



Contemporânea

Contemporary Journal

Vol. 4 Nº. 10: p. 01-18, 2024

ISSN: 2447-0961

Artigo

ÍNDICES DE QUALIDADE NUTRICIONAL COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO NO MELHORAMENTO DE FORRAGEIRAS

NUTRITIONAL QUALITY INDEXES AS A SELECTION CRITERIA IN FORAGE IMPROVEMENT

ÍNDICES DE CALIDAD NUTRICIONAL COMO CRITERIO DE SELECCIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE FORRAJES

DOI: 10.56083/RCV4N10-002

Receipt of originals: 08/20/2024

Acceptance for publication: 09/10/2024

Duarte Vilela

Doutor em Zootecnia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

E-mail: duarte.vilela@embrapa.br

Leovegildo Lopes de Matos

Doutor em Zootecnia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

E-mail: leo.matos@embrapa.br

Pérsio Sandir D'Oliveira

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

E-mail: persio.oliveira@embrapa.br

Jackson Silva e Oliveira

Doutor em Nutrição

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

E-mail: jackson.oliveira@embrapa.br



Rui da Silva Verneque

Doutor em Estatística e Experimentação Agronômica
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
E-mail: rui.verneque@embrapa.br

Carlos Eugênio Martins

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil
E-mail: carlos.eugenio@embrapa.br

RESUMO: Os critérios de seleção para plantas forrageiras são mais complexos do que os aplicados em culturas convencionais como arroz ou milho, porque não envolve apenas a produção por área, mas, além da qualidade nutricional, a eficiência em conversão de proteína animal. O melhoramento genético de forrageiras é um processo normalmente caro, que exige tempo e investimentos, critérios específicos de seleção, e as vezes, avaliações com animais. Diferentes critérios para avaliar a qualidade da forragem produzida vão, desde análises bromatológicas, especialmente, os teores de proteína e fibra, ou mesmo a digestibilidade e o consumo. O objetivo dessa revisão é apresentar os principais índices de qualidade nutricional de alimentos normalmente utilizados na tipificação de forragens conservadas, como o feno, adequando-os e propondo critérios rápidos e econômicos, para serem empregados em programas de melhoramento genético na seleção de plantas forrageiras.

PALAVRAS-CHAVE: índices de qualidade, forrageiras, melhoramento genético, produção animal.

ABSTRACT: The selection criteria for forage plants are more complex than those applied to conventional crops such as rice or corn, because do not only involve production per area, but, in addition to nutritional quality, their efficiency in animal protein conversion. Plant genetic improvement is a normally an expensive process that requires time, investment, some specific criteria, and sometimes direct evaluations with animals. There are different criteria to evaluate the quality of a forage plant, from chemical analysis, especially the contents of protein and fiber and even digestibility and consumption. The objective of this review was to present the main nutritional quality indices of feeds normally used in the typification of preserved forages, such as hay, adapting them and proposing quick and economic criteria, to be used in genetic improvement selecting plants for forage.

KEYWORDS: quality indexes, forages, plant breeding, animal production.



RESUMEN: Los criterios de selección de plantas forrajeras son más complejos que los aplicados a cultivos convencionales como, el arroz o el maíz, porque no sólo involucran la producción por área, sino, además de la calidad nutricional, su eficiencia en la conversión en proteína animal. El mejoramiento fitogenético es un proceso normalmente costoso, que requiere tiempo e inversión, lo que requiere criterios específicos de selección, y en ocasiones evaluaciones directas con animales. Existen diferentes criterios para evaluar la calidad de forrajes, desde análisis químicos, especialmente contenido de proteína y fibra, o incluso digestibilidad y consumo. El objetivo de esta revisión fue presentar los principales índices de calidad nutricional de alimentos normalmente utilizados en la tipificación de forrajes conservados, como el heno, adaptándolos y proponiendo criterios rápidos y económicos, para que sean utilizados en programas de mejoramiento fitogenético en la selección de plantas forrajeras.

PALABRAS-CLAVE: índices de calidad, selección de forrajes, producción animal.

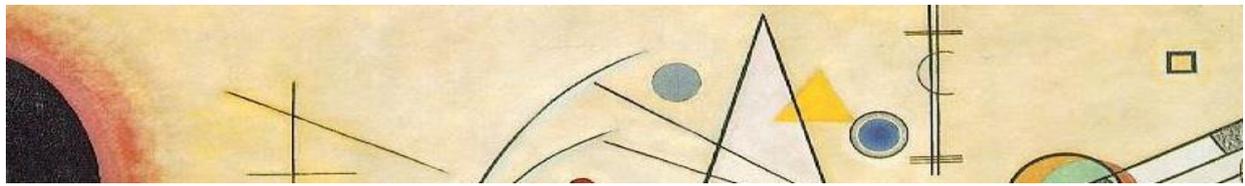


Artigo está licenciado sob forma de uma licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

1. Introdução

O melhoramento genético de plantas requer critérios de seleção específicos, sendo processos normalmente caros que exigem tempo, trabalho e investimento. Nas avaliações diretas com animais, onde se mede a produção de carne ou de leite, são ainda mais caras e muito demoradas. Portanto, recomenda-se uma análise com base na produção por área, mas com ênfase na qualidade nutricional, expressa pela composição química da planta e as correlações de alguns de seus componentes com a digestibilidade e o consumo.

Os critérios de seleção para plantas forrageiras são mais complexos do que os praticados em culturas como o arroz ou o milho. A avaliação final não deve se basear apenas na produção por área, mas também na eficiência de conversão em proteína animal (Valle *et al.*, 2008). As pesquisas



direcionadas quase exclusivamente para o aumento da produção e produtividade têm influenciado negativamente a qualidade nutricional de algumas culturas (Gruber, 2016). Acredita-se a queda no valor nutritivo ocorra pelo efeito de diluição, uma vez que foi modificada a estrutura da planta, quanto à quantidade de carbono fixo, sem um aumento proporcional na concentração de nutrientes (Marles, 2017).

Nesse contexto, os sistemas para tipificar e classificar os alimentos volumosos com valor comercial, a exemplo dos fenos e pressecados de gramíneas e de leguminosas, devem ser confiáveis e corresponderem ao seu valor nutritivo. Sua adequação aos programas de melhoramento genético vegetal na seleção de genomas superiores de plantas, devem ser avaliados e testados como critérios eficientes, rápidos e econômicos.

2. Referencial Teórico

O melhoramento genético vegetal tem trazido benefícios à pecuária tropical ao longo das últimas décadas. Valle *et al.* (2009) destaca que um programa de melhoramento só se justifica quando o germoplasma da espécie em questão for explorado e os problemas a serem resolvidos forem identificados corretamente. Os objetivos do melhoramento de plantas forrageiras são semelhantes aos das grandes culturas. Porém, no caso de forrageiras, devem ser considerados o valor nutritivo, o consumo e a produção animal, isto é, ao ser fornecido para o animal, seu valor é expresso em unidades de produção animal de alto valor agregado.

Com o avanço da idade fisiológica das plantas, aumentam as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina, reduzindo a proporção dos nutrientes digestíveis, que por sua vez interfere na digestibilidade (Reis *et al.*, 2005).

O teor de fibra das plantas aumenta com o avanço da idade, sendo maior nas hastes, com redução na relação folha: caule e na digestibilidade



(Reis *et al.*, 2005; Velásquez *et al.*, 2010). Assim, utilizar a relação folha: caule, mesmo com menor precisão e rigor técnico, pode também ser um critério para auxiliar na seleção de plantas forrageiras.

Em geral, o valor nutritivo e a qualidade de plantas forrageiras são confundidos e utilizados de forma inadequada. Há décadas o conceito de “valor nutritivo” de uma planta é definido como o resultado da composição química, da digestibilidade e do resíduo da digestão. Já a sua qualidade é representada pela associação destas variáveis ao consumo voluntário e ao desempenho animal (Mott, 1970).

As variáveis normalmente analisadas no laboratório são a Fibra em Detergente Neutro (FDN %), que representa o total de componentes da parede celular das plantas (hemicelulose, celulose, lignina e sílica), a Fibra em Detergente Ácido (FDA %), que representa a fração menos degradável da parede celular das plantas, constituída por lignina, celulose ligada à lignina e outros componentes como sílica e cutina e a Proteína Bruta (PB %), estimada pela dosagem de nitrogênio total da amostra, multiplicado pelo inverso do conteúdo médio de nitrogênio (N) presente na maioria das proteínas (16%), ou seja, $N \text{ analisado} \times 100/16$ ou $N \times 6,25 = PB\%$.

O teor de FDN é inversamente correlacionado com o consumo voluntário, isto é, quanto menor o teor de FDN, maior o consumo voluntário. O teor de FDA é inversamente correlacionado com a digestibilidade, ou seja, quanto menor, maior a digestibilidade da forragem. Já o teor de proteína bruta em baixos níveis, compromete o suprimento de nitrogênio para os microrganismos do rúmen (Milford e Minson, 1966) e conseqüente queda na digestibilidade do alimento.

A alta correlação entre digestibilidade e consumo de matéria seca foi estabelecida há muito tempo (Van Soest, 1994) e, por sua vez, tem alta correlação com a parede celular da planta (FDN), segundo Mertens (1987). Técnicas *in vitro*, a *in situ* e *in vivo* são utilizadas para estimar a digestibilidade de forragens. As vantagens da utilização da técnica *in vitro*

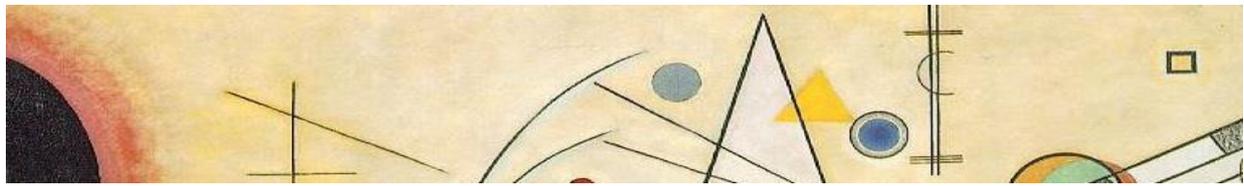


na avaliação do valor nutritivo dos alimentos para ruminantes estão na sua rapidez, na uniformidade físico-química do local de fermentação e na conveniência de se manter poucos animais fistulados, além do menor custo. Essas técnicas de laboratório podem ser eficientes desde que sejam facilmente reproduzíveis e altamente correlacionadas com resultados obtidos *in vivo* (Getachew *et al.*, 1998).

Existem limitações sobre a escolha do método a ser usado na determinação da fibra, tais como: acurácia analítica, repetibilidade e custos. A determinação de fibra bruta (FB), por exemplo, reconhecida na antiga análise bromatológica de Weende, não expressa bem o valor nutritivo da planta. A sua principal limitação é não separar a celulose da hemicelulose e provocar a perda de parte da lignina (que não é considerada como carboidrato) e da hemicelulose. FB resulta em valores inferiores, devido à utilização de digestão drástica (com reagentes ácido e alcalino), levando a perdas e, portanto, não é adequada para avaliação de forragens.

A principal diferença entre o método de Weende na década de 1860 em relação ao de Van Soest na década de 1960, é a análise da fibra. Enquanto o primeiro determina a FB do alimento, o segundo determina a FDN. O sistema de detergentes, ou método Van Soest, foi desenvolvido com o intuito de separar a parede celular (FDN), parcialmente disponível, do conteúdo celular (CC), sendo $CC = 100 - FDN$, que é prontamente disponível, com 100% de digestibilidade verdadeira (Van Soest, 1994).

O teor de FDN tem sido utilizado como índice negativo de qualidade dos alimentos, uma vez que representa sua fração de menor digestibilidade. A parede celular dilui a energia do alimento e reduz o consumo voluntário, pelo efeito de enchimento do rúmen e pela saturação da capacidade de ruminação do animal. Por outro lado, a fibra é essencial para o funcionamento e metabolismo normal do rúmen e dessa forma, a qualidade da fibra tem um papel muito importante na dieta dos ruminantes, particularmente de vacas em lactação. Celulose e hemicelulose constituem a



maior fração da dieta dos ruminantes e são, normalmente a maior fonte de substrato disponível para fermentação no rúmen (Van Soest, 1994).

A digestão da fibra ocorre pela ação das bactérias, protozoários e fungos anaeróbios presentes no rúmen e depende da competição entre a taxa de passagem e a taxa de digestão ou fermentação. A fibra potencialmente digestível “desaparece” do rúmen através da hidrólise pelos microrganismos e pela passagem para o omaso. Teoricamente, a quantidade de fibra digerida por unidade de tempo é uma fração constante da quantidade total de fibra potencialmente digestível remanescente no rúmen. Por outro lado, a quantidade de fibra que deixa o rúmen por unidade de tempo é uma fração constante da fibra total remanescente no rúmen (Van Soest, 1994).

Estudos de avaliação de alimentos para ruminantes têm mostrado que o consumo voluntário é uma variável mais importante do que a digestibilidade, no tocante ao efeito dessas duas variáveis sobre a produção de leite. A elevação do consumo de forragem afeta a digestibilidade em função do aumento nas taxas de passagem, que por sua vez provoca decréscimo na digestibilidade da fração que apresenta taxa de digestão mais lenta, a parede celular ou FDN. Estes possíveis efeitos depressivos são mais evidentes entre consumos ao nível de manutenção e três vezes a manutenção, como no caso de vacas em início de lactação (Van Soest, 1994). O consumo voluntário também pode ser limitado pelo tempo necessário para processar a forragem ingerida (mastigação e ruminação) em partículas suficientemente pequenas para passarem ao omaso. O tempo gasto comendo mais o tempo gasto ruminando, está relacionado com a “qualidade” da forragem, sendo que o teor de FDN está correlacionado com tempo de ruminação, enchimento do rúmen e negativamente com o nível de energia da forragem.

Como o FDA não contém hemicelulose, um dos componentes da parede celular das plantas, não é uma boa estimativa da fibra como é definida nutricionalmente, pois não contém todos os polissacarídeos parcialmente digestíveis do alimento. O método FDA foi desenvolvido como um passo



preparatório para determinação de lignina (Van Soest, 1994) e nunca foi considerado para ser medida da fibra nos alimentos.

Por sua vez, a lignina é formada por polímeros complexos, mas de grande relevância na avaliação nutricional, pela correlação negativa com a digestibilidade (Van Eenenaam e Young, 2014). A composição, estrutura e quantidade da lignina variam de acordo com o tecido, a origem botânica e, principalmente com a espécie, a idade da planta e os fatores ambientais (Velásquez *et al.*, 2012). Existe forte correlação negativa entre estágio de maturidade e digestibilidade e como descrito, leva a modificação na relação folha: caule (Buxton *et al.*, 1996). Há maiores concentrações de lignina na fração caule em relação à folha, com a lignina presente no caule em diferente proporção daquela na folha (Velásquez *et al.*, 2012).

Assim como a lignina está inversamente relacionada com a digestibilidade, a FDN, uma medida do conteúdo total de fibra do alimento, constitui variável importante para o balanceamento de dietas, pela sua correlação negativa com o consumo voluntário. A partir dessas análises, desenvolveu-se um novo guia de referência de valor nutritivo dos alimentos, que estima a fibra dietética total por meio da tecnologia *Near infrared reflectance spectroscopy* (NIRS) segundo Marten *et al.* (1989), a um custo mais baixo, rápido e eficiente.

Mais recentemente, as técnicas analíticas de avaliação de dietas a base de forragens permitem estimativas de FDN não digerido em 240 horas de incubação *in vitro* (uNDF240), o que representa a digestibilidade potencial máxima e se correlaciona com o consumo (enchimento do rúmen). Representa o teor de FDN totalmente indisponível para os microrganismos do rúmen. É determinada por métodos *in vitro* ou *in situ* com tempos de fermentação muito longos.

Os índices de qualidade têm sido utilizados na tipificação de algumas forragens, como os fenos, podendo também ser um método na seleção de genótipos de plantas forrageiras superiores.



Um dos métodos mais tradicionais e antigo de avaliar um alimento é o Nutrientes Digestíveis Totais (NDT %). O NDT é calculado em função do teor de FDA, um indicador da fração de menor disponibilidade do alimento, negativamente correlacionado com a fração complementar digestível. Cada região dos Estados Unidos tem uma equação empírica própria para cálculo do NDT (Undersander, 2002). Alguns países, como a Argentina, adotam o NDT como índice de qualidade na tipificação de feno de alfafa. Uma equação empregada na Região Oeste dos Estados Unidos (Undersander, 2002) é: $NDT = 82,38 - (0,7515 \times FDA)$.

Tabelas com valores sugeridos como indicadores de qualidade de alimentos volumosos são apresentados pela NASEM (2021). Alguns desses índices têm sido utilizados na tipificação de alimentos como fenos de gramíneas e leguminosas, como:

Valor Relativo do Alimento (VRA): O VRA (em inglês: Relative Feed Value – RFV) baseia-se no conceito de consumo de matéria seca digestível (MSD) em relação à planta forrageira padrão, onde o consumo é estimado pelo teor de FDN e a matéria seca digerida pelo teor da FDA.

O Valor Relativo do Alimento (VRA), é calculado com base nas equações:

$$A \text{ (Consumo Potencial)} = 120/FDN\%$$

$$B \text{ (Matéria Seca Digestível)} = 88.9 - (0.779 \times FDA\%)$$

$$C \text{ - Constante} = 1.29 \text{ (baseada no padrão de VRA da alfafa florescida)}$$

$$\text{Assim: } VRA = (A \times B)/C \quad (1)$$

Um VRA=100 corresponde a um feno confeccionado com alfafa 100% florada (FDA=40%; FDN=53,5%). O valor mínimo teórico é zero, não havendo limite máximo, embora a faixa usual de VRA varie de 70 (alfafa totalmente sementeada) a 200 (alfafa em estágio vegetativo prebotão



floral). Para um VRA=150, por exemplo, os teores de FDA e FDN são de 30% e 40%, respectivamente.

Valor Relativo da Qualidade da Forragem (VRQ): O VRQ (em inglês: *Relative Forage Quality* - RFQ), baseia-se no Consumo Potencial de Matéria Seca (DMI) e na porcentagem do NDT, empregando o Fator 1,23 para ajustar a equação para faixas similares às aquelas calculadas para o RFV. O DMI pode ser calculado em função da digestibilidade da FDN e com base no consumo ajustado de FDA digestível (Oba & Allen, 1999). Já o NDT é calculado usando equação a partir de FDA (NRC, 2001).

Os resultados do VRA e do VRQ apresentam alta correlação (86%), com médias e respostas semelhantes (Undersander, 2002). O VRQ tem sido recomendado como um dos critérios de avaliação da qualidade da forragem com base em ensaios experimentais para identificar o melhor momento da colheita da planta, como na busca de melhor qualidade da planta no momento de sua utilização. Contudo, o VRA, mais comumente utilizado como índice para tipificação de feno pela qualidade, tem sido o principal indicativo do desempenho animal e (Undersander, 2002; World Forage Sample, 2013).

Valor D: o uNDF240 possibilita calcular o valor D de um alimento, que é potencialmente mais útil. Comumente usados na Europa, é a quantidade de matéria orgânica digestível por unidade de matéria seca, ou simplesmente a porcentagem de uma amostra de alimento que é potencialmente digestível.

Para calcular o Valor D, usa-se a seguinte fórmula:

$$\text{Valor D} = (1 - (\% \text{Cinzas} * \% \text{uFDN240})) \quad (2)$$

Por definição, o uFDN240 é a FDN não digerido, a fração de FDN em um alimento que não será degradada no rúmen. Normalmente, é medido por métodos *in vitro* ou *in situ* com tempos de fermentação muito longos. As técnicas analíticas mais recentes de dietas à base de volumosos buscam estimativas de FDN não digerido em 240 horas de incubação *in vitro*



(uNDF240), o que representa o inverso da digestibilidade potencial (máxima), e se correlaciona com o potencial de ingestão de matéria seca. Contudo, o uso do Valor D é limitado por seu alto custo e tempo para se chegar ao teor de uFDN 240horas.

Elaborar um índice de qualidade de alimentos, com base no valor nutritivo das plantas, que seja rápido e de baixo custo, pode trazer ganhos expressivos para a pecuária nacional. Vilela e Pereira (2024) apresentaram uma proposta para tipificação de feno de gramíneas, que se baseia no **Índice de Valor Nutritivo (IVN)**, tomando como variáveis os teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Proteína Bruta (PB).

Alimentos volumosos de maior valor nutritivo apresentam baixo teor de FDN, relacionado à maior digestibilidade da matéria seca (MS), maior capacidade de consumo por ruminantes e alto teor de PB, o que está relacionado à menor necessidade de concentrados proteicos na dieta animal.

O Índice de Valor Nutritivo também pode ser equalizado e adequado na seleção genética de coleções de plantas forrageiras, identificando com rapidez e acurácia as de melhor valor nutritivo para os trabalhos de melhoramento genético vegetal a exemplo da *Setaria*, *Brachiaria* e outras espécies de plantas forrageiras. Como os processos de seleção genômica, normalmente por serem de altos custos e demorados, devido ao grande número de análises químicas necessárias para identificar as plantas com melhor valor genômico, exigindo vários ciclos de avaliação para se chegar a uma cultivar recomendada para cultivo, o IVN é uma alternativa.

3. Metodologia

Essa revisão sobre índices de qualidade nutricional como critério de seleção de plantas forrageiras foi realizada, tomando termos de indexação pesquisando no Google, com ênfase no Google Academics e em sites de revistas especializadas tendo em vista propor critérios rápidos e econômicos,



para serem empregados em programas de melhoramento genético vegetal na seleção de plantas forrageiras.

O IVN pode ser empregado na tipificação de diferentes plantas forrageiras e com objetivos distintos, desde que haja um número (N) representativo de análises químicas. Na proposta de se criar um índice para tipificar fenos de gramíneas, Vilela e Pereira (2024) basearam-se na composição das amostras de feno de gramas Bermudas (*Cynodon dactylon*, (L.) Pers) relatadas na NASEM (2021), referentes a gado de leite, por ser uma forrageira de muito bom valor nutritivo e com “N” igual ou superior a dez mil amostras analisadas.

4. Resultados e discussão

O IVN utilizado como padrão para gerar a distribuição da população segundo o número (N) de amostras analisadas está apresentado na Tabela 1. Segundo este critério nutricional, foram tomados o valor médio (Média) e o desvio-padrão (DP) com base no teor de MS (% da matéria natural), na composição química (PB, FDN, FDA, Cinzas, Lignina) e digestibilidade *in situ* da FDN em 48 h de incubação (IVFDN48) da grama Bermuda (*Cynodon dactylon*). A distribuição normal das médias das gramas Bermudas é apresentada na Tabela 2.

Tabela 1. Composição química do feno de gramas Bermuda, teores de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), FDN, FDA, Cinzas, Lignina, Digestibilidade *in vitro* da FDN em 48 horas (DFDN), segundo a distribuição normal (N), Média e Desvio Padrão (DP) das amostras da população.

Composição	N	Média	DP
MS (% da MN)	10.059	93,4	1,15
PB (% da MS)	10.071	11,0	2,56
FDN (% da MS)	10.064	65,4	3,79
FDA (% da MS)	10.056	34,9	3,42
Cinzas (% da MS)	10.053	8,0	1,31
Lignina (% da MS)	10.073	5,41	1,199
DFDN48(% da FDN)	383	54,2	7,89

Fonte: NASEM (2021)



Tabela 2. Distribuição das médias apuradas segundo a composição química do feno de gramas Bermudas.

Composição	Média -2 DP	Média -1 DP	Média +1 DP	Média +2 DP
MS (% MN)	91,10	92,25	94,55	95,70
PB (% MS)	5,88	8,44	13,56	16,12
FDN (% MS)	57,82	61,61	69,19	72,98
FDA (% MS)	28,06	31,48	38,32	41,74
Cinzas (% MS)	5,38	6,69	9,31	10,62
Lignina (% MS)	3,01	4,21	6,61	7,81
DFDN48(% FDN)	38,42	46,31	62,09	69,98

Fonte: NASEM (2021). (DP = desvio-padrão).

O IVN foi calculado após padronização da composição química para a média e o DP dos teores de PB e FDN do feno de gramíneas, que apresentaram as melhores relações. Com base nesses dados, chegou-se ao SPB (Índice de PB), SFDN (Índice de FDN) e ao IVN (Tabela 3), obtidos pelos cálculos:

$$\text{SPB} = (\text{PB do feno} - \text{PB média}) / \text{DP PB} \quad (3)$$

$$\text{SFDN} = - [(\text{FDN do feno} - \text{FDN média}) / \text{DP FDN}] \quad (4)$$

$$\text{IVN} = \text{SPB} + \text{SFDN} \quad (5)$$

O sinal negativo da equação onde se calcula o índice SFDN, é pela estimativa da diferença entre a amostra avaliada e a média para padronização dos valores de PB e de FDN em % da matéria seca para a unidade de desvios-padrão da amostra média (SPB e SFDN). Estima-se que 95% das amostras terão IVN entre -4 e +4 (Média \pm 2 DP), admitindo-se que os dados originais seguem distribuição normal. Uma possibilidade seria classificar os alimentos com 0 de IVN - 100% (média) e cada 1 de IVN equivaleria a +10%. Logo, alimento 4 seria 140% e alimento -4 seria 60%. Baseando-se no IVN a classificação seria =média \pm 1 DP.



Tabela 3. Classificação do feno de gramíneas segundo os Índices de proteína bruta (SPB), fibra em detergente neutro (SFDN) e o Índice de Valor Nutritivo (IVN).

PB do feno (% MS)	FDN do feno (% MS)	SPB	SFDN	IVN
16,1	57,8	2,0	2,0	4
13,6	61,6	1,0	1,0	2
11,0	65,4	0,0	0,0	0
8,4	69,2	-1,0	-1,0	-2
5,9	73,0	-2,0	-2,0	-4

Fonte: Vilela e Pereira (2024)

Com a lógica do IVN criado para classificar fenos de gramíneas, pela qualidade nutricional da grama Bermuda (Vilela e Pereira, 2024), criou-se o índice de seleção para o capim Setaria (*Setaria sphacelata*, Schumach) para ser utilizado pelos melhoristas de plantas na seleção de genótipos superiores em qualidade nutricional. Na Tabela 4 são apresentadas as correlações obtidas com o capim Setaria.

Tabela 4. Correlações obtidas nas análises de digestibilidade *in vitro* da FDN (DFDN), nos teores de FDA, FDN, Lignina (Lig) e Proteína Bruta (PB), encontrados nas amostras analisadas de capim Setaria.

	DFDN (%)	FDA (%)	FDN (%)	Lig (%)	PB (%)	FDA/FDN
FDA (%)	-0,104					
FDN (%)	-0,074	0,703				
Lig (%)	-0,239	0,457	0,565			
PB (%)	-0,011	-0,528	-0,520	-0,244		
FDA/FDN	-0,096	0,908	0,343	0,268	-0,388	
LIG/FDA(%FDA)	-0,258	-0,015	0,254	0,872	0,014	-0,172

Fonte: autores.

Segundo Pereira (Informação pessoal em julho de 2024), apesar das baixas correlações (Tabela 4), possivelmente pelo pequeno tamanho (N) de análises realizadas (Tabela 5), acredita-se que para o capim Setaria a lignina deve ser observada em um possível cálculo do IVN, em função do DP encontrado, diferentemente da recomendação para a grama Bermuda. O FDN apresentou o menor CV (Tabela 5), sendo pouco variável (aparentemente sempre alto em capim Setaria). A Lignina/FDA é a variável com maior tendência em se correlacionar negativamente com a



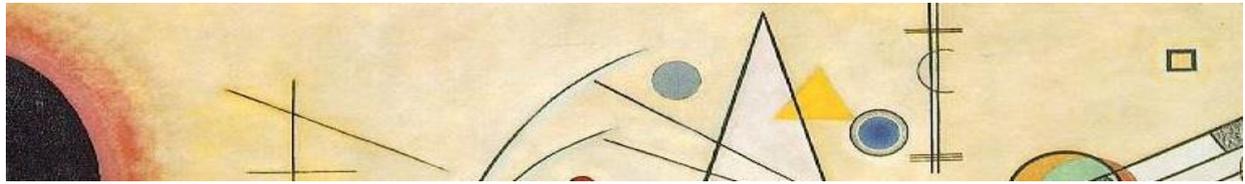
digestibilidade da FDN. A correlação encontrada entre FDA e FDN é mais alta (0,70), sendo indicativo de utilizar preferencialmente o FDN. O Índice utiliza o desvio de cada amostra da Média: (Valor da amostra - Média) /Desvio Padrão. Os pesos de cada variável podem ser alterados conforme a correlação existente entre as variáveis obtidas nas análises químicas. A vantagem de utilizar a FDN, a relação Lignina/FDA, ou outra variável, é a maior facilidade e o menor custo, comparativamente com a avaliação da digestibilidade, ainda que a correlação entre estas normalmente é positiva.

Tabela 5. Valores mínimos, máximos e média, número de análises realizadas (N), desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV) da Digestibilidade *in vitro* da FDN (DFDN), teores de FDA, FDN, Lignina (Lig) e de Proteína Bruta (PB), encontrados nas amostras analisadas de capim Setaria.

	DFDN (%)	FDA (%)	FDN (%)	Lig (%)	PB (%)	FDA/FDN	LIG/FDA (%FDA)
Mínimo	20,90	21,92	55,76	1,27	6,25	0,35	4,85
Máximo	57,99	51,66	75,12	8,64	21,77	0,80	27,77
Média	38,93	34,77	65,34	3,96	12,70	0,53	11,39
N	297	423	423	420	425	423	419
DP	7,58	3,91	3,21	0,97	2,50	0,05	2,56
CV	19,47	11,25	4,91	24,44	19,71	8,55	22,48

Fonte: autores.

Pode-se também criar um índice para ranqueamento por qualidade nutricional que se aplique a todas as forrageiras tropicais no lugar de se ter um índice para cada forrageira em seleção. Para isso, seria necessário um número expressivo de amostras (N) com as análises bromatológica de várias forrageiras tropicais para criar uma média (M) e um desvio padrão (DP) para cada característica representando a população. Se padronizar os valores para o DP usando o DP da população inteira, à semelhança do realizado para a grama Bermuda, cria-se um índice colocando os pesos desejados nas variáveis com valores ajustados para esse (a exemplo: PB, FDN/FDA, Digestibilidade da FDN ou mesmo outra medida indireta) com boa precisão. Essas análises podem ser obtidas pela técnica do NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) ou por análises químicas convencionais. Assim,



teria um número expressivo de análises bromatológicas com amostras de várias forrageiras tropicais, obtendo-se média representativa e DP expressivo para cada característica selecionada dessas populações, criando-se um IVN único, mais preciso e confiável.

5. Considerações Finais

Desenvolver e adotar índices de qualidade nutricional como critério de seleção no melhoramento genético de plantas forrageiras com respostas rápidas, econômicas e precisas, contribui para que a produção animal se torne mais eficiente. Direcionar um programa de melhoramento somente com base na produção por área pode ser arriscado. Portanto, o uso de variáveis indicativas da qualidade da forragem produzida, como o Índice de Valor Nutritivo (IVN), podem ser mais confiáveis e fornecerem melhores resultados. Assim, o IVN de uma forragem pode permitir, além de alcançar maior eficiência no processo de sua tipificação por qualidade nutricional, contribuir na seleção de genomas superiores nos programas de melhoramento genético vegetal.



Referências

BUXTON, D.R.; MERTENS, D.R.; FISHER, D.S. Forage quality and ruminant utilization. In: MOSER, L.E.; BUXTON, D.R.; CASLER, M.D. [Eds.] cool-season forage grasses. V.34, p.229-266, 1996.

GETACHEW, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. The In Vitro Gas Coupled with Ammonia Measurement for Evaluation of Nitrogen Degradability in Low Quality Roughages using Incubation Medium of Different Buffering Capacity. Journal of Science Food Agriculture, v.77, n.1, p.87-95, 1998.

GRUBER, K. Re-igniting the green revolution with wild crops. Nature Plants 2: p.16048. 2016.

MARLES, R. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and grains: The context of reports of apparent historical declines. Journal of Food Composition Analysis: 56. p. 93-103, 2017.

MARTEN, G.C.; SHENK, J.S.; BARTON, F.E. (Eds.). Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): analysis of forage quality. Springfield: Agriculture handbook, 1989. 110p.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. Journal of Animal Science, v.64, n.5, p.1548-1558, May 1987.

MILFORD, R., MINSON, D.J. Intake of tropical pasture species. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGEM, 9, 1965, São Paulo. Anais... São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1966. p.814-822.

MOTT, G.O. Evaluacion de la produccion de forrajes In: HUGHES, H.D., HEATH, M.E., METCALFE, D.S. (Eds.) Forrajes - la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. México. p.131-141.1970.

NASEM. National Academies of Science Engineering and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8. Ed. Washington, DC. National Academies Press. 2021.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirement tables. Nutrient Requirements of Horses. 2001. 3.ed. Disponível em: <http://www.nap.edu>. Acesso em 30 jan. 2023

OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. Journal of Dairy Science, v. 82, n. 3, p. 589-596, 1999.



REIS R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. *et al.* (Eds.). Volumosos na produção de ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2005. p.187-238.

UNDERSANDER, D. The Relative Forage Quality: Animal Allocation, 2002. University of Wisconsin, USA, 2002. Disponível em: www.uwex.edu/ces/forage. Acesso em: 10 ago. 2023.

VALLE, C. V.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. Revista Ceres, 56(4): 460-472, 2009.

VALLE, C.B.; SIMIONI, C.; RESENDE, R.M.S.; JANK, L. Melhoramento genético de *Brachiaria*. In: RESENDE, R.M.S.; VALLE, C.B.; JANK, L. [Eds. Téc.] Melhoramento de forrageiras tropicais. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 13-53, 2008.

VAN EENENNAAM, A. L., AND A. E. YOUNG. Prevalence and impacts of genetically engineered feedstuffs on livestock populations. Journal of Animal Science, 92, n. 10, p.4255-4278. 2014.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminants, 2nd ed. Ithaca, NY: Cornell University, 1994. 476p.

VELÁSQUEZ, A.V.; PACHECO P.; FUKUSHIMA, R.S. Comparação entre os métodos lignina em detergente ácido, lignina permanganato de potássio, lignina klason e lignina brometo de acetila na determinação do teor de lignina em plantas forrageiras. VI Simpósio de Pós-Graduação e Pesquisa em Nutrição e Produção Animal – VNP – FMVZ – USP – 2012. 5p.

VELÁSQUEZ, P.A.T.; BERCHIELLI, T.T.; RICARDO ANDRADE REIS, R.A.; RIVERA, A.R.; DIAN, P.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.6, Viçosa, jun. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000600007> .Acesso em: 20 jan. 2024

VILELA, D.; PEREIRA, M. N. Tipificação do feno de alfafa para o Brasil. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2024. 13 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 286).

WORLD FORAGE SAMPLE, 2013. DairyLand Laboratories. Disponível em: <https://www.dairylandlabs.com/feed-and-forage/methods>. Acesso em 20 jan. 2024.