERREIRA et al., 2009). Dentre os utilizados, destacam-se: n-alcanos, cinza insolúvel em ácido, cinza insolúvel em detergente ácido, lignina em detergente ácido indigestível, FDNi e FDAi.

No caso da técnica de índices fecais, ela se baseia na relação entre a concentração de um componente químico nas fezes e a digestibilidade da matéria orgânica (LANCASTER, 1949) ou até mesmo na relação direta entre a quantidade de uma substância nas fezes (em gramas) e o consumo de matéria orgânica. Nesse caso, o indicador interno não precisa ser indigestível e é medido apenas nas fezes. No entanto, a metodologia requer um ensaio convencional de digestibilidade em gaiolas de metabolismo, utilizando um alimento semelhante ao que será oferecido ao animal em pastejo, para que as relações entre o composto, a digestibilidade e o consumo sejam estabelecidas nas situações particulares. O componente químico mais utilizado para essa finalidade é o nitrogênio fecal, e vários estudos já avaliaram positivamente seu uso (WANG et al., 2009; AZEVEDO et al., 2014; DAVID et al., 2014). A principal crítica a essa técnica é que a relação entre o nitrogênio das fezes e o parâmetro nutricional avaliado pode não ser constante, variando de acordo com o sistema alimentar, o que demanda a construção de modelos regionais (COATES & PENNING, 2000). No entanto, alguns trabalhos verificaram a possibilidade de usar equações mais genéricas em relação a diferentes dietas (LUKAS et al., 2005; PERIPOLLI et al., 2011) e entre espécies animais (AZEVEDO et al., 2023).

2.4. Indicadores para estimativa de consumo

Baseando-se no fato de que o consumo pode ser avaliado pela divisão da produção fecal pela indigestibilidade do alimento, a estimativa de consumo pode ser feita pela determinação da produção total de fezes (em gramas) e pela

digestibilidade da dieta (PENNING, 2004). Acima, discutiu-se sobre diferentes técnicas para estimar o volume fecal e a digestibilidade, de forma que, ao combiná-las, será possível obter a estimativa de consumo. Um ponto negativo dessa abordagem é que erros acumulados nas técnicas utilizadas podem gerar dados com menor acurácia.

Alguns indicadores podem ser usados para estimar o consumo de forma direta. Os pesquisadores MAYES & LAMB (1984) propuseram o método dos n-alcanos como marcadores para estimar o consumo de matéria seca pelos animais. Este método estima o consumo a partir da relação entre as concentrações fecais de um n-alcano presente naturalmente na forragem (marcador interno) e outro n-alcano administrado por via oral (marcador externo). Os n-alcanos são um marcador satisfatório para medir a ingestão de matéria seca por ruminantes, conforme demonstrado em muitos estudos, como os de DOVE et al. (2002) e DE-STEFANI AGUIAR et al. (2013). No entanto, a principal limitação dessa abordagem é a subjetividade na amostragem de forragem (FERRI et al., 2008), uma vez que é necessário coletar uma amostra do pasto que está sendo ingerido pelo animal.

Além da possibilidade de uso como indicador de digestibilidade, a composição nitrogenada das fezes pode ser utilizada como metodologia para estimar o consumo de matéria orgânica. Nesse caso, assume-se que a quantidade de nitrogênio excretado nas fezes (em gramas por dia) é constante por unidade de consumo de matéria orgânica (LANCASTER, 1949). Essa premissa, proposta há alguns anos, tem sido avaliada positivamente em estudos com forrageiras temperadas (AZEVEDO et al., 2014), tropicais (DAVID et al., 2014) e forragens heterogêneas (AZEVEDO et al., 2024), envolvendo bovinos e ovinos (KOZLOSKI et al., 2018). Alguns estudos realizaram comparações entre o uso de n-alcanos e nitrogênio fecal para estimar o consumo e verificaram semelhanças entre os valores estimados (SAVIAN et al., 2018).

2.5. Medidas nutricionais via NIRs fecal

A espectroscopia no infravermelho próximo fecal (FNIRs) vem sendo utilizada e aprimorada para avaliar a composição das fezes e os atributos da

dieta de ruminantes em pastejo, considerando que 70% da variação na ingestão e digestibilidade pode ser explicada pelas fezes (HOLLOWAY et al., 1981; DUTRA et al., 2023). O NIRs permite uma rápida resposta, não depende do uso de reagentes químicos convencionalmente utilizados para análises bromatológicas e representa uma metodologia não destrutiva (PASQUINI et al., 2018).

A FNIRs possui grande potencial de aplicação, especialmente em sistemas alimentares heterogêneos, facilitando a tomada de decisões nutricionais por profissionais da área. Alguns trabalhos desenvolvidos em condições heterogêneas apresentaram bons resultados, como em campo nativo do Bioma Pampa, no Texas e em Israel (GINDRI et al., 2019; LEITE & STUTH, 1995; LANDAU et al., 2018).

Dessa forma, alguns parâmetros são mais frequentemente estudados e apresentam grande relevância para a nutrição, como a ingestão voluntária de matéria seca ou matéria orgânica (DECRUYENAERE et al., 2015; EBLING et al., 2018; PARRA-FORERO et al., 2023); a digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica (LEITE & STUTH, 1995; GINDRI et al., 2019); a concentração de proteína bruta da dieta (BOVAL et al., 2004; OLIVEIRA, 2019) e a proteína bruta das fezes (FALEIRO et al., 2019; YIMING XU et al., 2024).

3. Urina

Assim como a análise fecal, o estudo dos compostos eliminados pela urina é um potencial indicador nutricional para animais ruminantes em pastejo. A excreção urinária por ruminantes possibilita a estimativa de parâmetros como a síntese microbiana no rúmen e o balanço de nitrogênio (RODRIGUES et al., 2023), além da ingestão de matéria orgânica digestível (DAVID et al., 2015). Mais recentemente, a análise da urina tem sido fundamental em estudos que focam no impacto ambiental de animais ruminantes, por meio da avaliação da excreção de nitrogênio e do potencial de emissão de gases de efeito estufa derivados de locais de micção (LOMBARDI et al., 2022a).

3.1. Coleta de urina de ruminantes em pastejo

A amostragem de urina de animais em pastejo torna-se um desafio devido aos seus hábitos extensivos de ocupação das áreas de produção. Deste modo, sugere-se que as coletas de urina sejam realizadas de forma pontual, para análises pré-determinadas em estudos (CHEN et al., 2004).

Historicamente, os estudos com ruminantes mostraram que a excreção de derivados de purina pode fornecer um índice do fluxo de proteína microbiana. Essa metodologia é de fácil acesso e não invasiva, estimando valores do fluxo de nitrogênio microbiano em ruminantes. No entanto, requer a coleta total de urina, o que a torna mais complexa em sistemas pastoris, mesmo em condições de pesquisa. Alternativas incluem amostras de urina e sistemas de medição de creatinina (DEL VALLE et al., 2023).

Os estudos que visam a avaliação da excreção urinária diária buscam torná-la mais prática, minimizando ao máximo o impacto no bem-estar do animal, utilizando coletas pontuais de ruminantes em pastejo. No caso de bovinos, a coleta de urina em fêmeas é baseada na massagem vulvar, com uso de um recipiente para armazenar a amostra para posterior análise. Nos ovinos, uma abordagem que pode ser utilizada é a técnica de “pressão e alívio”, que consiste no manejo em que o responsável se aproxima e se afasta do animal repetidamente, até o momento da excreção e coleta da urina (GRANDIN, 1989). Nesse caso, uma pessoa com dois recipientes identificados para cada animal realiza a coleta de até dois animais por pressão e alívio.

3.2. Indicadores para estimativa de volume urinário

A quantificação da excreção urinária total é essencial para descrever processos como o balanço de nitrogênio e a ingestão de energia, além de estimativas da síntese de proteína microbiana (KOZLOSKI et al., 2005). No entanto, em condições de pastejo, a quantificação da excreção urinária é um processo trabalhoso e, na maioria das vezes, impraticável. Métodos indiretos para estimar a excreção urinária total têm sido sugeridos, como o uso da creatinina urinária (CHEN et al., 2004; DAVID et al., 2015) como uma alternativa para a coleta de urina total.

A creatinina é um metabólito formado no músculo pela remoção de água do fosfato de creatina, originando-se no metabolismo celular (HARPER et al., 1982). Como a creatinina é produzida diariamente e excretada de forma constante por quilograma de massa muscular do animal, é o marcador mais amplamente utilizado para estimar a excreção diária de urina. Além disso, seu uso não foi considerado influenciado pela ingestão de nutrientes e pela composição da dieta (VALADARES FILHO et al., 2007; DAVID et al., 2015). Por outro lado, LIU & McMENIMAN (2006) mostraram que podem ocorrer variações de acordo com a qualidade da dieta.

3.3. Indicadores urinários para estimativa da eficiência ruminal e do consumo

Embora a síntese de proteína microbiana ocorra no rúmen, sua mensuração in loco é complicada devido à grande heterogeneidade dos conteúdos digestivos e à dificuldade de estimar os fluxos de renovação microbiana, o que tem motivado, preferencialmente, a determinação da síntese microbiana em compartimentos pós-ruminais. Entretanto, a quantificação do fluxo de proteína microbiana pós-ruminal (abomaso ou intestino delgado) requer animais preparados com fístulas, o que levanta preocupações quanto ao bem-estar animal e pode afetar o consumo de matéria seca e o desempenho dos animais. Outra forma de estimar a síntese de proteína microbiana é por meio da excreção urinária de derivados de purina como indicador interno, um método não invasivo e com potencial de uso em nível comercial (TAS & SUSENBETH, 2007).

A excreção urinária de derivados de purina (alantoína, ácido úrico, hipoxantina e xantina) tem se mostrado eficaz para estimar o fluxo de proteína microbiana para o duodeno (CHEN et al., 1990; GONZALES-ROQUILLO et al., 2003). O princípio é que o fluxo duodenal de ácidos nucleicos e seus derivados é majoritariamente de origem microbiana, os quais são amplamente digeridos e absorvidos no intestino delgado, com as bases purinas metabolizadas em seus derivados e excretadas na urina (TOPPS & ELLIOT, 1965). Assim, o fluxo de nitrogênio microbiano pode ser estimado através do total de derivados de purina (DP) excretados na urina. É importante salientar que é necessário estimar o

volume urinário diário; por isso, as medidas de derivados de purina e creatinina são geralmente realizadas concomitantemente, na mesma amostra.

Além de serem utilizados nas estimativas de síntese de proteína microbiana, os derivados de purina podem ser aplicados nas estimativas de consumo de matéria seca e matéria orgânica total e digestível (GEORGE et al., 2007; DÓREA et al., 2017). A excreção de derivados de purina aumenta linearmente conforme o consumo se eleva (CHEN et al., 1992; ZHOU et al., 2018). Com o aumento da ingestão de proteína e matéria orgânica degradável no rúmen, ocorre uma maior síntese de proteína microbiana, resultando em um incremento na excreção de derivados de purina na urina. O aumento da síntese microbiana ruminal, por sua vez, leva a uma maior ingestão de matéria seca. Além das limitações mencionadas anteriormente, DÓREA et al. (2017) utilizaram abordagens metanalíticas para estimar a ingestão de matéria seca e a excreção endógena de derivados de purina em gado leiteiro e de corte, mas poucos estudos foram conduzidos com a mesma proposta em ovelhas (DAVID et al., 2015), o que demanda mais investigação.

4. Medidas de avaliação ambiental via fezes e urina

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) na produção de ruminantes é composta pela deposição das excretas dos animais na superfície do solo. Dentre os gases emitidos, temos a emissão de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e volatilização de amônia (NH_3) que ocorrem naturalmente no solo devido aos processos bióticos e abióticos, como por exemplo, saturação de água no solo (ambiente anaeróbico), nitrificação, desnitrificação, amonificação, respiração de microrganismos dentre outros (LOMBARDI et al., 2022a; LOMBARDI et al., 2022b).

As dejeções de ruminantes possuem em sua composição, concentrações de carbono (C) e nitrogênio (N) disponíveis para emissões de GEE. As fezes recém depositadas no solo, são potencialmente produtoras de CH_4 em função do C solúvel, proveniente dos microrganismos metanogênicos presentes no trato gastrointestinal dos ruminantes. Por sua vez, a urina é potencial emissora de

N₂O pelas suas concentrações de N orgânico, e processos de nitrificação e desnitrificação (HAHN et al., 2018; LUO et al., 2017)

As emissões de GEE estão relacionadas com a composição da dieta dos animais, que pode ser influenciada de acordo com as concentrações de C e N das excretas. Ao observarmos o N₂O, em função do maior potencial de efeito estufa, os valores acumulados de emissão da urina de ruminantes, em animais suplementados são de 2.046 (N-N₂O µg N/m²/h) e de animais não suplementados 3.575 (N-N₂O µg N/m²/h). Da mesma forma, os fatores de emissões para urina de animais suplementados é menor, quando comparado ao de animais não suplementados, sendo 0,03% e 0,63%, respectivamente (MIRANDA et al., 2024; KEPPLIN et al., 2024).

5. Considerações finais

Primeiramente, é essencial destacar que a análise das fezes e da urina pode fornecer informações relevantes sobre a digestão e a absorção de nutrientes, permitindo identificar deficiências nutricionais e realizar ajustes na dieta. Do ponto de vista científico, existem várias metodologias disponíveis, cada uma com seus pontos positivos e negativos. Cabe ao pesquisador definir, de acordo com suas hipóteses e características experimentais, qual metodologia se encaixa melhor na proposta do projeto.

6. Referências bibliográficas

- AHVENJÄRVI, S. et al. Polyethylene glycol as an indigestible marker to estimate fecal output in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, 2018.
- AMARAL, G. A, et al. Purified and enriched lignin as a marker to estimate faecal output of sheep fed temperate and tropical grasses. **Livestock Science**, v. 263, 2022.
- AZEVEDO, E. B. et al. Can a Cattle and Sheep Mixed Model Based on Fecal Crude Protein Estimate the Feed Intake and Digestibility, Florianópolis, SC, 2023. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE NUTRITION OF HERBIVORES, 11., 2023, Florianópolis, SC. **Anais...** 11º International symposium on the nutrition of herbivores, 2023. V.14.
- AZEVEDO, E. B. et al. Use of faecal components as markers to estimate intake and digestibility of grazing sheep. **Livestock Science**, v. 165, n. 1, 2014.

- AZEVEDO, E. B. et al. Nutritional characteristics estimated by faecal protein in cattle fed with heterogeneous natural grassland. **Animal Production Science**, v. 64, n. 2, 2024.
- BERCHIELLI, T. T. et al. Comparison of markers used to estimate fecal production and digesta flow of cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, 2005.
- BOVAL, M. et al. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 114, 2004.
- CARVALHO, P. C. F. et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, 2007.
- CHEN, X. B. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants: endogenous excretion, differences between cattle and sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 63, n. 1, 1990.
- CHEN, X. B. et al. Measurement and Application of Purine Derivatives: Creatinine Ratio in Spot Urine Samples of Ruminants. In: MAKKAR, H. P. S., CHEN, X. B., **Estimation of Microbial Protein Supply in Ruminants Using Urinary Purine Derivatives**. Berlin: Springer-Science+Business Media, 2004. p. 167-179.
- CHEN, X. B. et al. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. **Journal of animal science**, v. 70, n. 5, 1992.
- COATES, D. B.; DIXON, R. M. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (F.NIRS) measurements of non-grass proportions in the diet of cattle grazing tropical rangelands. **The Rangeland Journal**, v. 29, 2007.
- COATES, D. B.; PENNING, P. Measuring animal performance. In: MANNETJE, L., JONES, R. M., **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CABI, 2000. p. 353-402.
- DAVID, D. B. et al. Faecal index to estimate intake and digestibility in grazing sheep. **Journal of Agricultural Science**, v. 152, n. 4, 2014.
- DAVID, D. B. et al. Uso da creatinina urinária como marcador nutricional e de volume urinário em ovinos alimentados com forragem tropical ou temperada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 4, 2015.
- DECRUYENAERE, V. et al. Prediction error and repeatability of near infrared reflectance spectroscopy applied to faeces samples in order to predict voluntary intake and digestibility of forages by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 205, 2015.
- DELAGARDE, R. et al. Ytterbium oxide has the same accuracy as chromic oxide for estimating variations of faecal dry matter output in dairy cows fed a total

- mixed ration at two feeding levels. **Animal Feed Science and Technology**, v. 161, n. 3–4, 2010.
- DEL VALLE, T. A. et al. Purine derivatives and creatinine urine excretion as a tool to estimate sheep feed intake. **Animal Feed Science and Technology**, v. 301, 2023.
- DE-STEFANI AGUIAR, A. et al. Evaluating the statistical variation in estimating forage dry matter intake of grazing Brahman bulls using n-alkanes. **Journal of Agricultural Science**, v. 151, n. 1, 2013.
- DIXON, R.; COATES, D. Near infrared spectroscopy of faeces to evaluate the nutrition and physiology of herbivores. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 17, n. 1 2009.
- DÓREA, J. R. R. et al. Urinary purine derivatives as a tool to estimate dry matter intake in cattle: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, 2017.
- DOVE, H. et al. Factors influencing the release rate of alkanes from an intraruminal, controlled-release device, and the resultant accuracy of intake estimation in sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 53, n. 6, 2002.
- DUTRA, E. B. et al. Modelos de classificação qualitativa para amostras de fezes de bovinos e ovinos via NIRS, Santa Maria, RS, 2023. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 38., 2023, Santa Maria, RS. **Anais...** 38ª Jornada Acadêmica Integrada, 2023.
- EBLING, F. R. et al. Uso do NIRS em amostras fecais para estimativa de parâmetros nutricionais de bovino, Santana do Livramento, RS, 2018. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2018, Santana do Livramento, RS. **Anais...** 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2018. V.10.
- EZEQUIEL, J. M. B. et al. Efeito do período de coleta sobre a digestibilidade de alguns nutrientes, em ensaios com ovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 2, 1995.
- FALEIRO, E. A. et al. Development of fecal NIRS technology to support nutrition decision in pastoral systems, Porto Alegre, RS, 2019. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 8., 2019, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), 2019.
- FERREIRA, M. A. et al. Evaluation of markers in ruminant trials: digestibility. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, 2009.
- FERRI, C. M. et al. Comparison of Four Techniques to Estimate Forage Intake by Rams Grazing on a Panicum coloratum L. Pasture. **Chilean journal of agricultural research**, v. 68, n. 3, 2008.

- GRANDIN, T. Behavioral principles of livestock handling. **The professional animal scientist**, v. 5, n. 2, 1989.
- GEORGE, S. K. et al. Effect of levels of feed intake on plasma concentration and urinary excretion of purine derivatives in crossbred bulls. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 16, n. 1, 2007.
- GINDRI, M. et al., Comparison of methods to estimate crude protein and digestible organic matter content of diets ingested by free-ranging sheep. **Small Ruminant Research**, v. 178, 2019.
- GLINDEMANN, T. et al. Impact of grazing intensity on herbage intake, composition, and digestibility and on live weight gain of sheep on the Inner Mongolian steppe. **Livestock Science**, v. 124, n. 1–3, 2009.
- GONÇALVES, J. L. et al. Uso de marcadores para avaliação do consumo em ruminantes. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 16, n. 4, 2019.
- GONZALES-RONQUILLO, M. et al. Purine derivative excretion in dairy cows: endogenous excretion and the effect of exogenous nucleic acid supply. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 4, 2003.
- HAHN, J. et al. Dung application increases CH₄ production potential and alters the composition and abundance of methanogen community in restored peatland soils from Europe. **Biol Fertil Soils**, v. 54, 2018.
- HARPER, H. A. et al. **Manual de química fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1982. 736p.
- HASSOUN, P. et al. A method for estimating dry forage intake by sheep using polyethylene glycol as a faecal marker measured with NIRS. **Animal**, v. 7, n. 8, 2013.
- HOLLOWAY, J. W. et al. Relationship between fecal components and forage consumption and digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 4, 1981.
- KEPPLIN, E. J. et al. Fatores de emissão do óxido nitroso das fezes e da urina de ovinos pastejando azevém recebendo ou não suplemento, Santa Maria, RS, 2024. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 39., 2024, Santa Maria, RS. **Anais...** 39ª Jornada Acadêmica Integrada, 2024.
- KOZLOSKI, G. V. et al. Faecal N excretion as an approach for estimating organic matter intake by free-ranging sheep and cattle. **The Journal of Agricultural Science**, v. 155, 2018.
- KOZLOSKI, G. V. et al. Faecal nitrogen excretion as an approach to estimate forage intake of wethers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 98, n. 4, 2014.
- KOZLOSKI, G. V. et al. Uso da creatinina como indicador da excreção urinária em ovinos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, 2005.

- LANCASTER, R. J. Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. **Nature**, v. 163, 1949.
- LANDAU, S. Y. Impact of animal density on cattle nutrition in dry Mediterranean rangelands: a faecal near-IR spectroscopy-aided study. **Animal**, v. 12, 2018.
- LANZETTA, V. A. S. et al. Validation of Lipe® as method to evaluate the apparent digestibility of nutrients in equines. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, 2009.
- LEITE, E. R.; STUTH, J. W. Multiple fecal indices for predicting nutritional status of steers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, 1988.
- LEITE, E. R.; STUTH, J. W. Fcal NIRS equations to assess diet quality of free-ranging goats. **Small Ruminant Research**, v. 15, 1995.
- LIU, Z. J.; MCMENIMAN, N. P. Effect of nutrition level and diets on creatinine excretion by sheep. **Small Ruminant Research**, v. 63, n. 3, 2006.
- LOMBARDI, B. et al. Combination of cattle urine and dung patches synergically increased nitrous oxide emissions from a temperate grassland under wet conditions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 340, 2022a.
- LOMBARDI, B. et al. Greenhouse gas emissions from cattle dung depositions in two Urochloa forage fields with contrasting biological nitrification inhibition (BNI) capacity. **Geoderma**, v. 406, 2022b.
- LUKAS, M. et al. Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle. **Journal Animal Science**, v. 83, 2005.
- LUO, J. et al. Potential hotspot areas of nitrous oxide emissions from grazed pastoral dairy farm systems. In: **Advances in Agronomy**. Elsevier, v. 145, 2017.
- MAYES, R.W.; LAMB, C.S. The possible use of n-alkanes in herbage as indigestible faecal markers. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.43, n. 1, 1984.
- MERCHEN, N. R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C., **The Ruminant Animal Digestive Physiology and nutrition**. Corvallis: O&B Books, 1993, p. 172–201.
- MINSON, D. J. et al. A method for identifying the faeces produced by individual cattle or groups of cattle grazing together. **Journal of the British Grassland Society**, v. 15, 1960.
- MIRANDA, L. B. et al. Emissões acumuladas de óxido nitroso das excretas de bovinos suplementados ou não em pastoreio, Santa Maria, RS, 2024. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 39., 2024, Santa Maria, RS. **Anais...** 39ª Jornada Acadêmica Integrada, 2024.

- OLIVEIRA, D. M. **Predictability of dry matter intake, diet composition and digestibility in beef cattle using fecal near-infrared reflectance spectroscopy**. 2019. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras.
- PASQUINI, C. Princípios da espectroscopia no infravermelho próximo. In: TIBOLA, C. S.; MEDEIROS, E. P.; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, M. A. **Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos**. Brasília: Embrapa, 2018. p. 13-30.
- PARRA-FORERO, D. et al. Use of near-infrared reflectance spectroscopy on feces to estimate digestibility and dry matter intake of dietary nutritional characteristics under grazing conditions in Colombian creole steers. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, n. 178, 2023.
- PERIPOLLI, V. Fecal nitrogen to estimate intake and digestibility in grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 163, 2011.
- PENNING, P. D. Animal-based techniques for estimating herbage intake. In: PENNING, P. D., **Herbage Intake Handbook**. Dunston: The British Grassland Society, 2004, p. 53-93.
- PEYRAUD, J. L. et al. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. **Animal Research**, v. 45, n. 3, 1996.
- PIAGGIO, L. M. et al. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível como indicadores internos da digestibilidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 20, n. 3, 1991.
- RODRIGUES, A. N. et al. Evaluation of the chromium-EDTA complex and creatinine as markers for urinary volume in cattle. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 72, 2023.
- SALES, J.; JANSSENS, G. P. J. Acid-insoluble ash as a marker in digestibility studies: a review. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 12, 2003.
- SALIBA, E. O. S. et al. Utilization of purified lignin extracted from *Eucalyptus grandis* (PELI), used as an external marker in digestibility trials in various animal species, Porto Alegre, RS, 2003. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003. Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: World Conference on Animal Production, 2003.
- SALIBA, E. O. S. et al. Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. **International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics**, 2015.

- SAVIAN, J. V. et al. Comparison of faecal crude protein and n-alkanes techniques to estimate herbage intake by grazing sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 242, 2018.
- TAS, B. M.; SUSENBETH, A. Urinary purine derivatives excretion as an indicator of in vivo microbial N flow in cattle: A review. **Livestock Science**, v. 111, n. 3, 2007.
- TOLLESON, D. R.; SCHAFER, D. W. Application of fecal near-infrared spectroscopy and nutritional balance software to monitor diet quality and body condition in beef cows grazing Arizona rangeland. **Journal of Animal Science**, v. 92, 2014.
- TOPPS, J. H.; ELLIOT, R. C. Relationship between concentration of ruminal nucleic acids and excretion of purine derivatives by sheep. **Nature**, v. 205, 1965.
- VALADARES FILHO, S.C. et al. Estimativa da produção de proteína microbiana utilizando a excreção de derivados de purinas na urina, Pirassununga, SP, 2007. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 1., 2007. Pirassununga, SP. **Anais...** Pirassununga: FMVZ/USP, 2007. p.90-120.
- WANG, C. J. et al. Fecal crude protein content as an estimate for the digestibility of forage in grazing sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, 2009.
- WARNER, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 51, n. 12, 1981.
- YIMING XU et al. Application of near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical composition on feces in Holstein dairy cows and calves. **Animals**, v. 14, 2024.
- ZHOU, J. W. et al. Effect of level of oat hay intake on apparent digestibility, rumen fermentation and urinary purine derivatives in Tibetan and fine-wool sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 241, 2018.

Autores

Eduardo Bohrer de Azevedo, Eliana Bordin Dutra, Lucas Biscaglia Miranda,
Eduarda Jahnke Kepplin

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil