

Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro

Determination of the proteins and carbohydrates fractions and estimative of the energy value of forages and by-products in Brazilian Northeast

Elzânia Sales Pereira^{1*}; Patrícia Guimarães Pimentel²; Labib Santos Duarte³; Ivone Yurika Mizubuti⁴; Gherman Garcia Leal de Araújo⁵; Maria Socorro de Souza Carneiro⁶; José Gilson Louzada Regadas Filho⁷; Iana Sérvulo Gomes Maia⁸

Resumo

O presente estudo objetivou caracterizar as frações de carboidratos e proteína, e estimar o valor energético de forrageiras nativas e adaptadas, e de subprodutos da agroindústria produzidos na região Nordeste do Brasil. Para obtenção do fracionamento dos carboidratos, de acordo com o sistema CNCPS, foram calculados os carboidratos totais, suas frações B2, C e os componentes solúveis em detergente neutro. Para determinação das frações nitrogenadas, foram analisados os compostos nitrogenados não-proteicos, nitrogênio solúvel e insolúvel em tampão borato-fosfato e nitrogênio protéico insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido. Para estimativa do NDT foram utilizadas as equações propostas pelo NRC (2001). As frações de carboidratos dos subprodutos analisados variaram de 19,35 a 58,52%; 9,95 a 61,44% e 15,35 a 70,06% para A+B1, B2 e C, respectivamente. Nas forrageiras, as frações A, B1, B2, B3 e C dos compostos nitrogenados apresentaram variação de 9,84 a 42,33%; 1,58 a 11,47%; 48,63 a 80,10%; 0,70 a 6,13% e 0,43 a 2,86%, respectivamente. O NDT estimado das forrageiras variou de 48,30 a 65,42%, enquanto para os subprodutos variou de 31,41 a 128,90%. O fracionamento dos compostos nitrogenados e de carboidratos são metodologias simples e devem ser usuais em laboratórios de avaliação de alimentos.

Palavras-chave: Energia, nutrientes digestíveis totais, proteína, semi-árido, forragem, subprodutos

Abstract

The present study aimed to characterize the carbohydrates and proteins fractions and to estimate the energetic value of native and adapted forages and agro industry by-products produced in Brazilian Northeast. To obtain the carbohydrates fractions, according with CNCPS system, were calculated the total

¹ Prof^o Dr^a Universidade Federal do Ceará, UFC, Dept^o de Zootecnia, Ceará. Bolsista de Produtividade do CNPq. E-mail: elzania@hotmail.com

² Doutora Bolsista PRODOC/CAPES. Universidade Federal do Ceará, UFC, Dept^o de Zootecnia. E-mail: pgpimentel@hotmail.com

³ Mestre em Zootecnia. Universidade Federal do Ceará, UFC, Dept^o de Zootecnia. E-mail: labib_duarte@yahoo.com.br

⁴ Prof^o Dr^a. Universidade Estadual de Londrina, UEL, Dept^o de Zootecnia. Bolsista de Produtividade do CNPq. Cx. Postal 6001, 86001-970. Londrina-Pr. E-mail: mizubuti@uel.br

⁵ Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. E-mail: ggla@cpatsa.embrapa.br.

⁶ Prof^o Dr^a Universidade Federal do Ceará, UFC, Dept^o de Zootecnia. E-mail: msocorro@ufc.br

⁷ Doutorando em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV, Dept^o de Zootecnia. E-mail: gilsonagro@yahoo.com.br

⁸ Graduanda em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, UFC. E-mail; ianaservulo@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

carbohydrates, its fractions B2, C and the soluble neutral detergent components. For the determination of nitrogenous fractions, were analyzed the non-protein nitrogenous compounds, soluble and insoluble nitrogen in borate-phosphate buffer, protein nitrogen insoluble in neutral detergent and acid detergent. To the estimative of TDN, were used the equations proposed by NRC (2001). The by-products analyzed carbohydrates fractions varied from 19.35 to 58.52%; 9.95 to 61.44% and 15.35 to 70.06, for A+B1, B2 and C, respectively. In the forages, the fractions A, B1, B2, B3 and C of nitrogenous compounds presented variation from 9.84 to 42.33%; 1.58 to 11.47%; 48.63 to 80.10%; 0.70 to 6.13% and 0.43 to 2.86%, respectively. The estimated TDN of the forages varied from 48.30 to 65.42%, while for the by-products varied from 31.41 to 128.9%. The fractionation of nitrogen compounds and carbohydrates are simple methodologies and should be common practices in laboratories of feed evaluation.

Key words: Energy, protein, semi-arid, Total Digestible Nutrients

Introdução

A escassez de alimentos volumosos para ruminantes, principalmente durante o período de baixa densidade pluviométrica, é um problema que se repete anualmente, refletindo na baixa produtividade dos rebanhos manejados em regime de pastejo, causando transtornos econômicos e gerando insegurança entre os pecuaristas.

A limitação das fontes protéicas e energéticas disponíveis exige suplementação alimentar, elevando consideravelmente os custos de produção. O fornecimento de forrageiras existentes na região nordeste pode suprir, em parte, a deficiência das pastagens nos períodos de estiagem a custos relativamente baixos. Segundo Vieira et al. (2005), a utilização de espécies forrageiras arbustivas e arbóreas existentes na região é uma estratégia para minimizar o problema de escassez de forragem durante o período seco do ano.

Da mesma forma, o processamento industrial de produtos agrícolas no Nordeste do Brasil, para a extração de sucos, polpas e óleos, gera grande quantidade de subprodutos, constituídos principalmente por sementes, cascas e polpas. Subprodutos provenientes da agroindústria frutícola vêm surgindo como uma alternativa às culturas tradicionais, tendo como vantagem seu baixo custo de aquisição. Além disso, o aproveitamento destes subprodutos contribui para minimizar o impacto causado pelo seu acúmulo no meio ambiente.

Existe uma variedade de alimentos que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes.

Entretanto, seu valor nutricional e qualidade são determinados por complexa interação entre os nutrientes ingeridos e a ação dos microrganismos no trato digestório, nos processos de digestão, absorção, transporte e utilização de metabólitos, além da própria condição fisiológica do animal. O conhecimento da composição química e dos valores de digestibilidade dos alimentos que compõem a dieta dos ruminantes é de fundamental importância dentro do processo produtivo. A ausência de dados na literatura sobre a composição físico-química de alimentos ditos alternativos mostra a falta de caracterização e informações nutricionais que permitam a recomendação dos mesmos de forma mais ampla.

Atualmente, os sistemas de avaliação de alimentos para ruminantes, os quais fornecem suporte às formulações de rações, exigem que os nutrientes sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los (SNIFFEN et al., 1992). A fração protéica dos alimentos pode ser fracionada em componentes A (fração solúvel – nitrogênio não protéico, NNP), B1 (fração solúvel rapidamente degradada no rúmen), B2 (fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen), B3 (fração insolúvel lentamente degradada no rúmen) e fração C, que é indigestível durante sua permanência no trato gastrointestinal.

Os carboidratos também podem ser fracionados em componentes A (açúcares solúveis com rápida degradação ruminal), B1 (amido e pectina), B2 (correspondente à fibra potencialmente degradável com taxa de degradação mais lenta) e C, que

apresenta característica de indigestibilidade. Este subfracionamento foi descrito por Sniffen et al. (1992), sendo objeto de entrada de dados para o sistema *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS). Este sistema tem o objetivo de estimar taxas de degradação ruminal de diferentes subfrações dos alimentos, maximizar a sincronização de proteína e carboidratos no rúmen e conseqüentemente a produção microbiana e ainda minimizar as perdas nitrogenadas (SNIFFEN et al., 1992).

O valor energético de uma ração é comumente baseado no conteúdo de energia metabolizável (EM) ou de energia líquida (EL) nela presente. Contudo, a utilização destes referenciais para se prever o valor energético não apresenta uma conotação completa já que as mesmas se referem apenas à energia disponível para o animal e suas utilidades para comparar a adequação dos aportes com suas necessidades, desconsiderando os índices de energia disponíveis para os microrganismos ruminais. De acordo com o NRC (1989), o sistema de energia líquida (EL) fornece valores de disponibilidade de energia mais precisos que os nutrientes digestíveis totais (NDT), mas este sistema ainda permanece, porque os valores de EL são de difícil determinação, além de existir significativa quantidade de informações disponíveis sobre NDT. Segundo Valadares Filho (2000), considerando que grande parte da avaliação energética dos alimentos se baseia neste sistema e que os cálculos de EL ou da EM são estimados a partir do NDT, sugere-se que este possa ser considerado unidade possível de ser utilizada para formulação de rações.

A partir da publicação do NRC (2001), passou-se também a estimar os nutrientes digestíveis totais da dieta a partir de sua composição químico-bromatológica, adotando-se para isso uma série de equações em que as frações digestíveis dos nutrientes são obtidas separadamente e em seguida, somadas. Este é um aspecto importante já que o padrão de consumo alimentar e, conseqüentemente, o desempenho de animais fistulados utilizados em

ensaios de digestibilidade não representa de forma similar os animais que são utilizados em outras fases do experimento, ou seja, na determinação das exigências (VALADARES FILHO et al., 2005). Desta forma, este estudo foi realizado com o objetivo de fracionar os carboidratos e os compostos nitrogenados e estimar o valor energético da algaroba (*Prosopis juliflora*), canafístula (*Pithecellobium multiflorum*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), jitirana (*Ipomea* sp.), juazeiro (*Ziyiphus joazeiro*), mata-pasto (*Senna obtusifolia*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e xique-xique (*Cereus gounellei*).

Material e Métodos

Na estação chuvosa (abril/2007), as forrageiras foram coletadas no painel forrageiro do Departamento de Zootecnia e na Fazenda Experimental Vale do Curu, respectivamente, nos municípios de Fortaleza e Pentecoste, Ceará, ambos pertencentes a Universidade Federal do Ceará. As forrageiras estudadas foram: algaroba (*Prosopis juliflora*), canafístula (*Pithecellobium multiflorum*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), jitirana (*Ipomea* sp.), juazeiro (*Ziyiphus joazeiro*), mata-pasto (*Senna obtusifolia*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), palma gigante (*Opuntia ficus indica*) e xique-xique (*Cereus gounellei*). As plantas encontravam-se em estágio vegetativo e foram coletadas somente folhas e ramos com até um centímetro de diâmetro. O xique-xique foi cortado e queimado até eliminação dos espinhos.

Os subprodutos agroindustriais avaliados foram: o pedúnculo e a castanha do caju (*Anacardium occidentale*), maracujá (*Passiflora eduli*), melão (*Cucumis melo*), urucum (*Bixa orellana*), abacaxi (*Ananas comosus*), acerola (*Malpighia emarginata*), coco (*Cocos nucifera*) e uva (*Vitis labrusca*). Estes foram provenientes de agroindústrias locais na forma *in natura*, sendo compostos basicamente de cascas e sementes. Os subprodutos do caju avaliados foram o pedúnculo desidratado e a castanha, sendo esta

última constituída de amêndoas inteiras, pedaços de amêndoas com manchas escuras devido ao ataque de pragas e doenças, e pedaços com películas, sendo impróprias ao consumo humano. O subproduto do urucum, constituído de grãos e cascas, foi resultante do processo agroindustrial para extração da bixina. O subproduto do coco (farelo de coco) constituiu-se do subproduto agroindustrial do endosperma (copra).

Imediatamente após a coleta, as amostras das forrageiras foram conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFC – LANA/DZ/UFC, onde foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, trituradas em moinho estacionário “Thomas Wiley”, utilizando-se peneira com malha de 1,0 mm e acondicionadas em fracos hermeticamente fechados. Os subprodutos da agroindústria foram desidratados ao sol, sendo espalhados em camadas de aproximadamente sete centímetro de espessura e revolvidos pelo menos três vezes ao dia. Inicialmente, os alimentos foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), seguindo os procedimentos padrões (AOAC, 1990). A fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA), e lignina (LIG) foram determinadas de acordo com Van Soest et al. (1991).

Para o fracionamento dos carboidratos conforme o sistema CNCPS, foi determinado nas amostras o teor de nitrogênio total (NT), extrato etéreo e matéria mineral (AOAC, 1990). Os carboidratos totais foram determinados pela expressão $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, (SNIFFEN et al., 1992). Os carboidratos não fibrosos (A+B1) foram determinados pela expressão $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{CP} + \%MM)$, em que, FDN_{CP} equivale à parede celular corrigida para cinzas e proteínas. A fração C foi obtida por meio da equação

preditiva para o potencial de degradação da FDN em alimentos para bovinos pelo sistema CNCPS (SNIFFEN et al., 1992), sendo $C = Lig \times 2,4$.

Para determinação do fracionamento da proteína, a fração A (NNP) foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel em ácido tricloroacético (TCA), o qual foi obtido através do tratamento de aproximadamente 500 mg da amostra com 50 mL de água destilada, permanecendo por 30 minutos, e posteriormente, adicionados 10 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10% por 30 minutos. O resíduo remanescente foi filtrado em papel de filtro (Whatman, nº 54), lavado com água e determinado o nitrogênio residual. O nitrogênio insolúvel total foi determinado a partir do tratamento de 500 mg da amostra com tampão borato-fosfato ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ a 12,2 g/L + $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ a 8,91g/L + 100 mL/L de álcool butílico terciário) durante 3 horas, sendo determinado o nitrogênio residual. Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel total, foi obtido o nitrogênio solúvel total (NNP + proteína solúvel), do qual foi descontada a fração A para obtenção da fração B1. A fração B3 foi calculada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), os quais foram determinados por meio da fervura de 500 mg da amostra com solução detergente neutra e ácida durante uma hora, respectivamente, onde os resíduos foram também analisados para nitrogênio. A fração C foi considerada como sendo o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e a fração B2 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e as frações A, B1, B3 e C (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

Foram estimados os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), de acordo com a seguinte equação (NRC, 2001):

$$NDT = CNFd + PBd + (AGd \times 2,25) + FDNd - 7;$$

sendo o valor 7 o NDT fecal metabólico, ou seja, a correção utilizada, uma vez que as frações

digestíveis dos alimentos consideradas para o cálculo do NDT referem-se à digestibilidade verdadeira e não aparente; CNFd equivale a carboidratos não fibrosos digestíveis; PBd corresponde a proteína bruta digestível; AGd significa ácidos graxos digestíveis; FDNnd corresponde a FDN corrigida para nitrogênio digestível.

Para o cálculo CNFd utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{CNFd} = 0,98 \times [100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{FDNn} + \text{MM})] \times \text{PAF};$$

sendo PAF um fator de ajuste igual a 1 para todos os alimentos conforme NRC (2001).

Para o cálculo da PBd e AGd usaram-se as seguintes equações:

$$\text{PBd} = \text{PB} \times \exp [-1,2 \times (\text{PIDA} / \text{PB})];$$

$\text{AGd} = \text{EE} - 1$; sendo que para alimentos com teores de $\text{EE} < 1$, $\text{AGd} = 0$.

Para o cálculo de FDNnd utilizou-se a seguinte expressão:

$$\text{FDNnd} = 0,75 \times (\text{FDNn} - \text{Lig}) \times [1 - (\text{Lig} / \text{FDNn})^{0,667}];$$

onde $\text{FDNn} = \text{FDN} - \text{PIDN}$.

Foram ainda calculados os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável produtiva (EM_p) e energia líquida de lactação (EL_L) em Mcal/kg, conforme as seguintes equações propostas pelo NRC (2001):

$$\text{ED} = (\text{CNFd} / 100) \times 4,2 + (\text{FDNnd} / 100) \times 4,2 + (\text{PBd} / 100) \times 5,6 + (\text{AGd} / 100) \times 9,4 - 0,3;$$

$$\text{EM}_p = (1,01 \times \text{ED} - 0,45) + 0,0046 \times (\text{EE} - 3);$$

$$\text{EL}_L = [0,703 \times \text{EM}_p] - 0,19.$$

Resultados e Discussão

A composição bromatológica e o fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados da algaroba, da canafístula, da flor-de-seda, da jitirana, do juazeiro, do mata-pasto, da palma gigante, do sabiá e do xique-xique estão expressos na Tabela 1, 2 e 3, respectivamente, e Figuras 1 e 2.

Houve considerável variação nas frações de carboidratos (Tabela 2 e Figura 1). Nas forrageiras adaptadas ao clima semi-árido foram observados valores para fração C entre 17,34 e 40,63%. Esta variação confere diferenças importantes entre esses alimentos, pois a fração C reflete efeito na repleção ruminal, acarretando menor disponibilidade energética, em virtude de sua característica de indigestibilidade, promovendo menor consumo potencial por unidade de tempo. O efeito de repleção ruminal é o tempo de renovação das frações que compõem determinado alimento, sendo logicamente aplicado aos constituintes de parede celular (VAN SOEST, 1994), sendo uma importante medida mecanicista utilizada para avaliar o efeito da FDN e suas frações sobre a retenção da digesta no rúmen.

Dentre as forrageiras estudadas, a canafístula e o juazeiro apresentaram os maiores valores para a fração C (40,40 e 40,63%, respectivamente). Além disso, apresentaram valores próximos para fração A+B1 (35,26 e 30,91%, respectivamente) e fração B2 (24,34 e 28,45%, respectivamente).

O mata-pasto e a palma gigante apresentaram os menores valores dentre as forrageiras estudadas para fração C (17,34 e 22,76%, respectivamente). Estas forrageiras apresentaram também os maiores valores para fração A+B1 (60,41 e 73,37%, respectivamente). Entretanto, na fração B2 observou-se superioridade de aproximadamente 82,60% para o mata-pasto.

Tabela 1. Teores médios para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.

Forrageiras	MS(%)	PB ¹	MM ¹	MO ¹	EE ¹	FDN ¹	FDA ¹	PIDN ¹	PIDA ¹
Algaroba	34,62	15,61	7,63	92,37	4,89	42,84	30,12	3,24	1,45
Canafistula	40,75	12,91	5,60	94,40	4,56	55,81	34,83	6,00	2,68
Flor-de-seda	15,16	17,85	18,16	81,84	8,19	27,85	22,43	1,37	0,64
Jitirana	12,21	16,61	10,84	89,16	2,02	38,75	28,79	4,14	1,12
Juazeiro	42,53	12,52	7,19	92,81	1,80	60,79	39,61	6,56	0,43
Mata-pasto	18,93	20,79	12,53	87,47	2,88	31,00	14,34	5,73	0,74
Palma gigante	8,20	9,61	16,71	83,29	2,93	20,04	16,70	1,18	0,48
Sabiá	29,65	21,00	6,96	94,04	5,76	48,71	22,38	7,22	2,16
Xique-xique	10,01	7,70	18,80	81,20	1,22	36,19	26,36	2,19	0,96

¹ (% MS)

Tabela 2. Valores médios para carboidratos totais (CHT), carboidratos não-estruturais (CNE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e as frações de carboidratos A+B1, B2 e C e lignina (LIG) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.

Forrageiras	CHT ¹	CNE ¹	FDNcp ¹	A+B1 ²	B2 ²	C ²	LIG ³
Algaroba	71,86	32,27	39,59	44,90	27,31	27,79	21,03
Canafistula	76,93	27,13	49,80	35,26	24,34	40,40	33,16
Flor-de-seda	55,80	29,34	26,46	52,58	18,60	28,82	16,99
Jitirana	70,53	35,92	34,61	50,93	17,05	32,02	24,36
Juazeiro	78,48	24,26	54,22	30,91	28,45	40,63	34,31
Mata-pasto	63,80	38,54	25,26	60,41	22,25	17,34	11,91
Palma gigante	70,75	51,91	18,84	73,37	3,87	22,76	17,66
Sabiá	67,22	25,73	41,49	38,28	28,04	33,67	24,14
Xique-xique	72,28	38,30	33,98	52,98	15,97	31,05	23,77

¹ (%MS)

² (%CHT)

³ (% FDN)

Com relação à proporção de carboidratos digeríveis da parede celular (B2), as forrageiras analisadas apresentaram valores significativos, com 27,31; 24,34; 18,60; 17,05; 28,45; 22,25; 28,04 e 15,97% para algaroba, canafistula, flor-de-seda, jitirana, juazeiro, mata-pasto, sabiá e xique-xique, respectivamente, com exceção da palma gigante que apresentou valor para esta fração de 3,87%. A disponibilidade desta fração no rúmen está associada à taxa de digestão nesse local. Alimentos

volumosos, com elevados teores de FDN, possuem maior proporção da fração B2 de carboidratos, que, por fornecer energia mais lentamente no rúmen, pode afetar a eficiência de síntese microbiana e o desempenho animal. Além disso, o consumo pode ser limitado pela elevada fração indigerível (fração C) dessas forragens. Assim, a forragem deve ser suplementada com fontes energéticas de rápida disponibilidade no rúmen, quando não apresentar limitação protéica, em quantidade e qualidade.

Tabela 3. Valores médios de proteína bruta (PB) e das frações de proteína (A, B1, B2, B3 e C) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.

Forrageiras	PB ¹	A ²	B1 ²	B2 ²	B3 ²	C ²
Algaroba	15,61	26,56	3,68	66,53	1,79	1,45
Canafístula	12,91	9,84	4,06	80,10	3,33	2,68
Flor-de-seda	17,85	42,33	7,66	48,63	0,74	0,64
Jitirana	16,61	28,17	11,47	56,21	3,02	1,12
Juazeiro	12,52	30,7	9,29	53,44	6,13	0,43
Mata-pasto	20,79	25,12	4,91	64,24	4,99	0,74
Palma gigante	9,61	27,35	3,88	67,59	0,70	0,48
Sabiá	21,00	23,30	1,58	67,90	5,06	2,16
Xique-xique	7,70	33,28	3,32	61,21	1,23	0,96

¹ (%MS); ² (%PB)

A palma gigante, por apresentar baixo teor de fração B2 provavelmente devido ao baixo teor de FDN (20,04%) e altos teores de CNE (51,91%), necessita ser associada a outros alimentos fibrosos, como os fenos, a fim de evitar perda de peso, depressão na produção e no teor de gordura do leite, bem como distúrbios digestivos (diarréias e pouca ruminação).

A porção dos carboidratos de rápida degradação ruminal (frações A e B1), que correspondem aos carboidratos solúveis e ao amido, compreenderam, respectivamente, valores entre 30,91 e 73,37% (Tabela 2). Estes valores não estão totalmente de acordo com a literatura, pois segundo Van Soest (1994), as forrageiras usualmente utilizadas na alimentação animal devem apresentar cerca de 60 a 80% de seus carboidratos como sendo componentes da parede celular vegetal. Das forrageiras adaptadas ao clima semi-árido, a palma gigante, o mata-pasto, o xique-xique, a flor-de-seda e a jitirana apresentam superioridade da fração A + B₁ (73,37; 60,41; 52,98 52,58 e 50,93%, respectivamente) atribuída a elevada concentração de açúcares solúveis, isto pode implicar em melhor adequação energética ruminal e

resultar em maior crescimento microbiano ruminal, pois estes alimentos apresentam também uma significativa fração nitrogenada solúvel (Tabela 3).

Flor-de-seda, jitirana e xique-xique apresentaram valores próximos de fração A+B1 (52,58; 50,93 e 52,98%, respectivamente), fração B2 (18,60; 17,05 e 15,97%, respectivamente) e fração C (28,82; 32,02 e 31,05%, respectivamente), conforme a (Tabela 2).

De acordo com Russell et al. (1992), a importância do fracionamento dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes se baseia na classificação de bactérias ruminais quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular e daqueles que se localizam no conteúdo celular com função não estrutural.

As proporções de nitrogênio na forma de fração A, que corresponde ao NNP das forrageiras estudadas, apresentaram valores de 23,30 a 42,33% para sabiá e flor-de-seda respectivamente, com exceção da canafístula que apresentou 9,84% (Tabela 3), significando haver suprimento de compostos nitrogenados não proteicos para microrganismos que fermentam carboidratos estruturais.

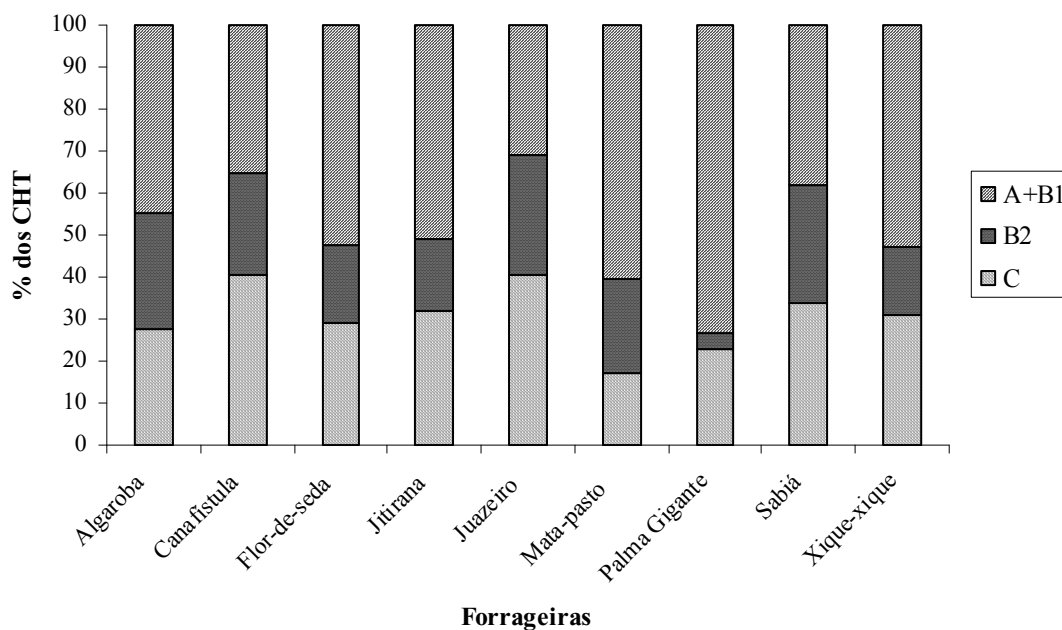


Figura 1. Teores médios das frações A+B1, B2 e C dos carboidratos totais de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.

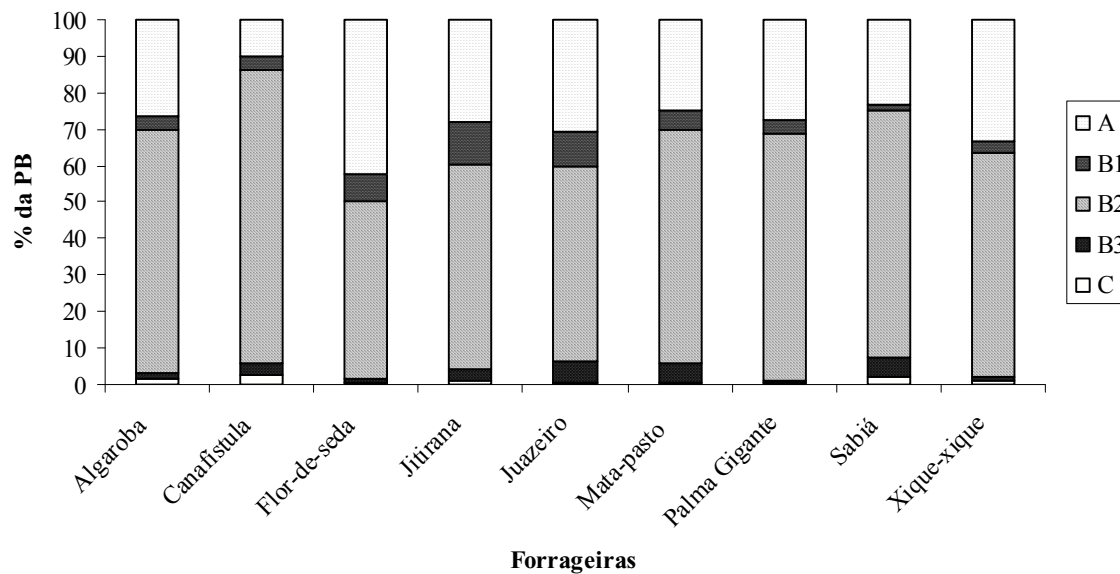


Figura 2. Teores médios das frações nitrogenadas de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.

Quanto à proporção de proteínas solúveis (peptídeos e oligopeptídeos), representada pela fração B1, a flor-de-seda, o juazeiro e a jitirana apresentaram os teores mais elevados, de 7,66; 9,29 e 11,47%, respectivamente, e o sabiá apresentou o menor valor (1,58%) dentre as forrageiras analisadas (Tabela 3). A fração B1, por apresentar rápida taxa de degradação ruminal relativa à fração B3, tende a ser extensivamente degradada no rúmen, contribuindo para o atendimento dos requisitos de nitrogênio dos microrganismos deste compartimento (SNIFFEN et al., 1992).

Os alimentos estudados destacaram-se pela elevada proporção da fração B2 dos compostos proteicos (Tabela 3). Esta fração é degradada em uma taxa intermediária no rúmen, a qual atua tanto como fonte de aminoácidos e peptídeos no rúmen, quanto no intestino delgado. Em alimentos com porcentagem significativa de fração B2, a sua avaliação é fundamental, uma vez que sua quantidade efetivamente degradada no rúmen é função direta da taxa de passagem, isto é, depende da relação taxa de degradação/taxa de passagem.

A extensão com que a proteína é degradada no rúmen constitui parâmetro importante para determinação do fornecimento de nitrogênio aos microrganismos e da quantidade de aminoácidos que pode ser absorvida no intestino. Os modernos sistemas de avaliação de alimentos levam em conta a estimativa da degradabilidade ruminal dos compostos nitrogenados dos alimentos e a síntese de proteína microbiana, que, por sua vez, está relacionada à disponibilidade de nitrogênio e de energia fermentescível.

As espécies forrageiras apresentaram baixa proporção de nitrogênio na forma de proteína de lenta degradação (B3), sendo os valores de 1,79; 3,33; 0,74; 3,02; 6,13; 4,99; 0,70; 5,06 e 1,23% para algaroba, canafistula, flor-de-seda, jitirana, juazeiro, mata-pasto, palma gigante, sabiá e xique-xique, respectivamente, mostrando pouca tendência

a escapar N do rúmen e fornecer aminoácidos no intestino delgado. A fração B3 é obtida subtraindo-se o NIDA do NIDN e representa a proteína aderida à parede celular com potencial para ser degradada, no entanto, com baixa taxa de degradação.

A fração C dos compostos nitrogenados para canafistula e sabiá apresentou as maiores proporções, com 2,68 e 2,16% da PB total, respectivamente (Tabela 3). A fração C é constituída por proteínas associadas à lignina, complexos tânicos-proteicos e produtos de Maillard, altamente resistentes à degradação microbiana e enzimática, sendo, portanto, considerada inaproveitável tanto no rúmen quanto nos intestinos.

A composição bromatológica e o fracionamento dos carboidratos e dos compostos nitrogenados dos subprodutos de abacaxi, acerola, pedúnculo e castanha de caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva estão expressos nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente, e Figuras 3 e 4.

Para os subprodutos analisados, houve considerável variação nos valores de carboidratos totais (Tabela 5), de 34,42 a 83,91% para castanha e acerola, respectivamente, e nos valores de carboidratos não estruturais, de 10,11% para coco a 40,73% para urucum. Os subprodutos de coco e castanha apresentaram menores valores de carboidratos totais (Tabela 5) em função dos elevados teores de extrato etéreo dos mesmos (Tabela 4).

A proporção dos carboidratos de rápida degradação ruminal (A+ B1) que representa os açúcares solúveis e amido, variou de 19,35 a 58,52% em relação aos carboidratos totais, para coco e castanha, respectivamente. Os subprodutos uva, abacaxi, pedúnculo do caju, maracujá e acerola apresentaram valores consideráveis de fração A+B1 (Tabela 5), possivelmente devido à presença de pectina, pois apesar de ser constituinte da parede celular, esta apresenta cinética de degradação próxima aos polissacarídeos de reserva. (RODRIGUES; VIEIRA, 2006).

Tabela 4. Teores médios para matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) de subprodutos da agroindústria no Nordeste Brasileiro.

Subprodutos	MS	PB ¹	MM ¹	MO ¹	EE ¹	FDN ¹	FDA ¹	PIDN ¹	PIDA ¹
Abacaxi	97,62	7,84	10,70	89,30	0,60	60,30	32,86	4,36	2,04
Acerola	97,25	9,06	6,08	93,90	0,90	70,60	59,92	5,45	3,97
Pedúnculo do caju	96,32	15,93	3,62	96,40	1,50	64,40	43,76	10,85	4,44
Castanha	97,50	21,85	3,64	96,36	40,10	15,91	6,09	1,61	0,08
Coco	96,85	24,55	4,70	95,30	18,53	55,57	52,23	13,45	1,51
Maracujá	97,31	9,70	13,27	86,70	0,40	63,40	54,03	4,46	2,99
Melão	97,53	8,75	6,85	93,20	0,80	73,00	62,58	4,48	3,27
Urucum	95,26	13,53	6,32	93,70	2,10	45,10	20,18	4,28	1,93
Uva	95,50	12,14	8,41	91,59	10,62	43,10	68,83	5,25	3,08

¹ (% MS)

Tabela 5. Valores médios de carboidratos totais (CHT), carboidratos não-estruturais (CNE), Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e as frações de carboidratos (A+B1, B2 e C) e lignina (LIG) de subprodutos utilizados no Nordeste Brasileiro.

Subprodutos	Frações						
	CHT ¹	CNE ¹	FDNcp ¹	A+B1 ²	B2 ²	C ²	LIG ¹
Abacaxi	80,82	29,91	50,91	37,01	45,38	17,61	9,84
Acerola	83,91	22,07	61,84	26,30	14,25	59,45	29,42
Pedúnculo do caju	78,99	27,99	51,00	35,43	11,88	52,69	26,93
Castanha	34,42	32,27	14,28	58,52	26,13	15,35	5,42
Coco	52,23	10,11	42,12	19,35	61,44	19,21	10,36
Maracujá	76,59	23,01	53,58	30,05	47,93	22,02	11,08
Melão	83,62	16,72	66,90	20,00	9,95	70,06	33,46
Urucum	78,02	40,73	37,28	52,21	26,67	21,12	15,22
Uva	68,83	30,99	37,84	45,02	17,45	37,53	27,05

¹ (% MS)

²(%CHT)

Tabela 6. Valores médios de proteína bruta (PB) e das frações de proteína (A, B1, B2, B3 e C) de subprodutos utilizados no Nordeste Brasileiro.

Subprodutos	PB ¹	A ²	B1 ²	B2 ²	B3 ²	C ²
Abacaxi	7,84	21,02	15,23	8,13	29,66	25,96
Acerola	9,06	22,50	15,13	2,26	16,27	43,84
Pedúnculo do caju	15,93	21,75	1,69	8,41	40,26	27,89
Castanha	21,85	21,51	4,32	72,56	1,53	0,08
Coco	24,55	8,61	2,34	75,60	11,94	1,51
Maracujá	9,70	30,05	8,41	15,52	15,18	30,84
Melão	8,75	5,01	6,47	37,30	13,83	37,38
Urucum	13,53	33,02	2,77	32,57	17,39	14,25
Uva	12,14	24,25	7,34	63,16	2,17	3,08

¹(%MS)

² (%PB)

O coco apresentou um alto teor da fração B2 dos carboidratos, enquanto melão e o pedúnculo do caju apresentaram, respectivamente, os valores mais baixos (9,95 e 11,88%) e, aproximadamente, quatro vezes menos fração B2 do que o maracujá e o abacaxi (47,93 e 45,38%, respectivamente).

Observou-se que a fração C dos carboidratos dos subprodutos apresentou valores variados entre os subprodutos, apresentando 17,61; 59,45; 52,69; 15,35; 19,21; 22,02; 70,06; 21,12 e 37,53%, respectivamente para abacaxi, acerola, pedúnculo do caju, castanha, coco, maracujá, melão, urucum e uva (Tabela 5). O melão e a acerola apresentaram valores elevados para fração C, o que confere indigestibilidade dos carboidratos estruturais desses alimentos, acarretando menores ingestões voluntárias (VAN SOEST, 1994).

O teor de EE para o subproduto da castanha foi o mais elevado para os subprodutos avaliados com 40,10% (Tabela 4). A adição de lipídios em proporções de 5 a 6% da matéria seca da dieta é prática comum na nutrição de vacas de alta produção com o objetivo de aumentar a densidade energética dietética. Esta prática pode resultar em incremento na produção de leite, contudo, o subproduto de castanha deve ser utilizado com cautela, pois o fornecimento de lipídios em níveis superiores a 6% da matéria seca da dieta geralmente causa decréscimo no consumo voluntário e na digestibilidade de alguns nutrientes (PALMQUIST, 1989).

Quanto aos compostos nitrogenados na forma de NNP (fração A) dos subprodutos analisados, abacaxi, acerola, pedúnculo do caju, castanha, maracujá, urucum e uva apresentaram valores consideráveis de 21,02; 22,50; 21,75; 21,51; 30,05; 33,02 e 24,25%, respectivamente (Tabela 6), o que implicaria em fontes nitrogenadas disponíveis para bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos, as quais utilizam amônia para atendimento de

suas exigências protéicas. Ribeiro et al. (2001) afirmaram que quanto mais elevados os teores das frações protéicas A e B1, maior a necessidade de suprimento de carboidratos de rápida degradação para adequado sincronismo de fermentação de proteína e carboidratos no rúmen.

Abacaxi e acerola apresentaram valores superiores de fração B1 dos compostos nitrogenados, de 15,23 e 15,13% respectivamente, em relação aos demais subprodutos avaliados, enquanto o pedúnculo do caju, coco e urucum apresentaram os menores valores, de 1,69; 2,34 e 2,77%, respectivamente (Tabela 6). Para fração B2 observaram-se valores da ordem de 75,60; 72,56 e 63,16% para coco, castanha e uva, respectivamente. O urucum e o melão apresentaram valores próximos para as frações B2 e B3, entretanto observou-se superioridade do urucum de aproximadamente 85% na fração A em relação ao melão, enquanto que para fração C este último apresentou, aproximadamente, teor 62% mais elevado em relação ao primeiro.

A fração B3 da proteína variou de 1,53 a 40,26% para castanha e pedúnculo do caju, respectivamente (Tabela 6). Os subprodutos do pedúnculo do caju e do abacaxi se caracterizaram como boas fontes de fração B3, o que propiciaria maior fluxo de aminoácido no intestino. Ao se efetuar uma formulação de ração, deve-se levar em conta a necessidade do animal e dos microrganismos, ou seja, considera-se a fração nitrogenada disponível para os microrganismos e a fração não-degradada no rúmen, que fica disponível para a digestão enzimática no intestino do animal. Portanto, o conhecimento dos valores de proteína degradada no rúmen para os diferentes subprodutos torna-se importante para sua utilização na formulação de dietas destinadas à alimentação de ruminantes. A fração C dos compostos nitrogenados foi maior para a acerola (43,84%) seguida do melão (37,38%), representando a fração das proteínas ingeridas que são excretadas nas fezes.

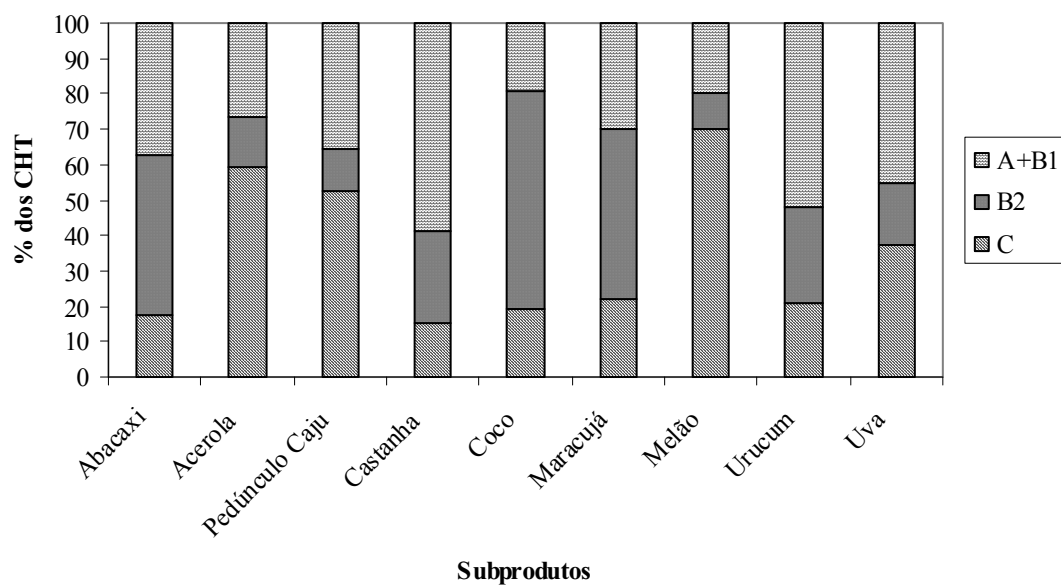


Figura 3. Teores médios das frações A+B1, B2 e C dos carboidratos totais de subprodutos utilizados no Nordeste Brasileiro.

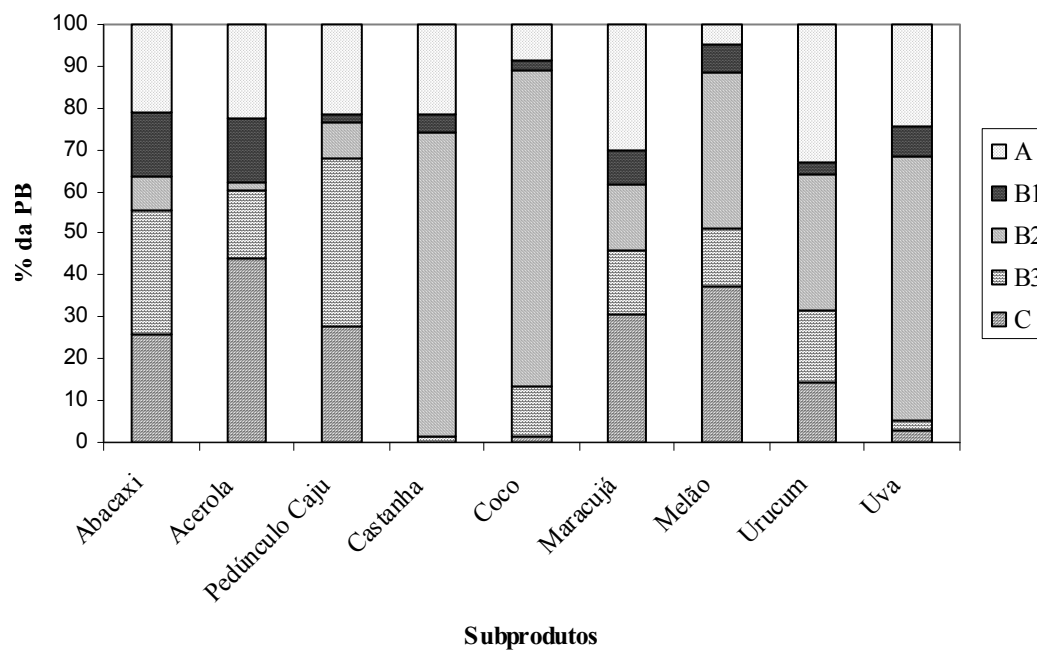


Figura 4. Teores médios das frações nitrogenadas de subprodutos utilizados no Nordeste Brasileiro.

Na (Tabela 7) estão apresentados os valores de NDT estimados a partir das equações preditas pelo NRC (2001). Foram observados valores consideráveis para o NDT das forrageiras avaliadas, variando de 48,30 a 65,42%. Em condições normais

de alimentação, a energia é o nutriente que mais limita o desempenho dos ruminantes merecendo, portanto, especial atenção dos nutricionistas no que diz respeito às exigências do animal e a sua disponibilidade nos alimentos.

Tabela 7. Valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED; Mcal/Kg), energia metabolizável produtiva (EM_p; Mcal/Kg) e energia líquida de lactação (EL_L; Mcal/Kg) de forrageiras utilizadas no Nordeste Brasileiro.

Forrageiras	NDT ¹	ED ²	EM _p ²	EL _L ²
Algaroba	62,51	2,81	2,40	1,50
Canafístula	54,04	2,40	1,98	1,20
Flor-de-seda	63,91	2,91	2,52	1,58
Jitirana	56,79	2,59	2,16	1,33
Juazeiro	49,28	2,23	1,80	1,07
Mata-pasto	65,42	3,02	2,60	1,64
Palma gigante	62,64	2,88	2,47	1,55
Sabiá	61,79	2,71	2,29	1,42
Xique-xique	48,30	2,12	1,68	0,99

¹ (%MS)

² (Mcal/Kg)

De acordo com Valadares Filho (2000), considerando que a grande parte da avaliação energética dos alimentos baseia-se no NDT, e que os cálculos de energia líquida (EL) são estimados a partir do NDT ou da energia metabolizável (EM) oriunda também do NDT, este deve ser considerado, no momento, como uma unidade possível de ser utilizada para formulação de rações.

De acordo com o NRC (1981) e o AFRC (1993), níveis de 16,50% PB e 1,53 Mcal/kg de EL_L são suficientes para atender às exigências de cabras de média produção de leite, quando suplementadas. Dentre as forrageiras analisadas, a flor-de-seda e o mata-pasto apresentaram valores dentro do estipulado por essas entidades (17,85% e 1,58 Mcal/kg e 20,79% e 1,64 Mcal/kg de PB e EL_L, respectivamente).

Os valores de NDT variaram de 31,41 a 128,90% para subprodutos de melão e castanha, respectivamente. Os valores de ED, EM_p e EL_L

também foram mais elevados para o subproduto castanha de caju demonstrando que este alimento tem potencial para ser utilizado na dieta de vacas de média produção (Tabela 8).

Dentre os muitos componentes químicos que são relacionados à concentração de energia disponível de um alimento, alguns destes componentes, especialmente extrato etéreo e proteína bruta, têm sido positivamente correlacionados ao NDT, enquanto que as frações fibrosas têm apresentado correlações negativas com a disponibilidade energética dos alimentos.

Segundo Palmquist (1989), a vantagem da utilização de fontes de lipídios em dietas deve-se ao incremento da densidade calórica da dieta, em razão de seu elevado valor energético, além de permitir aumento no consumo de energia e balanço mais adequado entre carboidratos estruturais e não-estruturais para a otimização do consumo de fibra e energia digestível.

Tabela 8. Valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED; Mcal/Kg), energia metabolizável produtiva (EM_p; Mcal/Kg) e energia líquida de lactação (EL_L; Mcal/Kg) de subprodutos utilizados no Nordeste Brasileiro.

Subprodutos	NDT ¹	ED ²	EM _p ²	EL _L ²
Abacaxi	57,17	2,48	2,04	1,55
Acerola	37,75	1,65	1,21	0,97
Pedúnculo do caju	42,23	2,14	1,70	1,31
Castanha	128,90	5,69	5,47	3,66
Coco	87,50	3,98	3,64	2,37
Maracujá	51,77	2,26	1,82	1,40
Melão	31,41	1,39	0,95	0,79
Urucum	64,60	2,87	2,44	1,82
Uva	65,49	2,87	2,48	1,55

¹ (%MS)

² (Mcal/Kg)

São esperados baixos valores de NDT provenientes de subprodutos agroindustriais, pois estes frequentemente apresentam altos teores de FDN e lignina. Os elevados teores de NDT, ED, EM_p e EL_L para urucum, abacaxi e maracujá podem ser explicados pelos altos teores de carboidratos não fibrosos e para castanha, coco e uva, pelos altos valores de extrato etéreo. Estimativas acuradas da disponibilidade da energia contida nos alimentos são necessárias para se formular dietas e avaliar o valor nutricional e econômico dos alimentos.

Conclusões

O percentual de fração C na canafistula, no juazeiro, na acerola e no melão em detrimento da fração B2 dos carboidratos, acarretam maior efeito de repleção ruminal e diminuição da disponibilidade energética, por sua característica de indigestibilidade ao longo do trato gastrointestinal, quando incluído em níveis elevados em rações para ruminantes.

As forrageiras estudadas apresentam maiores proporções do nitrogênio nas frações A e B2, conseqüentemente, disponibilizando nitrogênio para bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos. Acerola e melão apresentam substancial

conteúdo nitrogenado na fração C o que reduz a disponibilidade de N tanto para microrganismos do rúmen quanto para o hospedeiro.

O fracionamento dos compostos nitrogenados e de carboidratos são metodologias simples e devem ser usuais em laboratórios de avaliação de alimentos.

Referências

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. *Energy and protein requirements of ruminants*. Cambridge: CAB International, 1993. 159 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. *Official methods of analysis*. 15. ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117 p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6th. ed. Washington, D.C: National Academy Press, 1989. 157 p.
- _____. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381 p.
- _____. *Nutrient requirements of goats*. 6th. ed. Washington, D.C: National Academy Press, 1981. 91 p.

- PALMQUIST, D. L. Suplementação de lipídeos para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 1989, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1989. p. 11-26.
- RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA, R.; CABRAL, L. da S. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 589-595, 2001.
- RODRIGUES, M. T.; VIEIRA, R. A. M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIREZ, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583 p.
- RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science*, Madison, v. 70, n. 11, p. 3551-3561, 1992.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, Madison, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
- VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p. 267-337.
- VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; SAINZ, R. D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p. 261-287.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. New York, Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- 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*, Madison, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VIEIRA, E. L.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, A. M. V.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F. dos; LIRA, M. de A.; SILVA, M. J. da; SILVA, E. M. B. da. Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque de Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1505-1511, 2005.

