

## Validação do Nanolipe® como método para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes pelos equinos

[Validation of Nanolipe® as method to assess the apparent digestibility of nutrients on horses]

P.C.B. Moss<sup>1</sup>, A.S.C. Rezende<sup>2\*</sup>, E.O. Saliba<sup>2</sup>, Â.M.Q. Lana<sup>2</sup>, R.S. Moura<sup>3</sup>, F. Cassou<sup>1</sup>, M.L.L. Costa<sup>1</sup>, G.P. Freitas<sup>4</sup>, G.E.S. Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluna de pós-graduação – Escola de Veterinária – UFMG – Belo Horizonte, MG

<sup>2</sup>Escola de Veterinária – UFMG – Belo Horizonte, MG

<sup>3</sup>Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG

<sup>4</sup>Aluno de graduação – Escola de Veterinária – UFMG – Belo Horizonte, MG

### RESUMO

O NANOLIPE® é o indicador de digestibilidade LIPE® com incorporação de nano partículas que se misturam de forma mais homogênea e rápida na digesta, permitindo redução do período de adaptação e maiores taxas de recuperação daquele quando comparado com outros indicadores usados em equinos. Objetivou-se neste trabalho comparar a digestibilidade dos nutrientes de dieta em equinos obtida pelo método padrão (coleta total de fezes – CTF), estimada por dois indicadores internos (fibra em detergente ácido indigestível – FDAi; lignina Klason – LK) e por indicador externo NANOLIPE®, visando à validação deste último para uso na nutrição equina. Em delineamento de blocos ao acaso, oito éguas Mangalarga Marchador adultas (média de 380kg PV) foram usadas para avaliação dos tratamentos (CTF, FDAi, LK, NANOLIPE®). A dieta foi composta por 1,5% PV de feno de *coast cross*, 1,0% PV de concentrado comercial com 13% PB, dividido em dois tratos diários fornecidos às oito e às 17h, além de água e sal mineral à vontade. O experimento teve duração de 13 dias, sendo os oito iniciais para adaptação à dieta e ao manejo e os cinco finais para coleta de fezes. O NANOLIPE® foi fornecido no terceiro e quarto dias da coleta de fezes, sendo administrado uma vez por dia, por meio de cápsulas de 0,25g/animal/dia via oral. Houve diferença ( $P<0,05$ ) entre os valores de produção fecal estimados pela FDAi (0,86kg MS) e LK (0,60kg MS) em comparação aos observados na CTF (2,16kg MS) e NANOLIPE® (2,17kg MS), com sub ou superestimação dos coeficientes de digestibilidade da MS, FDN, FDA, HEM, ED, MO e PB estimados pelos indicadores internos. O NANOLIPE® obteve alta taxa de recuperação (100,46%) e os coeficientes de digestibilidade de todos nutrientes foram semelhantes aos obtidos pela CTF. O indicador NANOLIPE® foi eficiente para estimativa da produção fecal e digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta em equinos, quando fornecido por dois dias, sendo uma aplicação diária e com início da coleta de fezes, 24 horas após sua administração.

Palavras-chave: lignina, indicadores, nanotecnologia, produção fecal, taxa de recuperação

### ABSTRACT

NANOLIPE® is the LIPE® digestibility indicator incorporating nano particles that blend more smoothly and quickly in digesta, allowing reduction of the induction period, and higher recovery rates that compared with other indicators used in horses. The objective of this work was to compare the digestibility of the diet of nutrients in horses obtained by standard method (total collection of feces - TCF) and estimated by two internal indicators ( Klason Lignin - KL and indigestible Acid Detergent Fiber.- iADF ) and external indicator NANOLIPE®, aiming to validate the latter for use in equine nutrition. In a randomized block design, eight Mangalarga Marchador adult mares were used to evaluate treatments (CBC, iADF, LK, NANOLIPE®). The diet was composed of 1.5% PV hay Coast Cross, 1.0% PV of

---

Recebido em 11 de abril de 2015

Aceito em 9 de agosto de 2016

\*Autor para correspondência (corresponding author)

E-mail: adalgizavetufmg@gmail.com

commercial concentrate, divided into two daily treatment.. The trial lasted 13 days, with 8 adaptation to the diet and the handling and 5 for the experimental procedures. In the first five days of the experimental period total feces was collected and in the 3th and 4th day the animals received NANOLIPE® administered once a day through capsules of 0.25 g / animal / day orally. Using the method of TFC as standart, the Klason Lignin and iADF proved inadequate ( $P < 0,05$ ) and NANOLIPE® was considered efficient ( $P > 0,05$ ) for estimating the digestibility of nutrients in the equine species. There were differences ( $P < 0,05$ ) between fecal production values estimated by iADF (0.86 kg DM) and LK (0.60 kg DM) compared to those observed in CTF (2.16 kg DM) and NANOLIPE® (2.17 kg DM) with under- or overestimation of the digestibility of DM, NDF, ADF, HEM, ED, OM and CP estimated by internal indicators. The NANOLIPE® got high recovery rate (100.46%) and the digestibility coefficients of all nutrients were similar to those obtained by the CTF. The NANOLIPE® indicator was efficient to estimate fecal output and apparent digestibility of dietary nutrients in horses when provided for two days, with a daily application and start collecting feces 24 hours after administration.

Keywords : lignin, markers, nanotechnology, fecal output, recovery rate

## INTRODUÇÃO

A digestibilidade aparente dos nutrientes dos alimentos se refere àquela porção do alimento consumido, passível de ser digerida e absorvida no trato gastrointestinal. Sua determinação é de grande importância para descrever o valor nutritivo dos alimentos e permitir o ajuste da dieta para equinos, de forma mais adequada, a fim de atender os requisitos exigidos para manutenção, crescimento, reprodução ou atividade física (Araújo *et al.*, 2000; Rezende *et al.*, 1998).

A coleta total de fezes, embora seja o método padrão para ensaios de digestibilidade, é muito trabalhosa e aplicável somente em animais que se encontram confinados (Mauricio *et al.*, 1996), o que não condiz com o tipo da criação de equinos no Brasil. Lanzetta *et al.* (2009) afirmaram que, em ensaios de digestão, os equinos são, na maioria das vezes, submetidos a situações de estresse quando estão confinados, o que pode afetar diretamente os resultados da pesquisa. Portanto, a realização de ensaios de digestibilidade com o uso de indicadores internos ou externos, para estimativa da excreção fecal dos equinos, assume grande importância, pois permite a obtenção de dados que retratam o que realmente ocorre nos processos de digestão e absorção dos nutrientes nessa espécie, com o mínimo possível de interferências nos hábitos dos animais.

De acordo com Rodriguez *et al.* (2006), um bom indicador de digestibilidade deve possuir as seguintes propriedades: ser inerte e atóxico; ser totalmente indigerível e não absorvível; não apresentar função fisiológica; poder ser

processado com o alimento; misturar-se e permanecer uniformemente distribuído na digesta, não influenciando e não sendo influenciado por secreções intestinais, absorção, motilidade nem pela população microbiana intestinal; e dispor de método específico e sensível para sua quantificação analítica.

Os constituintes naturais da dieta que apresentam baixa digestibilidade, como as ligninas, têm sido utilizados como indicadores internos de digestibilidade (Miraglia *et al.*, 1999; Piaggio *et al.*, 1991). Eles apresentam a vantagem de já estarem presentes no alimento e, de modo geral, permanecem uniformemente distribuídos na digesta durante todo o processo de digestão e excreção. No entanto, Marais (2000) alertou para a realidade de que os indicadores internos podem sofrer alterações no processo digestivo.

A lignina isolada do *Eucalyptus grandis* e enriquecida com grupos fenólicos - LIPE (Saliba *et al.*, 2015) é um indicador externo já utilizado com sucesso para determinar a digestibilidade dos nutrientes da dieta em equinos (Lanzetta *et al.*, 2009; Moura *et al.*, 2011; Rezende *et al.*, 2012; Garcia *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2016) e também em outras espécies (Saliba *et al.*, 2015). Estudos desenvolvidos com nanotecnologia na Escola de Veterinária da UFMG permitiram o desenvolvimento de uma nova versão do indicador LIPE®, com a incorporação de nanopartículas que se misturam de forma mais homogênea e rápida na digesta: o NANOLIPE®. Essa nova característica do produto tem permitido a redução do período de adaptação e maiores taxas de recuperação em experimentos realizados com outras espécies, como suínos

(Nunes *et al.*, 2011), ovinos (Figueiredo, 2011) e novilhas leiteiras (Gonçalves, 2012), sendo necessárias pesquisas para sua validação na espécie equina.

O objetivo deste trabalho foi avaliar comparativamente a digestibilidade dos nutrientes da dieta em equinos, obtida pelo método padrão (coleta total de fezes – CTF) ou estimada por indicadores internos (lignina Klason – LK; fibra em detergente ácido indigestível – FDAi) e pelo indicador externo NANOLIPE®, visando à validação do NANOLIPE® como indicador de digestibilidade para uso na nutrição equina.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais realizados foram avaliados e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (Ceua – UFMG), de acordo com o protocolo nº 234/2009.

O experimento foi desenvolvido no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Minas Gerais, situado em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Em delineamento de blocos ao acaso (cada animal constituiu um bloco), foram utilizadas oito éguas da raça Mangalarga Marchador, com idade entre cinco e oito anos e peso médio de 380kg, para se estimar a eficiência do indicador externo NANOLIPE® em comparação com a coleta total de fezes (CTF) e os indicadores internos fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e lignina Klason (LK).

A dieta foi padronizada com 1,5% do PV de feno de *coast cross* e 1,0% do PV de ração concentrada comercial (Nutriage 12, Grupo Guabi, Orlândia, SP, Brasil), dividida em dois fornecimentos, às oito e às 17 horas, além de água e sal mineral à vontade (Coequi Plus®; Tortuga Cia. Zootécnica Agrária, São Paulo, SP, Brasil). A quantidade do feno oferecida diariamente foi acrescida de 10% do valor calculado e o resultado obtido era dividido em dois fornecimentos diários. As sobras de cada fornecimento foram pesadas antes do novo fornecimento, obtendo-se, assim, o consumo real de feno pelos animais durante todo o período experimental. A composição química da dieta pode ser visualizada na Tab. 1.

Os animais foram pesados em balança mecânica no início e no final do período experimental. Após tratadas contra endo e ectoparasitas, as éguas foram mantidas em baias de alvenaria, com área de 14m<sup>2</sup> e quatro cochos de cimento para fornecimento de volumoso, concentrado, sal mineral e água, respectivamente. O piso era de cimento com declive de aproximadamente 1% para escoamento da urina, e foi utilizada cama de serragem. No entanto, para facilitar a coleta total de fezes, durante os últimos cinco dias do período experimental, os animais foram mantidos sem cama.

O período experimental teve duração de 13 dias, sendo os oito iniciais para adaptação à dieta e ao manejo (etapa pré-experimental) e os cinco finais para coleta de fezes (etapa experimental). A coleta total das fezes foi dividida em dois turnos diários, das seis às 18 horas e das 18 às seis horas. Em cada turno, todo material defecado por cada animal foi recolhido diretamente do chão e depositado em sacos de polietileno. Após cada turno, foram retiradas amostras de aproximadamente 400g após homogeneização e pesagem das fezes. As amostras foram embaladas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em congelador a -5°C até posteriores análises. Amostras do volumoso e do concentrado também foram coletadas para avaliação da composição química.

Tabela 1. Composição química da dieta experimental, em porcentagem de matéria seca

Nutriente	Alimento	
	Concentrado	Feno <i>coast cross</i>
MS (%)	94,84	91,79
MM (%)	13,06	6,44
MO (%)	86,40	93,56
PB (%)	13,03	9,03
FDN (%)	40,93	78,08
HEM (%)	19,39	39,03
FDA (%)	21,54	38,78
EB (Mcal/kg MS)	4,04	4,48

Legenda: matéria seca (MS); matéria mineral (MM); matéria orgânica (MO); proteína bruta (PB); extrato etéreo (EE); cálcio (Ca); fósforo (P); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN); hemicelulose (HEM); fibra insolúvel em detergente ácido (FDA); celulose (CEL); lignina (LIG); energia bruta (EB).  
Relação PB/ED da dieta: 40g/Mcal.

O indicador externo NANOLIPE® foi administrado em cápsulas de 0,25g/animal/dia, oferecidas diretamente na boca de cada égua às oito horas do terceiro e quarto dias da CTF. Amostras de fezes, coletadas diretamente da ampola retal às oito horas do quarto e quinto dias da etapa experimental, foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas por animal e dia, e congeladas até posterior análise.

No Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, as amostras dos alimentos e das fezes foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas, pesadas, acondicionadas em bandejas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas e trituradas em moinho tipo Willey em peneira com crivo de 1mm. Elas foram acondicionadas em frascos plásticos hermeticamente fechados, identificadas e, posteriormente, submetidas às seguintes análises

químicas: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P) e lignina Klason (LIG), segundo metodologia proposta por Cunniff (1995); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), de acordo com Van Soest *et al.* (1991) (Tab. 1).

O NANOLIPE® foi analisado pelo método de espectroscopia no infravermelho com transformação de Fourier, de acordo com Saliba *et al.* (2015), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

Os valores de produção fecal (PF) estimados pelos indicadores de digestibilidade estudados foram calculados por meio das fórmulas relacionadas a seguir:

- indicadores internos FDAi e LK (Lippeke, 2002):

$$(1) \text{ PF na MS (kg)} = \frac{\text{quantidade de indicador interno presente na dieta (kg)}}{\% \text{ de indicador interno excretado nas fezes}} \dots$$

- indicador externo NANOLIPE® (Saliba *et al.*, 2015):

$$(2) \text{ PF na MS (kg)} = \frac{\text{NANOLIPE® fornecido (g)}}{(\text{Ai} / \text{MS total})} \times 100, \dots$$

em que: Ai = relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas dos comprimentos de onda a 1050cm<sup>-1</sup> / 1650cm<sup>-1</sup>; (Ai= A1050/A1650);

A = log  $\frac{I_0}{I}$ ,

em que, I<sub>0</sub> > intensidade e I < intensidade. MS total = matéria seca fecal total.

Com base nos dados de consumo, medidos durante a etapa experimental, e de produção fecal, obtidos pela coleta total das fezes e estimados pelo uso dos indicadores internos (FDAi e LK) e externo (NANOLIPE®), foram calculadas as médias dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca

(DAMS), proteína bruta (DAPB), energia bruta (DAEB), fibra em detergente neutro (DAFDN), hemiceluloses (DAHCEL), fibra em detergente ácido (DAFDA), matéria mineral (DAMM), cálcio (DACa) e fósforo (DAP), utilizando-se a fórmula descrita por Pond *et al.* (1995):

$$(3) \text{ DA (\%)} = \frac{[(\text{Nut.cons. (g)} - \text{Nut.fezes (g)})]}{\text{nutriente consumido (g)}} \times 100, \dots$$

em que: DA = coeficiente de digestibilidade aparente;

Nut. cons. = nutriente consumido;

Nut. fezes = nutriente nas fezes.

O nutriente nas fezes foi calculado pela aplicação da fórmula:

$$(4) \text{ nutrientes nas fezes (g)} = \frac{(\text{PF estimada} \times \% \text{ nutriente nas fezes})}{100}$$

em que: PF estimada = produção fecal obtida pela CTF ou indicadores estudados (FDAi, LK ou NANOLIPE®).

Ainda foram feitos os cálculos da taxa de recuperação fecal dos indicadores estudados, utilizando-se a seguinte fórmula, citada por Lanzetta *et al.* (2009):

$$(5) \text{ taxa de recuperação (\%)} = \frac{\text{PF est. pelo ind.} \times 100,}{\text{PF obs. pela TCF}}$$

em que: PF est. pelo ind. = produção fecal estimada utilizando-se os indicadores LK, FDAi, NANOLIPE®;

PF obs. pela CTF = produção fecal obtida pelo método da coleta total de fezes.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso (cada animal constituiu um bloco), e os métodos de determinação da digestibilidade foram os tratamentos. Os coeficientes de digestibilidade aparente foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), com auxílio do programa estatístico Sistema... (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab. 2, estão apresentados os resultados de produção e recuperação fecal obtidos pelo método padrão (CTF) e estimados pelos indicadores de digestibilidade estudados. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os valores de produção fecal estimados pelos indicadores internos FDAi e lignina Klason em comparação aos observados na CTF e pelo indicador externo NANOLIPE®, sendo observados valores subestimados daqueles em relação ao método padrão.

Embora a utilização da FDAi como indicador externo para estimativa de produção fecal e digestibilidade seja uma técnica mais barata e de fácil determinação metodológica, no presente trabalho ela não apresentou resultado semelhante ao encontrado com o método da CTF, devido à baixa recuperação fecal (39,81%). Esses resultados coincidem com os encontrados por Pereira (2010), que também observou valores subestimados para a produção fecal estimada pelo FDAi em equinos quando comparada com o método tradicional da CTF.

Tabela 2. Médias de produção fecal e recuperação fecal obtidas pelos métodos de coleta total de fezes (CTF), indicador externo NANOLIPE® e indicadores internos lignina Klason e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), em kg de MS

Métodos de avaliação da digestibilidade	Produção fecal (Kg)	Recuperação fecal (%)
CTF	2,16±0,54a	100,00
NANOLIPE®	2,17±0,50a	100,46
FDAi	0,86±0,23b	39,81
Lignina Klason	0,60±0,29b	27,78
CV		17,81

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam valores semelhantes pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Araújo *et al.* (2000) e Miraglia *et al.* (1999), em ensaios de digestão com equinos, obtiveram recuperação fecal da lignina de 57,6 e 59,0%, respectivamente, valores semelhantes ao encontrado no presente estudo. A ocorrência de digestão parcial e/ou de alterações nos polímeros de lignina como resultado de sua passagem pelo trato gastrointestinal, a falta de estrutura química definida para essa molécula e falhas técnicas durante a análise química da lignina são possíveis fatores que podem justificar a baixa recuperação fecal desse indicador interno em equinos (Muntifering, 1982; Fahey *et al.*, 1980).

O indicador interno NANOLIPE® apresentou resultados semelhantes à produção fecal obtida pela CTF ( $P > 0,05$ ), com alta taxa de recuperação e, conseqüentemente, boa eficiência para estimativa desse parâmetro em equinos (Tab. 2).

O fornecimento de uma dose diária, com período de adaptação de um dia antes do início da coleta parcial de fezes, confirmou que esse indicador não requer período de adaptação longo e tem eliminação uniforme nas fezes 24 horas após sua administração. Tais resultados foram semelhantes aos observados por Lanzetta *et al.* (2009), em experimento com o indicador LIPE® em equinos, e por Nunes *et al.* (2011), em ensaio realizado com o indicador NANOLIPE®, em suínos na fase de creche, nos quais ambos forneceram esses indicadores em dose única e com período de adaptação de um dia.

A taxa média de recuperação fecal do LIPE® observada por Lanzetta *et al.* (2009) foi de 95,94%, enquanto o valor observado no presente estudo para o NANOLIPE® foi de 100,46%.

Tabela 3. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (CDAMS), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), hemicelulose (CDAHCEL), energia digestível (CDAED), matéria orgânica (CDAMO) e proteína bruta (CDAPB), estimadas por meio da coleta total de fezes, pelo indicador externo NANOLIPE®, e indicadores internos fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e lignina Klason, em porcentagem (%)

CDA (%)	Coleta total	NANOLIPE®	FDAi	Lignina Klason	CV
MS	71,30b	65,66b	52,28c	91,88a	6,01
FDN	60,68c	67,06c	80,39b	88,83a	7,14
FDA	63,44b	56,27b	-	89,66a	10,64
HCEL	70,78b	65,20bc	60,23c	91,76a	7,38
ED	72,08b	66,66b	50,13c	92,11a	6,33
MO	72,66b	67,39b	46,74a	92,29c	6,12
PB	83,94b	80,46b	39,77c	95,38a	4,67

Letras distintas na mesma linha indicam médias diferentes pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente estimados com FDAi em quase todos os nutrientes avaliados neste estudo foram subestimados em relação à CTF e ao NANOLIPE®, exceto para o CDAHCEL, que apresentou semelhança com o resultado obtido com o NANOLIPE® ( $P > 0,05$ ). Tais achados concordaram parcialmente com os resultados encontrados por Detmann *et al.* (2001) e Pereira (2010), podendo a ineficiência desse indicador estar relacionada com falhas analíticas ou digestão parcial no sistema digestório, o que proporcionou sua baixa concentração nas fezes.

Os valores de digestibilidade dos nutrientes calculados com indicador LK ficaram superestimados em relação à metodologia da coleta total das fezes (Tab. 3), seguindo a mesma tendência observada no indicador FDAi. Esses resultados discordam dos encontrados por outros

A justificativa para melhor eficiência do NANOLIPE® como indicador externo de digestibilidade seria pelo tamanho muito reduzido das nanopartículas, possibilitando um tempo de homogeneização no trato gastrointestinal mais rápido e maior recuperação nas fezes (Nunes *et al.*, 2011; Gonçalves, 2012).

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes dependem diretamente dos resultados de produção fecal estimados pelos indicadores. Conseqüentemente, os indicadores internos FDAi e lignina Klason foram ineficientes para estimativa da digestibilidade dos nutrientes da dieta em equinos, apresentando resultados sub ou superestimados quando comparados com a CTF (Tab. 3).

pesquisadores (Van Soest, 1994; Sein e Todd, 1988; Fahey e Jung, 1983), que obtiveram resultados satisfatórios com a utilização da lignina Klason. Porém, Araújo *et al.* (2000) questionaram sua utilização como um método seguro para a estimativa da digestibilidade em equinos.

Esses dois indicadores internos podem ter sofrido alterações no trato gastrointestinal dos animais ou ter sido erroneamente determinados devido à presença de contaminantes insolúveis, como compostos fenólicos de baixo peso molecular, não fenólicos e cutina (Van Soest, 1994), contribuindo para que o FDAi e a lignina Klason não apresentassem resultados satisfatórios na determinação da digestibilidade aparente em equinos.

Os resultados obtidos com o NANOLIPE® não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ) quando comparados com os obtidos por meio da CTF, uma vez que os dados de produção fecal estimada pelo indicador foram semelhantes aos dados da coleta total.

Nunes *et al.* (2011) verificaram que os dados de produção fecal do NANOLIPE® na fase de creche foram semelhantes aos da CTF e, conseqüentemente, a digestibilidade aparente dos nutrientes também foi semelhante ( $P>0,05$ ). Gonçalves (2012) testaram o NANOLIPE® em novilhas leiteiras e também encontraram resultados satisfatórios, uma vez que o coeficiente de digestibilidade da MS foi equivalente ao da coleta total (65,66% e 71,30%), bem como os dados de produção fecal (2,16kg/dia e 2,17kg/dia).

A administração do NANOLIPE® em cápsulas foi fácil e garantiu a ingestão do indicador sem a ocorrência de perdas, semelhante ao observado com o indicador LIPE® por Lanzetta *et al.* (2009). Os resultados obtidos por Lanzetta *et al.* (2009), quando compararam a coleta total de fezes (CTF) com o indicador externo de avaliação de digestibilidade LIPE, foram semelhantes aos obtidos no presente trabalho, pois esses autores também não verificaram diferenças ( $P<0,05$ ) da digestibilidade dos nutrientes da dieta em relação à CTF bem como encontraram um alto índice de recuperação fecal (95,94%). A maior vantagem da utilização do NANOLIPE® em relação ao LIPE está no tamanho muito reduzido das nanopartículas, o que possibilita um tempo de homogeneização no trato gastrointestinal mais rápido, exigindo apenas dois dias de fornecimento para se obterem os resultados desejados, enquanto o LIPE tem que ser fornecido durante cinco dias. A boa confiabilidade na estimativa da produção fecal e na digestibilidade de equinos observada com esse novo indicador, devido à precisão da técnica analítica da espectroscopia no infravermelho com transformação de Fourier (Saliba *et al.*, 2015) aliada ao advento da nanotecnologia, permitirá a realização de estudos sobre nutrição equina sem a necessidade do confinamento para coleta total de fezes, contribuindo para melhor bem-estar dos animais utilizados nos experimentos e realização de estudos com equinos criados soltos em condições naturais.

## CONCLUSÃO

Nas condições em que o presente experimento foi realizado, pôde-se concluir que o indicador NANOLIPE® foi eficiente para estimativa da produção fecal e digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta em equinos, quando fornecido por dois dias, sendo uma aplicação diária e com início da coleta de fezes 24 horas após sua administração.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. *et al.* Comparação entre indicadores internos e o método da coleta total para determinar digestibilidade os nutrientes de dietas mistas em equinos. *Ciênc. Agrotec.*, v.24, p.1041-1048, 2000.
- CUNNIFF, P. (Ed.) *Official methods of AOAC International*. 16 ed. Arlington: AOAC International, v.1, 1995.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. *et al.* Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados a pasto. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1600-1609, 2001.
- FAHEY JÚNIOR, G.C.; AL-HAYDARI, S.Y.; HINDS, F.C. *et al.* Phenolic compounds in roughages and their fate in the digestive system of sheep. *J. Anim. Sci.*, v.50, p.1165-1172, 1980.
- FAHEY, G.C.; JUNG, H.G. Lignin as a marker in digestion studies: a review *J. Anim. Sci.*, v.57, p.220-225, 1983.
- FIGUEIREDO, M.R.P. *Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos*. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- GARCIA, T.R.; REZENDE, A.S.C.; SANTIAGO, J.M. *et al.* Digestibilidade e consumo dos nutrientes em éguas Mangalarga Marchador suplementadas com *Saccharomyces cerevisiae* durante treinamento aeróbico. *Semin. Ciênc. Agrár.*, v.35, p.2011-2018, 2014.
- GONÇALVES, N.C. *Validação do nanolipe como indicador para estimativa de consumo em bovinos leiteiros*. 2012. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

- LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S. *et al.* Validação do Lipe® como método para determinar a digestibilidade dos nutrientes em equinos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.69-74, 2009.
- LIPPEKE, H. Estimation of forage intake by ruminants on pasture. *Crop Sci.*, v.42, p.869-872, 2002.
- MARAIS, J.P. Use of markers. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). *Farm animal metabolism and nutrition*. Wallingford: CAB International, 2000. p.255-277.
- MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; REZENDE, A.S.C. *et al.* Determinação da digestibilidade aparente em equídeos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.48, p.703-711, 1996.
- MIRAGLIA, N.; BERGERO, D.; BASSANO, B. *et al.* Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. *Livest. Prod. Sci.*, v.60, p.21-25, 1999.
- MOURA, R.S.; SALIBA, E.O.S.; ALMEIDA, F.Q. *et al.* Digestibilidade aparente de dietas com probióticos e fitas para potros mangalarga marchador. *Arch. Zootec.*, v.60, p.193-203, 2011.
- MUNTIFERING, R.B. Evaluation of various lignin assays for determining ruminal digestion of roughages by lambs. *J. Anim. Sci.*, v.55, p.432-438, 1982.
- NUNES, A.N.; SALIBA, E.O.S.; DELL'ISOLA, A.T.P. *et al.* Validação do indicador nanolipe para estimativa de produção fecal em suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. *Anais...* Belém: [SBZ], 2011. p.1-3.
- PEREIRA, R.V.G. *Digestibilidade e consumo de equinos em treinamento e criados a pasto*. 2010. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- PIAGGIO, L.M.; PRATES, E.R.; PIRES, F.F. *et al.* Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido como indicadores internos de digestibilidade. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.20, p.306-312, 1991.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. *Animal nutrition and feeding*. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1995. 615p.
- REZENDE, A.S.C.; GONÇALVES, L.C.; CARVALHO, M.A.G. *et al.* Digestibilidade aparente em equídeos submetidos a três condutas de arraçamento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.50, p.429-434, 1998.
- REZENDE, A.S.C.; TRIGO, P.; LANA, A.M.Q. *et al.* Yeast as a feed additive for training horses. *Ciênc. Agrotec.*, v.36, p.354-362, 2012.
- RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais ...* João Pessoa: [SBZ], 2006. p.33-352.
- SALIBA, E.O.S.; FARIA, E.P.; RODRIGUEZ, N.M. *et al.* Use of infrared spectroscopy to estimate fecal output with marker Lipe®. *Int. J. Food Sci. Nutr. Diet.*, v.S004, p.1-10. 2015.
- SEIN, T.; TODD, J.R. Investigation into the use of indicator methods of estimating the digestibilities of feeds by ruminant animals. *J. Agric. Sci.* v.110, p.315-320, 1988.
- SILVA, R.H.P.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O. *et al.* The effect of deworming on apparent digestion, body weight, and condition in heavily parasitized mares. *J. Equine Vet. Sci.*, v.36, p.83-89, 2016.
- SISTEMA para análises estatísticas-SAEG. Versão 8.0. Viçosa: UFV / Fundação Arthur Bernardes, 2000. 198p.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, p.3583-3597, 1991.