

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes

Paulo Vitor Valentini¹, Carlos Giovanni Pancoti^{2*}, Raphael de Castro Mourão², Alexandre Lima Ferreira², Thiago Queiroz Resende³, Fernando César Ferraz Lopes⁴, Ricardo Reis e Silva⁵

¹Mestrando em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

²Doutorando em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

³Graduando em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

⁴Analista, Embrapa Gado de Leite, Brasil.

⁵Professor Adjunto, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

* E-mail para correspondência: cgpancoti@yahoo.com.br

Resumo

O controle do consumo ou da produção fecal, indispensável à experimentação com ruminantes, em algumas situações como em instalações inadequadas, condições de pastejo ou valores de digestibilidade parcial, mostra não ser possível. Nesses casos, a utilização de indicadores torna possível a mensuração desses parâmetros. Existem diversos indicadores, o dióxido de titânio (TiO₂)

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

surge como um indicador capaz de estimar a produção fecal com precisão em ensaios de digestibilidade, além de não possuir propriedades carcinogênicas. Os autores fazem uma revisão sobre a utilização do TiO₂ como método de estimativa da produção fecal em ruminantes.

Palavras-chave: consumo, digestibilidade, indicador

Use of titanium dioxide (TiO₂) as indicator of fecal excretion in studies of ruminants nutrition

Abstract

Control of consumption or fecal production, essential to experimentation with ruminants, in some situations such as inadequate facilities, grazing conditions or values of partial digestion, shows it is not possible. In such cases, the use of indicators makes it possible to measure these parameters. There are several indicators, titanium dioxide (TiO₂) appears as an indicator able to estimate accurately fecal output in digestibility trials, and does not have carcinogenic properties. The authors review the use of TiO₂ as a method for estimating fecal production in ruminants.

Keywords: digestibility, indicators, intake

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda de produtos de origem animal desencadeou novas perspectivas e diversos avanços relacionados à nutrição de ruminantes. A complexidade do sistema digestivo de ruminantes evidenciou a necessidade em intensificar estudos relacionados aos efeitos da digestibilidade de nutrientes, taxas de passagem e da eficiência energética. Para estimação desses valores, faz-se necessário avaliar a excreção fecal dos animais. Apesar de ser considerado o método padrão, a determinação pela coleta total de fezes requer rigoroso controle da ingestão e excreção, o que o torna por

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

demais trabalhoso e oneroso, principalmente quando se trata de herbívoros de grande porte e/ou criados em sistema de pastejo.

Neste sentido, a busca por métodos alternativos ao procedimento padrão de coleta total de fezes levou ao emprego de substâncias denominadas de "indicadores", que permitem a estimativa da produção fecal dos animais a partir de amostras de fezes obtidas seguindo protocolos pré-estabelecidos de coletas. Além disso, a utilização destes indicadores pode permitir a obtenção de uma série de informações importantes do ponto de vista de nutrição de ruminantes, tais como taxa de passagem da digesta nos diversos compartimentos do trato gastrintestinal e digestibilidade total e parcial de nutrientes.

Muitos indicadores já foram avaliados em experimentos de nutrição de ruminantes e recomendados para estimar a excreção fecal de animais. Enquanto nenhum possa ser considerado perfeito, muitos apresentaram comportamento adequado para utilização em ensaios de digestibilidade. Deste modo, diversos estudos têm sido realizados objetivando a busca do indicador de excreção fecal com características mais próximas daquelas atribuídas a um indicador ideal (Oliveira Jr. et al., 2004).

Os indicadores podem estar classificados em dois grupos: 1) os internos, os quais estão presentes naturalmente no alimento ou dieta, e 2) os externos, que precisam ser fornecidos ou administrados aos animais. É essencial que o indicador seja quantitativamente recuperado nas fezes. Caso contrário, a deficiência de recuperação causará erros nas estimativas de excreção fecal (Andrade e Nascimento Jr., 2001).

O óxido crômico (Cr₂O₃) tem sido o indicador externo mais amplamente utilizado para determinação da excreção fecal, por ser amplamente estudado e apresentar resultados confiáveis (Paziani et al., 2001). Contudo, existem várias limitações a seu respeito, como a taxa de passagem mais rápida pelo rúmen que o material fibroso, possibilidade de acúmulo em alguma parte do

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

trato digestivo e, dificuldades na análise (Silva et al., 2006). Diversos indicadores têm sido estudados como alternativa à utilização do óxido crômico.

O dióxido de titânio (TiO₂) é uma substância com comportamento semelhante ao observado para o óxido crômico e possui potencial para ser utilizado como indicador externo em ensaios de digestibilidade. Poucos trabalhos foram realizados com esse indicador, indicando a necessidade de maiores informações para sua utilização.

Neste contexto, o objetivo desta revisão é relatar os aspectos metodológicos relacionados à utilização do TiO₂ na estimação de produção fecal de ruminantes.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DETERMINAÇÃO ANALÍTICA DO TiO₂

O dióxido de titânio é formado por meio das reações dos minérios de titânio com ácido sulfúrico, ou pela reação com gás cloreto. O TiO₂ é um pó branco, seco e finamente pulverizado, de constituição inorgânica, quimicamente inerte e termicamente estável, inodoro e insolúvel em água. Possui baixo custo, tem foto-estabilidade e estabilidade química em uma ampla faixa de pH. É muito utilizado na indústria de cosméticos, de alimentos e biotecnologia, mas principalmente na indústria de tintas, pois tem grande capacidade de branquear e possui alto poder de reflectância, contribuindo para a resistência ao calor e baixo índice de descoloração por raios ultravioleta (Ferreira e Daniel, 2004).

A determinação do dióxido de titânio pode ser realizada colorimetricamente, pois esse método é considerado alternativa rápida e precisa dos procedimentos a seco de cinzas para a determinação de TiO₂ (Myers, 2004).

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

3. VANTAGENS RELACIONADAS À UTILIZAÇÃO DO TiO₂ COMO INDICADOR EXTERNO

O TiO₂ surge como alternativa ao Cr₂O₃ por não possuir propriedades carcinogênicas e, tem sido utilizado como indicador em estudos de digestibilidade em bovinos, suínos, aves e ratos (Myers et al., 2006). Outra vantagem do TiO₂ em relação ao óxido crômico é ser aprovado como aditivo dietético pelo FDA (EUA) (Lopes, 2007). O TiO₂ é geralmente encontrado em alguns produtos para alimentação humana e não apresenta limitação quanto à sua inclusão na dieta animal (Sampaio et al., 2011).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS RELACIONADOS À UTILIZAÇÃO DO TiO₂ COMO INDICADOR EXTERNO

Na aplicação da técnica do indicador, diversas são as variáveis que, potencialmente, podem provocar efeito sobre a estimação da produção fecal. Dentre várias, podem ser citadas: extensão do período de adaptação; número de dias das coletas de fezes, horários das coletas, número de coletas e número de administrações diárias do indicador.

4.1 Período de adaptação

É fundamental para garantir a eficiência na utilização de um indicador em ensaios de digestibilidade um período adequado para que este possa estabilizar sua concentração nas fezes (Glindemann et al., 2009).

Glindemann et al. (2009) utilizaram o dióxido de titânio para avaliar o período de adaptação para início das coletas. Estes autores trabalharam com ovelhas manejadas sob diferentes taxas de lotação em sistema de pastejo. Foi observado que o equilíbrio da ingestão e excreção do TiO₂ foi alcançada cinco dias após a administração inicial.

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

Myers et al. (2006) ao realizarem três experimentos com ovelhas adultas alimentadas com dietas apresentando diferentes proporções de forragem, utilizaram sete dias de adaptação para o TiO₂. Ferreira et al. (2009a) em dois experimentos utilizando o TiO₂ como indicador em novilhas e vacas adultas alimentadas à base de silagem de milho e concentrado também mantiveram período de adaptação de sete dias antes de iniciarem as coletas de fezes.

Sampaio et al. (2011), ao realizarem experimento utilizando o dióxido de titânio como indicador para determinar a excreção fecal em novilhos mestiço (Red Angus x Nelore) alimentados com silagens de capim elefante ou de milho ou feno de *Brachiaria sp.*, suplementados ou não com concentrado, mantiveram período de adaptação de cinco dias.

4.2 Número de dias de coleta de fezes

Para obter maior eficiência de utilização do método dos indicadores, é imprescindível a avaliação por meio de amostras compostas, com vários dias de coleta para aumentar a precisão dos resultados. Normalmente em ensaios de digestibilidade utilizando indicadores externos para estimação da produção fecal, utilizam-se cinco a seis dias de coleta de fezes. No entanto, algumas pesquisas utilizando o TiO₂ como indicador demonstraram que menor número de dias poderia ser suficiente para obter estimativas precisas, minimizando o trabalho de coletas (Marcondes et al., 2006a; Pina et al., 2006; Ferreira et al., 2009a).

Marcondes et al. (2006a) utilizaram novilhas mestiças alimentadas à base de cana de açúcar e concentrado para avaliar o TiO₂ na estimação da produção fecal obtida em três ou seis dias de coleta de fezes. Os autores concluíram que apenas três dias seriam suficientes. Ferreira et al. (2009a) realizaram

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO_2) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

experimento em condições semelhantes e também concluíram que apenas três dias de coleta para o dióxido de titânio seriam suficientes.

4.3 Protocolos de coletas de amostras de fezes e número de administrações diárias do TiO_2 .

Diversos estudos indicaram que a concentração de um indicador nas fezes varia ao longo de 24 horas (Detmann et al., 2001; Kozloski et al., 2006). O animal se alimenta e defeca em tempos discretos, fazendo com que o fluxo fecal não seja regular. Assim, a concentração do indicador presente nas fezes pode variar de acordo com o período do dia.

Myers et al. (2006) realizaram três experimentos utilizando ovelhas adultas alimentadas com dietas contendo 100, 50 e 25% de forragem, visando analisar eventuais diferenças nos padrões de excreção dos indicadores Cr_2O_3 e TiO_2 . As amostras de fezes foram coletadas em intervalos de 6 horas durante seis dias. Apesar da concentração fecal estimada pelo TiO_2 ter sido superior àquela obtida a partir do Cr_2O_3 , não houve interação significativa entre indicador \times tempo. Os autores concluíram que as coletas de amostras podem ser realizadas duas vezes ao dia ou com intervalos de 12 horas.

Glindemann et al. (2009) trabalharam com ovelhas com objetivo de avaliar a frequência de coletas de fezes e número de administrações, utilizando como indicador o dióxido de titânio. Foi observado que as concentrações de TiO_2 nas fezes diferiram entre as amostras obtidas com menos de três vezes em um dia. A precisão das estimativas de excreção fecal foi melhorada quando administradas duas doses diárias de TiO_2 ao invés de apenas uma. Quando administrado 2,5 g de TiO_2 aos animais, sua concentração nas fezes diminuiu, subestimando a produção fecal. Além disso, foi observado nas amostras de fezes, concentrações de TiO_2 inferiores quando esse indicador foi administrado às 13:00 horas comparado à administração realizada às 17:00 horas. Isso

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

demonstra que o horário das administrações do TiO₂ pode ter efeito nas estimativas de recuperação fecal (Glindemann, et al., 2009).

A maior parte dos experimentos que avaliam o dióxido de titânio como indicador em bovinos, utilizam 10 g/dia desse indicador, em dose única ou divididas em duas doses diárias. Titgemeyer et al. (2001) conduziram três experimentos com novilhos utilizando 10 g/dia de TiO₂, sendo, duas doses de 5 g/dia misturados ao concentrado. Ferreira et al. (2009a; 2009b), trabalhando com vacas em lactação também administraram 10 g/dia de dióxido de titânio no concentrado. Sampaio et al. (2011), ao conduzirem um experimento com novilhos mestiços (Red Angus x Nelore) forneceram 10 g/dia de TiO₂ em apenas uma administração diária às 12:00 horas.

5. TRABALHOS COM RESULTADOS DE RECUPERAÇÕES FECAIS

Ainda existe carência de trabalhos avaliando a acurácia do TiO₂ como indicador. No entanto, vários autores afirmaram que o dióxido de titânio apresentou bons resultados de recuperação fecal (Myers et al., 2006; Marcondes et al., 2006a; Marcondes et al., 2006b; Ferreira et al., 2009a; Ferreira et al., 2009b).

Titgemeyer et al. (2001) utilizaram o dióxido de titânio como indicador na estimação da produção fecal de novilhos alimentados com feno. Foi observada taxa de recuperação fecal média de 93%. Segundo os autores, as digestibilidades da matéria seca calculadas utilizando o TiO₂ não foram diferentes daquelas determinadas a partir de coletas totais de fezes.

Glindemann et al. (2009) avaliaram o indicador TiO₂ em ovinos adultos alimentados com feno, suplementado ou não com concentrado. Os autores relataram que a recuperação média do TiO₂ foi de 1,04. A recuperação do TiO₂ foi maior (P<0,001) em dietas com apenas feno do que em dietas com feno e concentrado (1,08 e 0,99, respectivamente).

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

Sampaio et al. (2011) estudaram o efeito de diferentes planos de alimentação sobre a recuperação fecal de vários indicadores. Foram testados os indicadores externos óxido crômico e dióxido de titânio e os indicadores internos matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). Utilizaram-se novilhos mestiços (Red Angus x Nelore) com média de 12 meses de idade, alimentados com silagens de capim elefante ou de milho ou feno de *Brachiaria sp.*, suplementados ou não com 20% de concentrado. As recuperações fecais observadas para o TiO₂ e Cr₂O₃ foram de 101,95 e 99,5%, respectivamente. Não foi observado efeito da forragem ou nível de concentrado sobre a recuperação fecal.

6. DIGESTIBILIDADE ESTIMADA A PARTIR DO TiO₂

De acordo com Oliveira et al. (2004), a digestibilidade é um dos principais componentes que determinam o valor nutritivo de um alimento, e pode ser determinada da seguinte forma:

Digestibilidade da matéria seca (DMS) = $(MS \text{ ingerida} - MS \text{ excretada}) / MS \text{ ingerida} * 100$

Com o objetivo de estimar a digestibilidade de diversos nutrientes, Ferreira et al. (2009), conduziram experimento com vacas em lactação alimentadas com silagem de milho e concentrado, utilizando o dióxido de titânio como indicador. Foi observado que as digestibilidades de todos os nutrientes estimadas utilizando o TiO₂, não diferiram daquelas obtidas a partir do método da coleta total (Tabela 1).

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

Tabela 1. Coeficientes de digestibilidade (%) dos nutrientes, determinados em vacas em lactação utilizando o dióxido de titânio (TiO₂) como indicador externo ou o método de coleta total de fezes

Coeficientes de Digestibilidade (%)	Coleta Total	TiO ₂
Matéria orgânica	66,08	67,63
Proteína bruta	61,75	63,48
Carboidratos totais	65,73	67,29
Extrato etéreo	78,44	79,55
Carboidratos não fibrosos	84,22	84,93
Fibra em detergente neutro	50,42	52,69
Nutrientes digestíveis totais	65,77	67,32

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2009a).

7. TRABALHOS COM UTILIZAÇÃO DO TiO₂ COM ANIMAIS A PASTO

Com o objetivo de estimar a excreção fecal pelo dióxido de titânio, Glindemann et al. (2009) realizaram estudo com ovelhas manejadas a pasto sob diferentes taxas de lotação. Os autores avaliaram a frequência de coletas de fezes, período de adaptação para início das coletas e número de administrações do indicador externo. Foi observado que a recuperação fecal foi superior nos animais na pastagem manejada sob alta lotação (5 ovelhas/ha) do que para aquela com baixa lotação (2 ovelhas/ha) (1,07 *versus* 1,00, P=0,014, respectivamente). Melhores estimativas de excreção fecal foram observadas quando administradas duas doses diárias de TiO₂, respeitando o período de cinco dias de adaptação antes de iniciar as coletas de fezes.

8. COMPARAÇÕES DO TiO₂ COM OUTROS INDICADORES

Titgemeyer et al. (2001) conduziram três experimentos com novilhos avaliando a acurácia dos indicadores Cr₂O₃ e TiO₂. No primeiro experimento, os animais foram alimentados com dietas baseadas em feno e concentrado e nos demais com dietas à base de milho laminado à seco e farelo de soja. Somente no primeiro experimento o TiO₂ estimou valores de excreção fecal semelhantes aos obtidos da coleta total de fezes, e nos demais, os valores foram subestimados. O Cr₂O₃ apresentou resultados que não diferiram da coleta total no terceiro experimento, porém no segundo experimento, o Cr₂O₃ superestimou a digestibilidade.

Ferreira et. al. (2009a) trabalharam com oito vacas em lactação, alimentadas com silagem de milho e 4 kg de concentrado. Eles relataram estimativas de excreção fecal semelhantes às obtidas com o método da coleta total, utilizando como indicadores a FDAi, óxido de cromo, o dióxido de titânio e a lignina purificada enriquecida (LIPE[®]). Os mesmos autores realizaram outro experimento comparando os mesmos indicadores, porém, utilizando cinco novilhas mestiças alimentadas com cana de açúcar com 1% de ureia/sulfato de amônio e concentrado (1% do peso vivo). Os autores concluíram que a FDAi foi o único entre os indicadores avaliados que apresentou resultados diferentes da coleta total. O TiO₂ e os demais indicadores apresentaram boa acurácia nas estimativas. A Tabela 2 apresenta os valores de digestibilidade comparando digestibilidades estimadas com o TiO₂ e outros indicadores avaliados nesses experimentos, utilizando novilhas e vacas em lactação.

Ferreira et al. (2009b) realizaram estudo para estimativa do consumo individual de vacas em lactação alimentadas em grupo. Foram avaliados os indicadores externos óxido crômico e dióxido de titânio para estimar o consumo individual de concentrado em dois experimentos. No primeiro experimento foram utilizadas oito vacas alojadas em baias individuais recebendo silagem de milho e 4 kg de concentrado. No segundo, foram utilizadas 31 vacas, distribuídas em três grupos de alimentação, alojadas em

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

estábulo tipo *free-stall* e alimentadas com silagem de milho e concentrado, de acordo com a produção de leite (8,0; 5,5 e 4 kg, para os grupos 1, 2 e 3, respectivamente). Os autores concluíram que esses dois indicadores estimaram com eficiência o consumo de concentrado.

Tabela 2 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (%) determinados utilizando indicadores internos e externos em novilhas e vacas em lactação

Método	Novilhas	Vacas em Lactação
Coleta total	76,41 A	62,84 A
LIPE [®]	76,48 A	61,06 A
Cr ₂ O ₃	73,58 A	63,46 A
TiO ₂	76,60 A	62,60 A
FDAi	69,49 B	61,99 A
FDNi	75,86 A	67,39 B
CV (%)	1,87	4,67

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2009a). Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem (P>0,05) entre si. LIPE=lignina purificada enriquecida; Cr₂O₃=óxido crômico; TiO₂=dióxido de titânio; FDAi=fibra em detergente ácido indigestível; FDNi=fibra em detergente neutro indigestível; CV=coeficiente de variação.

Pina (2008) também encontrou boas estimativas de consumo de concentrado e digestibilidade, utilizando os indicadores óxido crômico e dióxido de titânio, trabalhando com novilhas Nelore alimentadas com cana de açúcar hidrolisada com diferentes teores de cal. A tabela 3, demonstra os resultados de digestibilidade da MS, PB, EE, FDN, CNF e NDT e o consumo de concentrado estimado por meio dos indicadores dióxido de titânio e óxido crômico.

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

Tabela 3. Digestibilidade e consumo de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT), determinados por meio dos indicadores externos dióxido de titânio (TiO₂) e óxido crômico (Cr₂O₃)

Item	Consumo (kg/dia)		Digestibilidade (%)	
	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	TiO ₂
MS	6,08	6,05	56,16	55,85
MO	5,72	5,68	58,75	58,51
PB	0,69	0,69	61,53	61,12
EE	0,10	0,10	70,65	69,91
FDN	2,27	2,27	28,81	28,70
CNF	2,64	2,62	82,59	82,43
NDT	3,48	3,44	56,93	56,64

Adaptado de Pina (2008).

Myers et al. (2006) estimaram a excreção fecal comparando os indicadores Cr₂O₃ e TiO₂ em ovelhas adultas em três experimentos, utilizando concentrações de forragem na dieta de 100, 50 e 25% para os experimentos 1, 2 e 3 respectivamente. Foi observado que a concentração fecal do TiO₂ nas fezes foi superior em todos os experimentos, constatando que o fluxo da digesta pode diferir entre os indicadores. Entretanto os autores afirmaram que o TiO₂ tem comportamento semelhante no trato gastrointestinal e pode ser alternativa aceitável ao Cr₂O₃ em estudos de digestibilidade em ruminantes.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos crescentes avanços nos estudos dos indicadores, ainda não existe um indicador perfeito.

VALENTINI, P.V. et al. Utilização do dióxido de titânio (TiO₂) como indicador de excreção fecal em estudos de nutrição de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 17, Ed. 204, Art. 1366, 2012.

Diversas variáveis destacadas nessa revisão influenciam a acurácia do dióxido de titânio como indicador externo de excreção fecal. Há necessidade de melhor definição de protocolos de administração, extensão do período de adaptação e de coletas de fezes, procedimentos de amostragem, entre outros, visando maior confiabilidade nos resultados e programação de experimentos.

O dióxido de titânio tem sido apontado na maior parte das pesquisas como um indicador capaz de estimar a produção fecal com precisão em ensaios de digestibilidade em ruminantes, além de não possuir propriedades carcinogênicas. Pode ser usado como alternativa ao óxido crômico, contudo, novos estudos ainda precisam ser realizados em condições diferenciadas para se obter maiores informações acerca do seu uso.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Avaliação da digestibilidade e do consumo de pasto. 2011. Disponível em: <http://www.tdnet.com.br/domicio/digest.htm>, Acesso em: 28/07/2011

DETMANN, E. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1600-1609, 2001.

FERREIRA, I.V.L.; DANIEL, L.A. Fotocatálise heterogênea com o TiO₂ aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário. **Eng. Sanit. Ambiental**. v.9,n.4, 2004.

FERREIRA, M.A. et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1568-1573, 2009(a).

FERREIRA, M.A. et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: estimativa de consumos de concentrado e de silagem de milho por vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38 n.8, p.1516-3598, 2009 (b).

GLINDEMANN, B.M. et al. Avaliação do Dióxido de titânio como indicador utilizado nas estimativas de excreção fecal em ovinos em pastejo. **Animal Feed Science and Technology**, v.152, p.186-197, 2009.

KOZLOSKI, G.V. et al. Uso de óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.599-603, 2006.

LOPES, F.C.F. Determinação do consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação em condição de pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.1-116, 2007.

MARCONDES, M.I. et al. Indicadores para estimar a produção de matéria seca fecal e avaliar o consumo individual de concentrado e volumoso em novilhas. In: **43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2006 (a).

MARCONDES, M.I. et al. Estimativa do consumo de matéria seca de animais alimentados em grupo e desempenho, consumo de matéria seca e conversão alimentar de animais nelore de três classes sexuais alimentados individualmente ou em grupo. In: **ZOOTEC 2006**, Pernambuco, 2006.

MYERS, W.D. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.179-183, 2004.

MYERS, W.D. et al. Padrões do dióxido de titânio e óxido de cromo na digesta duodenal e excreção fecal de ovelhas. **Small Ruminant Research**, v.63, p.135-141. 2006.

OLIVEIRA Jr., R.C. et al. Avaliação de Indicadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.749-758, 2004.

PAZIANI, S.F. et al. Digestibilidade e Degradabilidade de Rações à Base de Milho Desintegrado com Palha e Sabugo em Diferentes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(5):1630-1638, 2001.

PINA, D.S. Avaliação nutricional da cana de açúcar acrescida de óxido de cálcio em diferentes tempos de armazenamento para bovinos. **Tese (Doutorado em Zootecnia)**, Universidade Federal de Viçosa – MG, 2008.

PINA, S.D. et al. Efeitos de indicadores e dias de coleta na digestibilidade dos nutrientes e nas estimativas do valor energético de alimentos para vacas alimentadas com diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2461-2468, 2006

SAMPAIO, C.B. et al. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.1, p.174-182, 2011.

SILVA, J.J. et al. Estimativa da produção fecal de novilhas leiteiras mantidas em diferentes sistemas de pastejo pela utilização dos indicadores externos óxido crômico e lipe. In: **43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2006.

TIGEMAYER, E.C. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, 79:1059-1063. 2001