



Produção e composição do leite em função da alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu confinadas em condições experimentais no Brasil – Metanálise

[*Milk yield and composition a function of feeding of crossbred Holstein x Zebu cows confined under experimental conditions in Brazil - Meta-analysis*]

D.R.M. Alessio¹, J.P. Velho², D.A. Knob¹, V.C.P. Silveira³, I.M.P.H. Velho²,
A.F. Hess⁴, A. Thaler Neto⁴

¹Aluno de pós-graduação - Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages, SC

²Universidade Federal de Santa Maria - Palmeira das Missões, RS

³Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria, RS

⁴Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages, SC

D.R.M. Alessio
<https://orcid.org/0000-0001-5549-9388>
J.P. Velho2
<https://orcid.org/0000-0003-3901-8200>
D.A. Knob1
<https://orcid.org/0000-0003-3972-1094>
V.C.P. Silveira3,
<https://orcid.org/0000-0001-6839-2555>
I.M.P.H. Velho2,
<https://orcid.org/0000-0002-6709-7340>
A.F. Hess4,
<https://orcid.org/0000-0002-3354-9855>
A. Thaler Neto4
<https://orcid.org/0000-0003-4850-1341>

RESUMO

Objetivou-se avaliar os fatores da composição da dieta que podem interferir no consumo, na digestibilidade, na produção e na composição do leite de vacas mestiças Holandês x Zebu confinadas em condições experimentais no Brasil. A metanálise foi utilizada para o levantamento de trabalhos científicos de domínio público, compreendendo o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015. A base de dados foi constituída por 40 experimentos com 159 tratamentos, envolvendo 735 vacas em lactação. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) é comprometido pelo teor de fibra em detergente ácido (FDA) da dieta, relacionando-se com a digestibilidade da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN), o que repercute na eficiência alimentar (EA). Observa-se a relação do teor de carboidratos não fibrosos (CNF) da dieta com o teor de lactose e o efeito do teor de MS da dieta e o elevado teor de FDN no consumo em função das características específicas dos tipos de volumosos utilizados. O consumo de NDT da dieta é prejudicado pela digestibilidade da MS e, principalmente, da FDN em função da proporção e das características dos volumosos utilizados na dieta, e esses fatores repercutem na EA, bem como na produção e na composição do leite.

Palavras-chave: carboidratos não fibrosos, consumo, digestibilidade, fibra, lactose, nutrientes digestíveis totais

ABSTRACT

The aim was to evaluate diet composition factors that may interfere with intake, digestibility, milk yield and composition of crossbred Holstein x Zebus cows confined under Brazilian experimental conditions. The meta-analysis was used for the survey of scientific works of public domain, covering the period from January 2000 to December 2015. The database consisted of 40 experiments with 159 treatments, involving 735 lactating cows. The voluntary intake of total digestible nutrients (TDN) is compromised by the acid detergent fiber (FAD) content of the diet, related to dry matter digestibility (DM) and neutral detergent fiber (NDF), affecting dietary efficiency (DE). The relation of the non-fibrous carbohydrate (NFC) content of the diet with the lactose content and the effect of the DM diet content and the high NDF content on the voluntary intake are specific characteristics of the types of roughage used. Dietary NDT intake is affected by the digestibility of DM and, mainly, NDF, depending on the proportion and characteristics of the nutrients used in the diet, and these factors have an impact on dietary efficiency, as well as on milk composition.

Keywords: digestibility, intake, lactose, non-fibrous carbohydrates, total digestible nutrients

Recebido em 18 de dezembro de 2017

Aceito em 13 de agosto de 2018

E-mail: alessiodrm@gmail.com

INTRODUÇÃO

As condições climáticas brasileiras, principalmente em termos de temperatura e umidade relativa do ar (compreenda-se também precipitação pluviométrica), têm efeito na composição do leite como um todo, visto que estão relacionadas com a produção de volumoso em quantidade e de qualidade, bem como interferem na ingestão de alimentos pelos animais, em razão do estresse pelo calor e, ainda, em função dos maiores teores de fibra em detergente neutro (FDN) dos volumosos tropicais.

Logo, a produção e a composição do leite podem variar de acordo com a raça e com as características individuais de cada vaca, bem como pela variabilidade das condições ambientais, principalmente em função da temperatura (Polsky e Von Keyserlingk, 2017), uma vez que o calor exerce efeitos negativos consideráveis na produção e na composição do leite e as vacas de alta produção tendem a ser mais sensíveis ao calor (Yano *et al.*, 2014).

A utilização do cruzamento entre raças leiteiras explora a complementariedade entre estas e a heterose. Tal fato pode ser observado na utilização de vacas mestiças Holandês x Zebu no Brasil, as quais apresentam, como consequência da complementariedade, maior produção de leite em relação às raças zebuínas, adquirida da raça Holandês, e atributos favoráveis à resistência ao calor, característica das raças zebuínas.

Dessa forma, torna-se necessário utilizar as informações disponíveis, visando integrar as variáveis qualitativas e quantitativas de interesse, as quais possibilitam mensurar parâmetros que não podem ser avaliados em um único experimento, o que confere maior confiabilidade aos resultados, que podem ser usados para alterar os sistemas de produção (Normand, 1999), por fornecerem uma conclusão quantitativa utilizável mais concreta (Lovatto *et al.*, 2007). Assim, objetivou-se avaliar os fatores da composição da dieta que podem interferir no consumo voluntário e na digestibilidade aparente dos nutrientes, repercutindo na produção e na composição do leite de vacas mestiças Holandês x Zebu confinadas em condições experimentais no Brasil, por meio de metanálise.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados foi constituído pelo levantamento de trabalhos científicos, de domínio público, por meio de pesquisas eletrônicas nos sites do *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) <http://www.scielo.br>, no Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) <http://www.ibict.br>, no *Google Acadêmico* <http://scholar.google.com.br/> e nos principais periódicos da área. Anteriormente à busca propriamente dita, definiu-se que seriam coletados trabalhos publicados entre janeiro de 2000 e dezembro de 2015, compreendendo 16 anos de pesquisas referentes à alimentação de vacas em lactação em condições experimentais no Brasil, cujas referências podem ser consultadas na tese de Alessio (2017).

Na pesquisa acima discriminada, as publicações foram recuperadas e selecionadas por meio da leitura do Resumo. Posteriormente, os trabalhos foram lidos em sua totalidade, a fim de selecionar para tabulação aqueles que apresentavam informações completas ou parciais sobre a composição da dieta, o consumo voluntário, a digestibilidade aparente, a produção e a composição do leite de vacas em condições experimentais no Brasil, em planilha eletrônica do Microsoft Excel[®]. O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se nas metodologias descritas por Normand (1999), Lovatto *et al.* (2007) e Sauvart *et al.* (2008).

Neste artigo, foram utilizados os trabalhos referentes à alimentação de vacas em lactação mestiças Holandês x Zebu, sendo a base constituída de 40 experimentos com 159 tratamentos, envolvendo 735 vacas em lactação. Ressalta-se que as vacas mestiças Holandês x Zebu compreendem as vacas em lactação da raça Girolando, as vacas mestiças de Holandês com Gir com diferentes graus de sangue e um pequeno número de vacas mestiças Holandês com Guzerá.

Os dados foram avaliados por meio da técnica de análise multivariada, análise de agrupamento, utilizando-se o *software* estatístico SAS[®] (SAS, 2002). As variáveis empregadas para a análise multivariada foram peso vivo (PV), dias em lactação (DEL), proporção de volumoso (PPV), proporção de concentrado (PPC), matéria seca

(MS), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas. Para o consumo em relação ao peso metabólico, as variáveis usadas foram consumo de MS, PB, EE, CNF, FDN e NDT. Na digestibilidade aparente dos nutrientes, os parâmetros avaliados foram MS, PB e FDN. Os indicadores de desempenho avaliados foram produção de leite (kg/dia), teores de gordura, proteína, lactose e eficiência alimentar (EA), sendo $EA = \text{produção de leite (kg/dia)} / \text{consumo de MS (kg/dia)}$, segundo o NRC (Nutrient..., 2001).

A análise de agrupamento foi realizada pelo PROC FASTCLUS para formar grupos que apresentam características similares dentro do grupo e diferenças entre os grupos, utilizando o método hierárquico de Ward, baseado na distância euclidiana para estimar as médias padronizadas dos grupos, sendo depois transformadas nas médias originais para cada grupo.

Na sequência, foi realizada a análise discriminante, pelo procedimento DISCRIM, com a finalidade de classificar as observações corretamente dentro de cada grupo, e a análise discriminante canônica (procedimento CANDIS), que é utilizada para demonstrar, de forma gráfica, as distâncias entre e dentro dos grupos formados, seguida pelo procedimento STEPDISC, por meio da utilização do método STEPWISE, com o objetivo de selecionar as variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos, considerando-se as variáveis que apresentaram $P > 0,0001$, bem como o fato de que o R^2 parcial explica o quanto cada variável representa na diferenciação dos grupos.

Uma proporção considerável de observações foi distribuída incorretamente dentro dos seus respectivos grupos. Assim, optou-se por utilizar a

análise discriminante não paramétrica pelo método NPAR, por meio do algoritmo do vizinho mais próximo (KNN), que classificou corretamente todas as observações dentro dos grupos.

Por fim, para realizar a comparação das médias dos grupos formados pela análise de agrupamento, foram testadas as pressuposições de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene), tendo a maioria das variáveis apresentado $P > 0,0001$ para os testes de Shapiro-Wilk e Levene. Entretanto, pelo menos uma das pressuposições não foi atendida por todas as variáveis, indicando a falta de normalidade e/ou homogeneidade de variâncias. Diante desse fato, optou-se pela análise de variância mediante o uso do procedimento GLIMMIX, a qual considera o tipo de distribuição da variável resposta para a comparação de médias e utiliza o procedimento LSMEANS, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey-Kramer, considerando-se a probabilidade de 5%. A distribuição utilizada foi normal identidade para todas as variáveis analisadas, na qual a função de ligação identidade faz a conexão entre a média das observações e a parte sistemática.

RESULTADOS

O desvio-padrão em relação à média bem como os valores mínimos e máximos representam a variabilidade dos dados (Tab. 1), sendo que em condições experimentais valores extremos não podem ser ignorados, uma vez que cada condição é única e determinante para a compreensão dos resultados obtidos.

A análise de agrupamento formou três grupos distintos, e a análise canônica contribuiu para capturar a diferença entre esses grupos, demonstrando graficamente as distâncias euclidianas utilizadas na separação entre e dentro dos grupos (Fig. 1).

Tabela 1. Análise descritiva referente às variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil

Variáveis	N	Mínimo	Média	Máximo	DP
Informações gerais					
Peso vivo (kg)	145	350,00	498,68	616,00	59,10
Dias em lactação (dias)	159	29,00	95,92	304,00	53,26
Proporção de concentrado (%)	161	0,00	34,60	60,00	15,74
Composição da dieta (% MS)					
Matéria seca (%)	133	11,50	43,56	95,15	23,37
Proteína bruta	156	8,05	14,20	27,16	3,03
Extrato etéreo	151	0,75	3,12	7,92	1,54
Carboidrato não fibroso	113	6,26	32,70	53,97	8,09
Fibra em detergente neutro	142	24,52	43,19	80,28	9,02
Fibra em detergente ácido	118	12,23	24,98	39,90	5,75
Nutrientes digestíveis totais	113	48,12	63,90	98,04	9,17
Consumo voluntário (g/kg do PV^{0,75})					
Matéria seca	157	58,38	143,18	196,74	24,40
Proteína bruta	138	6,45	19,38	31,35	5,11
Extrato etéreo	129	0,52	4,22	10,08	2,15
Carboidrato não fibroso	103	15,76	45,74	90,00	14,67
Fibra em detergente neutro	140	24,07	64,24	101,58	16,17
Nutrientes digestíveis totais	114	40,33	88,50	132,70	17,80
Digestibilidade aparente (MS)					
Matéria seca	114	44,50	62,36	81,79	7,39
Proteína bruta	122	43,10	66,77	98,23	9,32
Fibra em detergente neutro	122	14,80	44,90	73,36	11,30
Produção e composição do leite					
Produção de leite (kg/dia)	167	6,45	15,80	28,84	5,46
Eficiência alimentar ^I	163	0,63	1,03	1,85	0,24
Teor de gordura (%)	164	2,74	3,77	5,00	0,43
Teor de proteína (%)	147	2,29	3,21	3,72	0,26
Teor de lactose (%)	103	4,20	4,49	5,00	0,16

^IEA= produção de leite (kg/dia) / consumo de MS (kg/dia), segundo o NRC (2001).

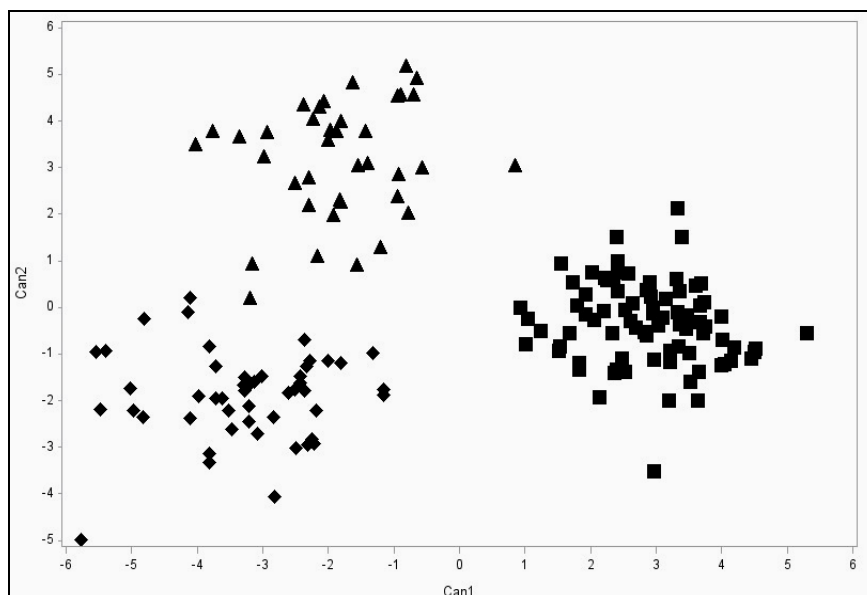


Figura 1. Análise canônica demonstra as distâncias euclidianas entre e dentro dos grupos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil. Grupo 1 (■); grupo 2 (▲); grupo 3 (◆).

Na sequência, dentro da análise discriminante foi realizada a análise STEPDISC, pelo método STEPWISE, com a finalidade de selecionar as variáveis que compuseram o modelo final ($P < 0,0001$) e que foram determinantes na diferenciação dos grupos. Logo, os grupos foram diferenciados pelas variáveis consumo de NDT, FDA da dieta, digestibilidade da MS, dias em lactação, EA, CNF da dieta, teor de lactose e MS

da dieta (Tab. 2). As variáveis consideradas foram as que apresentaram $P < 0,0001$, e o R^2 parcial explica o quanto cada variável representa na diferenciação dos grupos. Assim, 56,8% da diferenciação dos grupos é explicada pelo consumo de NDT, direcionando a discussão para as variáveis que compõem a Tab. 2, em razão do grau de importância de cada variável de acordo com R^2 parcial.

Tabela 2. Análise discriminante das variáveis determinantes para a diferenciação dos grupos e seus respectivos parâmetros estatísticos para as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil

Variáveis	R^2 parcial	P>F	P<WL	P>ASCC
Consumo de nutrientes digestíveis totais ¹	0,568	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fibra em detergente ácido da dieta (% de MS)	0,413	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Digestibilidade da matéria seca (%)	0,405	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Dias em lactação (dias)	0,261	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Eficiência alimentar ²	0,208	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Carboidrato não fibroso da dieta (% de MS)	0,224	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Teor de lactose (%)	0,155	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Matéria seca da dieta (%)	0,140	<0,0001	<0,0001	<0,0001

WL= Wilks Lambda; ASCC: Average Squared Canonical Correlation. ¹g/kg de PV^{0,75}; ²EA= produção de leite (kg/dia) / consumo de MS (kg/dia), segundo o NRC (2001).

Na sequência, são apresentados os grupos formados pela análise de agrupamento (Tab. 3), os quais serão discutidos com base nas principais variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos informados pela análise discriminante (Tab. 2). O grupo 1 foi representado pelo maior consumo de NDT e PB, digestibilidade da MS e PB, MS da dieta, produção de leite, eficiência alimentar (EA) e teor de lactose, com menor teor de proteína do leite e CNF da dieta e intermediários teores de FDA e FDN da dieta, quando comparado aos grupos 2 e/ou 3. O consumo de MS não diferiu para os grupos 1 e 2, porém ambos foram diferentes do grupo 3. O número de dias em lactação foi superior para o grupo 2 em relação aos grupos 1 e 3, os quais não diferiram entre si. O grupo 2 apresentou menor consumo de NDT, digestibilidade da MS, MS da dieta, FDA e FDN da dieta, EA e teor de lactose, com maior número de dias em lactação, teor de proteína do leite e CNF da dieta, com produção de leite e EE da dieta intermediários, quando comparado ao grupo 1. O grupo 3 foi representado pelo menor consumo de NDT e MS, digestibilidade da MS, teor de MS da dieta, consumo de PB e EE da dieta, peso vivo, proporção de concentrado e produção de leite, com maior FDA da dieta, FDN da dieta e com teor de lactose e CNF da dieta intermediários,

quando comparado aos grupos 1 e 2. O grupo 3 apresentou menor eficiência alimentar que o grupo 1 e menor número de dias em lactação, quando comparado ao grupo 2.

DISCUSSÃO

O consumo de NDT representa o atendimento das necessidades energéticas das vacas em lactação. No caso dos experimentos com alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu no Brasil, esse consumo está limitado pelo teor de FDA da dieta, o qual está diretamente relacionado com o aproveitamento dos nutrientes, em especial com a digestibilidade da MS e da FDN, repercutindo sobre a EA, que compreende a relação entre a produção de leite e o consumo de MS. Observa-se que as pesquisas relacionadas à alimentação das vacas em lactação mestiças Holandês x Zebu estão voltadas para a maior inclusão de volumosos nas dietas, o que demonstra uma nova estratégia de alimentação, a qual prioriza a utilização de volumoso. Logo, essa estratégia pode estar relacionada à redução nos custos, visto que os volumosos mais utilizados, cana de açúcar e palma forrageira, destacam-se pelos baixos custos de produção, adaptação e disponibilidade durante os períodos de estiagens prolongadas (Galvão Júnior *et al.*,

2014; Teixeira Júnior *et al.*, 2016). Ainda, observa-se a relação do teor de CNF da dieta com o teor de lactose, em razão do aumento da densidade energética da dieta, e o efeito do teor de MS da dieta, evidenciado no grupo 3, que apresenta teores de MS menores, quando comparados aos demais, bem como o elevado teor de FDN, características específicas dos tipos

de volumoso utilizado, o que repercute na redução do consumo voluntário, na digestibilidade da MS e da FDN e, conseqüentemente, na produção de leite. Não menos importante, observa-se também a influência do estado fisiológico da vaca em lactação, representado pelos dias em lactação (Tab. 2 e 3).

Tabela 3. Agrupamentos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil

Variáveis	Grupos*			P
	1	2	3	
Informações gerais				
Peso vivo (kg)	507,13 a	519,94 a	471,51 b	<0,0001
Dias em lactação (dias)	81,12 b	149,17 a	79,15 b	<0,0001
Proporção de concentrado (%)	40,33 a	35,95 a	23,82 b	<0,0001
Composição da dieta (% MS)				
Matéria seca (%)	55,40 a	44,09 b	30,01 c	<0,0001
Proteína bruta	15,83 a	13,60 b	12,06 c	<0,0001
Extrato etéreo	3,67 a	3,08 b	2,19 c	<0,0001
Carboidrato não fibroso	29,52 c	38,50 a	32,78 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	44,09 b	37,59 c	46,87 a	<0,0001
Fibra em detergente em ácido	23,91 b	19,78 c	29,76 a	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	70,18 a	61,87 b	56,86 c	<0,0001
Consumo voluntário (g/kg de PV ^{0,75})				
Matéria seca	152,03 a	144,95 a	129,13 b	<0,0001
Proteína bruta	22,35 a	20,33 b	15,54 c	<0,0001
Extrato etéreo	5,62 a	3,95 b	2,70 c	<0,0001
Carboidrato não fibroso	45,66 b	51,21 a	42,00 b	=0,0009
Fibra em detergente neutro	67,81 a	52,54 b	57,59 b	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	102,40 a	89,41 b	73,81 c	<0,0001
Digestibilidade aparente (% MS)				
Matéria seca	68,61 a	60,13 b	57,38 c	<0,0001
Proteína bruta	71,77 a	61,64 b	64,38 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	53,28 a	39,24 b	38,60 b	<0,0001
Produção e composição do leite				
Produção de leite (kg/dia)	19,49 a	13,76 b	11,36 c	<0,0001
Eficiência alimentar ¹	1,18 a	0,88 b	0,91 b	<0,0001
Teor de gordura (%)	3,57 b	3,90 a	4,00 a	<0,0001
Teor de proteína (%)	3,12 b	3,44 a	3,18 b	<0,0001
Teor de lactose (%)	4,54 a	4,37 c	4,49 b	=0,0056
Número de observações	80	38	49	

*Grupos formados pela análise de agrupamento. ¹EA= produção de leite (kg/dia) / consumo de MS (kg/dia), segundo o NRC (2001). Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de significância.

O consumo de NDT para uma vaca com 500kg de PV, produzindo 25kg/dia de leite com 4% de gordura, é em média de 12,40kg/dia, equivalente a 117,27g/kg de PV^{0,75} (Nutrient..., 1989). Portanto, observa-se que, mesmo nos grupos 1 e 2, nos quais o consumo de MS está de acordo com o valor previsto de 17,62kg/dia, que equivalem a 166,64g/kg de PV^{0,75} (Nutrient..., 1989), as vacas não conseguem consumir a

quantidade necessária de NDT (102,40 e 89,41g/kg de PV^{0,75}, grupos 1 e 2, respectivamente, Tab. 3), enquanto no grupo 3, o consumo de MS e, principalmente o de NDT, encontram-se bem abaixo do preconizado (The Nutrient..., 1980; Nutrient..., 1989; 2001). A redução gradativa no consumo de NDT pode ser explicada pela digestibilidade aparente da MS, que diminui proporcionalmente, bem como a

digestibilidade da FDN e da PB, que são menores nos grupos 2 e 3. Ressalta-se que, apesar de os grupos 2 e 3 apresentarem maiores teores de CNF, o teor de PB é menor, quando comparado ao grupo 1, e, ainda, o grupo 3 possui o maior teor de FDN com o menor teor de MS, consumo de MS e de NDT. A baixa degradabilidade da MS e da FDN pode ser em razão do aumento da lignina (Van Soest *et al.*, 1994; Hall, 2014), a qual é constituinte polifenólico que ajuda a endurecer a parede celular da planta e evita a ruptura da haste. Logo, o aumento do avanço do estágio vegetativo das plantas eleva o grau de lignificação, e a lignina não é degradável pelas bactérias ruminais, fato esse que aumenta o tempo de retenção no rúmen, comprometendo o aproveitamento de nutrientes e o consumo de mais substratos para a microbiota ruminal (Nutrient..., 2001; Krizsan e Huhtanen, 2013; Huhtanen *et al.*, 2016).

O preenchimento do rúmen é composto pelos resíduos das refeições anteriores, e cada refeição adiciona novo volume de conteúdo alimentar ao rúmen, o qual depende da taxa de degradação e passagem para dissipar lentamente o conteúdo alimentar. Logo, os resíduos das refeições anteriores possuem taxas de degradação mais lenta, enquanto a alimentação mais recente fermenta rapidamente, diluindo os resíduos acumulados. Assim, o FDN indigestível é o principal fator que determina a ingestão de alimentos (Van Soest *et al.*, 1994; Traxler *et al.*, 1998).

A degradabilidade potencial da FDN é a fração que desaparece após um longo período de incubação, e o restante é o FDN indigestível (FDNi), que não está disponível para a degradação microbiana. Portanto, a quantidade de NDFi desempenha papel significativo na degradação da dieta no rúmen e na ingestão voluntária, principalmente em sistemas de alimentação baseados em forragens C₄, caracterizadas pela lignificação, que fornece resistência à degradação microbiana (Van Soest *et al.*, 1994), visto que, ao formular uma dieta baseada no teor de FDN sem referência ao FDNi, pode afetar o consumo voluntário, a digestibilidade aparente e o teor de energia metabolizável da dieta. Dessa forma, o teor de FDNi precisa ser incluído nos modelos, permitindo equilibrar as dietas de maneira mais eficaz, particularmente nos sistemas de produção

de ruminantes subtropicais e tropicais (Harper e McNeill, 2015).

A EA compreende a relação entre a produção de leite e o consumo. Pode-se observar que o grupo 1 apresenta melhor EA, ao contrário dos grupos 2 e 3 (Tab. 3). A EA dos grupos 2 e 3 é prejudicada pela redução no aproveitamento dos nutrientes, principalmente pela menor digestibilidade da MS e da FDN, que acaba comprometendo o consumo (Van Soest *et al.*, 1994; Hall, 2014; Huhtanen *et al.*, 2016), o que, em conjunto com o menor consumo e digestibilidade da PB (grupos 2 e 3), repercute negativamente na produção de leite. Os níveis adequados de amônia no rúmen devem ser mantidos para síntese máxima de proteína microbiana. Em dietas com baixos teores de proteína a ureia, torna-se uma fonte de nitrogênio importante, visto que a deficiência de proteína degradável no rúmen pode diminuir a síntese de proteína microbiana, a digestibilidade das fibras e a ingestão alimentar. Dessa forma, a proteína microbiana sintetizada no rúmen contribui com a maior parte da proteína que chega ao intestino delgado, sendo considerada uma proteína de alta qualidade para a síntese dos componentes do leite em razão da alta digestibilidade aparente, aproximadamente 85%, e da qualidade da composição dos aminoácidos (Schwab e Broderick, 2017).

As características dos volumosos utilizados nas dietas colaboram para explicar as condições adversas estudadas para a alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu. Este é o caso da cana-de-açúcar, a qual tem se destacado pelo baixo custo, alta produção de MS por hectare, resistência a pragas e doenças e disponibilidade no período seco, no qual ocorre escassez de forragem. Porém, apresenta baixos teores de proteína e baixa degradação ruminal da fração fibrosa. Geralmente é utilizada na forma *in natura*, apresentando em torno de 30% de MS, 53,60% de FDN, 33,33% de FDA, com digestibilidade de 61,60 e 41,97% para a MS e a FDN, respectivamente (Teixeira Júnior *et al.*, 2016; Valadares Filho *et al.*, 2017), valores esses que comprovam as limitações da cana-de-açúcar com relação à degradabilidade da FDN, a qual é composta pela celulose e pelas hemiceluloses, que são potencialmente degradadas no rúmen pela ação das bactérias.

A utilização da palma forrageira, principalmente na alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu, tem se destacado em razão das características da palma forrageira, que são a adaptação às condições edafoclimáticas das regiões semiáridas e o baixo custo de produção, sendo considerada uma alternativa para alimentar o gado nas secas prolongadas (Galvão Júnior *et al.*, 2014). A palma forrageira apresenta altas produções de matéria seca por unidade de área, porém com baixos teores de MS, PB, FDN e FDA; constitui, no entanto, uma fonte de energia, rica em carboidratos não fibrosos, e a variedade miúda pode alcançar até 77,79% de CNF (Galvão Júnior *et al.*, 2014; Valadares Filho *et al.*, 2017). Assim, dietas formuladas com alto teor de palma forrageira contribuem para solucionar escassez de água nas secas prolongadas em razão do alto teor de umidade. É imprescindível, todavia, destinar atenção especial aos baixos teores de MS e FDN; na variedade miúda, observam-se mínimos de 13,30% de MS e 16,60% de FDN (Valadares Filho *et al.*, 2017). Nessas condições, em que ocorrem altas concentrações de CNF com baixos teores de FDN e MS da dieta, é necessário observar a FDN fisicamente efetiva, a qual quantifica o tamanho de partícula, sendo consideradas as partículas maiores que 8mm (Zebeli *et al.*, 2012), ou o percentual da dieta total retida na peneira de 4,0mm do separador de partículas (Kmicikewycz e Heinrichs, 2015), para o funcionamento ruminal adequado. Logo, essas partículas de fibra longa formam uma manta de fibra flutuante no rúmen, a qual tem a função de manter a ruminação e a motilidade ruminal, favorecendo a produção de saliva e a estabilidade do pH ruminal e, conseqüentemente, o conteúdo de gordura do leite (Mertens, 1997; Zebeli *et al.*, 2012).

As dietas utilizadas também ajudam a explicar as condições enfrentadas pelas vacas mestiças Holandês x Zebu (Tab. 1), como é caso da dieta que apresenta 11,50% de MS, na qual está sendo utilizada cana-de-açúcar picada *in natura*, bem como dietas com silagem de capim-elefante e sorgo, realizadas no mesmo silo e, ainda, com teor proteico de 27,16% na dieta, o qual é proveniente de concentrado à base de farelo de soja, farelo de trigo e torta de babaçu. Tanto o excesso de água da forragem quanto o de proteína comprometem o consumo de alimentos (Tylutki *et al.*, 2008). Vacas em lactação têm o

gasto energético para eliminar a proteína em excesso na forma de ureia (Nutrient..., 2001; Tylutki *et al.*, 2008). Ainda, dietas com alto teor de NDT (98,04% de NDT) baseadas na adição de EE, 12% de grãos de girassol, podem prejudicar a degradabilidade da fibra (Jenkins e Harvatine, 2014). Por outro lado, observa-se que os baixos consumos de FDN (24,07 g/kg de PV^{0,75}) proveniente de dietas com 60% de cana-de-açúcar ou capim-elefante ou adição de farelo de arroz no concentrado à base de farelo de soja e milho demonstram que o elevado teor de FDN, provavelmente com alta lignificação, influencia negativamente o consumo da dieta (Mertens, 1994; Van Soest *et al.*, 1994; Allen, 2000).

O teor de lactose do leite é altamente dependente de energia (Qiao *et al.*, 2005; Rigout *et al.*, 2002). Porém, o grupo 3 apresenta o menor teor de MS com elevado teor de FDN, os quais repercutem no menor consumo de MS e, conseqüentemente de NDT e, ainda, em menor digestibilidade aparente da MS e da FDN (Tab. 2 e 3). Entretanto, o grupo 3 apresenta teor de lactose intermediário, quando comparado ao grupo 2, que possui o valor mais baixo de lactose (4,37%). Esse fato pode estar relacionado aos dias em lactação das vacas, visto que, no grupo 2, elas estão com 149 dias, portanto, além do déficit energético, a redução no teor de lactose pode estar relacionada à contagem de células somáticas (Alessio *et al.*, 2016), porém esse indicador de mastite subclínica e clínica tem sido negligenciado nos experimentos de alimentação de vacas leiteiras. Trabalhos científicos envolvendo vacas de leite devem ser realizados de forma sistêmica, ou seja, devem relacionar o metabolismo energético com a qualidade do leite produzido.

A falta de determinadas informações (Tab. 1) pode afetar a interpretação dos resultados, como a ordem de parto e o escore de condição corporal das vacas em lactação. Sem esses parâmetros, não é possível identificar a origem de variação no peso vivo, o qual pode estar relacionado à idade da vaca ou à redução de peso em razão da mobilização de reservas corporais para manter a produção de leite. Destaca-se que são parâmetros simples de serem avaliados e geralmente sem custo. Outra informação importante é a determinação do nitrogênio ureico no leite (NUL), que permite avaliar a eficiência de utilização da proteína fornecida na dieta,

juntamente com o teor de lactose do leite. É indispensável que os trabalhos experimentais sejam armazenados de forma segura e recuperável (Luiz, 2002), visto que a metanálise visa extrair informações adicionais a partir de dados existentes (Sauvant *et al.*, 2008), com maior poder estatístico em função do aumento substancial do tamanho da amostra (Normand, 1999; Rabiee *et al.*, 2012). Portanto, é importante que os pesquisadores brasileiros apresentem as condições experimentais e os resultados da forma mais completa possível, pois, conforme comentado acima, informações sobre solo (conservação e fertilidade), planta (espécie, época do ano, manejo) e animal (*status* fisiológico descrito de maneira completa) são imprescindíveis para a avaliação sistêmica. Recomenda-se que, independentemente do objetivo do experimento com vacas de leite, haja informações sobre contagem de células somáticas, pois atualmente é um dos principais balizadores da bonificação e também porque a Instrução Normativa Nº62 (Brasil, 2011) constitui um esforço do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa para melhorar a qualidade do leite no Brasil.

CONCLUSÃO

O consumo de NDT da dieta é prejudicado pela digestibilidade da MS e, principalmente, da FDN em razão da proporção e das características dos volumosos utilizados na dieta. Destaca-se que esses fatores repercutem na eficiência alimentar, bem como na produção e na composição do leite.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

Os autores agradecem a todos os pesquisadores brasileiros citados nas referências da base de dados; à Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (Fapesc) e ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação (Promop), pelas bolsas concedidas às estudantes de pós-graduação que participaram do estudo.

REFERÊNCIAS

- ALESSIO, D.R.M. *Produção e composição do leite em função da alimentação de vacas em condições experimentais no Brasil*. 2017. 175f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.
- ALESSIO, D.R.M.; THALER NETO, A.; VELHO, J.P. *et al.* Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows1. *Semin. Cienc. Agrar.*, v.37, p.2641-2652, 2016.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.83, p.1598-1624, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 62 de 29 de setembro de 2011. Regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite tipo A, do leite pasteurizado e do leite cru refrigerado e de seu transporte a granel. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2011.
- GALVÃO JÚNIOR, J.G.B.; SILVA, J.B.A.; MORAIS, J.H.G.; LIMA, R.N. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. *Acta Vet. Bras.*, v.8, p.78-85, 2014.
- HALL, M.B. Feed analyses and their interpretation. *Vet. Clin. Food Anim.*, v.30, p.487-505, 2014.
- HARPER, K.; MCNEILL, D. The Role of iNDF in the regulation of feed intake and the importance of its assessment in subtropical ruminant systems (the role of iNDF in the regulation of forage intake). *Agriculture*, v.5, p.778-790, 2015.
- HUHTANEN, P.; DETMAN, E.; KRIZSAN, S.J. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary, fecal, and animal variables. *J. Dairy Sci.*, v.99, p.5345-5357, 2016.
- JENKINS, T.C.; HARVATINE, K.J. Lipid feeding and milk fat depression. *Vet. Clin. Food Anim.*, v.30, p.623-642, 2014.
- KMICIKIEWYCZ, A.D.; HEINRICHS, A.J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. *J. Dairy Sci.*, v.98, p.373-385, 2015.

- KRIZSAN, S.J.; HUHTANEN, P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.96, p.1715-1726, 2013.
- LOVATTO, P.A.; LEHNEN, C.R.; ANDRETTA I. *et al.* Meta-análise em pesquisas científicas - Enfoque em metodologias. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, p.285-294, 2007.
- LUIZ, A.J.B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. *Cad. Ciênc. Tecnol.*, v.19, p.407-428, 2002.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.1463-1481, 1997.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G.C. *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- NORMAND, S.T. Tutorial in biostatistics: meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting. *Statist. Med.*, v.359, p.321-359, 1999.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1989. 158p.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 406p.
- POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Invited review: effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J. Dairy Sci.*, v.100, p.1-13, 2017.
- QIAO, F.; TROUT, D.R.; XIAO, C.; CANT, J.P. Kinetics of glucose transport and sequestration in lactating bovine mammary glands measured in vivo with a paired indicator / nutrient dilution technique. *J. Appl. Physiol.*, v.99, p.799-806, 2005.
- RABIEE, A.R.; BREINHILD, K.; SCOTT, W. *et al.* Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.*, v.95, p.3225-3247, 2012.
- RIGOUT, S.; LEMOSQUET, S.; VAN EYS, J.E. *et al.* Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.85, p.595-606, 2002.
- SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J.J.; ST-PIERRE, N.R. Meta-analysis of experimental data in animal nutrition. *Animal*, v.2, p.1203-1214, 2008.
- SCHWAB, C.G.; BRODERICK, G.A. A 100-year review: protein and amino acid nutrition in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.100, p.10094-10112, 2017.
- STATISTICAL analysis system. Cary: SAS Institute, 2002.
- TEIXEIRA JÚNIOR, F.E.P.; RUAS, J.R.M.; LOPES, M.A. *et al.* Effect of different alternative roughages on the profitability of milk production systems with F1 Holstein x Zebu cows. *Rev. Ceres*, v.63, p.807-815, 2016.
- THE NUTRIENT requirements of Ruminant Livestock. 1.rev.ed. London: D.C. 1984. 350p.
- TRAXLER, M.J.; FOX, D.G.; VAN SOEST, A.J. *et al.* Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. *J. Anim. Sci.*, v.76, p.1469-1480, 1998.
- TYLUTKI, T.P.; FOX, D.G.; DURBAL, V.M. *et al.* Cornell net carbohydrate and protein system: a model for precision feeding of dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.143, p.174-202, 2008.
- VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L. CQBAL 3.0. tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2017. Disponível em: <www.ufv.br/cqbal>. Acessado em: 12 set. 2017.
- VAN SOEST, A.J.; BOBBERT, M.F.; SCHENAU, G.J.V.I. A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. *J. Neurophysiol.*, v.71, p.1390-1402, 1994.
- YANO, M.; SHIMADZU, H.; ENDO, T. Modelling temperature effects on milk production: a study on Holstein cows at a Japanese farm. *SpringerPlus*, v.3, p.129-140, 2014.
- ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J.R.; TAFAJ, M. *et al.* Invited review: role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.95, p.1041-1056, 2012.