

Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes

Arinalva Maria Silva¹, Ronaldo Lopes Oliveira^{1*}, Ossival Lolato Ribeiro¹, Adriana Regina Bagaldo², Leison Rocha Bezerra³, Silvana Teixeira Carvalho⁴, Claudilene Lima Abreu⁵, André Gustavo Leão⁶

¹Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil
²Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil
³Universidade Federal do Piauí, Campus "Prof.ª Cinobelina Elvas", Bom Jesus, PI, Brasil
⁴Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil
⁵Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil
⁶Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, MT, Brasil
Autor correspondente, e-mail: ronالدooliveira@ufba.br

Resumo

Objetivou-se determinar o valor nutritivo de resíduos agroindustriais com potencial para alimentação de animais ruminantes. Os dados foram submetidos a análises estatísticas descritivas (médias) e multivariadas de agrupamento com estabelecimento de seis grupos. O grupo G1 (resíduo de cervejaria, torta de girassol, torta de licuri e torta de mamona) apresentou alto teor de proteína bruta (PB), podendo assim ser caracterizado como concentrado proteico; G2 (torta de dendê) apresentou nível elevado de fibra detergente neutro (FDN) com média concentração em PB, podendo ser caracterizado como volumoso; G3 (bagaço de cana-de-açúcar, fruto do licuri, resíduo de acerola, resíduo de graviola, resíduo de maracujá e resíduo de uva) apresentou nível elevado FDN com baixa concentração em PB, podendo ser caracterizado como volumoso; G4 (feno de sisal, mucilagem de sisal, raspa de mandioca e resíduo de abacaxi) e G5 (resíduo de cacau) apresentaram níveis médios de FDN e alto teor de NDT, podendo ser caracterizados como volumosos energéticos e G6 (torta de amendoim) apresentou alto teor de PB e NDT, podendo ser caracterizado como concentrado proteico e energético. O conhecimento do valor nutricional dos resíduos possibilita a sua utilização na dieta de animais de forma mais eficiente, para que possam ser utilizados como fontes estratégicas de alimentos em período crítico de escassez de volumoso, ou em substituição a alimentos tradicionais que são mais caros.

Palavras-chave: avaliação de alimentos, carboidratos, degradabilidade, proteína, subprodutos

Nutritional value of byproducts from agricultural industries for feeding of ruminants

Abstract

This study characterized the nutritional value of byproducts for feeding of ruminants. Data were evaluated by descriptive statically analysis (means) and gathering multivariate with the establishment of six groups. Group G1 (brewery residue, sunflower cake, licuri cake, castor meal) presented high crude protein content (CP), which could be considered as concentrate protein; G2 (palm kernel cake) showed very high neutral detergent fiber (NDF) content and intermediate CP content, and could be characterized as forage; G3 (sugarcane bagasse, licuri fruit, acerola residue, graviola residue, yellow passion residue, grape residue) has high NDF and low CP contents, being considered also as forage. G4 (agave hay, agave mucilage, cassava scrapings, pineapple residue) and G5 (cocoa residue) presented intermediate levels of NDF content and high TDN content, which could be characterized as energetic forage and G6 (peanut cake) showed high levels of CP and TDN contents, being characterized as protein and energetic concentrate. The knowledge of nutritional values of the byproducts allow their efficient utilization in the diets for ruminants, so they can be used as strategic sources of feedstuffs during the critic period of scarcity of roughage or in substitution of expensive traditional feedstuffs.

Keyword: evaluation of food, carbohydrates, digestibility, protein, byproduct

Recebido: 07 Março 2014
Aceito: 31 Outubro 2014

Introdução

As regiões semiáridas, caracterizadas pelas frequentes estiagens, que tanto podem ser caracterizadas pela ausência, escassez e limitada quantidade, quanto pela simples má distribuição das chuvas durante o período das águas, geralmente apresentam sérias limitações no processo produtivo, afetando diretamente a potencialidade pecuária da região, devido, principalmente, à menor quantidade e pior qualidade de forragens utilizadas na alimentação dos animais.

A escassez de alimentos volumosos é um problema que se repete anualmente, refletindo na baixa produtividade dos rebanhos. Em função disto, recomendam-se a suplementação dos animais nos períodos de escassez com o fornecimento de forragens conservadas e/ou alimentos concentrados, visando corrigir as deficiências nutricionais, o que geralmente onera os custos produtivos e reduz a lucratividade. Dessa forma, a utilização de fontes alimentares alternativas com melhor relação custo/benefício pode ser estratégia de grande impacto na viabilidade da pecuária praticada.

Nesse sentido, com o processamento da agroindústria frutícola para a extração de sucos e polpas instaladas por toda a região nordeste, tem-se gerado um incremento na produção de resíduos não utilizáveis na alimentação humana, que podem ser aproveitados na dieta animal, tornando-se importante fator de barateamento nos custos de produção, além de contribuir para minimizar o impacto ambiental causado pelo acúmulo desses resíduos na natureza (Braga Sobrinho, 2014).

Outra fonte disponível de alimentação são os resíduos provenientes da utilização de vegetais para a produção de energia, notadamente os biocombustíveis, por ser oriundos de fontes renováveis (óleos vegetais, óleos residuais e gordura animal). Existem dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como: mamona, dendê, girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentro outras (Andrade Júnior & Martins, 2013).

Nesse contexto, com o aumento de resíduos de culturas e resíduos agroindustriais e

o variado aparecimento de resíduos alimentícios que podem ser aproveitados na dieta dos ruminantes, há possibilidade de reduzir os custos de produção destes, entretanto, antes disso, necessita-se de estudos sobre o real valor dos resíduos agroindustriais, disponibilidade desse material, dos níveis empregados, e a partir daí incorporá-los na produção animal. Além disso, deve-se considerar que o valor nutritivo destes não é constante, pois alterações nos processos de beneficiamento das indústrias, qualidade dos frutos, diferenças na constituição dos resíduos e principalmente, a inclusão (maior ou menor) de cascas em relação às sementes, podem resultar em diferentes qualidades dos resíduos (Garcia et al., 2014; Ho et al., 2014).

Surge então a necessidade de se estudar a viabilidade de incluir diversas fontes alimentares alternativas na dieta dos animais. Desta forma, a determinação do valor nutricional destes resíduos tornou-se de fundamental importância, pois conhecer suas características nutricionais pode auxiliar a melhorar os índices da produção animal. Neste contexto, objetivou-se determinar o valor nutritivo de resíduos agroindustriais com potencial para alimentação de animais ruminantes.

Material e Métodos

Foram avaliados 17 resíduos agroindustriais, maracujá (*Passiflora eduli*), abacaxi (*Ananascomosus*), acerola (*Malpighiaemarginata*), uva (*Vitislabrusca*), graviola (*Anona muricata*), cacau (*Theobroma cacao*), torta de dendê (*Elaeisguineensis*), torta de girassol (*Helianthusannus*), torta de amendoim (*Arachishypogaea*), torta de mamona (*Ricinuscommunis*), mucilagem e feno de sisal (*Agave sisalanaPerrine*), bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharumofficinarum*), fruto e torta do licuri (*Syagruscoronata*), raspa de mandioca (*Manihotesculenta*), e resíduo de cervejaria (*Hordeumvulgare*).

Os resíduos das frutas foram compostos basicamente por cascas e sementes e cedidos por agroindústrias que produzem polpas de frutas situadas na cidade de Valença, Bahia; a raspa de mandioca foi obtida de cascas de farinha na região de Cruz das Almas, Bahia, composto

basicamente de casca, entrecasca e raspa; o fruto do licuri, a mucilagem e feno de sisal foram obtidos na região de Valente, Bahia; o resíduo de cervejaria e o bagaço de cana-de-açúcar foram obtidos na região de Feira de Santana, Bahia, enquanto os resíduos do biodiesel, torta de amendoim, torta de licuri, torta de girassol, torta de dendê e torta de mamona, foram provenientes de agroindústrias de diferentes regiões da Bahia.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal, do Departamento de Produção Animal da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia. As amostras úmidas (frutas, fruto do licuri, bagaço de cana, mucilagem e resíduo de cervejaria) foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C, por 72 horas. Após a secagem, todas as amostras foram moídas em moinhos tipo "Wiley", utilizando-se peneira com crivos de 1,0 mm, e acondicionadas em frascos hermeticamente fechados e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) foram determinados conforme metodologia Van Soest (1991).

Os carboidratos totais (CT) foram determinados segundo Sniffenet al. (1992) utilizando-se a equação: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$. Os carboidratos não fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B1, foram obtidos pela diferença entre os carboidratos totais e a FDN_{cp} (Hall, 2003); e a fração C, pela FDN indigestível após 240 horas de incubação *in situ* (Casali et al. 2008). A fração B2, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDN_{cp} e a fração C.

A fração A das proteínas foi determinada após tratamento da amostra com ácido tricloroacético (TCA) a 10%, conforme Licitraet al. (1996). A fração B3 foi obtida pela diferença

entre os teores de NIDN e NIDA, enquanto a proteína verdadeira (frações B1 + B2) foi obtida pela diferença entre a fração A e o teor de NIDN. A fração C, referente ao NIDA.

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO) e fibra em detergente neutro (DIVFDN) utilizou-se a técnicas de Tilley & Terry (1963) modificada para o uso do fermentador de rúmen artificial - (TE-150 – Tecnal®). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado pela equação: $NDT = MO * DIVMO / 100$, em que MO é o percentual de matéria orgânica (BARBER, 1984).

Os resultados foram interpretados utilizando o programa estatístico LHStat 3.2, da Universidade Regional de Blumenau. Foram realizadas análises descritivas (média). Com o propósito de reunir os resíduos semelhantes entre si, de acordo com algumas características e permitir uma melhor discussão dos resultados quanto à caracterização nutricional dos resíduos, estes foram agrupados de acordo com a semelhança entre as frações nutricionais (PB, EE, FDN e NDT) pela análise multivariada de agrupamento (Cluster analysis).

Resultados e Discussão

O resultado da análise de agrupamento dos 17 resíduos possibilitou a formação de seis grupos, G1 (resíduo de cervejaria, torta de girassol, torta de licuri e torta de mamona); G2 (torta de dendê); G3 (bagaço de cana-de-açúcar, fruto do licuri, resíduo de acerola, resíduo de graviola, resíduo de maracujá e resíduo de uva); G4 (feno de sisal, mucilagem de sisal, raspa de mandioca e resíduo de abacaxi), G5 (resíduo de cacau) e G6 (torta de amendoim).

O teor de água das tortas, inferido a partir dos valores de matéria seca (Tabela 1), variou dentro da faixa ótima para armazenamento de oleaginosas, que está entre 6 e 10%.

Esta inferência não é a mesma para os resíduos de cervejarias e das frutas que apresentaram teores de umidade em torno de 80%, o que poderá dificultar o armazenamento. Nas tortas, esse resultado provavelmente está relacionado à absorção de água pelas diferentes espécies, durante o resfriamento após

a prensagem. A temperatura final da torta na saída da prensa geralmente varia entre 90 e 110°C, e o resfriamento ocorreu em ambiente aberto, o que possibilitaria a reabsorção de água

(Sousa et al., 2009). Esses valores, no entanto, estão dentro do limite de 11% de umidade, ou seja, 89% de matéria seca, recomendado para o armazenamento de farelos de oleaginosas.

Tabela 1. Composição bromatológica dos resíduos agroindustriais em porcentagem da matéria seca

| Grupo | Coproduto | MS | MO ¹ | PB ¹ | EE ¹ | FDN _{cp} ¹ | FDA ¹ | LIG ¹ | CNF ¹ |
|-------|--------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| G1 | Resíduo de cervejaria | 22,08 | 97,00 | 29,27 | 5,40 | 47,76 | 29,24 | 9,05 | 17,67 |
| | Torta de girassol | 91,17 | 94,85 | 29,29 | 2,94 | 54,30 | 29,47 | 14,24 | 13,53 |
| | Torta de licuri | 91,47 | 91,83 | 29,24 | 4,96 | 53,53 | 32,48 | 13,35 | 9,96 |
| | Torta de mamona | 92,43 | 94,08 | 34,54 | 12,00 | 41,59 | 32,26 | 24,62 | 10,43 |
| | Média | 74,29 | 94,44 | 30,59 | 6,33 | 49,30 | 30,86 | 15,32 | 12,90 |
| G2 | Torta de dendê | 93,28 | 97,12 | 16,16 | 9,77 | 70,61 | 43,21 | 15,27 | 6,02 |
| G3 | Bagaço de cana-de-açúcar | 41,07 | 98,56 | 1,14 | 0,14 | 56,61 | 38,53 | 11,18 | 41,91 |
| | Fruto do licuri | 90,85 | 97,22 | 3,42 | 9,66 | 63,19 | 44,18 | 22,69 | 24,82 |
| | Resíduo de acerola | 16,08 | 97,75 | 9,01 | 2,51 | 51,22 | 41,35 | 17,04 | 37,95 |
| | Resíduo de graviola | 18,72 | 96,64 | 6,77 | 2,96 | 42,61 | 32,78 | 11,47 | 47,80 |
| | Resíduo de maracujá | 12,15 | 95,83 | 7,74 | 8,24 | 48,13 | 38,34 | 17,85 | 34,78 |
| | Resíduo de uva | 29,50 | 94,47 | 11,55 | 7,50 | 51,46 | 43,66 | 28,15 | 28,78 |
| | Média | 43,09 | 96,80 | 7,97 | 5,83 | 54,83 | 40,29 | 17,66 | 31,72 |
| G4 | Feno de sisal | 85,03 | 91,23 | 4,43 | 0,83 | 23,65 | 17,34 | 7,11 | 65,81 |
| | Mucilagem de sisal | 4,55 | 89,35 | 4,06 | 0,94 | 26,58 | 19,24 | 9,99 | 61,89 |
| | Raspa de mandioca | 36,00 | 94,45 | 4,36 | 0,70 | 37,88 | 13,98 | 8,27 | 54,79 |
| | Resíduo de abacaxi | 9,05 | 94,69 | 9,55 | 0,59 | 42,06 | 20,40 | 3,50 | 45,00 |
| | Média | 33,66 | 92,43 | 5,60 | 0,77 | 32,54 | 17,74 | 7,22 | 56,87 |
| G5 | Resíduo de cacau | 91,32 | 92,27 | 17,45 | 24,04 | 42,63 | 32,91 | 21,42 | 13,17 |
| G6 | Torta de amendoim | 91,91 | 95,09 | 45,35 | 13,94 | 24,51 | 15,03 | 6,74 | 13,59 |

MS = Matéria Seca, MM = Matéria Orgânica, PB = Proteína Bruta, EE = Extrato Etéreo, FDN_{cp} = Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína, FDA = Fibra em Detergente Ácido, LIG = lignina, CNF = Carboidratos Não Fibrosos. ¹ Valores expressos na Matéria Seca.

O grupo G6, representado pela torta de amendoim, apresentou grande potencial de utilização na forma de alimento proteico, em razão do maior teor de PB (45,35%) entre os alimentos. Vale ressaltar, que os concentrados proteicos são alimentos que apresentam mais de 20% de PB na matéria seca, o que sugere que a torta de amendoim pode ser utilizada como fonte proteica para os animais, substituindo fontes de alimentos nobres, como o farelo de soja. Entretanto, necessita-se de um cuidado especial com o teor de EE (13,94%) deste alimento, que juntamente com o G5 representado pelo resíduo de cacau (24,04%), apresentaram os teores mais elevados de extrato etéreo.

O alto valor energético das gorduras, fornecendo 2,25 vezes mais energia que os carboidratos e as proteínas, constituem o principal atrativo para seu uso nas rações, pois irá aumentar a eficiência alimentar de maneira notável, além de reduzir a emissão de gases pelo animal (Ivan et al., 2013). Entretanto, a conveniência de adicionar gordura como fonte de energia metabolizável, contrasta com seu

efeito deletério nos microrganismos ruminais, tornando-se um fator limitante. Quando o nível de gordura excede de 5 a 7% da dieta, ou a dieta é rica em ácidos graxos insaturados, podem ocorrer distúrbios digestivos e redução no consumo. Além disso, os altos níveis de gordura no rúmen, onde há falta de agente emulsificante (bile) e enzimas como a lipase, provocam interferências no processo digestivo por revestir o conteúdo do rúmen, particularmente na digestão da fibra. Além disso, poderá ocorrer redução linear do ganho de peso e do peso corporal dos animais, ou seja, produção de animais mais leves ao abate e, conseqüentemente, com carcaças menores. (Silva et al., 2013; Xin&Yu, 2013). A exceção da torta de mamona, licuri e dendê, a porcentagem de EE apresentou-se baixa nos demais resíduos.

O grupo G1 com teor médio de PB (30,59%) apresentou nível acima de 20% de PB, também podendo ser utilizado como alimento proteico. Alguns alimentos apresentam alto teor de PB, tornando-os uma alternativa atraente para a alimentação animal, porém muitas vezes

esses alimentos apresentam restrição de uso. A torta de mamona possui alto teor de proteína (32 a 40%), porém, é altamente tóxica, devido à presença de ricina e princípios alergênicos, por isso só pode ser utilizada na alimentação de ruminantes após o tratamento para eliminação ou redução destes fatores antinutricionais (Bueno et al., 2014).

Os grupos G2 e G5 apresentaram teores de PB medianos (16,16 e 17,45%, respectivamente). Por outro lado, os menores teores médios de PB de 7,97 e 5,60% foram registrados para os grupos G3 e G4, respectivamente, com destaque para o bagaço de cana-de-açúcar (1,14%), que já era esperado, fruto do licuri (3,42%) e feno e mucilagem de sisal (4,43 e 4,06% respectivamente). Segundo Obeidet al. (2007), é importante fornecer no mínimo 7% de PB na dieta para satisfazer as necessidades de manutenção do ruminante. Os autores salientam que o animal necessita consumir esta quantidade para que as atividades microbiana e fermentativa, que ocorrem no rúmen, sejam mantidas. Caso esta premissa não seja atendida, tem-se como consequência a queda no consumo, na digestão do alimento e consequentemente diminuição no desempenho animal.

Em se tratando da fibra detergente neutro (FDN) houve uma ampla variação entre os resíduos, sendo verificados teores de 24,51 a 70,61% para os grupos G6 e G2, respectivamente. Resíduos que apresentam alta concentração de FDN (maior que 50%) podem ser caracterizados como volumosos, podendo substituir parcialmente os alimentos volumosos. Contudo, deve-se considerar a efetividade da fibra, fração que estimula a atividade mastigatória. O limite de ingestão de FDN é aproximadamente 1,2% do peso vivo do animal, valores estes quando ultrapassados, implicam na restrição de ingestão pelo efeito do enchimento do trato gastrintestinal (Arrignoniet al., 2013; Silva et al., 2014).

O teor de fibra em detergente ácido (FDA) variou de 15,03 a 43,21% para os grupos G6 e G2, respectivamente. Enquanto, os teores de lignina (LIG), uma substância polifenólica que é resistente a degradação fermentativa, e que não representa valor nutritivo para o animal,

variaram de 6,74 a 21,42%, entre os grupos G6 e G5, respectivamente. Vale salientar que, devido à presença de sementes e cascas, além da qualidade do fruto, alguns resíduos, por exemplo, os grupos G1, G2, G3 e G5 apresentam elevados conteúdos de parede celular (FDN, FDA e LIG), sendo esta a possível explicação dos resultados obtidos.

Vale salientar que os alimentos avaliados por se tratarem de resíduos industriais apresentaram semelhanças a muitas tabelas já existentes, entretanto, também ocorreu algumas variações em sua composição química quando comparados com outras pesquisas, decorrentes do processo produtivo, seja por mudanças no cultivar, tipo de solo, época do ano, forma de processamento, tempo de armazenamento e temperatura ambiente, assim como observado por Mizubutiet al. (2014). Sendo assim, as composições químicas encontradas representam um indicativo da qualidade nutricional do alimento.

A proporção e os teores das frações dos carboidratos são apresentados na (Tabela 2), as frações A e B1, neste estudo foram consideradas como fração única. O grupo G4 apresentou elevada participação percentual para as frações A+B1 (66,11%) que representa os açúcares solúveis, amido e pectina (carboidratos não fibrosos). Contudo, é necessária a inclusão de fontes proteicas de rápida e média degradação no rúmen quando a fração A+B1 compõe a principal fração dos carboidratos da dieta objetivando a sincronização entre a liberação de energia e nitrogênio (Mizubutiet al., 2014).

Ainda em relação a fração A+B1, o grupo G2 (8,45%) apresentou menor conteúdo. A importância do fracionamento dos carboidratos ingeridos pelos ruminantes se baseia na classificação das bactérias ruminais, quanto à utilização dos carboidratos que constituem a parede celular e daqueles que se localizam no conteúdo celular com função não estrutural (Russell et al., 1992). Em geral, alimentos que contem alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF) resultam em maior taxa energética. Por isso, podem ser explorados na alimentação animal como substitutos alternativos para o fornecimento de energia e redução dos custos

da dieta.

Com relação à proporção da fração B2, o grupo G2 apresentou maior valor para esta fração, enquanto o grupo G3 apresentou

o menor valor (52,76 e 16,07%, respectivamente). Maior teor da fração B2 neste resíduo pode ser atribuído ao elevado teor de FDN contido neste alimento (Tabela 1).

Tabela 2. Valores médios para carboidratos totais (CT) e as frações de carboidratos (A, B1, B2 e C) dos resíduos agroindustriais.

| Grupo | Coproducto | CT ¹ | A+B1 ² | B2 ² | C ² |
|-------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|
| G1 | Resíduo de cervejaria | 62,33 | 28,35 | 33,61 | 38,04 |
| | Torta de girassol | 62,61 | 21,61 | 36,87 | 41,52 |
| | Torta de licuri | 56,47 | 15,61 | 55,03 | 29,36 |
| | Torta de mamona | 47,54 | 21,95 | 14,36 | 63,69 |
| | Média | 57,24 | 21,88 | 34,97 | 43,15 |
| G2 | Torta de dendê | 71,20 | 8,45 | 52,76 | 38,79 |
| G3 | Bagaço de cana-de-açúcar | 97,27 | 43,09 | 22,45 | 34,46 |
| | Fruto do licuri | 84,13 | 29,50 | 9,32 | 61,18 |
| | Resíduo de acerola | 86,22 | 44,02 | 9,97 | 46,01 |
| | Resíduo de graviola | 86,91 | 55,00 | 11,51 | 33,49 |
| | Resíduo de maracujá | 79,85 | 43,56 | 25,05 | 31,39 |
| | Resíduo de uva | 75,42 | 38,16 | 18,14 | 43,70 |
| | Média | 84,97 | 42,22 | 16,07 | 41,71 |
| G4 | Feno de sisal | 85,97 | 76,55 | 10,31 | 13,14 |
| | Mucilagem de sisal | 84,35 | 73,37 | 10,46 | 16,17 |
| | Raspa de mandioca | 89,39 | 61,29 | 22,22 | 16,49 |
| | Resíduo de abacaxi | 84,55 | 53,22 | 33,10 | 13,67 |
| | Média | 86,07 | 66,11 | 19,02 | 14,87 |
| G5 | Resíduo de cacau | 50,79 | 25,93 | 31,92 | 42,15 |
| G6 | Torta de amendoim | 35,79 | 37,96 | 46,98 | 15,06 |

¹% na MS; ²% no CT

Segundo Queiroz et al. (2008), alimentos que apresentam maior proporção da fração B2 dos carboidratos, podem fornecer energia mais lentamente no rúmen e, conseqüentemente, afetar a síntese da proteína microbiana e o desempenho animal. De acordo com Russel et al. (1992), alimentos com alto teor de fração B2, necessitam de nitrogênio não proteico (NNP) para atender os requisitos em nitrogênio da síntese de proteína microbiana. Embora essa população microbiana não utilize a proteína verdadeira diretamente, a fermentação de aminoácidos de cadeia ramificada gera os ácidos graxos de cadeia ramificada, necessários para o crescimento dos microrganismos fibrolíticos (Mizubutiet al., 2014).

A fração C dos carboidratos, que representa a porção indisponível para o animal e para os microrganismos do rúmen, variou de 15,06 a 43,15%, para os grupos G6 e G1, respectivamente. Valores elevados dessa fração são limitantes ao bom desempenho produtivo do animal, pois podem ocasionar menor digestibilidade dos carboidratos constituintes da

parede celular e, conseqüentemente, menor consumo de MS (Van Soest, 1991).

Na Tabela 3, onde se encontram o fracionamento de proteínas dos resíduos, observou-se que no grupo G4 um maior teor (49,20%) para a fração A, representada pelo NNP, indicando que os alimentos desse grupo tendem a apresentar degradabilidade enzimática rápida. Nota-se que este é o mesmo grupo que apresentou a fração de carboidratos mais rapidamente degradável (A+B1).

Segundo Russell et al. (1992), fontes de nitrogênio não proteico (NNP) são fundamentais para o bom funcionamento ruminal, pois os microrganismos ruminais fermentadores de carboidratos estruturais, utilizam amônia como fonte de nitrogênio. Todavia, altas proporções de NNP podem resultar em perdas nitrogenadas, se houver deficiência de esqueleto de carbono prontamente disponível para a síntese de proteína microbiana. Segundo Pereira et al. (2010), esta fração é fonte nitrogenada para as bactérias fermentadoras de carboidratos fibrosos, as quais utilizam amônia para

atendimento de suas exigências proteicas. O grupo G2 apresentou menor valor para a fração A das proteínas, 15,70%.

Tabela 3. Valores médios para proteína bruta (PB) e as frações de proteína (A, B1, B2, B3 e C) dos resíduos agroindustriais

| Grupo | Coproduto | PB ¹ | A ² | B1+B2 ² | B3 ² | C ² |
|-------|--------------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------------|----------------|
| G1 | Resíduo de cervejaria | 29,27 | 18,24 | 75,72 | 0,35 | 5,69 |
| | Torta de girassol | 29,29 | 20,09 | 70,77 | 3,94 | 5,20 |
| | Torta de licuri | 29,24 | 18,45 | 71,51 | 5,15 | 4,89 |
| | Torta de mamona | 34,54 | 28,89 | 64,40 | 2,28 | 4,43 |
| | Média | 30,59 | 21,42 | 70,60 | 2,93 | 5,05 |
| G2 | Torta de dendê | 16,16 | 15,70 | 62,70 | 13,00 | 8,60 |
| G3 | Bagaço de cana-de-açúcar | 1,14 | 47,33 | 11,90 | 15,74 | 25,03 |
| | Fruto do licuri | 3,42 | 11,72 | 17,64 | 22,40 | 48,24 |
| | Resíduo de acerola | 9,01 | 40,51 | 37,93 | 3,31 | 18,25 |
| | Resíduo de graviola | 6,77 | 24,33 | 41,85 | 4,93 | 28,89 |
| | Resíduo de maracujá | 7,74 | 53,73 | 29,00 | 4,94 | 12,33 |
| | Resíduo de uva | 11,55 | 21,25 | 60,25 | 3,05 | 15,45 |
| | Média | 6,61 | 33,15 | 33,10 | 9,06 | 24,70 |
| G4 | Feno de sisal | 4,43 | 23,32 | 37,45 | 15,92 | 23,31 |
| | Mucilagem de sisal | 4,06 | 49,94 | 14,93 | 14,10 | 21,03 |
| | Raspa de mandioca | 4,36 | 57,81 | 9,37 | 8,92 | 23,90 |
| | Resíduo de abacaxi | 9,55 | 65,74 | 27,91 | 1,94 | 4,41 |
| | Média | 5,60 | 49,20 | 22,42 | 10,22 | 18,16 |
| G5 | Resíduo de cacau | 17,45 | 28,49 | 59,85 | 1,54 | 10,12 |
| G6 | Torta de amendoim | 45,35 | 24,96 | 72,41 | 0,91 | 1,72 |

¹% na MS; ²% na PB

As frações B1 e B2, neste estudo foram consideradas como fração única. A fração B1+B2 apresentou maior valor para o grupo G6 (72,41%) e menor valor para o G4 (22,42%). Estas frações se referem às proteínas solúveis e insolúveis verdadeiras. Dessa forma, uma maior quantidade de peptídeos e aminoácidos estará disponível no rúmen se o animal for alimentado com alimentos que tenham alta proporção desta fração.

Os teores da fração B3 variaram de 0,91 a 13,00% para os grupos G6 e G2, respectivamente. Alimentos que se caracterizaram como boas fontes de fração B3 apresentam lenta taxa de degradação no rúmen, portanto, apresenta elevado "escape", sendo potencial fonte de aminoácidos no intestino (Sniffenet al., 1992). Já a fração C (NIDA), considerada indigestível, apresentou maior valor para o grupo G3 e menor valor para o grupo G6 (torta de amendoim), 31,85 e 1,72%, respectivamente. Observou-se que, na maioria dos grupos, houve um sincronismo entre as frações de carboidratos e compostos nitrogenados para os demais alimentos.

Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica

(DIVMO), fibra em detergente neutro (DFDN), teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) estão apresentados na Tabela 4.

O G6, representado pela torta de amendoim, apresentou DIVMS superior (95,42%) aos demais, enquanto o G3 e o G5 representando os resíduos da indústria frutífera, a exceção do resíduo do abacaxi, apresentou os menores valores de DIVMS. A maior DIVMS da torta de amendoim pode ser atribuída ao baixo teor de lignina (6,74%) associado ao elevado teor de PB (45,35%) em relação aos demais subprodutos. O contrário também ocorreu, elevados teores de lignina para os grupos G5 (21,42%) e G3 (17,66%), podem ter prejudicado a DIVMS. Entre os resíduos de frutas, destaca-se o resíduo de abacaxi que apresentou DIVMS de 84,71%.

Para a DIVFDN, o maior coeficiente foi observado no G2 (53,06%). Os demais grupos de subprodutos apresentaram coeficientes semelhantes variando de 23,39% no G6 a 35,11% no G1. A digestibilidade da FDN pode ser influenciada pelos conteúdos dos componentes da parede celular, além da própria estrutura

e forma de organização. Dessa forma, os valores mais elevados de DIVFDN foram obtidos com o resíduo do dendê que apresentou os maiores teores de FDN e FDA (70,61 e 43,21% respectivamente).

O maior percentual de NDT foi observado no resíduo torta de amendoim (G6). Estes resultados indicam que a torta de amendoim (G6), apresenta qualidade nutricional superior em comparação aos outros resíduos estudados, além de ser um alimento proteico e energético, é altamente digestível. Numa faixa intermediária, situaram-se o resíduo do cacau (74,38%) e os resíduos do G4 (62,78%), onde estão o sisal, a mandioca e o abacaxi. Os subprodutos da indústria frutífera (53,95%) e os resíduos das tortas oleaginosas (56,27%) apresentaram os menores

teores médios de NDT.

Em relação às porções de proteínas insolúveis, os maiores valores foram apresentados pelo G1, que apresentou percentuais médios de PIDN de 11,66% e PIDA de 7,27%. Valores medianos de proteína insolúvel em detergente neutro são benéficos, pois os requisitos nutricionais de animais de alta produção freqüentemente excedem à capacidade de síntese proteica e fermentação ruminal. Quando a proteína não degradável da dieta é aumentada, o balanço de aminoácidos desta parcela torna-se muito importante. Com isso, a seleção de proteínas de várias fontes é freqüentemente necessária para assegurar a absorção com um adequado balanceamento de aminoácidos.

Tabela 4. Médias para os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO), fibra detergente neutro (DIVFDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) dos resíduos agroindustriais

| Grupo | Coproduto | DIVMS ¹ | DIVMO ¹ | DIVFDN ¹ | NDT ² | PIDN ² | PIDA ² |
|-------|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| G1 | Resíduo da cervejaria | 63,96 | 62,04 | 30,56 | 60,94 | 8,19 | 7,64 |
| | Torta de girassol | 66,74 | 63,30 | 36,25 | 50,36 | 12,47 | 6,97 |
| | Torta de licuri | 81,62 | 75,04 | 44,67 | 51,43 | 13,68 | 6,66 |
| | Torta de mamona | 69,73 | 65,59 | 28,94 | 62,33 | 12,29 | 7,82 |
| | Média | 70,51 | 66,49 | 35,11 | 56,27 | 11,66 | 7,27 |
| G2 | Torta de dendê | 75,18 | 73,02 | 53,06 | 55,48 | 8,97 | 3,65 |
| G3 | Bagaço de cana-de-açúcar | 60,25 | 59,39 | 33,85 | 54,56 | 0,09 | 0,05 |
| | Fruto do licuri | 42,34 | 41,16 | 26,77 | 51,15 | 1,32 | 0,90 |
| | Resíduo de acerola | 49,01 | 47,91 | 25,10 | 51,84 | 2,80 | 2,37 |
| | Resíduo de graviola | 59,83 | 57,82 | 25,48 | 60,09 | 2,49 | 2,11 |
| | Resíduo maracujá | 71,66 | 68,67 | 34,51 | 58,59 | 1,64 | 1,18 |
| | Resíduo de uva | 45,48 | 42,97 | 23,41 | 47,46 | 3,93 | 3,28 |
| | Média | 54,76 | 52,99 | 28,19 | 53,95 | 2,05 | 1,65 |
| G4 | Feno de sisal | 91,89 | 83,84 | 21,74 | 64,67 | 1,23 | 0,73 |
| | Mucilagem de sisal | 87,97 | 78,60 | 23,38 | 59,32 | 0,91 | 0,55 |
| | Raspa de mandioca | 89,07 | 84,14 | 33,77 | 60,91 | 0,99 | 0,71 |
| | Resíduo de abacaxi | 84,71 | 80,21 | 35,65 | 66,20 | 0,90 | 0,64 |
| | Média | 88,41 | 81,70 | 28,64 | 62,78 | 1,01 | 0,66 |
| G5 | Resíduo de cacau | 68,74 | 63,42 | 29,38 | 74,38 | 5,69 | 4,93 |
| G6 | Torta de amendoim | 95,42 | 90,73 | 23,39 | 83,64 | 8,65 | 5,69 |

¹ % na MS, ² % no PB

Conclusões

Os resíduos do grupo G1 podem ser utilizados como concentrados proteicos; os grupos G2 e G3 como alimentos volumosos; ao passo que G4 e G5 podem ser classificados como alimentos energéticos e G6 como concentrado proteico e energético.

Os resíduos avaliados possuem características nutricionais adequadas para inclusão na dieta animal, destacando-se

principalmente a torta de amendoim (grupo G6), por ser um alimento proteico e energético e apresentar o maior teor de NDT e DIVMS sendo, portanto, um alimento mais completo para alimentação animal.

Vale ressaltar que apenas o valor nutritivo não nos permite fazer afirmações mais pontuais sobre a utilização destes resíduos, pois existem outras limitações na utilização dos mesmos na alimentação de animais, necessitando mais

estudos, como a utilização de tratamentos químicos ou físicos que visem melhorar o valor nutritivo destes resíduos e a sua utilização *in vivo*.

Referências

- Arrigoni, M.D.B., Martins, L.M., Sarti, L.M.N., Barducci, R.S., Franzói, M.C.S., Vieira Júnior, L.C., Perdigão, A., Ribeiro, F.A., Factori, M.A. 2013. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. *Veterinária e Zootecnia* 20(4): 539-551.
- Andrade Júnior, P.P., C.A. Martins. 2013. Biodiesel and its strategic role in the Brazilian energy matrix: A Literature Review. *Engineering Research: Technical reports* 4(5):1-18.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15.ed. Washington.
- Barber, W.P.B., Adamson, A.H., Altman, J.F.B. New methods of feed evaluation. In: Haresign, W., Cole, D.J.A. (Eds.) *Recent advances in animal nutrition*. London: Butterworths, 1984. p.161-176.
- Braga Sobrinho, R. 2014. Integrated production of Annonaceae in Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(1): 102-107.
- Bueno, C.F.D., Veloso, A.L.C., Faria Filho, D.E., Dias, A.N., Fernandes, V., Couto, F.A.P.C., Matos Júnior, J.B., Carneiro, W.A. 2014. Detoxified castor cake feed for laying hens. *Ciência Rural* 44(3): 538-543.
- Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Pereira, J.C., Henriques, L.T., Freitas, S.G., Paulino, M.F. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. *Revista Brasileira Zootecnia* 37(2): 335-342.
- García, P., Romero, C., Brenes, M. 2014. Influence of olive tree irrigation and the preservation system on the fruit characteristics of Hojiblanca black ripe olives. *LWT - Food Science and Technology* 55(1): 403-407.
- Hall, M.B. 2003. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science* 81: 3226-3232.
- Ho, A.L., Carvalheiro, F., Duarte, L.C., Roseiro, L.B., Charalampopoulos, D., Rastall, R.A. 2014. Production and purification of xylooligosaccharides from oil palm empty fruit bunch fibre by a non-isothermal process. *Bioresource Technology* 152: 526-529.
- Ivan, M., Petit, H.V., Chiquette, J., Wright, A.D.G. 2013. Rumen fermentation and microbial population in lactating dairy cows receiving diets containing oilseeds rich in C-18 fatty acids. *British Journal Nutrition* 109(07): 1211-1218.
- LHStat® software versão 3.2 da Universidade Regional de Blumenau, 2005.
- Licitra, G., T.M. Hernandez, P.J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57(4): 347-358.
- Mizubuti, I.Y., Ribeiro, E.L.A., Pereira, E.S., Peixoto, E.L.T., Moura, E.S., Prado, O.P.P., Bumbieris Junior, V.H., Silva, L.D.F., Cruz, J.M.C. 2014. Ruminant degradation kinetics of protein foods by *in vitro* gas production technique. *Semina: Ciências Agrárias* 35(1): 555-566.
- Obeid, J.A., Pereira, O.G., Pereira, D.H., Valadares Filho, S.C., Carvalho, I.P.C., Martins, J.M. 2007. Consumo e digestibilidade total e parcial de componentes nutritivos em bovinos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(4): 921-927.
- Pereira, E.S., Regadas Filho, J.G.L., Arruda, A.M.V. de, Mizubuti, I.Y., Villarroel, A.B.S., Pimentel, P.G., Cândido, M.J.D. 2008. NRC (2001) equations to predict the energy value of agroindustry byproducts in Brazilian northeast. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 9(2): 258-269.
- Russell, J.B., O'connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J., Sniffen, C.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal Animal Science* 70(12): 3551-3561.
- Silva, F.V., Carvalho, Z.G., Sá, H.C.M., Oliveira, L.L.S., Alves, D.D., Silva, V.L., Soares, F.D.S., Santos, C.C.R. 2014. Weight gain, carcass and meat traits of ewes finished on pasture with different levels supplementation. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 15(1): 206-220.
- Silva, E.C., Ferreira, M.A., Vêras, A.S.C., Bispo, S.V., Conceição, M.G., Siqueira, M.C.B., Salla, L.E., Souza, A.R.D.L. 2013. Replacement of corn meal by corn germ meal in lamb diets. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48(4): 442-449.
- Sniffen, C.J., O'connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal Animal Science* 70(11): 3562-3577.
- Souza, A.D.V., Fávaro, S.P., Ítavo, L.C.V., Roscoe, R. 2009. Caracterização química de sementes e tortas de pinhao-manso, nabo-forageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(10): 1328-1335.

Tilley, J.M.A., Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society* 18: 104-11.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* 74(10): 3583-3597.

Xin, H., Yu, P. 2013. Chemical Profile, Energy Values, and Protein Molecular Structure Characteristics of Biofuel/Bio-oil Co-products (Carinata Meal) in Comparison with Canola Meal. *Journal Agricultural Food Chemistry* 61(16): 3926-3933.