

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

BRUNA BÚRIGO VANDRESEN

**CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA ANÁLISE BROMATOLÓGICA DE
PASTAGENS POR ESPECTROMETRIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO
(NIR)**

Florianópolis- SC
2017

BRUNA BÚRIGO VANDRESEN

**CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA ANÁLISE BROMATOLÓGICA DE
PASTAGENS POR ESPECTROMETRIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO
(NIR)**

Trabalho de Conclusão de curso,
apresentado a Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte das exigências
para a obtenção do título de Engenheira
Agrônoma.

Florianópolis, 20 de Junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Daniele Cristina da Silva Kazama
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Abdon Luiz Schmitt Filho
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Diego Peres Netto
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

Curvas de calibração para análise bromatológica de pastagens por espectrometria de Infravermelho Próximo (NIR)

Bruna Búrigo Vandresen^{(1)*}, Daniele Cristina da Silva Kazama⁽²⁾

- (1) Acadêmica do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.
- (2) Professora, Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

* Autor correspondente – brunabvandresen@gmail.com

Resumo

A análise bromatológica em pastagens pelo método de refletância no Infravermelho Próximo (NIR) é utilizada como uma alternativa aos métodos convencionais por rápida, mais barata e não ser destrutiva. Objetivou-se nesse estudo desenvolver uma curva de calibração para análise bromatológica de pastagens pelo método de espectroscopia de refletância no NIR. Foram utilizadas 83 amostras de forrageiras coletadas em diferentes regiões do estado catarinense, entre os períodos de 2014 a 2017. O material foi analisado quanto os parâmetros de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA) pelos métodos convencionais e seus espectros lidos pelo espectrômetro Bruker MPA FT-NIR (BRUKER OPTIK GmbH, Rudolf Plank Str. 27, D-76275 Ettlingen). Para a calibração foi utilizado os tratamentos matemáticos, no caso de MS foi *Straight line subtraction*, Proteína Bruta normalização mínimo e máximo, FDN primeira derivada com *Straight line subtraction* e de FDA vetor de normalização (SNV), com ajustes nas equações. Nos parâmetros MS, PB, FDA e FDN, os valores encontrados de R^2 foram 82,94; 90,12; 93,12 e 96,34 % e para os valores dos Coeficiente de Correlação encontrados na validação externa foram, 0,9497; 0,9724; 0,9789 e 0,9828, respectivamente. Assim, as curva de calibração para as análises bromatológica se mostraram adequadas para o uso em análises de rotina no laboratório.

Palavras-Chave: Matéria Seca, Proteína Bruta, Fibra Detergente Ácido, Fibra Detergente Neutro.

Calibration curve from pastures bromatological analysis by spectrometry from Near Infrared (NIR)

Bruna Búrigo Vandresen, Daniele Cristina da Silva Kazama

Abstract

Pastures bromatological analyses by near infrared (NIR) reflectance method are used as an option from convention methods, to reduce the waste of destructive samples, being faster and cheaper. Therefore, the research is aimed to develop a calibration curve to pastures bromatological analysis by reflectance of spectrometry using NIR method. There are 83 samples from different species found in different regions of Santa Catarina's state, were collected between 2014 to 2017. The material was analysed for dry matter content (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), and acid-detergent fiber (ADF), through analyzed conventional methods and the spectrums were get by Bruker MPA FT-NIR (BRUKER OPTIK GmbH, Rudolf Plank Str. 27, D-76275 Ettlingen). To calibrate was use the following math treatments, in Dry Matter Content case was Straight line subtraction, in Crude Protein minimum-maximum normalization, for Neutral Detergent Fiber first derived with straight line subtraction, and for Acid-Detergent Fiber Standard Normal Variate, with some modifications at equations. R^2 values for DM, CP NDF and ADF were 82.94; 90.12; 93.12 and 96.34% and the coefficient of variation values found at external validation were 0.9497; 0,9724; 0.9789 and 0.9828, respectively. With these results we could conclude that efficiency of calibration curve to bromatological analysis are appropriate for use in laboratory tests routine.

Word-Key: Dry Matter Content, Crude Protein, Neutral Detergent Fiber, Acid-Detergent Fiber.

Introdução

As propriedades rurais catarinenses têm como características as pequenas e médias áreas de produção, utilizando de escassa mão de obra e recursos limitados, assim a criação de bovinos a pasto ocupa um espaço de destaque, intensificando a produção com o passar dos anos, alojando de acordo com o IBGE (2015) mais de 4 milhões de cabeças de bovinos sob diversas formas de manejo.

Na atividade de produção de carne e leite, para ser rentável requer do gestor decisões que englobam toda a cadeia, desde a genética do rebanho ao preço do produto comercializado para a indústria. Para que o saldo final desse investimento seja positivo é necessário que todos fatores que afetam na produtividade e lucratividade do negócio sejam avaliados, inclusive a nutrição animal. O uso de forrageiras na alimentação do rebanho representa uma alternativa para a diminuição dos custos (CÓSER & PEREIRA, 2001), já que a qualidade da forragem disponível está diretamente relacionada ao desempenho que o animal apresentará, seja sua aptidão para produção de carne ou de leite.

O conhecimento da qualidade das pastagens fornecidas é essencial para o balanço da dieta do rebanho, a partir desse dado é estimado a quantidade de nutrientes que possui aquele alimento, podendo assim estimar seu rendimento, de acordo com outros fatores ambientais e genéticos. As análises feitas cotidianamente em laboratórios nesse setor levam em conta os métodos renomados, descritos por, Silva & Queiroz (2002) para a determinação de MS e PB, e Van Soest, *et al.* (1991) para FDA e FDN, que apresentam maior fidelidade possível com o material de origem, contudo exigem disponibilidade de mão de obra capacitada, tempo hábil e material e ambiente adequado, fatores que aumentam os custos e o tempo para a realização desses testes.

Uma forma alternativa de análise da composição química de forragens, e outros produtos, é a utilização da espectroscopia de Reflectância no Infravermelho Próximo (NIR). Essa análise toma como base a compilação de dados de referência obtidos por meio de métodos químicos de laboratório previamente informados no sistema com a formação de espectros resultantes da incidência de radiação na faixa do infravermelho próximo (DIAS, 2015). Com o uso de amostras não destrutíveis em um equipamento que gera análises rápidas e de baixo custo, o ponto chave do sistema é a confiabilidade das amostras no processo de calibração, o qual serve de parâmetro para a formação da curva e o resultado a níveis de confiabilidade desejados.

Assim, objetivou-se nesse trabalho, com base nos bancos de dados de pastagens coletados em Santa Catarina, construir uma curva de calibração para a determinação de Matéria seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Acido (FDA) e Fibra Detergente Neutro (FDN) para a utilização em análises de rotina.

Material e métodos

Método de referência

As amostras utilizadas para confecção das curvas de calibração foram provenientes de diferentes projetos de pesquisa desenvolvidos pelo Laboratório PRONUTRIR (Laboratório Produção e Nutrição de Ruminantes) e outros projetos em que estas foram analisadas nos laboratórios de Forragicultura e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, durante o período de 2014 a 2017. Essas amostras foram provenientes das regiões oeste, planalto norte e litoral catarinense, contendo uma diversidade de espécies forrageiras, como aveia branca (*Avena sativa*), aveia preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), capim-Sudão (*Sorghum sudanense*), ervilhaca (*Vicia cracca*), estrela-africana (*Cynodon plectostachyus*), hemartria (*Hemarthria altissima*), milheto (*Pennisetum americanum*), missioneira-gigante (*Axonopus catarinensis*), papuã (*Ichnanthus candicans*), paspalum (*Paspalum notatum*), sorgo (*Sorghum bicolor*) e Tifton (*Cynodon* spp.) que podiam ser de cultivo solteiro ou consorciadas.

Para a coleta das pastagens foi utilizada a técnica do quadrado de 0,25 m² de área lançado ao acaso nos piquetes, sendo coletados cinco pontos em cada piquete. Da área do quadrado foi cortado todo o pasto, pesado e acondicionado em sacos de papel para posterior secagem em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após secas, as amostras foram moídas em moinho de facas dotado de peneiras com crivos de 1 milímetro e armazenadas para posterior determinação dos teores de Matéria Seca em 105°C(MS) e Proteína Bruta (PB) (SILVA & QUEIROZ, 2002), e de Fibra Detergente Ácido (FDA) e Fibra Detergente Neutro (FDN) (VAN SOEST, *et al.*, 1991).

Aquisição de espectros

As 83 amostras de pastagens foram analisadas pela espectrometria no infravermelho próximo (NIR) para a construção da curva de calibração, em triplicatas no equipamento modelo Bruker MPA FT-NIR (BRUKER OPTIK GmbH, Rudolf Plank Str. 27, D-76275 Ettlingen). Os espectros foram obtidos com 64 varreduras cada, com resolução de 16 cm⁻¹ na região espectral de 4.000 a 12.500 cm⁻¹.

Construção da curva e estatística

O software utilizado para o tratamento e construção das curvas de calibração e validação foi o Opus Lab Bruket © (v. 7.5). A calibração da curva se deu a partir dos 249 espectros para Matéria Seca (MS), Fibra Detergente Acido (FDA) e Fibra Detergente Neutro (FDN) e 213 espectros para Proteína Bruta (PB), utilizando o modelo de regressão por quadrados mínimos parciais (PLS) para relacionar os dados coletados no método de referência e os obtidos no NIR.

A avaliação da acurácia da curva desenvolvida ocorreu a partir do coeficiente de calibração (R^2) e da raiz quadrada do erro quadrático médio da validação cruzada (RMSECV) dos espectros. As amostras que se destacavam nos gráficos como *outliers*, foram excluídas do cálculo para diminuir a interferência dos ruídos. O modelo matemático foi selecionado baseado no menor erro de validação (Stand error of cross validation - SECV) e melhor coeficiente de correlação (CC), que no caso de MS foi *Straight line subtraction*, PB normalização mínimo e máximo, de FDA vetor de normalização (SNV), FDN primeira derivada com *Straight line subtraction*.

Para a validação do método, foram selecionadas 8 amostras pastagens do banco de dados já existente no laboratório, assim repetindo o mesmo procedimento do método de referência e lendo a triplicata de espectros de cada amostra no infravermelho próximo (NIR) na região espectral de 4000 a 12500 cm^{-1} com 64 varreduras para cada espectro, com resolução de 16 cm^{-1} .

Resultados e discussão

Curvas de calibração

Conforme observado no conjunto dos espectros originais na região de 4.000 a 12.500 cm^{-1} obtidos com as diferentes amostras de pastagens (Figura 1), observa-se uma certa semelhança entre os mesmos, porém com regiões que apresentam diferenças.

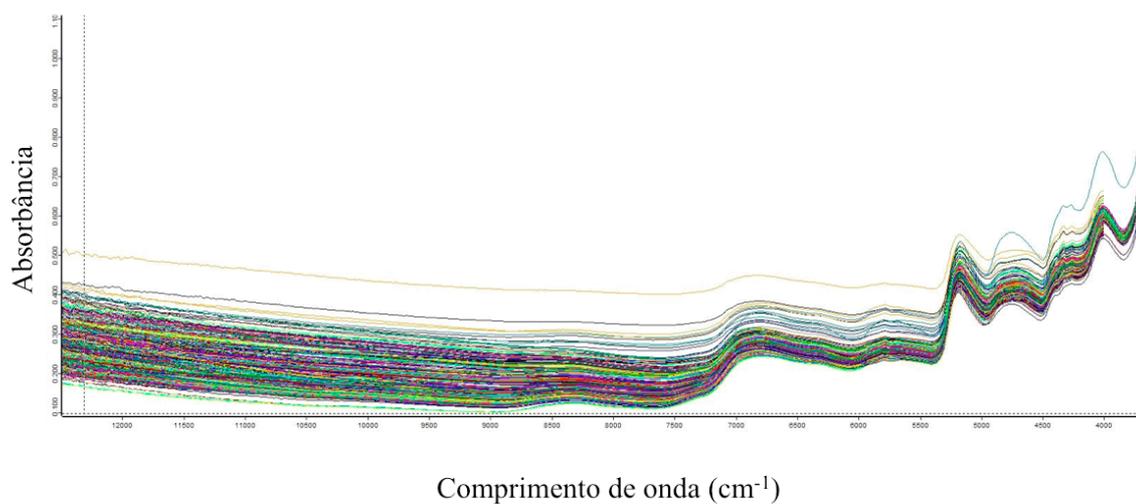


Figura 1. Conjunto de espectros originais de refletância difusa na região do NIR.

Nas regiões mais extremas da análise é observado a presença de ruídos de leitura (Figura 1), que são dados obtidos pelo equipamento que não condizem com o material avaliado naquele comprimento de onda. Os ruídos que se apresentam nos espectros, fazem a necessidade de pré-tratamentos matemáticos para suavizar, reduzir, eliminar ou padronizar o impacto desses fatores não desejáveis nos espectros, sem alterar a informação espectroscópica contida neles (SIESLER, *et al.*, 2002).

Uma forma de diminuir a interferência do ruído, é a seleção de áreas específicas para análise. Conforme a Figura 2, foi selecionado regiões do espectro sugeridas pelo programa para representar melhor a discrepância entre amostras, dependendo da variável quantificada (MS, PB, FDN ou FDA) sem interferir na acurácia dos dados.

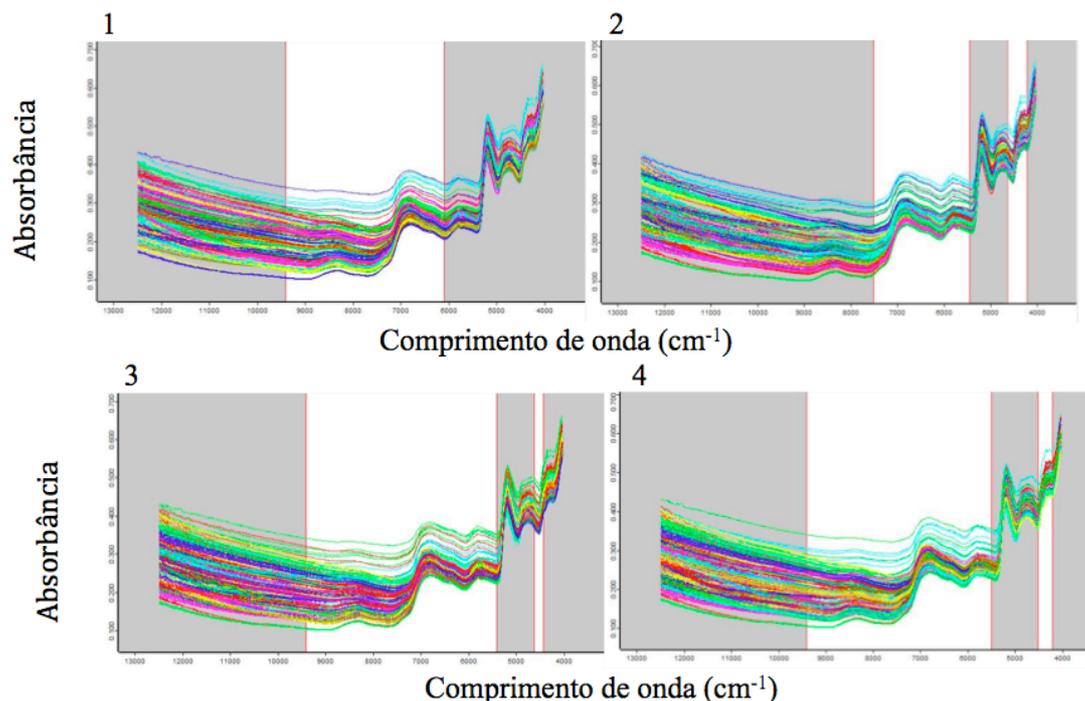


Figura 2. Conjunto de espectros originais de refletância difusa com as regiões de interesse selecionadas, sendo 1 – Matéria Seca, 2 – Proteína Bruna, 3 - Fibra em detergente Ácido e 4 – Fibra em detergente neutro.

Na tabela 1, é possível observar que os *outliers* dos componentes PB, FDA e FDN não chegaram a alcançar 10% do volume de amostra alimentada na curva, para diminuir esse número de amostras excluídas seria necessário novas análises de referência para relacionar com o material analisado pelo NIR. Contudo, o teor de MS apresentou resultados inferiores aos demais componentes tanto para o R^2 e para o número de *outliers*, sendo este justificado pela ineficiente conservação de algumas amostras para esse parâmetro.

A diferença de meses entre a coleta e as análises de referência com algumas as análises no NIR, chega até 3 anos. Durante esse tempo o material foi armazenado em postes plásticos e mantidos em temperatura média de -6°C , apesar desse controle, o ambiente possui uma alta relação com o teor de MS, e a relação entre os dados obtidos nas análises de referência com os dados obtidos no NIR alcançaram diferenças que afetam na precisão da curva.

Os espectros em triplicata utilizados para a construção da curva, ao serem submetidos ao teste de validação, segundo o melhor modelo matemático, apresentaram R^2

para MS, PB, FDA e FDN de 82,94; 90,12; 93,12; 96,34, respectivamente. Os valores de RMSEC foram de 1,12 mg. g-1 para MS, 2,12 no FDA e PB, 1,87 no FDN.

Tabela 1. Parâmetros de ajuste e os erros dos modelos escolhidos para o conjunto de calibração para a quantificação do valores de Matéria Seca (MS), Fibra detergente ácido (FDA), Fibra detergente neutro (FDN) e Proteína Bruta (PB) das pastagens analisadas.

Componentes	Conjunto de Calibrações					
	Nº amostras	Nº espectros	Nº espectros calibração	RMSECV* (mg.g-1)	R ² (%)	Outliers (%)
MS	83	249	211	1,12	82,94	15,26
FDA	83	249	226	2,12	93,12	9,24
FDN	83	249	229	1,87	96,34	9,03
PB	71	213	193	2,12	90,12	9,39

* RMSECV: raiz quadrada do erro quadrático médio da validação cruzada

A raiz quadrada do erro quadrático médio da validação cruzada (RMSECV) é uma forma de avaliar a qualidade dos dados gerados pelas amostras originais utilizadas na construção do modelo (ROCHA, 2009). Assim, o valor de MS está abaixo do valor encontrado por Machado, *et al.* (2015), de 1,78 na RMSECV na análise de capim tanzânia, o R² na calibração da MS era de 83%, muito próximo ao valor encontrado no presente trabalho. Na mesma pesquisa, os autores analisaram PB, que apresentou superioridade na RMSECV, com 0,69, e o R² de 81%.

No estudo feito por Dias, *et al.* (2012) sobre alfafa, o valor de R² encontrado para FDN foi de 91,6% e 91,5% para FDA, sendo esses valores inferiores ao R² observado no presente trabalho. Na validação a RMSECV, apresentou melhor desempenho, chegando em 0,889 para FDN e 0,883 para FDA.

Uma forma visual de avaliar a proximidade dos dados alimentados com a realidade pelo sistema é correlacionando os valores de referências e os valores preditos (Figura 3), o desejável dados distribuídos homogeneamente, diminuindo o erro e a discrepância dos resultados. A relação entre as concentrações dos nutrientes obtidas em laboratório versus as concentrações preditas de MS, FDA, FDN e PB estão na faixa de calibração de 84,5 a 98%, 5 a 40%, 30 a 72%, 1 a 31%, respectivamente. Contudo, na figura 3, pode ser

observado que há aglomerações de dados em alguns pontos da curva, como no FDA, que se concentrou na faixa de 10 a 15% e no intervalo de 21 a 35%. Isso significa que um grande número de amostras inseridas no sistema para gerar a curva, possuíam valores nessas faixas, diminuindo a distribuição homogênea na linha.

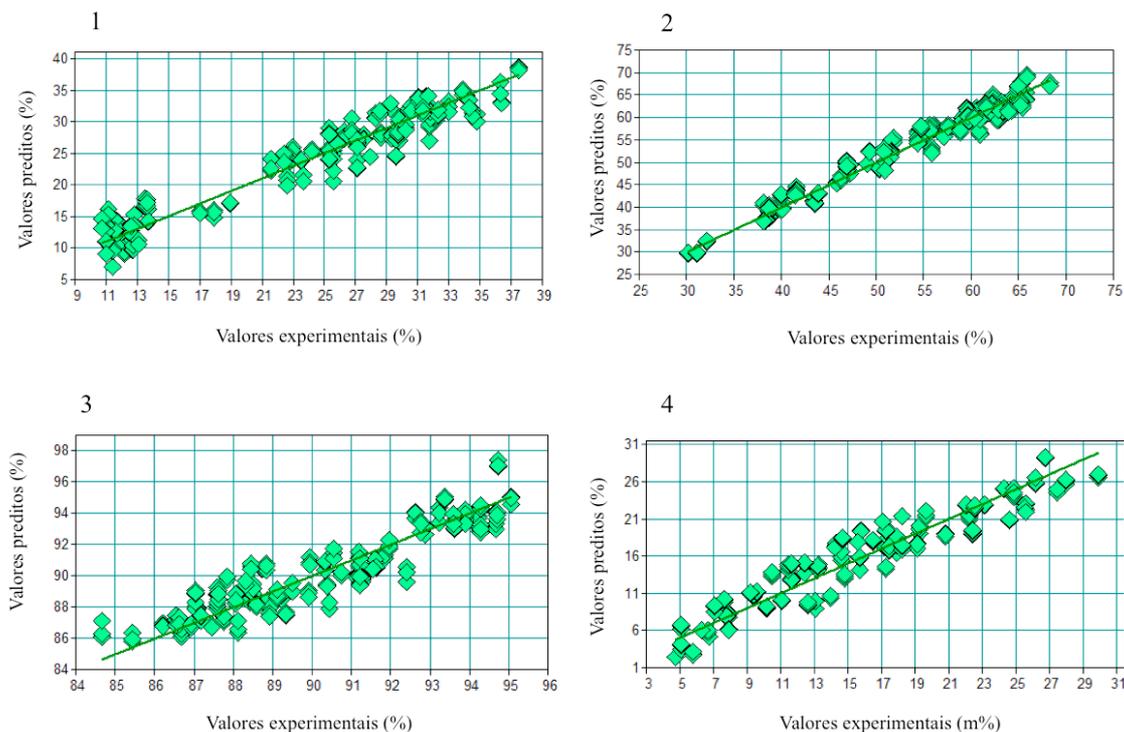


Figura 2. Curva de calibração dos valores preditos pelo NIR versus os valores experimentais pelo método de referência de Fibra detergente ácido – FDA (1), Fibra detergente neutro – FDN (2), Matéria Seca – MS em 105°C (3) e Proteína Bruta – PB (4) em %, aplicando o modelo de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS).

Cada espécie de pastagem possui concentrações de nutrientes diferentes em sua composição, que por sua vez variam de acordo com o estágio morfológico e fisiológico das plantas, fatores ambientais, de manejo, dentre outros fatores. Contudo, apresentam um padrão de composição, como apresentado por Luczyszyn & Rossi Junior (2007) que encontrou uma amplitude nas composições de acordo com a época de pastejo, em FDA de 15,62 a 46,25, em FDN de 48,38 a 63,02 e PB de 14,14 a 24,82, que se enquadram na amplitude de seus respectivos componentes das curvas do presente trabalho.

Validação do modelo

Após a construção de modelos matemáticos para cada uma das variáveis (MS, FDA, FDN e PB), foram selecionados 8 amostras de pastagens (apêndices 1 e 2) não utilizadas para construção dos modelos, gerando 24 espectros para validação (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de ajuste e erro dos modelos escolhidos para o conjunto de validação externa para a quantificação dos valores de Matéria Seca (MS), Fibra detergente ácido (FDA), Fibra detergente neutro (FDN) e Proteína Bruta (PB) em pastagens.

Componentes	Curva de validação externa				
	Nº amostras	Nº espectros	Nº validação	espectros	RMSEP* Coeficiente de Correlação
MS	8	24	24		1,77 0,9497
FDA	8	24	24		1,74 0,9789
FDN	8	24	24		1,78 0,9828
PB	8	24	24		1,72 0,9724

*RMSEP: Raiz quadrada do erro de validação de previsão.

Semelhante a RMSECV, a RMSEP é relacionada ao erro quadrado da análise, entretanto, ele se referêcia a acurácia da validação externa da curva. O coeficiente de correlação nos componentes PB, FDA e FDN apresentaram os seguintes resultados, 0,9724; 0,9789 e 0,9828, melhores aos encontrados por Dias, *et al.* (2012) 0,965; 0,949; 0,985, respectivamente.

Apesar do coeficiente de relação do componente MS ser adequado, o resultado desse mal armazenamento não é tão discrepante pois as amostras de validação também passaram pelo processo de congelamento, assim as interferências sofridas foram homogêneas em 4 das 8 amostras utilizadas para a validação. A solução do problema encontrado está na própria utilização da curva. Para proceder a metodologia na avaliação de PB, FDA e FDN, é necessário que haja a secagem desse material vegetal por métodos convencionais, e moagem a 1 mm. Assim, ao ter o material seco, e identificado o teor de MS, deve-se proceder o protocolo de utilização do NIR para obtenção dos resultados dos componentes avaliados nesse trabalho.

Conclusões

A curva de calibração para os parâmetros de Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Fibra em Detergente Neutro (FDN) é adequada para o uso em análises de rotina em laboratório. A curva de Matéria Seca (MS) deve receber um banco de dados mais amplo e com materiais em melhor estado de conservação, para resultados mais confiáveis.

Referências bibliográficas

CÓSER, A. C.; PEREIRA, A. V. Forrageiras para corte e pastejo. Embrapa Gado de Leite. **Circular Técnica, 66**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001.

DIAS, C. R. M. Caracterização de forragens da ilha Terceira através da Espectroscopia NIR. **Dissertação de mestrado**. Angra do Heroísmo. 2015

DIAS, M., DEL SANTO, V. R., SOUZA, G.B., SIMEONE, M. L. F. Método para exportação e importação de calibrações entre NIRS. **Anais do 2º Workshop da Rede NIR Embrapa**. João Pessoa. 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censo agropecuário. Pecuária, 2015**. [online] Disponível na internet via WWW
URL: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sc&tema=pecuaria2015>

FONTANELI, S. R., DURR, J. W., SCHEFFER-BASSO, S. M., HAUBERT, F., BORTOLINI, F. Validação do método da reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho. **Revista Brasileira Zootécnica**, 31, 594-598. 2002.

LUCZYSZYN, V. C.; ROSSI JUNIOR, P. Composição bromatológica de pastagens de inverno submetidas a pastejo por ovinos, obtidas por fístulas esofágicas. **Rev. Acad.**, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 345-351, out./dez. 2007

MACHADO, H. C., GONÇALVES, J. de L., FERNANDES, A. M. F., SILVA, J. K. da, MARTINS F. E. B., SANTOS, S. F. dos, BOMFIM, M. A. D. Predição do teor de matéria seca e da proteína bruta do Capim-tanzânia por meio da espectroscopia NIR. **Congresso Brasileiro de Zootecnia**. Fortaleza. 2015

ROCHA, J. T. da C. Emprego de espectrometria no infravermelho e métodos quimiométricos para a identificação e quantificação de petróleos a partir de misturas de frações de diesel. 2009

SIESLER, H., OZAKI, W., KAWATA, S., HEISE, H. M. **Near-infrared spectroscopy: principles instruments applications.** Wiley-VCH. 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3^o ed. Viçosa: Editora UFV, 2002,

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. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991

Apêndices

Apêndice 1. Valores obtidos pelo método de referencia e os obtidos pelo Infravermelho Próximo na validação de Matéria Seca (MS) e Proteína Bruta (PB).

Amostra	Valor obtido pelo método de referencia (MS)	Valor obtido pelo NIR (MS)	Valor obtido pelo método de referencia (PB)	Valor obtido pelo NIR (PB)
	-----%-----		-----%-----	
Pastagem consorcio 1	93,5681	94,346	6,5831	9,5018
Pastagem consorcio 1	93,5681	94,262	6,5831	10,2230
Pastagem consorcio 1	93,5681	94,518	6,5831	10,4860
Pastagem consorcio 2	94,0190	94,604	5,2179	5,1836
Pastagem consorcio 2	94,0190	94,637	5,2179	5,3088
Pastagem consorcio 2	94,0190	94,323	5,2179	5,4628
Pastagem consorcio 3	92,6888	93,936	8,8405	8,8146
Pastagem consorcio 3	92,6888	94,299	8,8405	8,6864
Pastagem consorcio 3	92,6888	93,987	8,8405	8,6163
Pastagem consorcio 4	91,6027	93,618	6,7358	7,2932
Pastagem consorcio 4	91,6027	94,108	6,7358	7,7446
Pastagem consorcio 4	91,6027	93,447	6,7358	7,6437
Pastagem Aveia 1	84,9055	87,940	20,5301	18,6080
Pastagem Aveia 1	84,9055	87,898	20,5301	18,6840
Pastagem Aveia 1	84,9055	87,838	20,5301	18,8830
Pastagem Aveia 2	86,7700	87,543	16,2021	17,0980
Pastagem Aveia 2	86,7700	87,685	16,2021	17,3490
Pastagem Aveia 2	86,7700	87,523	16,2021	17,5560
Pastagem Estrela 1	86,3105	88,881	21,1978	21,2810
Pastagem Estrela1	86,3105	89,069	21,1978	21,5470
Pastagem Estrela 1	86,3105	89,231	21,1978	21,7990
Pastagem Papuã 1	86,6500	86,558	20,1475	22,3750
Pastagem Papuã 1	86,6500	85,910	20,1475	22,5320
Pastagem Papuã 1	86,6500	86,534	20,1475	22,8190

Apêndice 2. Valores obtidos pelo método de referencia e os obtidos pelo Infravermelho Próximo na validação de Fibra Detergente Ácido (FDA) e Fibra Detergente Neutro (FDN).

Amostra	Valor obtido pelo método de referencia (FDA)	Valor obtido pelo NIR (FDA)	Valor obtido pelo método de referencia (FDN)	Valor obtido pelo NIR (FDN)
	-----%-----		-----%-----	
Pastagem consorcio 1	12,1047	11,761	63,8012	66,294
Pastagem consorcio 1	12,1047	11,401	63,8012	64,975
Pastagem consorcio 1	12,1047	10,926	63,8012	64,533
Pastagem consorcio 2	13,2597	14,200	68,0835	67,033
Pastagem consorcio 2	13,2597	12,970	68,0835	66,816
Pastagem consorcio 2	13,2597	14,690	68,0835	66,527
Pastagem consorcio 3	10,8248	13,549	59,8349	60,141
Pastagem consorcio 3	10,8248	11,852	59,8349	60,614
Pastagem consorcio 3	10,8248	13,869	59,8349	60,180
Pastagem consorcio 4	12,6096	14,358	64,3919	65,385
Pastagem consorcio 4	12,6096	12,133	64,3919	65,165
Pastagem consorcio 4	12,6096	15,662	64,3919	64,788
Pastagem Aveia 1	25,2057	27,592	40,2022	43,703
Pastagem Aveia 1	25,2057	27,638	40,2022	43,964
Pastagem Aveia 1	25,2057	27,361	40,2022	43,792
Pastagem Aveia 2	28,1004	27,004	51,3925	52,493
Pastagem Aveia 2	28,1004	27,271	51,3925	52,407
Pastagem Aveia 2	28,1004	25,377	51,3925	51,834
Pastagem Estrela 1	28,4176	28,899	56,7120	54,646
Pastagem Estrela1	28,4176	29,861	56,7120	54,395
Pastagem Estrela 1	28,4176	31,039	56,7120	53,795
Pastagem Papuã 1	25,7049	26,866	48,4806	48,373
Pastagem Papuã 1	25,7049	26,908	48,4806	48,915
Pastagem Papuã 1	25,7049	25,791	48,4806	48,277