











# Marcadores externos para estimativa de consumo por vacas leiteiras em confinamento

## External markers for the estimation of intake by dairy cows in feedlots

Dayana Alves da Costa<sup>1</sup> , Jailton da Costa Carneiro<sup>2</sup> , Fernando César Ferraz Lopes<sup>2</sup> , Clebson Lucas de Souza<sup>1</sup> , Guilherme Rocha Moreira<sup>3</sup> , Eloísa de Oliveira Simões Saliba<sup>4</sup> , Mércia Regina Pereira de Figueiredo<sup>5</sup> , Lucas Silva do Amaral<sup>3</sup> 

1 Instituto Federal do Acre (IFAC), Sena Madureira, Acre, Brasil

2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

3 Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil

4 Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

5 Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, Espírito Santo, Brasil

\*autor correspondente: dayanazoo@yahoo.com.br

**Resumo:** A determinação acurada do consumo individual é um parâmetro importante para avaliação do valor nutritivo da dieta e permite o fornecimento adequado de alimentos, conforme as exigências nutricionais de cada animal. Quando há impossibilidade da sua mensuração pelo método direto, o consumo pode ser calculado a partir da produção fecal estimada por indicadores e pela digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da dieta. Foi objetivo deste estudo avaliar os indicadores externos dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e hidroxifenilpropano enriquecido e modificado (LIPE<sup>®</sup>) nas estimativas de consumo de matéria seca (MS). Foram utilizadas quatro vacas multíparas Holandês × Gir com média de 60 dias em lactação e 488 kg de peso corporal. Os animais foram alojados em estábulo tipo *free stall* e alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar suplementada com concentrado composto de milho moído, farelo de algodão e 0%, 5%, 10% e 15% de caroço de algodão (base da MS). Adotou-se delineamento quadrado latino 4 x 4. O consumo foi determinado pela razão entre a produção fecal estimada pelos indicadores e pela DIVMS da dieta, sendo as fezes coletadas diretamente na ampola retal, duas vezes por dia, por um período de sete dias. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) nos consumos de MS estimados pelos indicadores TiO<sub>2</sub> e LIPE<sup>®</sup> (10,3 vs. 12,1; 11,1 vs. 12,5; 10,2 vs. 12,9; e 12,7 vs. 10,9 kg/vaca/dia em relação ao consumo mensurado, para as dietas com 0%, 5%, 10% e 15% de inclusão do caroço de algodão, respectivamente). Os indicadores externos LIPE<sup>®</sup> e TiO<sub>2</sub> mostraram-se adequados para estimar o consumo de MS das vacas. Independente da dieta oferecida, ambos mostraram que podem ser utilizados em substituição ao indicador externo óxido crômico, pois, as estimativas de consumo estimadas por eles não diferiram do consumo mensurado no cocho.

**Palavras-chave:** cana-de-açúcar; caroço de algodão; dióxido de titânio; LIPE<sup>®</sup>; produção fecal; silagem.

Recebido: 15 de setembro, 2023. Aceito: 05 de março, 2024. Publicado: 7 de junho, 2024.

**Abstract:** The accurate determination of individual dry matter intake (DMI) is an important parameter for evaluating the nutritional value of a diet and allows for an adequate supply of food according to the nutritional requirements of each animal. When it is not possible to measure this parameter using a direct method, the DMI can be estimated based on faecal production markers and the *in vitro* digestibility of dry matter (IVDMD) of the diet. The objective of this study was to evaluate the effects of the external marker titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and enriched and modified hydroxyphenylpropane (LIPE®) on DMI. Four multiparous Holstein × Gyr cows with an average of 60 days in milk and 488 kg of body weight were used. The animals were housed in a free stall barn and fed diets based on sugarcane silage supplemented with concentrate composed of ground corn, cottonseed meal and 0%, 5%, 10% and 15% whole cottonseed on a dry matter (DM) basis. A 4 × 4 Latin square design was adopted. The DMI was determined by the ratio between the faecal production estimated by the markers and the IVDMD of the diet, with faeces collected by rectal grabbing twice a day for a period of seven days. There was no difference ( $P>0.05$ ) in the DMI estimated by the external markers TiO<sub>2</sub> and LIPE® (10.3 vs. 12.1; 11.1 vs. 12.5; 10.2 vs. 12.9; and 12.7 vs. 10.9 kg/cow/day in relation to the measured DMI for diets with 0%, 5%, 10% and 15% inclusion of whole cottonseed, respectively). The external markers LIPE® and TiO<sub>2</sub> proved to be suitable for estimating cow DMI. Regardless of the diet offered, both external markers can be used to replace the external marker chromic oxide, as the DMI estimated by them did not differ from the DMI measured in the trough.

**Keywords:** faecal production; LIPE®; silage; sugarcane; titanium dioxide; whole cottonseed.

## 1. Introdução

Os programas de alimentação baseiam-se na pressuposição de que os animais consumirão uma quantidade determinada da dieta e ao consumirem menos que isto, as suas necessidades não serão atendidas como planejado. Por outro lado, variações superestimadas no consumo individual, aumentarão os custos com a suplementação da dieta e poderão ocorrer efeitos negativos sobre o consumo e a digestibilidade do alimento, o que, segundo Velásquez et al. <sup>(1)</sup>, poderá provocar impactos negativos na produção animal.

O caroço de algodão tem sido uma alternativa para suplementação energética. Sua principal vantagem está no alto teor de energia, que reflete os seus elevados teores de óleo e de proteína bruta (24%). O óleo é rico em ácidos graxos insaturados, com o ácido linoleico compreendendo 62% e o ácido oleico 15% do total dos ácidos graxos. Além dessas vantagens, o caroço de algodão tem a capacidade de suprir fibra para a ração quando comparado à soja. A utilização do caroço de algodão na dieta de vacas em lactação tem sido incrementada no Brasil nos últimos anos, principalmente pela disponibilidade desse produto em algumas regiões e o alto custo da suplementação proteica <sup>(2)</sup>.

Em dietas formuladas para ruminantes, mesmo utilizando fontes de alimentos alternativos, é essencial o fornecimento de um volumoso para manter em equilíbrio o ambiente ruminal. Conforme Costa et al. <sup>(3)</sup>, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) é uma forrageira adequada para isto, especialmente na alimentação dos rebanhos leiteiros durante o período seco do ano, e a conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem tem despertado o interesse de pesquisadores e produtores, em função dos benefícios em logística e operacionalidade que esta tecnologia pode apresentar.

Para estimativa do consumo individual, várias técnicas têm sido desenvolvidas, que incluem sistemas de identificação eletrônica dos animais e uso de baias individuais. Segundo Peres et al. <sup>(4)</sup>, quando o pecuarista não dispõe de infraestrutura para a mensuração direta da quantidade de dieta consumida, uma técnica alternativa para estimar o consumo individual em animais de produção baseia-se na utilização de substâncias denominadas indicadores, as quais estimam a produção fecal total.

Dentre as técnicas utilizadas para a estimativa da produção fecal total, destaca-se o uso de indicadores que podem (internos) ou não (externos) estar presentes naturalmente na dieta. Esta técnica baseia-se na razão entre a quantidade do indicador ingerido pelo animal e sua concentração nas fezes. Subsequentemente, pode-se estimar o consumo do animal, utilizando valores de digestibilidade *in vitro* da dieta ou alimento(s), permitindo ainda a estimativa da digestibilidade de um nutriente específico da dieta <sup>(1)</sup>.

Apesar do enriquecimento científico em pesquisas para bovinos leiteiros sobre o uso de indicadores para estimar o consumo, as limitações inerentes à utilização dos diferentes indicadores, impulsionam a busca por outros mais precisos, baratos e, de preferência, com metodologias de análise mais simples. Diante desse cenário e da impossibilidade de mensuração direta da produção fecal, o presente estudo teve como objetivo estimar, por meio dos indicadores externos dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e hidroxifenilpropano enriquecido e modificado (LIPE<sup>®</sup>), o consumo de matéria seca por vacas Holandês × Gir, alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar e níveis crescentes de caroço de algodão.

## 2. Material e métodos

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais – CETEA/UFMG (Protocolo nº 163/2009), sendo realizado no Campo Experimental José Henrique Brusqui, da Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, Brasil, no período de setembro de 2009 a janeiro de 2010.

Foram utilizadas quatro vacas Holandês × Gir, com genética variando entre 3/4 a 15/16 de Holandês, fistuladas no rúmen, múltiparas (3 a 4 lactações), no terço inicial de lactação (60 dias), com produção de leite de 14,4±3,3 kg/dia e peso médio inicial de 488±35 kg. O delineamento experimental adotado foi quadrado latino 4 x 4, com duração total de 72 dias. O ensaio foi subdividido em quatro períodos de 18 dias cada, com 10 dias de adaptação dos animais à dieta e os restantes oito dias, para coleta de fezes e de amostras de alimentos.

As vacas foram alimentadas *ad libitum* com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar, confeccionada com 1% de ureia na matéria natural, suplementadas com concentrado composto por milho moído, farelo de algodão e níveis crescentes de caroço de algodão (0, 5, 10 e 15%, base da matéria seca – MS). As vacas foram mantidas em curral do tipo *free stall* com camas individuais de areia, bebedouro coletivo e sistema de limpeza de pista por *flushing*.

Os cochos de alimentação possuíam portões eletrônicos do tipo *calan-gate* (American Calan Inc., Northwood, NH, EUA) que permitiam controle individual diário do consumo de

alimentos. Água e sal mineralizado estiveram disponíveis, à vontade. As dietas foram divididas em duas refeições diárias fornecidas às 07:00 e 17:00 h, sendo a quantidade oferecida ajustada diariamente para permitir, aproximadamente, 10% de sobras. As composições química e percentual dos ingredientes das dietas experimentais encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1** Ingredientes e composição química das dietas experimentais, de acordo com os níveis de inclusão do caroço de algodão, em base da matéria seca (MS).

Composição química (% da MS)	% de caroço de algodão na dieta			
	0	5	10	15
Matéria seca (%)	32,37	32,92	31,44	32,31
Proteína bruta	8,38	8,05	8,56	8,08
Extrato etéreo	1,82	2,50	2,71	4,84
Fibra em detergente neutro	49,89	47,98	48,41	44,72
Fibra em detergente ácido	31,91	31,51	30,38	29,34
Energia bruta (Mcal/kg de MS)	4,30	4,17	4,05	4,27

Ingredientes (% da MS)	% de caroço de algodão na dieta			
	0	5	10	15
Silagem de cana- de-açúcar <sup>1</sup>	59,1	59,2	59,0	59,2
Milho moído	23,0	21,7	21,0	19,7
Farelo de algodão	16,4	12,6	8,5	4,6
Caroço de algodão	0	5,0	10,0	15,0
Suplemento mineral/vitamínico <sup>2</sup>	1,5	1,5	1,5	1,5

<sup>1</sup>Formulada com 1% de ureia com base na matéria natural. <sup>2</sup>Níveis de garantia assegurados pelo fabricante: cálcio 120 g; fósforo 87 g; enxofre 18 g; sódio 147 g; cobre; 0,59 g; cobalto 0,04 g; cromo 0,02 g; ferro 1,8 g; iodo 0,08 g; manganês 1,3 g; selênio 15 mg; zinco 3,8 g; flúor máximo 0,87 g; solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% (min.); vitamina A, 4 x 10<sup>9</sup>; vitamina D3, 1 x 10<sup>9</sup>; vitamina E, 3 x 10<sup>4</sup> UI/kg.

Após período de adaptação dos animais às dietas experimentais, iniciou-se o fornecimento dos indicadores externos. O LIPE® foi administrado em cápsula de 500 mg/vaca/dia, fornecida uma vez ao dia (antes da ordenha da manhã), enquanto que o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) foi administrado duas vezes ao dia (antes das ordenhas da manhã e da tarde) em dosagens de 5 g/vaca/dia, envolto por saco de papel, fornecido sob a forma de “bala”. Para simular a condição em que normalmente são aplicados, ambos foram administrados oralmente, ao mesmo tempo, após contenção da vaca em tronco apropriado.

O dióxido de titânio foi fornecido por onze dias consecutivos (seis dias de adaptação e cinco, para amostragem de fezes) conforme proposto por Titgemeyer et al. <sup>(5)</sup>, e o LIPE®, por um período de sete dias (dois dias de adaptação e cinco, para amostragem de fezes). As fezes foram obtidas diretamente na ampola retal das vacas, duas vezes ao dia, após as ordenhas da manhã e da tarde, conforme metodologia proposta por Saliba et al. <sup>(6)</sup>.

Além das amostras de fezes, durante cada fase do quadrado latino, também foram realizadas amostragens diárias dos alimentos e sobras. Todas as amostras foram armazenadas

a -15°C e, ao término do experimento, foram descongeladas à temperatura ambiente, pré-secadas por 72 h em estufa de ventilação forçada regulada a 55°C, moídas em moinho com peneira com crivos de 1 mm e submetidas às análises laboratoriais. As amostras de fezes e alimentos foram analisadas quanto ao teor de MS a 105°C, conforme recomendações da AOAC <sup>(7)</sup>. A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) das dietas experimentais foi determinada, conforme Tilley e Terry <sup>(8)</sup>.

A concentração do dióxido de titânio foi determinada por calorimetria, conforme Detmann et al. <sup>(9)</sup> e a concentração do LIPE® nas fezes determinada no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, MG, Brasil) em espectrofotômetro modelo Varian 099-2243, equipado com detector infravermelho FTIV, utilizando amostras secas e moídas a 2 mm e pastilhadas com KBr, conforme Saliba et al. <sup>(6)</sup>.

A estimativa de produção de MS fecal (kg/vaca/dia) foi baseada na razão entre a quantidade do indicador ingerida pelo animal e sua concentração nas fezes (Produção fecal = gramas do indicador ingerido/concentração do indicador nas fezes). O consumo individual de MS foi calculado pela razão entre a produção fecal estimada pelos indicadores e o inverso da DIVMS das dietas, conforme a equação: Consumo (kg/dia de MS) = Produção fecal / (1-DIVMS) relatada por Prigge et al. <sup>(10)</sup>.

Os dados de produção fecal e consumo foram submetidos a análise de variância, em função da inclusão do caroço de algodão na dieta (0, 5, 10 e 15%) e do método de estimativa de consumo mensurado (real, LIPE® e dióxido de titânio). Esses foram analisados por meio de ANOVA em nível de 5% de probabilidade.

### 3. Resultados e discussão

Com a impossibilidade de realização da coleta total, para o estudo do consumo das vacas foram realizadas estimativas de produção fecal (kg/dia de MS) com os indicadores externos LIPE® e TiO<sub>2</sub>, onde não foi observado, efeito significativo da interação dieta x indicador para esta variável. Na Tabela 2 estão registradas as estimativas médias de produção de MS fecal (kg/dia) obtidas das vacas alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar e níveis crescentes de caroço de algodão, segundo os indicadores externos.

**Tabela 2** Estimativas médias de produção de matéria seca fecal (kg/dia) de vacas Holandês × Gir alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar, suplementadas com níveis crescentes de caroço de algodão, obtidas a partir dos indicadores externos dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e LIPE®.

Indicador externo	% de caroço de algodão na dieta			
	0	5	10	15
LIPE®	4,43±0,41	4,71±1,16	4,77±0,47	3,82±0,54
TiO <sub>2</sub>	4,94±0,16	4,38±1,62	4,76±0,67	5,75±0,83

Dieta ( $P = 0,91$ ), Indicador ( $P = 0,50$ ), Dieta x Indicador ( $P = 0,12$ )

O indicador LIPE® estimou uma produção média de MS fecal de 4,43 kg/vaca/dia, independente da dieta oferecida, enquanto que o TiO<sub>2</sub> estimou valor médio para a produção de MS fecal numericamente maior, de 4,96 kg/vaca/dia. A variabilidade nas estimativas médias de produção de MS fecal pode estar relacionada com a variação na qualidade nutricional da porção diária da silagem de cana-de-açúcar oferecida, uma vez que, a cada dia, esta pode ter sido retirada de diferentes locais do silo, tendo, principalmente, teores diferentes de umidade em função do local da retirada, mais úmida nas partes mais baixas.

Lima et al. <sup>(11)</sup> observaram em bubalinos mantidos em confinamento recebendo silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) que as estimativas de produção fecal obtidas dos indicadores externos óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e LIPE® não diferiram daquela mensurada por meio da coleta total de fezes. No entanto, a estimativa de produção fecal obtida a partir do TiO<sub>2</sub> superestimou a produção total de fezes.

A produção fecal foi avaliada por Figueiredo et al. <sup>(12)</sup> em novilhas Holandês × Zebu, com peso vivo médio de 363,0±27,7 kg, recebendo dietas à base de feno de capim tifton 85 com inclusão de coproduto de cacau em diferentes níveis (0, 8, 16 e 24% da MS). Esses autores concluíram que os indicadores óxido crômico e LIPE® estimaram com acurácia e precisão a produção fecal, enquanto que o indicador TiO<sub>2</sub> foi ineficiente para estimar essa variável. Foi observado que a recuperação fecal do TiO<sub>2</sub> variou em função das características da dieta.

Estimativas da digestibilidade aparente de dietas à base de capim-elefante e raspa de mandioca foram obtidas por Magalhães et al. <sup>(13)</sup> a partir dos indicadores internos FDNi (fibra em detergente neutro indigestível) e FDAi (fibra em detergente ácido indigestível) e do indicador externo LIPE® em ovinos. Esses autores observaram que a produção fecal estimada pelo LIPE® diferiu ( $P < 0,05$ ) daquela obtida pelo método da coleta total de fezes, concluindo que o LIPE® não foi adequado no estudo de digestibilidade em ovinos.

As dietas apresentaram DIVMS de 63,4%, 62,3%, 62,4% e 65,1%, respectivamente para 0, 5, 10 e 15% de inclusão de caroço de algodão. As estimativas de consumo de MS (CMS) fornecidas pelos indicadores não diferiram ( $P > 0,05$ ) do consumo mensurado no cocho, em todos os tratamentos avaliados (Tabela 3).

**Tabela 3** Consumo de matéria seca (kg/vaca/dia) mensurado no cocho ou estimado pelos indicadores externos LIPE® e dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) para vacas Holandês × Gir alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar, suplementadas com níveis crescentes de caroço de algodão.

Tratamento	% de caroço de algodão na dieta			
	0	5	10	15
Consumo mensurado	12,35±1,18	12,23 ±3,11	13,06±1,18	10,92±1,35
LIPE®	12,10±1,13	12,49±3,09	12,87±1,26	10,95±1,54
TiO <sub>2</sub>	10,29±0,43	11,13±2,76	10,23±1,80	12,67±2,38

Dieta ( $P = 0,80$ ), Tratamento ( $P = 0,12$ ), Dieta x Tratamento ( $P = 0,09$ )

As estimativas de consumo obtidas com o LIPE® e TiO<sub>2</sub> mostraram que estes podem ser indicadores alternativos ao uso do óxido crômico, em estudos de digestão, e conforme Myers et al.<sup>(14)</sup>, o TiO<sub>2</sub> pode ser adicionado legalmente ao alimento em quantidades de até 1,0% do produto final, enquanto que o óxido crômico não é aprovado pela *Food and Drug Administration* (FDA) como aditivo alimentar.

Os consumos médios individuais de MS mensurados no cocho para a dieta controle e com 15% de caroço de algodão foram de 12,35 e 10,92 kg/dia, respectivamente. Independentemente do método para estimativa da produção de MS fecal, as médias dos consumos das dietas foram incluídas nos respectivos intervalos de confiança, podendo-se inferir que, tanto o LIPE® como o TiO<sub>2</sub>, são adequados para estimativa do consumo individual.

Os indicadores utilizados para estimar o consumo individual de vacas alimentadas com silagem de cana-de-açúcar e níveis crescentes de caroço de algodão na dieta permitiram estimar com eficiência o CMS, independentemente do grupo de alimentação. Os valores estimados pelos indicadores, quando comparados àqueles mensurados, foram muito próximos. A maior variação observada com o uso do TiO<sub>2</sub> ocorreu no tratamento com 15% do caroço de algodão, no qual o consumo foi superestimado em, aproximadamente, 51%. Para o indicador LIPE®, a maior variação no consumo estimado ocorreu nos animais que se alimentavam com a dieta controle, onde o consumo foi subestimado em apenas 2%.

Vacas leiteiras são animais sociais que formam classes de dominância hierárquica. A dominância e a competição ocorrem em relação ao acesso a recursos do ambiente, como o alimento. Para HÖTZEL et al.<sup>(15)</sup>, a competição pode se desenvolver quando bovinos são colocados em grupo e o espaço de cocho é insuficiente para que todos se alimentem ao mesmo tempo. Neste estudo, a oferta de alimento e o espaço de cocho não foram limitantes e não influenciaram o consumo das vacas, pois, a alimentação foi fornecida duas vezes ao dia e as sobras foram em torno de 10%, permitindo aumento nas atividades de alimentação, principalmente entre os animais submissos.

O comportamento ingestivo de caprinos em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia suplementados com frutos de palmeiras e a utilização do indicador externo TiO<sub>2</sub> para estimar o CMS foram avaliados por Garcez et al.<sup>(16)</sup>. Diferentemente do observado no presente estudo, esses autores observaram que o suplemento influenciou o CMS do pasto, com redução de 8,61%, e o indicador TiO<sub>2</sub> foi eficiente na detecção dessa alteração no CMS.

Saliba et al.<sup>(17)</sup> avaliaram o CMS de novilhas mestiças alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar e diferentes níveis de suplementação concentrada. As produções fecais foram estimadas com os indicadores LIPE® e TiO<sub>2</sub>, além dos resultados de coleta total de fezes. Os autores concluíram que ambos os indicadores foram eficazes e não diferiram estatisticamente em relação às estimativas do CMS, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Moreira Filho et al.<sup>(18)</sup> avaliaram as correlações das estimativas de produção fecal obtidas dos indicadores TiO<sub>2</sub> e LIPE® versus valores obtidos pelo método de coleta total de fezes por ovinos alimentados com dietas compostas por feno de ponta de cana-de-açúcar

não tratado ou hidrolisado com 3% e 6% de ureia ou 1,5% e 3% de óxido de cálcio (CaO). Os autores relataram que houve correlação positiva superior a 90% da produção fecal estimada pelos indicadores TiO<sub>2</sub> e LIPE<sup>®</sup> e aquela mensurada, concluindo que ambos os indicadores são eficazes na estimativa da produção fecal e digestibilidade da MS e nutrientes.

Em dietas à base de feno de capim tifton 85 e inclusão de subproduto do maracujá para novilhas leiteiras Holandês × Zebu com peso vivo médio de 363±28 kg, Figueiredo et al. <sup>(19)</sup> avaliaram a acurácia e precisão dos indicadores TiO<sub>2</sub> e LIPE<sup>®</sup> na estimativa da produção fecal e digestibilidade. Os autores observaram que o LIPE<sup>®</sup> não diferiu do método de coleta total (P> 0,05), no entanto, para o indicador TiO<sub>2</sub>, os valores obtidos para a produção fecal foram superestimados. Esses autores concluíram que a utilização do indicador LIPE<sup>®</sup> foi adequada na estimação do consumo e digestibilidade dos nutrientes das dietas.

Silva et al. <sup>(20)</sup> relataram que as estimativas de consumo fornecidas pelo LIPE<sup>®</sup> para novilhas Holandês × Zebu mantidas em confinamento e alimentadas com dietas à base de silagem de capim-elefante, cana-de-açúcar picada, ureia e concentrado não diferiram do consumo observado no cocho em nenhuma das dietas estudadas, corroborando com os dados obtidos no presente estudo, em que o consumo estimado pelo LIPE<sup>®</sup> foi semelhante ao mensurado no cocho.

A produção fecal estimada pelo indicador TiO<sub>2</sub> em ovinos confinados alimentados com dietas à base de feno de *Digitaria decumbens* e concentrado foi avaliada por Silva et al. <sup>(21)</sup>. Os autores concluíram que o TiO<sub>2</sub> promoveu estimativas de produção fecal acuradas, e a excreção fecal estimada foi semelhante à excreção total de fezes mensurada. Em estudos de digestibilidade utilizando-se o LIPE<sup>®</sup> em dietas à base de raspa de mandioca e capim-elefante por ovinos fistulados no rúmen, Magalhães et al. <sup>(13)</sup> observaram que o CMS foi superestimado, e concluíram que o LIPE<sup>®</sup> não prediz acuradamente a produção fecal nas condições experimentais avaliadas.

Santos et al. <sup>(22)</sup> avaliaram o consumo individual por vacas F1 Holandês × Gir alimentadas com silagem de sorgo, silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO, estimado com os indicadores LIPE<sup>®</sup> e TiO<sub>2</sub>. Os autores concluíram que os indicadores foram eficientes na estimativa do consumo e que a dieta à base de silagem de cana-de-açúcar resultou em baixo CMS. Resultados divergentes foram observados no presente estudo, quando utilizadas vacas em lactação alimentadas com silagem de cana-de-açúcar e concentrado contendo caroço de algodão, onde não se verificou efeito dos níveis de caroço de algodão na dieta nas estimativas de produção fecal dos indicadores externos.

Silva et al. <sup>(21)</sup> em estudo realizado a pasto, avaliando a estimativa da produção fecal com o indicador TiO<sub>2</sub> em novilhos de corte com peso médio de 230,5±14,4 kg equipados com bolsas coletoras de fezes, observaram que o TiO<sub>2</sub> teve maior precisão nas estimativas da produção fecal e boas taxas de recuperação fecal, reinterando, assim, a eficácia de utilização do indicador TiO<sub>2</sub> também em animais não fistulados mantidos em sistemas de pastejo.



## 4. Conclusão

Os indicadores externos LIPE® e TiO<sub>2</sub> podem ser utilizados para estimar o consumo individual de matéria seca de vacas em lactação sob confinamento, alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar suplementadas com concentrado contendo níveis crescentes de caroço de algodão. A escolha do indicador externo a ser utilizado dependerá do preço, da disponibilidade e das condições de análises laboratoriais.

### Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

### Contribuições do autor

**Conceituação:** D. A. Costa, J. C. Carneiro e F. C. F. Lopes. **Curadoria de dados:** G. R. Moreira, D. A. Costa, J. C. Carneiro e F. C. F. Lopes. **Análise formal:** C. L. Souza, G. R. Moreira e D. A. Costa. **Investigação:** D. A. Costa. **Metodologia:** C. L. Souza, J. C. Carneiro e D. A. Costa. **Aquisição de financiamento:** J. C. Carneiro e F. C. F. Lopes. **Gerenciamento do projeto:** D. A. Costa. **Validação e visualização:** D. A. Costa. **Supervisão:** D. A. Costa. **Redação (esboço original):** D. A. Costa. **Redação (revisão e edição):** E. O. S. Saliba, M. R. P. Figueiredo, L. S. Amaral, F. C. F. Lopes e D. A. Costa.

### Agradecimentos

À Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) e Petrobrás pelo financiamento do projeto de pesquisa, ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsas de pesquisa, e à Embrapa Gado de Leite por disponibilizar instalações e animais para realização do experimento.

### Referências

1. Velásquez AV, Oliveira CA, Martins CMMR, Balieiro JCC, Silva LFP, Fukushima RS, Sousa DO. Diet, marker and fecal sampling method interactions with internal and external marker pairs when estimating dry matter intake in beef cattle. *Livestock Science*. 2021;253:e104730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104730>
2. Maciel FA, Dias KDG, Gasparotto PHG, Dantas Filho JV, Cavali J. Produção de leite de vacas da raça girolando alimentadas com dietas com e sem caroço de algodão (*Gossypium hirsutum* L). *Tekhne e Logos*. 2020; 11(3):63-74.
3. Costa DR, Ribeiro KG, Cruz GFL, Silva TC, Cardoso LL, Pereira OG. Silagens mistas de cana-de-açúcar e amendoim forrageiro tratadas com *Lactobacillus buchneri*. *Ciência Animal Brasileira*. 2022;23:e72352P. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v23e72352P>
4. Peres, MTP, Batista R, Twardowski TS, Ribeiro Filho HMN, Monteiro ALG. Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) as a marker to estimate fecal output in sheep. *Ciência Rural*. 2019;49(12):e20190190. DOI: <https://doi.org/doi:10.1590/0103-8478cr20190190>
5. Titgemeyer EC, Armendariz CK, Bindel DJ, Greenwood RH, Löest CA. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *Journal of Animal Science*. 2001;79(4):1059-1063. DOI: <https://doi.org/10.2527/2001.7941059x>
6. Saliba EOS, Faria EP, Rodriguez NM, Moreira GR, Sampaio IBM, Saliba JS, Gonçalves LC, Borges I, Borges ALCC. Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*. 2015;S4(001):1-10. DOI: <https://doi.org/10.19070/2326-3350-si04001>
7. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 19th ed. Gaithersburg: AOAC International; 2012.
8. Tilley JMA, Terry RA. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*. 1963;18(2):104-111. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
9. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM, Azevedo JAG. Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema; 2012. 214p.
10. Prigge EC, Varga GA, Vicini J L, Reid RL. Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal

indicators. *Journal of Animal Science*. 1981;53(6):1629-1633. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1982.5361629x>

11. Lima RF, Pantoja DS, Almeida BF, Silva ACT, Cunha AR. Avaliação de indicadores externos de produção fecal em bubalinos confinados. *Agroecossistemas*. 2020;12(1):201-211, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v12i1.9012>
12. Figueiredo MRP, Saliba EOS, Barbosa GSSC, Silva FA, Nunes AN, Silva CRM, Moreira GR. Indicadores na estimativa da digestibilidade aparente em dietas com inclusão de coproduto do cacau. *Semina: Ciências Agrárias*. 2019;40(6):2771-2782. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6p2771>
13. Magalhães ALR, Teodoro AL, Souza MFS, Nascimento Júnior JRS, Sousa DR, Santos KC, Andrade AP, Pinto CS, Barbos, IFT, Silva SMC. Dietas para ovinos contendo capim elefante maduro e raspa de mandioca: estimativa de digestibilidade aparente por meio de indicadores. *Archivos de Zootecnia*. 2018;67(258):244-252. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v67i258.3660>
14. Myers WD, Ludden PA, Nayigihugu V, Hess BW. Excretion patterns of titanium dioxide and chromic oxide in duodenal digesta and feces of ewes. *Small Ruminant Research*. 2006;63(1-2):135-141, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.02.010>
15. Hotzel MJ, Teixeira DL, Machado Filho LCP. A hierarquia social e o regime de oferta influenciam o consumo de água em bovinos leiteiros. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 2013;8(1):84-91.
16. Garcez BS, Alves AA, Araújo DLC, Oliveira ME, Pompeu RCF, Rogério MCP, Moreira AL, Lima ISS. Performance and grazing behavior of growing goats supplemented with palm tree fruit. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019;48:e20180159. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4820180159>
17. Saliba EOS, Silva FA, Silva CRM, Rodriguez NM, Barbosa GSSC, Borges ALCC, Borges I, Gonçalves LC, Saliba JS. Utilization of markers Lipe and TiO<sub>2</sub> compared to total collection of feces on determination of digestibility and fecal output in bovines. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 2014;30(s/n):75.
18. Moreira Filho MA, Alves AA, Garcez BS, Moreira AL, Azevêdo DMMR, Parente HN. Digestibility markers of sheep diets containing hydrolyzed sugarcane-top hay. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2017;18(1):38-49. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1519-99402017000100005>
19. Figueiredo MRP, Saliba EOS, Barbosa GSC, Colodo JCN, Almança RA, Moreira GR. Digestibility of diets with passion fruit by-product estimated through external and internal markers in dairy heifers. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 2021;43:e50241. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.50241>
20. Silva JJ, Saliba EOS, Borges I, Gonçalves LC, Rodriguez NM, Aroeira LJM, Silva AGM, Costa FJN. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandês x zebu mantidas em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2010;11(3):838-848.
21. Silva S, JC, Correa L, GA, Mayorga, M, OL, Duran, C, EN, Portilla P, D, Diaz T, FA, Granja-Salcedo YT, Valencia E, DM. Effect of marker dosage frequency and spot fecal sampling frequency in the prediction accuracy of fecal output using chromic oxide and titanium dioxide in grazing BON steers. *Tropical Animal Health and Production*. 2021;53(5):e448. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02902-0>
22. Santos SA, Valadares Filho SC, Detmann E, Valadares RFD, Ruas JRM, Amaral PM. Different forage sources for F1 Holstein x Gir dairy cows. *Livestock Science*. 2011;142(1-3):48-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.06.017>