



Predição da composição bromatológica de palma forrageira por meio da espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS)

Sabrina Peres da Silva^{2,1}; Marco Aurélio Delmondes Bomfim¹; Antonio Marcos Ferreira Fernandes; Juliete Lima Gonçalves¹; Diego Barcelos Galvani¹; Sueli Freitas dos Santos¹; Yanna Helena Lima de Sousa; Francisca Erlane Brito Martins¹

¹Embrapa Caprinos e Ovinos; ²Universidade Estadual Vale do Acaraú

Resumo: A espectroscopia de reflectância na região do infravermelho próximo (NIRS) é uma ferramenta alternativa aos métodos convencionais para determinar a qualidade de dietas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho da técnica NIRS para caracterização bromatológica da palma forrageira. As coletas foram realizadas nos estados do Ceará, Paraíba e Pernambuco. Quatro variedades de palma foram coletadas: a Orelha de elefante mexicana (OE), Doce ou Miúda (DM), Mão de moça ou Ipasertânea (MM) e a Gigante (GG). Os valores da composição bromatológica das amostras foram obtidos por meio de metodologias tradicionais. O tratamento matemático mais adequado foi avaliado observando-se a coeficiente de determinação (R^2) e a raiz do quadrado médio do erro da calibração (RMSEC) e da validação cruzada (RMSECV). Os modelos MS, PB e DIVMS foram os que apresentaram os melhores desempenhos, R^2 de calibração de 0,87, 0,94 e 0,82, respectivamente, e de acordo com a classificação de Cheng et al. (2003) foram classificados em classe A ($RPD > 2,0$). O modelo FDA, embora tenha apresentado boa correlação e elevados coeficientes de regressão, o valor do RPD foi abaixo de 2,0 devido ao elevado erro médio de validação, sendo assim classificado em classe B, assim como os demais modelos. Nenhum modelo foi classificado em classe C, considerado modelos não confiáveis para previsão. Pode-se concluir que o método de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) apresenta bom desempenho em caracterizar a composição bromatológica da palma forrageira.

Palavras-chave: alimento alternativo ; cactácea; NIR

Prediction of the forage palm bromatological composition by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS)

Abstract: Reflectance spectroscopy in the near infrared (NIRS) region is an alternative tool to conventional methods for determining the quality of diets. The objective of this work was to evaluate the performance of the NIRS technique for the bromatological characterization of forage palm. The collections were carried out in the states of Ceará, Paraíba and Pernambuco. Four varieties of palm were collected: the Mexican Elephant Ear (OE), Sweet or Small (MD), Hand of girl or Ipasertânea (MM) and Gigante (GG). The values ??of the bromatological composition of the samples were obtained through traditional methodologies. The most suitable mathematical treatment was evaluated by the coefficient of determination (R^2) and root mean square of the calibration error (RMSEC) and cross-validation (RMSECV). The models MS, PB and DIVMS presented the best performances, R^2 of calibration of 0.87, 0.94 and 0.82, respectively, and according to the classification of Cheng et al. (2003) were classified in class A ($RPD > 2.0$). The FDA model, although presenting good correlation and high regression coefficients, the value of the RPD was below 2.0 due to the high average error of validation, being thus classified in class B, as well as the other models. No model was classified in class C, considered unreliable models for prediction. It can be concluded that the Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) method has a good performance in characterizing the forage palm bromatological composition.

Keywords: alternative food ; cactaceous ; NIR

INTRODUÇÃO

A região Nordeste caracteriza-se por apresentar condições climáticas com altas temperaturas, baixa precipitação pluviométrica, com má distribuição das chuvas ao longo do ano, solos ácidos e rasos, o que leva a necessidade do cultivo de plantas com características adaptativas a estas condições para que as mesmas possam ser utilizadas na alimentação animal. As cactáceas são plantas que se destacam, em razão da alta concentração de água e seu valor nutricional, podendo constituir a dieta dos animais, como fonte de volumoso e de água. Geralmente na época de escassez de alimentos, se utiliza concentrados nas rações dos animais, para suprir a energia exigida para a produção de carne, leite ou lâ. Portanto, para se diminuir os custos com a alimentação, a utilização de uma fonte de alimento alternativo seria ideal, mas para isso, o conhecimento bromatológico do alimento é primordial (Melo et al., 2003).

Entretanto, para se obter o conhecimento do valor nutritivo do alimento são necessárias análises tradicionais, que possui como entrave o custo elevado, requer um maior tempo de espera dos resultados e uso de reagentes que produz resíduos que causam um

Nutrição e Produção de Ruminantes

grande impacto ambiental. Assim, a espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS), vem se mostrando como uma ferramenta promissora na determinação de análises bromatológicas, por ser um método com resultados mais rápidos, com menor custo, não destrói a amostra que posteriormente pode ser utilizada para outros fins e principalmente não faz uso de reagentes.

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho da técnica NIRS para caracterização bromatológica da palma forrageira.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na cidade de Sobral – Ceará, na Embrapa Caprinos e Ovinos, no Laboratório de Nutrição Animal. Foram utilizadas 158 amostras de palma forrageira selecionadas em um banco de 338 amostras coletadas nos estados do Ceará, Paraíba e Pernambuco. Quatro variedades de palma foram coletadas: a Orelha de elefante mexicana (OE), Doce ou Miúda (DM), Mão de moça ou Ipasertânea (MM) e a Gigante (GG). Posteriormente, as amostras selecionadas forma pré-secas, moídas em moinho tipo Wiley a 1,0mm. Para serem escaneadas, as amostras foram levadas a estufa de ventilação forçada a 65°C por no mínimo três horas para estabilização da umidade. Foram colocadas em um dessecador por 30 minutos para resfriar até a temperatura ambiente, em seguida colocadas em células e imediatamente escaneadas no aparelho FOSS 5000 NIR System® (FOSS, Hillrod, Denmark).

Os valores usados como referências, foram obtidos por procedimentos analíticos tradicionais de composição bromatológica: teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO), conforme os procedimentos descritos por AOAC (2010). O teor de nitrogênio total (N) foi determinado em sistema de combustão (Leco FP-628, Leco Corp., St. Joseph, MI, EUA), utilizando-se o fator de correção 6,25 para conversão dos valores de N para proteína bruta (PB). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas segundo descrito por Senger et al., (2008). Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi obtida por meio da técnica de duplo estágio descrita por Tilley & Terry (1963), sendo modificada a quantidade de pepsina utilizada na segunda fase para 2,0 g/L, mantendo-se a mesma concentração de pepsina na solução de digestão.

Os espectros gerados foram arquivados em microcomputador acoplado ao NIR para uso na geração dos modelos de predição. Os modelos foram desenvolvidos usando a técnica multivariada de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) usando o pacote Unscrambler®, versão 10.2 (CamoInc, Oslo, Norway). Os espectros originais foram submetidos a diferentes pré-tratamentos matemáticos, como a correção multiplicativa de sinal (MSC) e transformação normal de variância (SNV) com ou sem remoção de tendência (SNV, com ou sem Detrend), associados ou não à transformação pela primeira ou segunda derivativa (Savitzky-Golay) com janela variando de 1 a 4 pontos. O tratamento matemático mais adequado foi avaliado observando-se o coeficiente de determinação (R^2) e a raiz do quadrado médio do erro da calibração (RMSEC) e da validação cruzada (RMSECV). O Desvio Residual de Previsão (*Residual Prediction Deviation* – RPD) também foi utilizado para avaliar o desempenho dos modelos desenvolvidos e usada a classificação de Chang et al, 2001.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na Tabela 1 os modelos que apresentaram os melhores desempenhos de acordo com o coeficiente de determinação (R^2), os erros médios da calibração (EPC) e validação (EPVC) e o RPD. Foram eliminados em torno de 10% de amostras consideradas *outliers*, indicando que a população-alvo foi bem representada. Para alguns parâmetros, o melhor desempenho foi obtido com a combinação de tratamentos matemáticos para correção de espalhamento e de linha de base, indicativo da especificidade de cada tratamento em diferentes regiões ao longo do espectro. O número de fatores variou entre 3 e 8. Segundo a ASTM (2012) não existe uma regra sobre quantas variáveis deve-se usar em um modelo. Geralmente, se houver poucas variáveis ou um menor número de fatores forem usados no modelo, resultará em modelos menos precisos. Já se o número de fatores for alto, as estimativas dos modelos podem ser instáveis. Com relação a correlação entre as variáveis, pode ser observado que quanto maior a correlação do modelo de predição, melhores foram os coeficientes de determinação e menores os erros médios. Os resultados mostram que há uma grande correlação entre as variáveis em estudo, espectros coletados na região NIR e resultados de análises bromatológicas tradicionais.

Os modelos MS, PB e DIVMS foram os que apresentaram os melhores desempenhos apresentando R^2 de calibração de 0,87, 0,94 e 0,82, respectivamente, sendo esses classificados em classe A ($RPD > 2,0$) de acordo com Chang et al., (2001). O modelo FDA, embora tenha apresentado boa correlação e elevado coeficiente de determinação para calibração, o valor do RPD foi abaixo de 2,0 devido ao elevado erro médio de validação, sendo assim classificado com confiáveis (classe B), assim como os demais modelos. Nenhum modelo foi classificado em classe C, considerado modelos não confiáveis para previsão.

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos dos modelos NIRS desenvolvidos para predição da composição da palma forrageira

Parâmetro	N	Tratamentos	Nº Fatores	Correlação	R^2C	EPC	R^2V	EPV_C	RPD
MS	142	SNV+DT/SG2	5	0,93	0,87	0,75	0,79	0,98	2,82
MO	142	MSC/SG2	4	0,88	0,77	2,23	0,74	2,40	1,99
MM	149	MSC/SG2	5	0,90	0,81	2,06	0,68	2,72	1,79
PB	156	SNV+DT/SG1	8	0,97	0,94	0,74	0,92	0,90	3,50
FDN	148	SG2	3	0,68	0,46	3,31	0,31	3,77	1,29
FDA	148	SG2	8	0,95	0,90	0,99	0,55	2,06	1,50

Nutrição e Produção de Ruminantes

DIVMS	146	SG2	5	0,90	0,82	1,78	0,76	2,05	2,04
-------	-----	-----	---	------	------	------	------	------	------

Matéria seca – MS; Matéria orgânica – MO; Matéria mineral – MM; Proteína bruta – PB; Fibra em detergente neutro – FDN; Fibra em detergente ácido – FDA; Digestibilidade *in vitro* da matéria seca – DIVMS; Número de amostras – N; MSC - *multiplicativescattercorrection*; SNV - *standard normal variate*; SNV+DT - *standard normal variate* combinada *De-trending*; SG1 e SG2 – Derivadas Savitzky-Golay, primeira e segunda derivativa, respectivamente; R²C – Coeficiente de determinação da Calibração; EPC – Erro Padrão de Calibração; R²V – Coeficiente de Determinação da Validação; EPV_C – Erro Padrão de Validação Cruzada; RPD– Relação de Desempenho de Desvio dos Modelos.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados, pode-se concluir que o método de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS) apresenta bom desempenho em caracterizar a composição bromatológica da palma forrageira, sendo que os modelos para previsão da MS, PB e DIVMS foram considerados excelentes e os para previsão de MO, MM, FDN e FDA como confiáveis.

APOIO

Embrapa Caprinos e Ovinos

REFERÊNCIAS

- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18.ed.Rev. Gaithersburg, Maryland, USA, 2010. 3000p.
- MELO, E.O.S. de.; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32,n.3,p.727-736,2003.
- SENGER, C.C.D.; KOZLOSKI, G.V.; SANCHEZ, L.M.B.; et al. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.169-174, 2008.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- CHANG, C.W.; LAIRD, D.A.; MAUSBACH, M.J.; et al. Near-infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analysis of soil properties. **Science Society of America Journal**, v.65, p.480-490, 2001. Annual Book of ASTM Standards, **Standard Practices for Infrared Multivariate Quantitative Analysis — E1655-05**, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2012.