

FAGTON DE MATTOS NEGRÃO

**Valor nutritivo e degradabilidade ruminal da silagem de capim-braquiaria com
inclusão de farelo de arroz**

CUIABÁ - MT
FEVEREIRO/2013

FAGTON DE MATTOS NEGRÃO

**Valor nutritivo e degradabilidade ruminal da silagem de capim-braquiaria com
inclusão de farelo de arroz**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Linha de Pesquisa: Forragicultura e Pastagens

Orientador: Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Lima de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Cabral

CUIABÁ - MT

FEVEREIRO/2013

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

N385v Negrão, Fagton de Mattos.
Valor nutritivo e degradabilidade ruminal da silagem de capim-braquiaria com inclusão de farelo de arroz / Fagton de Mattos Negrão. -- 2013
71 f. ; 30 cm.

Orientador: Anderson de Moura Zanine.
Co-orientador: Alexandre Lima de Souza.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Cuiabá, 2013.
Inclui bibliografia.

1. coproduto. 2. conservação de forragem. 3. ensilagem. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Aluno: **Fagton de Mattos Negrão**

Título: **Valor nutritivo e degradabilidade ruminal da silagem de capim-braquiaria com inclusão de farelo de arroz**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovado em: 28/02/2013.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Alexandre de Lima Souza
UFMT/Rondonópolis (Co-orientador)

Prof. Dr. Luciano da Silva Cabral
UFMT/Cuiabá (Co-orientador)

Prof. Dr. Guilherme Ribeiro Alves
UFMT/Rondonópolis (Membro)

Prof. Dr. Edson Mauro Santos
UFPB/Areia (Membro)

Prof. Dr. Anderson de Moura Zanine
UFMT/Rondonópolis (Orientador)

DEDICATÓRIA

Ao meu pai **Nilson José Alves Negrão**, pelo exemplo de dignidade e amor ao próximo e à minha amada e “guerreira” mãe **Fátima Aparecida de Mattos**, por acreditar em mim quando ninguém mais acreditava. Obrigado pela dedicação e apoio que sempre me deram no decorrer da vida e por terem enfrentado e superado todas as dificuldades que apareceram ao longo desta trajetória. Amo vocês.

Aos meus queridos irmãos **Fagner de Mattos Negrão**, **Renato de Andrade Negrão**, **Fannor de Mattos Souza** e **Rodrigo Andrade Negrão**, por estarem presentes em todas as minhas conquistas sempre me ajudando.

À minha futura esposa **Cristina Borges Monteiro e família**, por toda paciência, consideração, respeito e incentivo que me dedicou durante todo esse tempo.

Aos meus avós paternos **Nelson Alves Negrão** (*in memoriam*) e **Maria Izabel Homem Negrão** (*in memoriam*), meu avô materno **Valter de Mattos** (*in memoriam*), minha madrinha **Oscarlina Pompeo de Mattos** (*in memoriam*), meu padrinho **Ademar Pompeo de Mattos** (*in memoriam*), por terem doado suas vidas inteiras à educação de crianças humildes, estimulando seus talentos e fazendo-as acreditar que os sonhos podem virar realidade; educando-as na fé e tornando-as cidadãos comprometidos em fazer o bem. Sinto muito a falta de vocês!

À minha avó materna **Adélia Pompeo de Campos**, pelo eterno apoio e dedicação na criação de seus queridos netos.

À minha tia **Maria das Dores de Mattos** e meu primo **Eduardo Felipe de Mattos Alencastro**, por estarem presentes em todos os momentos da minha vida, servindo de estímulo para o meu crescimento pessoal e profissional.

À **todos os familiares**, tios, tias, primos e primas por todo incentivo e torcida.

É mérito de vocês o meu sucesso!

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, pelo eterno amparo para a concretização desse sonho.

À **Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT**, que me viabilizou o curso de mestrado em Ciência Animal.

À Pró-Reitora de Pós-Graduação **Dr^a. Leny Caselli Anzai**, pelo apoio nessa dura jornada.

Ao diretor da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia **Dr. Eugênio Nilmar dos Santos**.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal/UFMT**, pela oportunidade de realizar o mestrado e pelo crescimento pessoal e profissional.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal **Dr. Joanis Tilemahos Zervoudakis** e ao vice-coordenador **Dr. João Garcia Caramori Júnior**.

Aos secretários do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal **Elaine Silva Alegre** e **Douglas Ferreira da Silva**, pela paciência e amizade.

Aos professores, membros da banca examinadora, **Dr. Anderson de Moura Zanine**, **Dr. Luciano da Silva Cabral**, **Dr. Alexandre Lima de Souza**, **Dr. Guilherme Ribeiro Alves** e **Dr. Edson Mauro Santos**, pelos ensinamentos, exemplos de conduta e ética, paciência, compreensão e sabedoria na orientação e elaboração desse trabalho.

Ao professor **Dr. Joadil Gonçalves de Abreu**, pela paciência e dedicação. Obrigado pelas oportunidades que me foram cedidas e pelos conhecimentos transmitidos.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES**, pela oportunidade em participação em projeto e pela concessão da bolsa de estudo, contribuindo para a realização de mais uma etapa de vida.

Ao **Laboratório de Nutrição Animal**, coordenado pela **Dr^a. Rosemary Lais Galati**, **Dr. Luciano da Silva Cabral** e **MSc. Cláudio Luiz Barbosa Toledo**, pela oportunidade de realizar as análises laboratoriais.

Aos **professores da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus de Rondonópolis**: MSc. Nelson Vital Monteiro de Arruda, Dr. Antônio Rodrigues da Silva, MSc. Daniele de Jesus Ferreira, Dr^a. Fernanda, Dr^a. Andréia, Dr. Jaime Aparecido Povh, Dr. Guilherme Ribeiro Alves, **campus de Cuiabá**: Dr. Joadil

Gonçalves de Abreu, Dr^a. Luciana Keiko Hatamoto Zervoudakis, Dr. Daniel de Paula Sousa, Dr^a. Rosemary Lais Galati, **campus de Sinop**: Dr. Douglas dos Santos Pina, Dr. André Soares de Oliveira, Dr. Cláudio Vieira de Araújo.

À todos os integrantes e coordenadores Dr. Joadil Gonçalves de Abreu e Dr. Daniel de Paula Sousa do **Núcleo de Estudos em Produção de Ruminantes e Pastagens – NERP/UFMT**, pelo agradável convívio.

Ao professor **Dr. Thomas Pauly** da Swedish University of Agricultural Sciences/SWE, Suécia, pela humildade e paciência na transmissão dos conhecimentos.

Aos **professores da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Pontes e Lacerda**: Dr. Alexandre Agostinho Mexia, Dr^a. Adriana Fernandes de Barros, Dr^a. Jocilaine Garcia, MSc. Marcelo Pinheiro, MSc. Maurício, MSc. Neire Bonadia, MSc. Giselde Marques Angreves, Dr^a. Maria Aparecida Pereira Pierangeli, Dr. Juliano Geron, MSc. Osvaldo, MSc. Tatiane Botini, MSc. Rodrigo Froede Ruppín, MSc. Sabrina Ferro Cervelati.

À **todos os companheiros de turma de mestrado**: Adriano Borges Cardoso, Ana Paula Monschau Funck, Antônio Sérgio Marques Teles Lobo, Ellen Rovaris, Francielle Moraes de Souza, Jefferson Fabiano Werner Koscheck, Jocely Gomes de Souza, Joelson Antonio Silva, Luzilene Aparecida Cossal, Moacir Ferreira Duarte Júnior, Rafael Gonçalves Ferrato da Silva, Renata Pereira da Silva, Ricardo Sérgio Fioravante Filho, Saullo Diogo de Assis, Uanderson Veríssimo de Luna e Wlademiro Silvano Pereira Neto.

Aos **colegas** MSc. Carlos Cayton Oliveira Dantas, MSc. Aline Lehmkuhl, Zotec. Marcos André Burmann, MSc. Arthur Behling Neto, MSc. Antônio José Neto, MSc. Pablo Gomes de Paiva, MSc. Deivison de Novaes Rodrigues, MSc. Josineide Fernandes, MSc. Rafael Silveira Gomes, MSc. Mário Fábio Costa Filho, MSc. Inácio Martins da Silva Neto, MSc. Rafael Henrique Pereira dos Reis, Dr. Daniel Marino Guedes de Carvalho, MSc. Fabiana, MSc. Maryane Sespere Faria de Oliveira, MSc. Elayna Cristina da Silva Maciel, MSc. Leni Rodrigues Lima, MSc. Lilian Chambó Rondena Pesqueira Silva, MSc. Daiane Cristina Becker Scalez, MSc. Marleide Guimarães de Oliveira Araújo, MSc. Valéria Corvalã, Mariane Moreno Ferro, Dr^a. Ísis Scatolini de Oliveira, MSc. Thiago Luiz Queiroz Arnoldo, MSc. Welton Batista Cabral, Dr^a. Carla Avelino Cabral, MSc. Carlos Eduardo Avelino Cabral, MSc. Gisele Abadia Campos Pereira MSc. Rodrigo Pereira Nalon, MSc. Rafael Alves Belino, MSc.

Marcus Vinícius Pavoni de Carvalho, MSc. Josimar Nogueira dos Santos, MSc. André Buzzutti Siqueira, MSc. Rafael Alves Belino, MSc. Christiane Silva Souza, MSc. João Ênio Xavier Souza Araújo, MSc. Cassiano Elias Segatto, MSc. Emerson Alencar Bonelli, MSc. Walter Augusto dos Santos Marinho, pelo estímulo, apoio, companheirismo e solidariedade.

Aos **colegas da UFMT, campus de Cuiabá**: Isabela de Ceni, Evelyn Drielle da Silva, Danielle Pereira Camargo, Nayara de Oliveira Osório, Alan Carlos Barboza Neto, Anna Luz Netto Malhado, Alexander de Oliveira Zanette, Anna Flávia Plothow, Calixto Ramos Corrêa Neto, Camila Garcia Neves, Everton Riva Donida, Isabela Ceni, Isabela Eloisa Bianchi, Juliane Quenoizoré Soares, Linn Sibilla F. Santos, Lucas Rocha Rebelo, Lucas Stevão da Silva Freire, Rayanne Viana Costa, Rodrigo Soares Campos, Ronyatta Weich Teobaldo, Ana Paula da Silva Carvalho, Ana Paula Gomes Baroni, Oscar Joaquim Ferraz Soares Júnior, Heloísa Pinto de Godoy, Murilo Ferrari.

Aos **colegas da UFMT, campus de Rondonópolis**: Wanderson José Rodrigues de Castro, Daniela Aparecida Prado, Angélica Gonçalves da Silva, Ana Carolina Silva, Marcos Roberto Cadidé de Oliveira, Renan Marvila da Silva Santos, Loran, Ana, Marco Antônio, Gabriel Henrique Borghetti Lemes, Douglas, Deyse Baron, Franciele, Arthur, Arnaldo Oliveira Araújo, Fernanda Cardoso Romano, Fernanda Lima.

Aos **funcionários** da fazenda experimental da UFMT, no município de Santo Antônio do Leverger: MSc. Alício Nunes Domingues, Sr. Manézinho, Sr. Farpa, Sr. Miguel, Sr. Suédes, pelo apoio em todos os momentos.

Aos **vigilantes** da UFMT que nos protegeram nas horas em que foi preciso.

À todos os **colegas** e **funcionários** da FAMEV, que me estenderam a mão.

Ao colega **Fabiano Ricardo Ávila de Campos e família**, e a todas as outras pessoas, não menos importantes, que não mencionei, mas que estavam sempre presentes. À todos aqueles que não couberam nesse espaço, mas têm espaço irrestrito e incondicional na minha mente. Sinto-me honrado e feliz por dispor de pessoas como vocês!

Aos **animais**, todo meu respeito por cada vida, por expressar os resultados referentes aos tratamentos e possibilitar a redação dessa dissertação.

MUITO OBRIGADO!

Vocês fazem parte da minha história.

“Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas,
é se tornar autor da própria história.
É atravessar desertos fora de si, mas ser capaz de
encontrar um oásis no recôndito da sua alma.
É agradecer a Deus a cada manhã pelo milagre da vida.
Ser feliz é não ter medo dos próprios sentimentos.
É saber falar de si mesmo.
É ter coragem para ouvir um não.
É ter segurança para receber uma crítica, mesmo que injusta.
Pedras no caminho? Todas!!!
Um dia vou construir um Castelo.”

Fernando Pessoa

RESUMO

NEGRÃO, Fagton de Mattos. **Valor nutritivo e degradabilidade ruminal da silagem de capim-braquiaria com inclusão de farelo de arroz.** 2013, 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2013.

Dois experimentos foram conduzidos para avaliar as perdas por gases e efluente, as características fermentativas, a composição bromatológica, as frações proteicas e dos carboidratos, bem como estimar os parâmetros cinéticos da degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de capim *Brachiaria decumbens* acrescida com farelo de arroz. Foram avaliados a inclusão de 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz na ensilagem do capim *Brachiaria*, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Após o corte de uniformização da forrageira, realizado na altura de 5 cm do nível do solo, foi feita a adubação com 60 kg/ha de nitrogênio e 60 kg/ha de potássio na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Após 5 dias de rebrotação e corte a 10 cm do solo, realizou-se a ensilagem do capim *Brachiaria* em silos experimentais de 10 L, dotados de válvula de Bunsen e 03 kg de areia no fundo para retenção dos efluentes. A abertura dos silos ocorreu após 40 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativa, foram submetidos à análise de regressão. Os valores das perdas por gases e efluentes foram reduzidas linearmente, estimando-se redução de 0,11 e 0,39 unidades percentuais, respectivamente, e a recuperação da matéria seca das silagens de capim com a inclusão farelo de arroz aumentaram linearmente, estimando-se aumento de 0,32 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz. Houve comportamento quadrático nos valores de pH e redução linear para os valores de N-amoniaco e poder tampão, estimando-se declínio de 0,11 e 0,05% a cada 1% de inclusão de farelo de arroz na ensilagem de capim. As concentrações de ácido acético, butírico e propiônico foram reduzidas linearmente em 0,01; 0,0008 e 0,0006 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz, enquanto a de ácido láctico aumentou linearmente em 0,05 unidades percentuais. Cada unidade percentual de farelo de arroz promoveu aumento linear de 0,43; 0,18; 0,71 e 0,70% nos teores de matéria seca (MS), proteína bruta, extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais, e redução

linear de 0,69; 0,43 e 0,26% nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose. A adição de farelo de arroz promoveu redução linear dos teores de carboidratos totais (CT), carboidratos fibrosos, bem como a fração C dos CT em função dos níveis de inclusão de farelo de arroz, estimando-se redução de 0,16; 1,15 e 0,98 unidades percentuais. A fração A da proteína foi aumentada linearmente em 0,64 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz adicionado à silagem. Para as frações nitrogenadas B₃ e C houve redução de 0,11% e 0,40%, para cada unidade percentual de farelo de arroz adicionada à silagem, respectivamente. Para os parâmetros da degradabilidade ruminal da MS, foi estimado aumento da frações A e redução da fração I, estimados em 0,54 e 0,04 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz adicionados, respectivamente. Para a taxa de degradação da fração B (c), não houve efeito em função dos níveis de farelo de arroz. As frações A e I dos parâmetros da degradabilidade da proteína bruta aumentaram 0,22 e 0,72 unidades percentuais com a inclusão de 1% de farelo de arroz. A inclusão de 10% de farelo de arroz no momento da ensilagem do capim assegura redução das perdas por gases e efluentes, melhora a fermentação e a composição bromatológica, além de proporcionar melhoria das frações proteicas e de carboidratos, assim como da degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

Palavras chave: coproduto, conservação de forragem, ensilagem.

ABSTRACT

NEGRÃO, Fagton de Mattos. **Nutritive value and ruminal degradability of *Braquiaria* grass silage with inclusion of rice meal.** 2013, 71f. Dissertation (Master in Animal Science), Faculty of Agronomy, Veterinary Medicine, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2013.

Two experiments were conducted to evaluate losses and effluent gases, fermentation characteristics, chemical composition, protein fractions and carbohydrates, as well as to estimate the kinetic parameters of *in situ* ruminal degradability of *Brachiaria decumbens* silages added with rice meal. It was evaluated the inclusion of 0, 10, 20, 30 and 40% rice meal in the *Brachiaria* silage, distributed in a completely randomized design with five replications. After the uniformity cut the grass, held at the height of 5 cm from ground level, was made fertilization with 60 kg/ha of nitrogen and 60 kg/ha of potassium in the form of ammonium sulfate and potassium chloride, respectively. After 5 days of regrowth and cut to 10 cm of soil, held ensiling of *Bracharia* in experimental bags of 10 L, equipped with Bunsen valve and 03 kg of sand in the bottom to hold the effluent. The bags were opened after 40 days. Data were subjected to analysis of variance, and when significant, were subjected to regression analysis. The values of gas and effluent losses were reduced linearly, estimated reduction of 0.11 and 0.39 percentage units, respectively, and the recovery of dry matter silages with the inclusion of rice meal increased linearly, estimating percentage increase of 0.32 units for each 1% of rice meal. There was a quadratic effect of pH values and a linear for values of N-ammonia and buffering capacity, estimated to decline by 0.11 and 0.05% for each 1% inclusion of rice meal in ensiling. The concentrations of acetic acid, propionic acid and butyric acid have been reduced linearly by 0.01, 0.0008, and 0.0006 percent unit for each 1% of rice meal while lactic acid increased linearly by 0.05 percentage units. Each unit percentage rice meal promoted linear increase of 0.43, 0.18, 0.71 and 0.70% in dry matter (DM), crude protein, ether extract and total digestible nutrients, and reduced linear 0.69, 0.43 and 0.26% in the levels of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and hemicellulose. The addition of rice meal caused a linear reduction of the total carbohydrates (TC), fibrous carbohydrates, as well as the fraction of CT C depending on the levels of inclusion of rice meal, an estimated reduction of 0.16, 1,

15 and 0.98 percentage units. The protein fraction was increased linearly at 0.64 percentage units for each 1% rice meal added to silage. For nitrogen fractions B₃ and C decreased 0.11% and 0.40% for each percentage unit of rice meal added to the silage, respectively. For the parameters of the ruminal degradability of DM was estimated increase in fractions A I and fraction decrease, estimated at 0.54 and 0.04 percentage units for each 1% of rice meal added, respectively. For the rate of degradation of fraction B (c), no effect depending on the levels of rice meal. Fractions A and I of the parameters of increased protein degradability of 0.22 and 0.72 percentage units with the addition of 1% of rice meal. The inclusion of 10% of rice meal at the time of ensiling grass ensures the reduction of losses effluent and gases, improves the fermentation and chemical composition, in addition to providing improvement in carbohydrate and protein fractions as well as of ruminal dry matter, crude protein and neutral detergent fiber.

Keywords: coproduct, preserving forage, silage.

LISTA DE TABELAS

		Página
CAPÍTULO I		
Tabela 1.	Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do farelo de arroz e das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	19
Tabela 2.	Valores médios das perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	22
Tabela 3.	Valores médios de pH, nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), poder tampão, ácido lático (AL); ácido acético (AA); ácido butírico (AB), ácido propiônico (AP) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	24
Tabela 4.	Valores médios da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	27
CAPÍTULO II		
Tabela 1.	Valores médios dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), nutrientes digestíveis totais (NDT) estimados, pH, nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e poder tampão do farelo de arroz e das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	41

Tabela 2.	Valores médios dos carboidratos totais (CT), carboidratos fibrosos (CF), frações (A+B ₁), (B ₂) e C das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	42
Tabela 3.	Valores médios das frações nitrogenadas (Fração A, B ₁ +B ₂ , B ₃ e C) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	45
Tabela 4.	Valores médios dos parâmetros da degradabilidade das frações A, B, taxa de degradação da fração B (c) e I da matéria seca (MS) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	47
Tabela 5.	Valores médios dos parâmetros da degradabilidade das frações A, B, taxa de degradação da fração B (c) e I da proteína bruta (PB) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	49
Tabela 6.	Valores médios dos parâmetros da degradabilidade das frações D, taxa de degradação da fração B (c), L e I da Fibra em Detergente Neutro (FDN) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.....	50

BIOGRAFIA DO AUTOR

FAGTON DE MATTOS NEGRÃO, filho de Nilson José Alves Negrão e Fátima Aparecida de Mattos, nasceu em Cuiabá - Mato Grosso, no dia 17 de Janeiro de 1983.

Iniciou o curso de Bacharelado em Zootecnia, pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, no ano de 2003.

Foi bolsista do programa de monitoria pela Coordenadoria de Assuntos Comunitários e Estudantis, na Universidade Estadual de Mato Grosso (CACE/UNEMAT), entre os anos 2005 e 2007.

Em Dezembro de 2007, obteve o título de Bacharel em Zootecnia, pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

Em Agosto de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Manejo das Pastagens, pela Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU.

Em Julho de 2011, obteve o título de Especialista em Manejo das Pastagens, pela Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU.

Em Março de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, na área de concentração em Produção Animal, na linha de concentração em Forragicultura e Pastagens, pela Universidade Federal de Mato Grosso (PPGCA/UFMT).

Foi bolsista de mestrado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), conceito 4, entre os anos 2011 e 2013.

Em Fevereiro de 2013, submeteu-se à banca examinadora para defesa pública de Dissertação de Mestrado, a fim de obter o título de Mestre em Ciência Animal, pela Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT.

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução Geral.....	1
2. Revisão de Literatura.....	2
2.1. Potencial da ensilagem de gramíneas perenes.....	2
2.2. Limitações para ensilagem de capins tropicais.....	3
2.3. Coprodutos da agroindústria na produção de silagem de capins tropicais.....	4
2.4. Arroz e seus coprodutos.....	6
2.5. Fracionamento de carboidratos e proteína.....	7
Referências Bibliográficas.....	11
Capítulo I - CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE CAPIM <i>Brachiaria decumbens</i> ACRESCIDAS DE FARELO DE ARROZ	
Resumo.....	14
Abstract.....	15
1. Introdução.....	16
2. Material e Métodos.....	17
3. Resultados e Discussão.....	21
4. Conclusões.....	30
Referências Bibliográficas.....	30
Capítulo II - FRACIONAMENTO DE CARBOIDRATOS E PROTEÍNA E DEGRADAÇÃO RUMINAL DA SILAGEM DE CAPIM-BRAQUIARIA ACRESCIDA DE FARELO DE ARROZ	
Resumo.....	34
Abstract.....	35
1. Introdução.....	36
2. Material e Métodos.....	37
3. Resultados e Discussão.....	41
4. Conclusões.....	51
Referências Bibliográficas.....	51
Conclusões Gerais.....	54

1. Introdução Geral

Apesar da alta produção de matéria seca das plantas forrageiras, essas apresentam sua produção concentrada nos meses em que existe elevada temperatura e umidade do ar, nas estações primavera e verão, o que exige a adoção de técnicas que visem solucionar, ou pelo menos amenizar, à falta do atendimento das necessidades nutricionais dos animais devido à quantidade e qualidade do alimento ofertado no período seco. Uma das alternativas para solucionar a falta de alimento durante esse período do ano é a conservação do excedente da produção de capim na forma de silagens.

Partindo dessa premissa, houve crescente interesse na ensilagem de gramíneas tropicais, pois as forrageiras apresentam elevada produção de matéria seca. Por conseguinte, o uso do excedente da produção de capins na forma de silagem tem que ser visto de forma técnica, pois, o elevado teor de umidade, alto poder tampão e a baixa concentração de carboidratos solúveis predispõem o crescimento de microrganismos indesejáveis, que resultam em perdas de nutrientes, pela produção de gases e efluentes, culminando em perda de forragem e menor valor nutritivo.

Uma forma de reduzir as perdas de nutrientes na forma de gases, devido às fermentações secundárias, e na forma de efluente, devido ao excesso de umidade nas silagens de capim, é a adição de coproduto com alto poder higroscópico e que aumente o valor nutricional e beneficie a fermentação durante o processo de conservação da forrageira, como, por exemplo, a casca de café (Bernardino et al. 2005), o farelo de trigo (Zanine et al. 2006ab), a raspa de mandioca (Zanine et al. 2010), o farelo de arroz, a casca de soja e o fubá de milho (Monteiro et al. 2011).

O farelo de arroz é um coproduto com potencial de ser incluído no processo de ensilagem de capim, tanto por sua capacidade em reter água como por melhorar a composição bromatológica das silagens produzidas. No entanto, as informações científicas a cerca do uso do farelo de arroz na produção de silagens de capins são restritas, por isso, pesquisas com esse intuito podem contribuir para produção de alimentos alternativos na nutrição de ruminantes.

Nesse sentido, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de avaliar o perfil fermentativo, as perdas por gases e efluente, recuperação de nutrientes, o valor nutritivo, a degradabilidade ruminal *in situ* e o fracionamento de carboidratos e proteína das silagens de capim-braquiaria aditivada com farelo de arroz.

2. Revisão de Literatura

2.1. Potencial da ensilagem de gramíneas perenes

O Brasil é um dos países de maior potencial de produção pecuária, determinado principalmente pelas suas condições climáticas, vasta extensão territorial e plantas forrageiras, que constituem a base da dieta dos ruminantes na grande maioria dos sistemas de produção existentes no país. Dentre as espécies forrageiras elegíveis para produção de silagem, as gramíneas do gênero *Brachiaria* têm sido muito utilizadas devido ao seu elevado potencial de produção de biomassa, boa adaptabilidade, facilidade de estabelecimento, persistência, além de serem resistentes às doenças (Souza e Dutra, 1991; Valle et al. 2000). A adubação nitrogenada é fundamental para o aumento da produção de biomassa, pois o aumento do teor de nitrogênio no solo é uma das formas de incrementar a produtividade, principalmente quando a forrageira responde à aplicação desse nutriente (Martuscello et al. 2005).

Nesse sentido, Fagundes et al. (2005) avaliaram o acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio (75, 150, 225 e 300 kg/ha) e submetidos a uma mesma intensidade de pastejo. O capim-braquiária apresentou incremento de produção de matéria seca proporcional às doses de nitrogênio. Observaram-se maiores valores de taxa de acúmulo de folha, colmo e forragem nas estações primavera-verão e valores menores no inverno. Os autores concluíram que as variações nas condições climáticas com as estações do ano alteraram as taxas de acúmulo de folha e colmo, senescência e de produção de forragem.

De acordo com Souza (2002) o gênero *Brachiaria* são forragens tropicais com produções de 10 a 18 toneladas de MS.ha⁻¹.ano⁻¹. Euclides et al. (2001) ao estudarem os cultivares marandu, xaraés e piatã, constataram massa de forragem média no pré-pastejo de 4.075, 3.850 e 3.730 kg/ha de matéria seca, respectivamente. Chiarelli et al. (2009) comparando os capins marandu, piatã e xaraés consorciado com milho, não encontraram diferenças para a produção de matéria seca e a porcentagem de espigas do milho entre as três cultivares avaliadas (4.921, 6.400 e 5.837 kg/ha, respectivamente).

Nesse contexto, a conservação da produção de forragem como alternativa para suprir as exigências nutricionais e manter o desempenho animal constante durante todo o ano é uma realidade nacional e, sua viabilidade pode ser conseguida

por meio da conservação de forragem oriunda da maior produção no período chuvoso.

2.2. Limitações para ensilagem de capins tropicais

A ensilagem de capins colhidos no estágio de maturidade em que é elevado o valor nutritivo, ou seja, mais jovens, favorece o desenvolvimento de microrganismos deterioradores, principalmente bactérias clostrídicas e enterobactérias, que produzem nitrogênio amoniacal e principalmente ácido butírico, devido à alta umidade (acima de 70%), elevado poder tamponante e baixo teor de carboidratos solúveis (menor que 5%, com base na MS) (Zanine et al. 2006a). McDonald et al. (1991) destacaram que, concomitantemente à formação de ácido butírico, ocorre degradação de proteína e do ácido láctico, explicando, dessa forma, os menores teores de proteína bruta na silagem sem aditivo, ou seja, silagens com alta umidade.

A conservação de forragens na forma de silagem é dependente da quantidade de açúcares prontamente fermentáveis presentes na planta a ser ensilada. Se a concentração de carboidratos solúveis (CS) é adequada, as condições são mais favoráveis para o estabelecimento e crescimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, as quais produzem o ácido láctico, que apresenta maior potencial de acidificação em relação aos outros ácidos orgânicos produzidos no processo de ensilagem, é desejado para proporcionar uma rápida estabilização do pH e melhor conservação do material ensilado (McDonald et al. 1991).

As alterações decorrentes do processo fermentativo nas silagens são resultantes da fermentação em condições de anaerobiose. As bactérias ácido-láticas epífitas fermentam os carboidratos solúveis das plantas, gerando ácido láctico e acético, reduzindo o pH e inibindo a ação de microrganismos indesejáveis. Além de preservarem a silagem, os ácidos orgânicos são fontes de energia para o metabolismo dos ruminantes (McDonald et al. 1991).

Dos fatores que determinam o padrão de fermentação durante a ensilagem, aqueles relacionados com a planta forrageira estão representados pelo teor de matéria seca (20-25%), adequado teor de carboidratos solúveis (8-15%) e baixo poder tampão (< 20 eq. mg HCl/100g MS)., e aqueles relacionados ao meio, pois uma boa fermentação só é garantida em condições de anaerobiose, desde o ponto de colheita, tamanho de partículas, rápido enchimento do silo, compactação para

efetiva expulsão do oxigênio do interior do material, até a perfeita vedação do silo a fim de evitar a infiltração de ar e/ou de água (Andrade e Lavezzo, 1998).

Nesse sentido, tendo por base o ponto ideal entre quantidade e qualidade de colheita, a ensilagem de capim apresenta alguns entraves como os baixos teores de matéria seca, carboidratos solúveis e poder tampão, que dificulta o declínio do valor de pH, culminando em silagem de menor qualidade. Situação que tecnicamente tem que ser compensada com a inclusão de aditivos específicos, como os coprodutos higroscópicos oriundos da agroindústria.

2.3. Coprodutos da agroindústria na produção de silagem de capins tropicais

Entre as soluções para inibir o crescimento dos microrganismos indesejáveis, entre eles o *Clostridium*, e minimizar as perdas por fermentação secundária da silagem de capim, está o uso de aditivo com altos níveis de matéria seca e capacidade de retenção de água e com boa aceitabilidade pelo animal. Devem ser, também, de fácil manipulação, baixo custo e fácil aquisição (Igarasi, 2002).

Todavia, a adição de material absorvente (cereais moídos e coprodutos) é uma alternativa ao emurchecimento, apresentando a vantagem de não exigir operações extras no recolhimento da forragem e de reduzir o risco de perdas por ocorrência de chuvas durante a desidratação, além de aumentar o aporte energético do alimento devido à redução da perda de carboidratos solúveis e respiração celular. Ferrari Júnior e Lavezzo (2001) observaram que a adição de 12% de farelo de mandioca mostrou-se mais eficiente que o emurchecimento em aumentar o teor de matéria seca da silagem de capim-elefante.

Os aditivos mais frequentemente utilizados em silagens de capins tropicais são representados por coprodutos regionais das agroindústrias, principalmente, as de processamento de grãos de cereais. Nesse cenário, encontram-se relatos na literatura da utilização de fubá de milho, rolão de milho, farelo de trigo e farelo de mandioca (Andrade e Lavezzo, 1998; Zanine et al. 2006ab, 2010), com o objetivo de promover melhoria nas condições de fermentação da silagem, principalmente pelo incremento do teor de matéria seca.

Zanine et al. (2006a) avaliaram a inclusão de 0, 20, 40 e 60% de farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e qualidade da silagem de capim-mombaça. A adição de farelo de trigo reduziu as perdas por gases e as perdas por efluentes. A recuperação da matéria seca foi menor para o tratamento

sem farelo de trigo. Os valores de proteína bruta aumentaram e os valores de FDN e FDA na silagem reduziram de forma linear em função da aplicação de farelo de trigo. Os autores concluíram que a inclusão de 20% de farelo de trigo é suficiente para garantir melhorias na qualidade da silagem de capim-mombaça.

Andrade et al. (2010a) avaliaram a inclusão de 0, 10, 20 e 30% de farelo de mandioca, casca de café ou farelo de cacau sobre as perdas por gases e efluente, as características fermentativas e o valor nutritivo de silagens de capim-elefante. A adição dos aditivos provocou aumento dos teores de matéria seca, e farelo de mandioca foi o aditivo mais eficiente no controle das perdas por efluente e gases. A adição de farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau garantiu altas taxas de recuperação de matéria seca, enquanto o farelo de mandioca e o farelo de cacau favoreceram a redução dos valores de pH e os teores de nitrogênio amoniacal, respectivamente, refletindo na melhoria do perfil de fermentação das silagens. Os autores concluíram que a adição de farelo de cacau ao capim-elefante no momento da ensilagem contribui para o aumento dos teores de nitrogênio total, porém aumenta os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e em detergente ácido.

A disponibilidade de coprodutos provenientes da agroindústria e a crescente preocupação com problemas ambientais têm gerado maior interesse quanto ao destino destes materiais, quanto ao possível aproveitamento na alimentação animal e até mesmo como material higoscópico na ensilagem de forragens com alto teor de umidade (Bernardino et al. 2005, Zanine et al 2006ab; 2010).

Por conseguinte, destaca-se que o farelo de arroz pode ser uma alternativa viável na produção de silagem de gramíneas perenes. Neste sentido, Monteiro et al. (2011) relataram que o farelo de arroz apresenta potencial para utilização na produção de silagem, por ser um coproduto da indústria de beneficiamento dos grãos de arroz, que, devido aos seus baixos teores de fibra em detergente neutro e alto teor de extrato etéreo, pode ser utilizada como aditivo, reduzindo as perdas durante o processo fermentativo das silagens.

Monteiro et al. (2011) avaliaram o padrão de fermentação e a composição bromatológica da silagem de capim-elefante utilizando como aditivo o farelo de arroz, a casca de soja, o fubá de milho, a cana-de-açúcar picada ou o inoculante bacteriano. Os aditivos promoveram adequado padrão de fermentação face aos valores de pH (3,70 a 3,96) e de nitrogênio amoniacal (3,67 a 4,44% do N-total)

verificados na silagem. Os autores concluíram que o farelo de arroz proporcionou a obtenção de silagens com teores mais elevados de proteína bruta (6,41%) e nutrientes digestíveis totais (61,91%) em relação ao tratamento sem aditivo.

Vale destacar que o tipo de aditivo absorvente a ser utilizado na ensilagem dependerá das características do material a ser ensilado, da disponibilidade e custo do aditivo. Porém, fica evidente que quando o aditivo absorvente utilizado em quantidades adequadas é capaz de proporcionar aumento do teor de matéria seca do material ensilado, e promove ambiente menos favorável para o desenvolvimento de microrganismos deletérios, contribuindo de forma expressiva para a preservação e qualidade da silagem.

2.4. Arroz e seus coprodutos

Apesar do arroz ter como maior importância à alimentação humana, a cultura gera vários coprodutos que podem ser utilizados na alimentação animal principalmente em épocas do ano quando ocorre escassez de outras fontes de alimentação, como a palha obtida após a colheita no campo; a casca como resíduo do beneficiamento; a quirera (arroz quebrado) obtida na peneiragem após a retirada da casca silícica e lignocelulósica do grão; o farelo de arroz integral (FAI) obtido do polimento do arroz contendo quantidade variável de amido, dependendo do grau de polimento e o farelo de arroz desengordurado (FAD) como resultado da extração de óleo para consumo humano que constitui 82% do peso do FAI (Andriguetto, 1981).

De acordo com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2011), o arroz está entre os cereais mais consumidos do mundo. O Brasil é o nono maior produtor mundial e colheu 11,26 milhões de toneladas na safra 2009/2010. A produção está distribuída nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso (515,5 mil toneladas). O cultivo de arroz irrigado, praticado na região Sul do Brasil contribui, em média, com 54% da produção nacional, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor brasileiro. Em Santa Catarina, o plantio por meio do sistema pré-germinado responde pelo segundo lugar na produção do grão irrigado, com 800 mil toneladas anuais.

O grão de arroz é constituído da cariopse (fruto com uma semente presa ao pericarpo em toda a extensão) e de uma camada protetora, a casca que é formada por duas folhas modificadas, a pálea e a lema, corresponde a cerca de 20% do peso do grão. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o

pericarpo, tegumento e camada de aleurona, que representam 5-8% da massa do arroz integral. O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lipídios, e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e consiste de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos proteicos (Andrighetto, 1981).

No processo de beneficiamento do arroz a operação da descascagem, como o próprio nome diz, separa a casca da cariopse, obtendo-se o arroz integral. O grão descascado é polido para remoção do farelo (pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen), que representa 8,5 a 14,8% do arroz integral (Andrighetto, 1981), obtendo-se o arroz branco polido para alimentação humana, gerando o coproduto (farelo) que pode ser incluso na dieta de ruminantes.

2.5. Fracionamento de carboidratos e proteína

Dos nutrientes necessários às exigências nutricionais para manutenção, crescimento e/ou produção de ruminantes, a energia resultante da degradação ruminal da parede celular é a principal contribuição dos volumosos. Durante a evolução da avaliação de alimentos para ruminantes, diversas técnicas *in vitro*, *in situ* e *in vivo* foram desenvolvidas com o intuito de melhor caracterizá-los, como, também, facilitar a predição do desempenho animal a partir de certas características dos alimentos fornecidos na dieta (Ítavo et al. 2002).

Os métodos para estudar a degradabilidade ruminal dos alimentos, apesar de serem utilizados há muitas décadas, nos últimos anos têm se desenvolvido consideravelmente. A técnica *in situ* destaca-se por permitir o contato do alimento teste com o ambiente ruminal, embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem (Nocek, 1988). No entanto, Mertens (1993) relatou que esta técnica permite obter valores próximos aos obtidos *in vivo*.

A estimativa da degradação ruminal dos alimentos tem sido fundamental para avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis para os microrganismos do rúmen e sua qualidade. A degradabilidade *in situ* baseia-se na colocação de pequena quantidade de um determinado alimento em bolsa porosa não degradável e sua subsequente inserção (ou incubação) no conteúdo ruminal de animais canulados no rúmen (Molina et al. 2003).

Por isso, a técnica de degradabilidade *in situ* tem sido adotada para se determinar o desaparecimento de nutrientes no rúmen em função do tempo de incubação. Não existe, na literatura, consenso sobre o tempo de incubação ruminal que permita representar melhor a fração indigestível das amostras, observam-se períodos variáveis, 144 (Cabral et al. 2004) e 240 (Clipes et al. 2006). Como regra geral, para que o máximo potencial de degradação seja alcançado, Orskov e McDonald (1979) recomendam, para concentrados, de 12 a 36 horas de incubação; para forragens de alta qualidade, de 24 a 60 horas; e de 48 a 72 horas para forragens de baixa qualidade.

Sniffen et al. (1992) sugeriram que na avaliação dos alimentos, os teores de nitrogênio e de carboidratos sejam fracionados, possibilitando formular dietas que promovam perfeita sincronização entre a disponibilidade de carboidratos e nitrogênio no rúmen. Na mesma premissa, Tonani et al. (2001) relatam que a determinação de frações degradáveis ou não no rúmen é de suma importância no balanceamento de rações para ruminantes, uma vez que os sistemas mais modernos de dietas para ruminantes levam em consideração a cinética da degradação das diferentes frações dos alimentos, particularmente carboidratos não estruturais e proteína, além de estimar o potencial de crescimento microbiano a partir da fração fermentável.

Uma das formas de se obter a viabilidade de uso de um alimento é por meio da avaliação de suas frações proteicas. Cabral et al. (2000) reportaram a importância de se determinar essas frações. Segundo esses autores, o fracionamento de forma acurada permite a formulação de dietas nutricionalmente adequadas, o que possibilita, portanto, maximizar a eficiência de utilização da energia e do nitrogênio, tanto pelos microrganismos quanto pelo próprio animal. Além disso, pode permitir a redução das perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal (Russell et al. 1992).

A fração proteica dos alimentos pode ser fracionada em componentes A (fração solúvel – nitrogênio não proteico, 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.

Já os carboidratos 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), como 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).

Como consequência das possíveis alterações na composição bromatológica da silagem de capim que um determinado aditivo pode proporcionar, a determinação das frações de carboidratos e proteínas, bem como a degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro das silagens é de suma importância para avaliar as melhorias no valor nutritivo da silagem com a inclusão do aditivo. Adicionalmente, essas informações têm sido utilizadas nos sistemas mais modernos de adequação de dietas para ruminantes, no sentido de permitir a formulação de dietas que otimizem o desempenho animal, associadas às reduções da emissão de metano e perdas de nutrientes via fezes e urina (Tonani et al. 2001).

Carvalho et al. (2008) determinaram as frações que compõem as proteínas das silagens de capim-elefante submetido ao emurchecimento ou à adição de 0, 7, 14, 21 e 28% de farelo de cacau e concluíram que as frações protéicas foram influenciadas pelas adições de farelo de cacau, verificando-se redução dos teores das frações A e B₁+B₂ e aumentos das frações B₃ e C, para os níveis crescentes de farelo de cacau.

No mesmo sentido, Pires et al. (2009) avaliaram as frações que compõem os carboidratos e as proteínas das silagem de capim-elefante com 15% de casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. O maior teor de carboidratos totais foi observado na silagem com farelo de mandioca e o menor na silagem com farelo de cacau, seguida das silagens controle e com casca de café. Maiores valores de carboidratos não-fibrosos (A+B₁) também foram verificados para as silagens com farelo de mandioca. Os menores valores de fração indigestível (C, %CT) foram observados para a silagem com farelo de mandioca, enquanto as silagens com casca de café e farelo de cacau apresentaram os maiores valores desta fração. Os autores concluíram que o farelo de mandioca ensilado com capim-elefante é um bom aditivo para a produção de silagem.

Ao avaliarem a inclusão de 0, 10, 20 e 30% de farelo de mandioca, casca de café ou farelo de cacau sobre o fracionamento de proteína e carboidratos da silagem de capim-elefante, Andrade et al. (2010b) concluíram que o farelo de mandioca contribuiu para redução do teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido, apresentando os maiores valores para a fração A da proteína e para os teores das frações B₁+B₂. Em contrapartida, o farelo de cacau proporcionou acréscimo da fração C, aumentando significativamente o teor de proteína indisponível para os microrganismos ruminais. O farelo de mandioca aumenta o teor de carboidratos não-fibrosos da silagem, enquanto a casca de café e o farelo de cacau aumentam a fração não-digerível dos carboidratos.

Na premissa de avaliar a degradação ruminal da silagem de capim-elefante com diferentes componentes de algaroba (farelo, vagem e amido), Santos et al. (2012) encontraram maior degradabilidade na silagem com amido de algaroba. A algaroba e seus componentes constituem uma alternativa viável a ser adicionada na silagem de capim elefante. Contudo, de acordo com os autores, o amido de algaroba é mais eficiente.

Os artigos adiante apresentados foram formatados em concordância com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem de capim-elefante. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1859-1872, 1998.
- ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2578-2588, 2010a.
- ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.11, p. 2342-2248, 2010b.
- ANDRIGUETTO, J.M. **Nutrição Animal** – As bases e os fundamentos da nutrição animal – Os alimentos – 5^o edição, São Paulo:Nobel, v. 1, 395p, 1981.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, A.L.; PEREIRA, O.G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2185-2191, 2005.
- CABRAL, L.S; VALADARES FILHO, S.C; MALAFAIA, P.A.M. Frações protéicas de alimentos tropicais e sua taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2316-2324, 2000.
- CABRAL, L.S; VALADARES FILHO, S.C; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VELOSO, R.G.; NUNES, P.M.M. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1573-1580, 2004.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; DETMANN, E.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante emurcheado ou com diferentes níveis de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p. 1347-1354, 2008.
- CHIARELLI, C.A.; RUGGIERI, A.C.; CUNHA NETO, D.C.; JANUSCKIEWICZ, E.R.; SANTOS, N.L. Interferências entre a cultura do milho e três cultivares de *Brachiaria brizantha* em consórcio. IN: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 21., 2009, São José do Rio Preto. **Anais...** São José do Rio Preto: UNESP, 2009. 1 CD-ROM.
- CLIPES, R.C.; DETMANN, E.; SILVA, J.F.C.; VIEIRA, R.A.M.; NUNES, L.B.M.; LISTA, F.N.; PONCIANO, N.J. Evaluation of acid detergent insoluble protein as an estimator of rumen non-degradable protein in tropical grass forages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 694-697, 2006.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra 2010/2011: Décimo levantamento**. Brasília, DF: MAPA, 2011.
- EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Evaluation of *Brachiaria brizantha*. ecotypes under grazing in small plots. In: INTERNATIONAL

- GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...**São Paulo, SP:FEALQ, 2001. CD-ROM.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JR, D.; VITOR, C.M.T.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; REIS, G.C.; MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, p. 397-403, 2005.
- FERRARI JR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 36, p. 1424-1431, 2001.
- IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 151f. Tese (Doutor em Agronomia) Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, P.V.R. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1024-1032, 2002.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991, p.340.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. CAB International, 1993. p. 13-51.
- MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; SOUSA, B.M. Efeito do tanino na degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ensilados no estágio de grão pastoso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, p. 203-208, 2003.
- MONTEIRO, I.J.G.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, R.H.P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 33, n. 4, p. 347-352, 2011.
- NOCEK, J.E. *In situ* and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 2051-2069, 1988.
- ORSKOV, E.R; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J.N.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 422-427, 2009.

- RUSSEL, 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: rumen fermentation. **Journal Animal Science**, v. 70, p. 3551-3561, 1992.
- SANTOS, S.; SANTOS-CRUZ, C.L.; ROCHA, J.B.; PIRES, A.J.V.; SANTOS, Í.P.A.; LIMA, T.R.; JUNQUEIRA, R.S. Degradação ruminal da silagem de capim-elefante com diferentes componentes da algaroba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.1, p.123-136, 2012.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n. 11, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, A.B.S.F.; DUTRA, S. Resposta do *Brachiaria humidicola* à adubação em Campo Cerrado do Estado do Amapá, Brasil. **Pasturas Tropicais**, Cali, v. 13, n. 3, p. 42-45, 1991.
- SOUZA, F.H.D. **As sementes de espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* no Brasil Central. *Brachiaria no novo século***. 2.ed. Nova Odessa:Instituto de Zootecnia, 2002.
- TONANI, F.L.; RUGGIERI, A.C.; QUEIROZ, A.C.; ANDRADE, P. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 23, n. 01, p. 100-104, 2001.
- VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17, 2000, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba:FEALQ, 2000. CD-ROM.
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G.; ALMEIDA, J.C.C. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 54, p. 1-10, 2006 (a).
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; OLIVEIRA, J.S.; ALMEIDA, J.C.C.; PEREIRA, O.G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Arquivos de Zootecnia**, v. 55, p. 75-84, 2006 (b).
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; DOREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O.G. Evolution of elephant-grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 12, p. 2611-2616, 2010.

Capítulo I

Características fermentativas e composição bromatológica da silagem de capim *Brachiaria decumbens* acrescidas de farelo de arroz

Resumo: O experimento foi conduzido para avaliar as perdas por gases e efluente, o perfil fermentativo e a composição bromatológica das silagens de capim-braquiaria contendo inclusão (0, 10, 20, 30 e 40%) de farelo de arroz na matéria natural do capim. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Após o corte de uniformização da forrageira, realizado a 5 cm do nível do solo, foi feita a adubação com 60 kg/ha de nitrogênio e 60 kg/ha potássio na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Após 50 dias realizou-se a 10 cm o corte e a ensilagem do capim. Foram utilizados silos experimentais com capacidade de 10 L, dotados de válvula tipo Bunsen e com 03 kg de areia adicionados para retenção dos efluentes. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativa, foram submetidas à análise de regressão a 5% de probabilidade de erro. Os valores das perdas por gases e efluentes foram reduzidas linearmente ($P < 0,05$) em 0,11 e 0,39 unidades percentuais, enquanto a recuperação da matéria seca aumentaram linearmente ($P < 0,05$) em 0,32 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz. Houve comportamento quadrático ($P < 0,05$) nos valores de pH e, redução linear para os valores de N- amoniacal e poder tampão ($P < 0,05$), estimados em 0,11 e 0,05% para cada 1% de farelo de arroz. As concentrações de ácido acético, butírico e propiônico foram reduzidas linearmente ($P < 0,05$) em 0,01; 0,0008 e 0,0006 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz, enquanto a de ácido láctico aumentou lineamente em 0,05 unidades percentuais. Cada unidade percentual de farelo de arroz promoveu aumento linear ($P < 0,05$) de 0,43; 0,18; 0,71 e 0,70% nos teores de matéria seca (MS), proteína bruta, extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais, e redução linear ($P < 0,05$) de 0,69; 0,43 e 0,26% nos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose. A inclusão de 10% de farelo de arroz assegura diminuição das perdas por gases e efluentes, aumento na recuperação de matéria seca, proporcionando melhorias na composição bromatológica das silagens.

Palavras chave: composição bromatológica, coproduto, efluente, fermentação.

Fermentation characteristics and chemical composition of *Brachiaria decumbens* grass silage plus rice meal

Abstract: The experiment was conducted to evaluate losses effluent and gases, fermentation profile and chemical composition of grass silages containing braquiariagrass with the inclusion (0, 10, 20, 30 and 40%) of rice meal in the field of natural grass. It was used a completely randomized design with five treatments and five replications. After the uniformity cut the grass, held 5 cm from ground level, was made fertilization with 60 kg/ha of nitrogen and 60 kg/ha potassium in the form of ammonium sulfate and potassium chloride, respectively. After 50 days there was the 10 cm cutting the grass and silage. Experimental bags were used with capacity of 10 L, equipped Bunsen valve with 03 kg of sand added to the effluent retained. Data were subjected to analysis of variance, and when significant, were subjected to regression analysis, a 5% probability of error. The values of gas and effluent losses were reduced linearly ($P < 0.05$) by 0.11 and 0.39 percentage units, however, recovery of dry matter increased linearly ($P < 0.05$) by 0.32 percentage units for each 1% of rice meal. There was a quadratic ($P < 0.05$) in pH values and linear decrease in the values of ammonia-N and buffering capacity ($P < 0.05$), estimated at 0.11 and 0.05% for each 1% rice meal. The concentrations of acetic, butyric and propionic acids were reduced linearly ($P < 0.05$) 0.01, 0.0008 and 0.0006 percent unit for each 1% of rice meal while lactic acid increased linearly in 0.05 percentage units. Each unit percentage rice meal promoted linear increase ($P < 0.05$) of 0.43, 0.18, 0.71 and 0.70% in dry matter (DM), crude protein, ether extract and nutrients total digestible, and linear decrease ($P < 0.05$) of 0.69, 0.43 and 0.26% in the levels of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and hemicellulose. The inclusion of 10% rice meal ensures reducing the loss of gases and effluents, increased dry matter recovery, providing improvements in the composition of the silages.

Keywords: chemical composition, coproduct, effluent, fermentation.

1. Introdução

Um dos principais entraves da produção animal à pasto está associado à grande variação no crescimento das forrageiras ao longo do ano. Nessa premissa, a silagem de capim produzida na estação chuvosa, a partir do próprio pasto, é uma alternativa para suprir a baixa produtividade dos pastos na época seca.

Entretanto, a presença do alto teor de umidade e o baixo teor de carboidratos solúveis são fatores que limitam o adequado processo fermentativo da silagem de capim, impedindo o rápido declínio do pH. Este fato permite que ocorra fermentações por bactérias do gênero *Clostridium*. Nesse contexto, ocorrerá produção de silagens de baixa qualidade, ocasionado perda de nutrientes através da lixiviação dos nutrientes pela elevada quantidade de efluente produzido.

Alguns aditivos podem ser empregados com a finalidade de absorver a umidade de silagens de capim, controlar produção de efluente, como, por exemplo, a casca de café (Bernardino et al. 2005), o farelo de trigo (Zanine et al. 2006ab), a raspa de mandioca (Zanine et al. 2010), o farelo de arroz, a casca de soja e o fubá de milho (Monteiro et al. 2011), podendo ainda proporcionar aumento no valor nutritivo da silagem.

O farelo de arroz apresenta boas características e potencialidade, que provém do beneficiamento do grão de arroz, e é constituído pelos tegumentos que envolvem o grão, removidos no processo de beneficiamento do cereal para a alimentação humana. A composição do farelo de arroz encontrado no comércio é variável, devido às diferentes quantidades de casca encontradas neste produto, o que influencia negativamente sua qualidade (Andriguetto, 1981).

Assim, os estudos a fim de estabelecer os níveis corretos de farelo de arroz para permitir a melhoria na fermentação e valor nutritivo e, para reduzir perdas por gases e efluentes são necessárias. Nesse contexto, visando um melhor aproveitamento da silagem de capim *Brachiaria decumbens* e proporcionar um destino mais econômico e ambientalmente racional para esse coproduto da indústria, foi realizado um experimento objetivando avaliar o efeito da inclusão de farelo de arroz na ensilagem de capim-braquiária sobre as perdas por gases e efluentes, o perfil fermentativo e a composição bromatológica das silagens.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado na área experimental do Curso de Zootecnia, no Campus de Rondonópolis-MT da Universidade Federal de Mato Grosso, coordenadas geográficas: 16°28' Latitude Sul, 50°34' Longitude Oeste de Greenwich. O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo tropical, caracterizando-se por duas estações bem definidas: seca entre os meses de abril a setembro e chuvosa entre os meses de outubro a março.

O solo predominante na região é caracterizado como Plintossolo Tb álico moderado (Embrapa, 2006), o qual apresenta uma textura média, relevo plano, que possibilita a infiltração de água, a sua aeração, a penetração das raízes, culminando com o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Ferreira, 2001). A camada de 0-20 centímetros de profundidade do solo apresentou as seguintes características químicas e físicas: pH em $\text{CaCl}_2 = 4,9$; $\text{P} = 1,7 \text{ mg/dm}^3$; $\text{K} = 29 \text{ mg/dm}^3$; $\text{Ca}^{2+} = 1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; $\text{Mg}^{2+} = 1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; $\text{H}+\text{Al}^{3+} = 2,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; $\text{Al}^{3+} = 0,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; matéria orgânica = 13,5 g/Kg; soma de bases = 2,1 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; capacidade de troca catiônica = 4,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; saturação por bases = 46%; argila = 400 g/kg; silte = 100 g/kg e areia total = 500 g/kg.

A espécie forrageira utilizada foi o capim *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, proveniente de pasto já estabelecido, de aproximadamente 0,5 ha, da área experimental do Setor de Forragicultura. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos avaliados foram: Silagem de capim-braquiaria, Silagem de capim-braquiaria + 10% de farelo de arroz, Silagem de capim-braquiaria + 20% de farelo de arroz, Silagem de capim-braquiaria + 30% de farelo de arroz e Silagem de capim-braquiaria + 40% de farelo de arroz, com base na matéria natural da gramínea.

O capim foi submetido a um corte de uniformização, realizado com roçadeira aclopada ao trator a uma altura de 5 cm do solo. No mesmo dia, foi feita adubação com 60 kg/ha de nitrogênio e 60 kg/ha de potássio, na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Antes do corte da gramínea para a ensilagem, foram retiradas amostras, através do método direto, em 20 subáreas de 0,25 m², estimando-se uma produção total de 5,8 toneladas de matéria seca por hectare e uma relação lâmina foliar:colmo, lâmina foliar:material morto de 1,46 e 1,16, respectivamente. Apresentaram porcentagens de lâmina foliar, colmo e material morto de 41,72, 28,88 e 29,40%. Após 50 dias de rebrotação da gramínea, quando

apresentava altura média de 60 cm, ocorreu o corte para o processo de ensilagem. O capim foi colhido mecanicamente a uma altura de 10 cm do solo, utilizando uma roçadeira costal (43cc/2t Tekna). Imediatamente após, o capim foi levado para um galpão coberto, onde foi picado em partículas de aproximadamente 3 cm, utilizando-se uma picadeira estacionária (Nogueira - EN 6400).

O farelo de arroz e a massa de forragem de capim-braquiaria, correspondentes a cada tratamento, foram homogeneizados sobre lona plástica, sendo em seguida acondicionadas em silos experimentais com capacidade aproximada de 10 L e compactados manualmente. Em cada silo colocou-se aproximadamente 1,4 kg da matéria natural da mistura, correspondendo a uma densidade de 550 kg m^{-3} . Os silos foram dotados de válvula do tipo Busen, adaptada em sua tampa, de forma a permitir o escape dos gases provenientes do processo de fermentação. No fundo de cada silo experimental foram colocados 3 kg de areia, separados da forragem por uma camada de tecido de algodão, de maneira que fosse possível medir a quantidade de efluentes produzida.

No momento da ensilagem foi coletado uma amostra da forragem verde picada e da forragem contendo farelo de arroz, homogeneizado e acondicionados em sacos de papel e pré-secas em estufa de ventilação forçada de ar com temperatura de 55°C , por 48 horas. As amostras pré-secas foram pesadas e moídas em moinho de facas tipo Thomas-Willey, provido com peneira de malha com crivos de 1 mm de diâmetro. As amostras moídas foram guardadas em recipientes de polietileno para posteriores análises dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Na Tabela 1, encontram-se os valores médios dos teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido do farelo de arroz e das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Tabela 1. Valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do farelo de arroz e das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Farelo de Arroz (g/kg)	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)				
		0	10	20	30	40
MS ¹	90,01	24,10	26,03	29,25	31,50	42,18
PB ²	16,06	6,26	8,87	11,26	12,39	13,34
EE ²	16,14	2,32	6,41	11,36	12,68	14,52
FDN ²	26,89	55,41	30,99	27,32	24,34	22,08
FDA ²	13,76	26,35	22,10	19,99	18,30	17,88

¹ g/kg; ² Porcentagem na matéria seca

Após a ensilagem, os silos foram transportados para o Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT e armazenados em temperatura ambiente até a sua abertura, a qual ocorreu 40 dias após.

Foram pesados silo+tampa+areia seca+algodão, antes da ensilagem, e os silos cheios e tampados, para determinação quantitativa das perdas por gases e efluente, da recuperação de matéria seca, com base nas diferenças gravimétricas, pelas equações adaptadas a partir de Jobim et al. (2007).

As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de gases foram quantificadas por diferença de peso, segundo equação abaixo:

$$G(\% \text{ MS}) = [(P_{schf} - P_{scha}) / (MV_{fi} \times MS_{fi})] \times 1000, \text{ onde:}$$

G(% MS): Perdas por gases;

P_{schf}: Peso do silo cheio (kg) no fechamento da silagem;

P_{scha}: Peso do silo cheio (kg) na abertura;

MV_{fi}: Massa Verde (kg) de forragem ensilada;

MS_{fi}: Matéria Seca (%) da forragem ensilada.

As perdas por efluente foram calculadas pela equação abaixo, baseadas na diferença de peso da areia e relacionadas com a massa de forragem fresca no fechamento.

$$E [(kg/ton MV) = (Psvaa - Ts)] - (Psa - Ts)/MVfi] \times 100, \text{ onde:}$$

E [(kg/ton MV): Perdas por efluente;

Psvaa: Peso do silo vazio com areia (kg) no fechamento da silagem;

Ts: Tara do silo;

Psa: Peso do silo com areia (kg) antes de colocar a forragem verde picada;

MVfi: Massa verde de forragem (kg) utilizada na confecção da silagem.

Para determinar a recuperação da matéria seca utilizou-se a seguinte equação:

$$RMS(\%) = [(MVfo \times MSfo)/(MSi \times MSsi)] \times 100, \text{ onde:}$$

RMS(%): Recuperação de Matéria Seca em porcentagem;

MVfo: Massa Verde de forragem (kg) na hora da ensilagem;

MSfo: Matéria Seca da forragem (%) na hora da ensilagem;

MSi: Massa da Silagem (kg) na abertura dos silos;

MSsi: Matéria Seca da Silagem (%) na abertura dos silos.

Durante as amostragens foram desprezados os 5 cm da porção superior e inferior dos silos, coletando-se amostras de silagem do centro geométrico dos silos experimentais. A silagem foi manualmente removida e recolhida em bandeja de plástico para homogeneização.

A primeira amostra da silagem (aproximadamente 500g) foi coletada no momento da abertura, acondicionada em sacos plásticos identificados e congelada para análise do pH, onde coletaram-se subamostras de aproximadamente 25 g, às quais foram adicionados 100 mL de água destilada, e, após repouso por duas horas, efetuou-se leitura do pH, utilizando-se de um potenciômetro de bancada (Silva e Queiroz, 2002). Em outra subamostra de 25 g, adicionaram-se 200 mL de solução de H₂SO₄ 0,2 N, permanecendo em repouso por 48 horas para, em seguida, efetuar-se a filtragem em filtro tipo Whatman 54. Este filtrado foi acondicionado em geladeira, para posterior determinação de N-amoniaco (AOAC, 1990). O poder tampão (PT) foi analisado pelo método descrito por Playne e McDonald (1966).

Para determinação dos ácidos orgânicos, aproximadamente 25 g de silagem fresca foram diluídas em 250 mL de água destilada e homogeneizadas em liquidificador industrial durante um minuto. O extrato aquoso resultante foi filtrado em filtro de papel, e 100 mL foram acidificados com H₂SO₄ 50% e, posteriormente, filtradas em papel de filtragem rápida (Kung Jr. e Ranjit, 2001). Em 2 mL deste filtrado foram adicionados 1 mL de solução de ácido metafosfórico 20% e 0,2 mL de solução de ácido fênico 1%, utilizado como padrão interno. A determinação dos ácidos láctico, acético, butírico e propiônico foi realizada por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), segundo metodologia descrita por Mathew et al. (1997).

A outra amostra da silagem (aproximadamente 500g) foi submetida à pré-secagem, por 48 horas, em estufa com circulação forçada de ar regulada a 55°C e, em seguida, foi moída em moinho estacionário tipo faca Thomas-Willey dotadas de peneira com crivo de 1 mm, e guardadas em recipientes de polietileno para posterior avaliação da composição químico-bromatológica.

Foram realizadas análises laboratoriais para a determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). Os valores de NDT foram determinados por estimativa de acordo com Van Soest (1994), pela equação: $NDT (\%) = Deg + (1,25 * EE) - MM$, onde Deg = Degradabilidade, 1,25 = fator de correção, EE = Extrato Etéreo, MM = Matéria Mineral.

Os dados obtidos referentes às perdas por gases e efluentes, recuperação da matéria seca, padrão de fermentação e os constituintes bromatológicos da silagem de capim *Brachiaria decumbens* foram analisados estatisticamente através da análise de variância (teste t) e, nos casos de significância, procedeu-se a análise de regressão, testando-se modelos polinomiais de primeiro e de segundo grau, ao nível de 5% de significância, utilizando-se o programa SAEG, (1999) versão 8.1. A escolha do modelo de regressão foi realizada considerando os valores de P e R².

3. Resultados e Discussão

Os valores médios das perdas por gases, efluente e recuperação de matéria seca das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz são apresentados na Tabela 2.

As perdas por gases e efluente foram reduzidas linearmente ($P < 0,05$) em função dos níveis de farelo de arroz adicionado à silagem de capim-braquiaria. Observou-se redução de 0,11% na produção de gases e de 0,39% na produção de efluente, sendo estimado redução de 9,95, 8,77, 7,59, 6,41 e 5,23%, respectivamente, sendo que, para os valores estimados das perdas por efluente foram de 16,46, 12,48, 8,50, 4,52 e 0,54% para cada 1% de farelo de arroz adicionada a forragem de capim, respectivamente.

Tabela 2. Valores médios das perdas por gases (PG), perdas por efluente (PE) e recuperação da matéria seca (RMS) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
PG ¹	8,76	7,57	6,38	5,20	4,01	$\hat{Y} = 9,956 - 0,118X$	0,84	4,78
PE ²	18,3	3,18	1,13	0,54	0,00	$\hat{Y} = 16,467 - 0,398X$	0,65	5,13
RMS ³	76,2	79,42	82,63	85,84	89,05	$\hat{Y} = 73,011 + 0,329X$	0,68	7,32

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

¹Porcentagem na matéria seca; ²kg/ton; ³Porcentagem CV = coeficiente de variação (%)

Destaca-se que as perdas por gases e efluente foram minimizadas no tratamento com 10% de farelo de arroz, evidenciando a capacidade do farelo de arroz em absorver a umidade na silagem de capim. O farelo de arroz reduziu as perdas por gases, provavelmente devido à redução de microrganismos produtores de gás, como as enterobactérias e bactérias clostrídicas, que se desenvolvem em silagens mal fermentadas (McDonald, 1981).

Em experimento que foram avaliados a ensilagem do capim-elefante com diferentes coprodutos e resíduos, Andrade et al. (2010) relatam que a inclusão de farelo de cacau no nível de 14,23% foi suficiente para inibir a produção de efluente, enquanto, no caso do farelo de mandioca e da casca de café, foram necessários níveis de 25,63 e 30%, respectivamente. Esse comportamento foi diferenciado em relação ao presente experimento, por serem aditivos com capacidade higroscópicas diferente do farelo de arroz e, pelo fato do teor de matéria seca do capim-elefante ser menor (15,9%) que a do capim-braquiaria (24,10%) do presente experimento, demandando mais aditivo para reduzir as perdas.

Ressalta-se que a redução das perdas por efluente diminui as perdas de nutrientes por percolação junto ao efluente produzido durante a ensilagem e a perda por gases diminui a quantidade da silagem estragada e, conseqüentemente, descartada. Rezende et al. (2011) observaram uma redução de 21% das perdas por efluentes pela adição de 15% de farelo de babaçu na silagem de cana-de-açúcar. Enquanto, Zanine et al. (2010) observaram uma redução de 1,26 em efluentes de silagens de capim-elefante com adição de níveis crescentes (0 a 30%) de raspa de mandioca.

Os valores de recuperação da matéria seca das silagens aumentaram de forma linear ($P < 0,05$) com a adição do farelo de arroz (Tabela 2). A cada 1% de farelo de arroz incluso, observou-se aumento de 0,32 unidades percentuais na recuperação da matéria seca. O nível de 40% de inclusão de farelo de arroz aproximou de 13,16 unidades percentuais na recuperação de matéria seca quando comparado com a silagem controle (73,01%). O farelo de arroz foi eficiente em reduzir a umidade das silagens, em decorrência do seu alto teor de matéria seca (90,01%), pois dilui a quantidade de água.

Segundo McCullough (1977) o potencial de uma gramínea para ensilagem depende do teor original de umidade que deve situar-se próximo a 70%. A inclusão de 21,24% de farelo de arroz foi suficiente para proporcionar recuperação da matéria seca acima de 80%, garantindo alta recuperação da matéria seca do material ensilado, que, em condições de excesso de umidade, pode ser atribuída à maior incidência de fermentações indesejáveis pelas bactérias heterofermentativas, principalmente a fermentação butírica promovida por bactérias do gênero *Clostridium* (McDonald, 1981). É interessante relatar que a inclusão do menor percentual de farelo de arroz foi suficiente para proporcionar recuperação de matéria seca equivalente aos maiores percentuais de inclusão, demonstrando que a inclusão de 10% de farelo de arroz é suficiente para garantir alta recuperação da matéria seca ensilada.

Na Tabela 3 podem ser observados os valores médios de pH, nitrogênio amoniacal, poder tampão e ácidos orgânicos das silagens com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de farelo de arroz sobre o pH das silagens, com ponto de mínima para o nível de 28,57% de farelo de arroz, inferindo que maiores níveis elevam os valores de pH, o que sugere que níveis mais

altos fornecem um excesso de carboidratos que pode ser utilizados por microrganismos que se desenvolvem em meios com pH muito reduzido e elevada quantidade de açúcares residuais, como é o caso de algumas bactérias do gênero *Clostridium* (Pahlow et al. 2003), aumenta o teor de matéria seca pelo efeito de diluição, pois o farelo de arroz tem maior concentração de matéria seca em relação ao capim, na ensilagem.

Tabela 3. Valores médios de pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), poder tampão, ácido lático (AL); ácido acético (AA); ácido butírico (AB), ácido propiônico (AP) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
pH	4,90	4,38	4,21	4,09	4,01	$\hat{Y}=4,9003-0,04X+0,0007X^2$	0,98	1,87
N-NH ₃ ¹	14,28	13,95	12,61	10,72	10,15	$\hat{Y}=15,793-0,114X$	0,94	14,41
Poder Tampão ²	21,06	20,13	19,41	18,98	18,74	$\hat{Y}=21,409-0,058X$	0,94	0,42
AL ³	3,182	4,523	4,975	5,427	5,558	$\hat{Y}=3,602+0,056X$	0,87	8,23
AA ³	1,539	1,137	0,911	0,885	0,815	$\hat{Y}=1,397-0,017X$	0,83	8,93
AB ³	0,098	0,074	0,068	0,065	0,063	$\hat{Y}=0,08-0,0008X$	0,76	9,35
AP ³	0,059	0,037	0,035	0,033	0,030	$\hat{Y}=0,0515-0,0006X$	0,72	9,57

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

¹% N-total; ²eq.mg HCL/100g MS; ³Porcentagem

CV = coeficiente de variação (%)

O valor de pH na silagem controle pode favorecer o aparecimento de microrganismos indesejáveis (*Clostridium*), tendo como referência os valores de 3,8 a 4,2 considerados ideais por McDonald et al. (1991) para preservar a qualidade do material ensilado. Sendo assim, o pH depende do teor de matéria seca do material ensilado e que a inclusão de 10% de farelo de arroz resultam em valores próximos aos recomendados pelos autores. Oliveira et al. (2011) observaram redução considerável do pH da silagem de capim-massai, com valores obtidos de 5,86, 3,99, 4,19 e 4,06 com adição de 0, 8, 16 e 24% de torta de dendê nas silagens, respectivamente.

A concentração de nitrogênio amoniacal e poder tampão reduziram linearmente com a adição de farelo de arroz ($P < 0,05$), sendo estimada redução de 0,11% e 0,05% para cada 1% de farelo de arroz acrescido à silagem, respectivamente (Tabela 3). Monteiro et al. (2011) não observaram alterações na concentração de $N-NH_3$ das silagens de capim-elefante aditivadas com até 15% de farelo de arroz, pelo elevado teor de proteína bruta do capim-elefante, quando expresso em % MS. Todavia, estes autores verificaram efeito quadrático dos níveis de farelo de arroz sobre o poder tampão da forragem, registrando-se valor mínimo de 7,17 eq.mg de HCl/100g de MS para a inclusão de 8,99% de farelo de arroz. Os valores de poder tampão do capim-braquiaria com inclusão de farelo de arroz mostraram-se inferiores a 20 eq.mg HCl/100g MS relatados por Pupo (1979). O valor de pH e nitrogênio amoniacal são empregados na avaliação da qualidade da silagem e, geralmente, constituem indicativos do processo de fermentação.

A inclusão de farelo de arroz na ensilagem de capim-braquiaria aumentou linearmente ($P < 0,05$) os valores de ácido láctico das silagens, estimando-se um acréscimo de 0,056% para cada 1% de farelo de arroz adicionado na massa ensilada (Tabela 3). Comprova-se, assim, que ocorreu um rápido aumento das bactérias ácido-lácticas nas silagens contendo farelo de arroz, mostrando que houve uma colonização eficiente e uma boa adaptação das bactérias às silagens. Esses resultados diferem dos obtidos por Ferrari Júnior e Lavezzo (2001), que, ao avaliarem a adição de 0, 2, 4, 8 e 12% de farelo de mandioca na ensilagem de capim-elefante, não verificaram efeito sobre os teores de ácido láctico.

De acordo com Santos et al. (2008), a maior produção de ácido láctico pode levar a menores perdas de MS em silagens, considerando-se que a fermentação láctica resulta em mínimas perdas, ao passo que as fermentações acética e butírica estão associadas a fermentações secundárias e perdas de MS na forma de gases.

Para as concentrações de ácido acético, foi observada redução de 0,17%, sendo estimados concentrações de 1,397, 1,227, 1,057, 0,887 e 0,717% para os níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz. A presença de concentrações moderadas de ácido acético, produzidas pelas enterobactérias, constitui um fator importante na fermentação, uma vez que seu poder antifúngico é mais eficiente que o do ácido láctico (Moon, 1983). Além disso, os valores encontrados no experimento variam de 1,5 a 0,8% (Tabela 3), atingindo o nível crítico de 0,8% (Muck, 1988),

sugerindo boa preservação da massa ensilada ao nível de 40% de inclusão de farelo de arroz.

Para as concentrações de ácido butírico, foi observada redução de 0,0008%, sendo estimados concentrações de 0,08, 0,072, 0,064, 0,056 e 0,048% para os níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz. As concentrações de ácido butírico nas silagens permaneceram dentro do recomendado na literatura, que seria de menos de 0,2% para caracterização de silagens bem preservadas. Silagens com elevadas concentrações de ácido butírico indicam deterioração do material ensilado por ação de microrganismos Clostrídeos, os quais apresentam capacidade proteolítica e utilizam os carboidratos solúveis e ácido láctico como fonte de energia, resultando numa silagem menos palatável e de odor desagradável (McCullough, 1977; McDonald, 1981).

Para as concentrações de ácido propiônico, foi observada redução de 0,0006%, sendo estimados concentrações de 0,0515, 0,0455, 0,0395, 0,0335 e 0,0275% para os níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Considerando o teor de MS, o pH, os teores de N-amoniaco e dos ácidos láctico, acético, butírico e propiônico, pode-se depreender que a adição do farelo de arroz à ensilagem de capim-braquiaria favoreceu o processo fermentativo, pois elevou o teor de MS da massa ensilada e propiciou a fermentação láctica, inibindo a fermentação clostrídica, com efeitos positivos na manutenção do pH adequado e de baixos teores de N-amoniaco, provavelmente em razão da reduzida proteólise na massa ensilada, com redução das perdas dos nutrientes por lixiviação, na forma de efluentes.

Os resultados da composição bromatológica das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz estão apresentados na Tabela 4. O farelo de arroz é eficiente em absorver umidade, uma vez que propiciou aumento linear ($P < 0,05$) nos teores de matéria seca das silagens, estimado em 0,43 unidades percentuais para cada unidade de farelo de arroz incluso à silagem. Pode-se observar que com a adição de 25,16% de farelo de arroz, as silagens superaram o limite ideal mínimo de 20-25% de matéria seca, o que pode limitar perdas de matéria seca evitando que a qualidade das silagens fosse comprometida (McDonald et al. 1991). Resultados semelhantes foram encontrados por Monteiro et al. (2011), que registraram aumentos de 0,56% no teor de matéria seca das silagens de capim-elefante para cada 1% de inclusão de farelo de arroz.

Tabela 4. Valores médios da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
MS ¹	22,21	28,50	33,63	36,07	40,11	$\hat{Y}=19,103+0,433X$	0,97	4,84
PB ²	5,78	7,62	9,47	11,32	13,16	$\hat{Y}=3,937+0,184X$	0,96	1,11
EE ²	2,08	5,36	9,15	11,71	14,33	$\hat{Y}=0,601+0,711X$	0,95	11,29
FDN ²	57,24	50,27	43,31	36,35	29,38	$\hat{Y}=64,205-0,696X$	0,99	7,81
FDA ²	30,42	26,10	21,77	17,45	13,13	$\hat{Y}=34,747-0,432X$	0,97	3,78
HEM ²	26,87	24,17	21,17	18,89	16,25	$\hat{Y}=29,458-0,264X$	0,98	6,57
NDT ²	38,05	46,32	54,83	61,22	65,90	$\hat{Y}=32,084+0,706X$	0,98	2,79

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

¹porcentagem; ²porcentagem na matéria seca

CV = coeficiente de variação (%)

Observou-se aumento linear ($P<0,05$) dos níveis de farelo de arroz sobre os teores de proteína bruta (PB) das silagens, estimando-se que para cada 1% de farelo de arroz adicionada à silagem houve aumento no teor de proteína bruta em 0,18 unidades percentuais. As elevações nos teores de PB foi resultado do maior teor de PB do farelo de arroz que possui concentrações maiores desse nutriente quando comparado ao capim-braquiaria (Tabela 1).

No entanto, parte do efeito linear do teor de PB pode ser atribuído à redução de microrganismos proteolíticos, como as enterobactérias ou *clostrídios*, diminuindo assim, as perdas de nitrogênio proteico das silagens aditivadas. Estima-se que a inclusão de 16,64% de farelo de arroz na ensilagem de capim-braquiaria é suficiente para atingir o mínimo necessário de 7% de proteína bruta na silagem, garantindo o valor ideal para a manutenção da microbiota ruminal quando há consumo satisfatório da forragem, devido ao aporte de proteína para os microrganismos do rúmen (Silva e Leão, 1979; McDonald et al. 1991; Mertens, 1994).

Oliveira et al. (2011) concluíram que para cada 1% de inclusão da torta de dendê na silagem de capim-massai, promoveu aumento de 0,197 unidades percentuais de PB. Monteiro et al. (2011) verificaram efeito quadrático dos níveis de farelo de arroz sobre o teor de PB na silagem, observando valor máximo de 6,36%

de PB, referente a inclusão de 10,53% de farelo de arroz na forragem de capim-elefante.

A inclusão de farelo de arroz na ensilagem de capim-braquiaria aumentou linearmente ($P < 0,05$) o teor de extrato etéreo (EE) das silagens, estimando-se um acréscimo de 0,71% para cada 1% de farelo de arroz adicionada à massa ensilada. Isso pode ser explicado pelo extrato etéreo presente no farelo de arroz ser maior que o presente na forrageira. Oliveira et al. (2011) estudando a inclusão de torta de dendê na ensilagem de capim-massai, concluíram que para cada 1% de inclusão da torta de dendê obteve-se aumento de 0,114 unidades percentuais de EE.

É importante ressaltar que no nível de 10% de inclusão de farelo de arroz, o valor de extrato etéreo foi de 4,27, valor dentro do nível crítico preconizado pelo NRC (2001), que enfatiza que o total de gordura na dieta não deve ultrapassar 5 a 7% na MS, pois pode acarretar reduções na fermentação ruminal, na digestibilidade da fibra e na taxa de passagem.

Também foi verificado aumento linear ($P < 0,05$) do teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) nas silagens, com o aumento dos níveis de inclusão de farelo de arroz, sendo estimado que a cada 1% de farelo de arroz adicionado ocorreu incremento de 0,70% no teor de NDT, sendo estimados teores de 32,08, 39,14 e 60,32% para os níveis de 0, 10 e 40% de farelo de arroz. De acordo com Harris et al. (1972) estudos teóricos e experimentais são feitas ao uso do NDT como parâmetro indicativo de energia dos alimentos.

Andrade et al. (2010) verificaram aumentos de 0,54 e reduções de 0,36 e 0,18 unidades percentuais nos valores de NDT para cada unidade de farelo de mandioca, casca de café e farelo de cacau adicionados na ensilagem do capim-elefante, respectivamente. Na mesma premissa, Monteiro et al. (2011) observaram acréscimo de 0,26% de NDT para cada 1% de adição de farelo de arroz na forragem.

A elevação da concentração energética com a inclusão de farelo de arroz ocorreu devido às suas características químico-bromatológicas, que elevou frações diretamente relacionadas ao aumento de energia, como PB, EE e CNF, e reduziu frações que possuem relação inversa, como FDN e FDA (Tabela 1). A adição de 40% de farelo de arroz ao capim-braquiaria picado proporcionou silagem com 65,90% de NDT. Este valor é próximo ao encontrado por Pereira et al. (2008) para silagem de milho (63,7% NDT), que é considerada como padrão de qualidade para volumosos.

A adição de farelo de arroz promoveu redução linear ($P < 0,05$) no teor de fibra em detergente neutro (FDN), estimando-se declínio de 0,69 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz adicionado à massa ensilada. Essa redução acentuada pode ser explicada pelo efeito de diluição causado pelo menor teor de FDN (26,89%) do farelo de arroz se comparado com o capim-braquiaria (55,41%) (Tabela 4). O maior nível de inclusão de farelo de arroz resultou em silagem com menor teor de FDN (17,46%) em comparação com a silagem de capim puro. Esse fato pode permitir maior ingestão de MS pelo animal, em razão do menor efeito físico de enchimento do rúmen, pelo material não-fibroso, aumentando a taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo, conforme relatado por Resende et al. (1994). Assim, a utilização de ingredientes que mantenham melhor ambiente ruminal e favoreçam à digestão da fibra, se apresentam como desafio para os pesquisadores, considerando que a substituição de ingredientes que são tradicionalmente utilizados, capaz de reduzir os investimentos de produção inerentes à alimentação animal, devido ao baixo custo do farelo de arroz.

O teor de fibra em detergente ácido (FDA) foi reduzido linearmente ($P < 0,05$), estimando-se uma redução de 0,43 pontos percentuais para cada 1% de farelo de arroz adicionado. A redução linear nos teores de FDA das silagens é atribuído a uma resposta direta aos menores teores de FDA no farelo de arroz (13,76%), quando comparado com a forragem de capim-braquiaria (55,41%) (Tabela 1). Os resultados encontrados estão de acordo com Cândido et al. (2007), que relatam que os teores acima de 44% de FDA nas silagens implicam em limitações no consumo, pois a FDA constitui a parte mais indigestível da fibra presente nos volumosos. As silagens de capim-braquiaria com ou sem adição de farelo de arroz apresentaram valores menores que dos autores supracitados, possivelmente pelo efeito de diluição, pois o farelo de arroz apresenta menores teores de FDA quando comparado com o capim-braquiaria (Tabela 1).

Destaca-se que a redução nos teores de FDA é uma boa indicação de melhoria no valor nutritivo das silagens, já que existe uma correlação negativa entre os teores de FDA e a degradabilidade do alimento, ou seja, com redução nos teores de FDA ocorre aumento da digestibilidade da MS (Van Soest, 1994). Oliveira et al. (2011) relatam que a cada 1% de adição da torta de dendê adicionada ao capim-massai, no momento da ensilagem, ocorreu redução de 0,099 e 0,101 unidades

porcentuais para FDN e FDA, respectivamente. Resultados inferiores ao encontrados no presente estudo.

Para a hemicelulose (HEM) foi observado redução linear ($P < 0,05$), em que cada 1% de farelo de arroz adicionado à silagem de capim-braquiaria, promoveu uma redução de 0,26% de hemicelulose, devido ao efeito de diluição, demonstrando sua eficiência na melhoria do valor nutritivo da silagem. De acordo com Berchielli et al. (2006), quanto mais rápida a degradabilidade da hemicelulose, maior digestibilidade da parede celular e conseqüente o esvaziamento do rúmen, além de redução do tempo de permanência da fração fibrosa no trato gastrointestinal, o que permite maior ingestão de matéria seca.

4. Conclusões

A inclusão de 10% de farelo de arroz assegura uma boa fermentação da silagem de capim-braquiaria, proporcionando diminuição das perdas por gases e efluentes, aumentando a recuperação de matéria seca e promovendo melhorias na composição bromatológica. Para valores mais elevados de adição de farelo de arroz devem ser levados em consideração o teor de extrato etéreo.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2578-2588, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Virginia, 1990. v. 1, 684p.
- ANDRIGUETTO, J.M. **Nutrição Animal** – As bases e os fundamentos da nutrição animal – Os alimentos – 5ª edição, São Paulo:Nobel, v. 1, 395p, 1981.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, A.L.; PEREIRA, O.G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2185-2191, 2005.
- BERCHIELLI, T.T.; RODRIGUEZ, N.M.; OSÓRIO NETO, E. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 583p. 2006.
- CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; FERREIRA, A.C.H. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1489-1494, 2007.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa-SPI, Rio de Janeiro, Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- FARIA, D.J.G.; GARCIA, R.; TONUCCI, R.G.; TAVARES, V.B.; PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M. Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 471-478, 2010.
- FERRARI JR, E.; LAVEZZO, W. Qualidade da Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) emurchecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 36, p. 1424-1431, 2001.
- FERREIRA, J.C.U. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Educação, p.608-610, 2001.
- HARRIS, L.E.; KEARLS, L.C.; FONNESBECK, P.V. Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. *Journal Animal Science*. Champaign, v. 35, n. 3, p. 658-680, 1972.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- KUNG JR., L.; RANJIT, N.K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal Dairy Science**, v. 84, p. 1149-1155, 2001.
- MATHEW, S.; SAGATHEVAN, S.; THOMAS, J. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids in ruminal fluid. **Indian Journal of Animal Science**, v. 67, n. 9, p. 805-807, 1997.
- McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, v. 49, n. 13, p. 49-52, 1977.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley e Sons, 218p., 1981.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991, p.340.
- MERTENS, D.R. **Regulation of forage intake**. In: FAHEY JÚNIOR, G.C. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450-493.
- MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v.55, p.453-460, 1983.
- MONTEIRO, I.J.G.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, R.H.P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 33, n. 4, p. 347-352, 2011.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality e their implication for management. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 2992-3002, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7 rev.ed. Washinton, D.C., 2001.

- OLIVEIRA, R.L.; RIBEIRO, O.L.; BAGALDO, A.R.; LIMA, L.S.; BORJA, M.S.; CORREIA, B.R.; COSTA, J.B.; LEÃO, A.G. Torta de dendê oriunda da produção do biodiesel na ensilagem de capim-massai. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 881-892, 2011.
- PEREIRA, M.S.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros em confinamento Alimentados com dietas com polpa cítrica úmida prensada em substituição à silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.134-139, 2008.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, London, v.17, p.262-268, 1966.
- PAHLOW, G., MUCK, R.E., DRIEHUIS, F., OUDE ELFERINK, S.J.W.H. AND SPOELSTRA, S.F. 2003. **Microbiology of ensiling**. In: Silage science and technology. Ed. D.R. Buxton, R.E. Muck, and J.H. Harrison. Agronomy Series nº 42. American Society of Agronomy. Madison, WI. USA. pp. 31-93.
- PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação-conservação-utilização**. ICEA Campinas. São Paulo. 343p. 1979.
- RESENDE, F.D.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 366-376, 1994.
- REZENDE, A.A.S., PASCOAL, L.A.F., VAN CLEEF, E.H.C.B., GONÇALVES, J.S.A, OLSZEWSKI, N.; BEZERRA, A.P.A. Composição química e características fermentativas de silagens de cana-de-açúcar contendo farelo de babaçu. **Archivos de Zootecnia**. v. 60, n. 1, p. 1-9, 2011.
- SANTOS, E.M., ZANINE, A.M., FERREIRA, D.J., OLIVEIRA, J.S., PENTEADO, D.C.S. E PEREIRA, O.G. Inoculante ativado melhora a silagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum*). **Archivos de Zootecnia**, v. 215, p. 1-8, 2008.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. 1979. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Ed. Livrocercos. Piracicaba. 384pp.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa), 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG: manual do usuário**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 138p., 1999. (Versão 8.0).
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G.; ALMEIDA, J.C.C. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 54, p. 1-10, 2006 (a).

- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; OLIVEIRA, J.S.; ALMEIDA, J.C.C.; PEREIRA, O.G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Arquivos de Zootecnia**, v. 55, p. 75-84, 2006 (b).
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; DOREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O.G. Evolution of elephant-grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 12, p. 2611-2616, 2010.

Capítulo II

Fracionamento de carboidratos e proteína e degradação ruminal da silagem de capim-braquiaria acrescida de farelo de arroz

Resumo: Este experimento foi conduzido para avaliar as frações proteicas e dos carboidratos, bem como estimar os parâmetros cinéticos da degradabilidade ruminal *in situ* de silagens de capim *Brachiaria decumbens* acrescidas com farelo de arroz. O capim *Brachiaria* foi obtido com 50 dias de rebrota por corte da forrageira a 10 cm do solo e a forragem foi ensilada em silos experimentais de 10 L. Foram testados cinco níveis de inclusão do farelo de arroz à silagem de capim *Brachiaria*: 0, 10, 20, 30 e 40% da matéria natural, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A abertura dos silos ocorreu após 40 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativo, submetidos à análise de regressão. A adição de farelo de arroz promoveu redução linear ($P < 0,05$) dos teores de carboidratos totais (CT), carboidratos fibrosos, bem como a fração C dos CT em função da inclusão de farelo de arroz, estimando-se redução de 0,16; 1,15 e 0,98 unidades percentuais. A fração A da proteína foi aumentada linearmente ($P < 0,05$) em 0,64 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz adicionado à silagem. Para as frações nitrogenadas B₃ e C houve redução ($P < 0,05$) de 0,11% e 0,40%, para cada unidade percentual de farelo de arroz adicionada à silagem, respectivamente. Para os parâmetros da degradabilidade ruminal da MS, foi estimado aumento de 0,54 e redução de 0,04 unidades percentuais nas frações A e I para cada 1% de farelo de arroz adicionado, respectivamente. Para a taxa de degradação da fração B (c), não houve efeito ($P > 0,05$) em função dos níveis de farelo de arroz. As frações A e I dos parâmetros da degradabilidade da proteína bruta aumentaram 0,22 e 0,72 unidades percentuais com a inclusão de 1% de farelo de arroz. A inclusão de 10 a 20% de farelo de arroz à silagem de capim-braquiaria, melhora as proporções das frações proteicas e de carboidratos, assim como a degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

Palavras chave: conservação de forragem, subprodutos, valor nutritivo, volumoso.

Fractionation of carbohydrates and protein and rumen degradation of braquiaria grass silage added with rice meal

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the fractions of protein and carbohydrates, as well as to estimate the kinetic parameters of *in situ* ruminal degradability of *Brachiaria decumbens* silages added with rice meal. The *Brachiaria* was obtained with 50 days of regrowth by cutting the grass to 10 cm of soil and forage was ensiled in experimental bags of 10 L. It was tested five levels of inclusion of rice meal at the *Brachiaria* silage: 0, 10, 20, 30 and 40% of natural matter, distributed in a completely randomized design with five replications. The bags were opened after 40 days. Data were subjected to analysis of variance, and when significant, subjected to regression analysis. The addition of rice meal linearly reduced ($P < 0.05$) of total carbohydrates (TC), fibrous carbohydrates, as well as the C fraction of CT due to the inclusion of rice meal, estimating reduction 0.16, 1.15 and 0.98 percentage units. The protein fraction was increased linearly ($P < 0.05$) 0.64 percentage units for each 1% of rice meal added to the silage. For nitrogen fractions B₃ and C decreased ($P < 0.05$) from 0.11% to 0.40%, each percentage unit of rice meal added to the silage, respectively. For the parameters of the ruminal degradability of DM was estimated increase of 0.54 units and 0.04 percentage reduction in the fractions A and I for each 1% of rice meal added, respectively. For the rate of degradation of fraction B (c), there was no effect ($P > 0.05$) according to the levels of rice meal. Fractions A and I of the parameters of increased protein degradability of 0.22 and 0.72 percentage units with the addition of 1% of rice meal. Adding 10-20% rice meal silage *Brachiaria* grass improves the proportions of carbohydrate and protein fractions as well as ruminal degradation of dry matter, crude protein and neutral detergent fiber.

Keywords: coproduct, forage conservation, nutritional value, roughage

1. Introdução

A região Centro-Oeste do Brasil se caracteriza por apresentar uma forte variação climática, a qual determina a ocorrência de estações bem definidas sendo uma de elevado e outra de reduzidos índices pluviométricos. Como consequência, há forte variação na produção dos pastos ao longo do ano. Em condições normais, apenas de 10 a 30% da produção das gramíneas tropicais utilizadas nas áreas de pastagens ocorre no período de déficit hídrico. Assim, para suprir as necessidades nutricionais dos rebanhos em períodos de baixa produtividade dos pastos, ou, mesmo para atender as demandas dos confinamentos, tem-se como uma das alternativas a conservação de forragens na forma de silagem.

O milho e o sorgo, em função de seus altos valores nutritivos e de suas características físico-químicas adequadas, são as culturas preferidas para a produção de silagens. Entretanto, outras forrageiras, como os capins, são alternativas para a ensilagem, em função do elevado potencial forrageiro, do valor nutritivo adequado quando colhidas no momento correto (Pires et al. 2009) e por ser uma cultura perene. Porém, a presença de alto teor de umidade no momento ideal de corte e o baixo teor de carboidratos solúveis são fatores que limitam o adequado processo fermentativo, produzindo silagens de qualidade inferior, além de ocasionarem perdas de nutrientes pela elevada quantidade de efluente produzido (Andrade e Lavezzo, 1998; McDonald, 1981).

No intuito de reduzir as perdas associadas à ensilagem de capim, uma das principais alternativas tem sido aumentar o teor de matéria seca, por meio da adição de materiais absorventes, o que favorece a redução das perdas, além de contribuir para a melhora do valor nutritivo da silagem. Nesse sentido, alguns autores avaliaram a casca de café, o farelo de trigo, a raspa de mandioca, o farelo de arroz, a casca de soja e o fubá de milho (Bernardino et al. 2005; Zanine et al. 2006ab; 2010; Monteiro et al. 2011) com a finalidade de absorver a umidade de silagens de capim, controlar a produção de efluente, além de contribuir com o valor nutritivo da silagem.

Como consequência das possíveis alterações na composição bromatológica da silagem de capim que um determinado aditivo pode proporcionar, a determinação das frações de carboidratos e proteínas, bem como dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro

das silagens é de suma importância para avaliar as melhorias no valor nutritivo da silagem com a inclusão do aditivo. Adicionalmente, essas informações têm sido utilizadas nos sistemas mais modernos de adequação de dietas para ruminantes, no sentido de permitir a formulação de dietas que otimizem o desempenho animal, associadas às reduções da emissão de metano e perdas de nutrientes via fezes e urina (Tonani et al. 2001).

Essa pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra em detergente neutro, e o fracionamento de carboidratos e proteína de silagens de capim-braquiaria aditivadas com farelo de arroz.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado na área experimental do Curso de Zootecnia, no Campus de Rondonópolis-MT da Universidade Federal de Mato Grosso, coordenadas geográficas: 16°28' Latitude Sul, 50°34' Longitude Oeste de Greenwich. O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo tropical, caracterizando-se por duas estações bem definidas: seca entre os meses de abril a setembro e chuvosa entre os meses de outubro a março.

O solo predominante na região é caracterizado como Plintossolo Tb álico moderado (Embrapa, 2006), apresentando textura média e relevo plano (Ferreira, 2001). Inicialmente, o solo na camada de 0-20 cm de profundidade do solo apresentava as seguintes características químicas e físicas: pH em $\text{CaCl}_2 = 4,9$; $\text{P} = 1,7 \text{ mg/dm}^3$; $\text{K} = 29 \text{ mg/dm}^3$; $\text{Ca}^{2+} = 1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; $\text{Mg}^{2+} = 1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; $\text{H+Al}^{3+} = 2,9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; $\text{Al}^{3+} = 0,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$; matéria orgânica = 13,5 g/Kg; soma de bases = 2,1 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; capacidade de troca catiônica = 4,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; saturação por bases = 46%; argila = 400 g/kg; silte = 100 g/kg e areia total = 500 g/kg.

A espécie forrageira utilizada foi o capim *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, proveniente de um pasto já estabelecido, de aproximadamente 0,5 ha, da área experimental do setor de Forragicultura. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo os tratamentos constituídos por: Silagem de capim-braquiaria, Silagem de capim-braquiaria + 10% de farelo de arroz, Silagem de capim-braquiaria + 20% de farelo de arroz, Silagem de capim-braquiaria + 30% de farelo de arroz e Silagem de capim-braquiaria + 40% de farelo de arroz, com base na matéria natural da gramínea (Tabela 1).

O capim foi submetido a um corte de uniformização, realizado com roçadeira acoplada ao trator a uma altura de 5 cm do solo. No mesmo dia foi feita adubação com 60 kg/ha de nitrogênio e potássio na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente. Após 50 dias de rebrota da gramínea foi realizado o corte a 10 cm do nível do solo, momento em que o capim apresentava altura média de 60 cm. O capim foi cortado mecanicamente, utilizando uma roçadeira costal. Em seguida, o capim foi transportado para um galpão coberto, no qual foi picado em partículas de aproximadamente 3 cm em uma picadeira estacionária. O farelo de arroz foi adicionado à massa de forragem e homogeneizado sobre lona plástica, conforme os tratamentos, sendo compactado manualmente.

Para o processo de ensilagem utilizaram-se silos experimentais com capacidade de 10 L. Após a ensilagem, os silos foram lacrados com tampa tipo Bunsen e, permaneceram fechados por 40 dias. Após esse período, foram abertos e as amostras das silagens, imediatamente após sua coleta, foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 48 horas, sendo em seguida moídas em moinho do tipo Willey, equipado com peneiras com crivos de dois milímetros, segundo recomendações do NRC (2001).

Inicialmente, as amostras foram submetidas à análise laboratorial para determinação dos teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral, de acordo com Silva e Queiroz (2002). Os valores de NDT foram determinados por estimativa de acordo com Van Soest (1994), pela equação: $NDT(\%) = Deg + (1,25 * EE) - MM$. (Deg = Degradabilidade, 1,25 = fator de correção, EE = Extrato Etéreo, MM = Matéria Mineral).

Posteriormente, foram determinadas as frações A+B₁, B₂ e C dos carboidratos: as quais representam, respectivamente, os açúcares solúveis, o amido e pectina; a fibra em detergente neutro potencialmente digestível e a fração indigestível da fibra em detergente neutro. A porcentagem de carboidratos totais (CT) foi obtida pela equação: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinza)$, a de carboidratos fibrosos (CF), a partir da FDN corrigida para seu conteúdo de cinzas e proteínas (FDN_{cp}), os carboidratos não-fibrosos (CNF), que correspondem às frações A+B₁, pela diferença entre os carboidratos totais e a FDN_{cp} (Hall, 2003); que foram determinadas segundo metodologias descritas por (Sniffen et al. 1992). A fração C, que corresponde a FDN indigestível após 144 horas de incubação *in situ* (Cabral et al.

2004). A fração B₂, que corresponde à fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

Foram determinadas as frações proteicas (A, B₁+B₂, B₃ e C), sendo a fração A correspondente ao nitrogênio não proteico (NNP), que possui elevada taxa de hidrólise no rúmen, a fração B representa a proteína verdadeira que é subdividida em três sub-frações, baseadas na velocidade de degradação ruminal. A fração B₁ é rapidamente degradada no rúmen (>50%/h), representado pela albumina e globulina. A fração B₂ apresenta taxa de degradação intermediária (5-15%/h), sendo representado pela maioria das albuminas e glutelinas. As frações B₁+B₂ foram obtidas pela diferença entre a fração A e o teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), conforme relatado por Licitra et al. (1996). A fração B₃ é a proteína associada à parede celular e de degradação lenta (0,01-1,5%/h), representado pelas prolaminas, extensinas e proteínas desnaturadas, obtida pela diferença entre os teores de NIDIN e NIDA (nitrogênio insolúvel em detergente ácido). Por fim, a fração C, corresponde ao nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). O NIDN e o NIDA foram obtidos pelo tratamento da amostra com as soluções em detergente neutro e ácido durante 1 hora a 100°C, respectivamente, e subsequente determinação do teor de compostos nitrogenados em cada resíduo (Sniffen et al. 1992).

O teor de nitrogênio não-proteico (fração A) foi calculado como a diferença entre o percentual do nitrogênio total na amostra e o valor de nitrogênio proteico contido no resíduo após o tratamento da amostra com solução de ácido tricloroacético a 10% por trinta minutos. Então foi feita a estimativa do teor de nitrogênio no resíduo pelo método Macro Kjeldal conforme (Cappelle et al. 2001).

Para o ensaio *in situ* foram utilizadas quatro vacas mestiças, não-lactantes, não-prenhes, fistuladas no rúmen, com peso corporal médio de 400 kg, mantidas em pastos de capim-braquiaria, com bebedouro e cocho para fornecimento de suplemento mineral *ad libidum*. Os alimentos moídos a 2mm foram pesados e colocados em sacos de TNT, de modo a proporcionar cerca de 10 a 20 miligramas de amostra cm⁻² de área útil dos sacos de acordo com a metodologia de Nocek (1988), em duplicata para cada alimento, em que cada animal representou uma repetição. Os sacos foram lacrados em máquina seladora a quente e acondicionados em bolsa de sombrite, com 100 gramas de chumbo (para evitar que ficassem apenas na parte dorsal do rúmen) e inserida no rúmen nos tempos

equivalentes a 144, 96, 72, 48, 24, 16, 8, 4, 2 e 0 horas. Para todos os tempos de incubação foram pesados nove saquinhos por tempo, por alimento. Os sacos correspondentes ao tempo zero também foram incubados no rúmen. A bolsa de sombrite foi presa à tampa da cânula através de um fio de náilon, ± 50 cm de comprimento para permitir que o material se alojasse no saco ventral do rúmen.

Os sacos de incubação foram retirados do rúmen e lavados em água corrente por aproximadamente trinta minutos para a retirada do excesso do conteúdo ruminal por, aproximadamente, trinta minutos. Posteriormente, os sacos foram lavados exaustivamente em água corrente até que ela se apresentasse limpa, sendo em seguida, encaminhados ao Laboratório de Nutrição Animal onde foram submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 48 horas, conforme NRC (2001). Adiante, os sacos foram retirados da estufa e acondicionados em dessecador para manter o equilíbrio com a temperatura ambiente, e foram pesados. A determinação da MS foi feita em estufa a 55°C por 48 horas e o resíduo obtido após essa etapa foi utilizado para as análises de MS, PB e FDN, segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

Os dados de degradabilidade ruminal *in situ* da MS, PB, FDN e FDNi foram obtidos pela diferença de peso, encontrada para cada componente, entre as pesagens efetuadas antes e após a incubação ruminal, sendo estes expressos em porcentagem do material original nos sacos, permitindo a construção de perfis de degradação ruminal. Para estimativa dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal da MS e PB, utilizou-se o modelo assintótico exponencial de primeira ordem, conforme Orskov e McDonald (1979) e para os perfis de degradação da fibra em detergente neutro (FDN) utilizou-se o modelo de Mertens (1987).

Por meio desses modelos, para os teores de matéria seca e proteína bruta foram estimadas a fração A, que corresponde à fração solúvel em água da MS, que desaparece dos sacos no tempo zero; a fração B, correspondente à fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável no rúmen em função do tempo; c , é a taxa de degradação ruminal da fração B, expressa em $\% h^{-1}$ e a fração I, a qual corresponde a fração indigestível no rúmen da MS e da PB, ou seja, é o resíduo do alimento remanescente nos sacos após 144 horas de incubação. Já para a fibra em detergente neutro foram estimadas as frações D, que corresponde à parte potencialmente degradável no rúmen da FDN; a taxa de degradação ruminal da fração D (c), expressa em $\% h^{-1}$; a fração L, que corresponde ao tempo de latência e

finalmente, a fração I que corresponde à fração indigestível no rúmen da FDN, ou seja, é o resíduo do alimento remanescente nos sacos após 144 horas de incubação ruminal, conforme Orskov e McDonald (1979).

Os perfis de degradação para a MS, PB, FDN das silagens e dos alimentos avaliados, para cada animal utilizado, foram submetidas ao ajuste pelos respectivos modelos, utilizando-se o procedimento “Regressão de Marquardt” do software SAEG (1999), o que permitiu a obtenção das estimativas dos parâmetros analisados. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através da análise de variância (teste t) e, nos casos de significância ($P < 0,05$), procedeu-se a análise de regressão, testando-se modelos polinomiais de primeiro e de segundo grau, utilizando-se o programa SAEG, (1999) versão 8.1 (Universidade Federal de Viçosa-UFV).

Tabela 1. Valores médios dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), nutrientes digestíveis totais (NDT) estimados, pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e poder tampão do farelo de arroz e das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Farelo de Arroz (g/kg)	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)				
		0	10	20	30	40
MS ¹	90,01	22,21	28,50	33,63	36,07	40,11
PB ²	16,06	5,78	7,62	9,47	11,32	13,16
EE ²	16,14	2,08	5,36	9,15	11,71	14,33
FDN ²	26,89	57,24	50,27	43,31	36,35	29,38
FDA ²	13,76	30,42	26,10	21,77	17,45	13,13
HEM ²	11,34	26,87	24,17	21,17	18,89	16,25
NDT ²	83,64	38,05	46,32	54,83	61,22	65,90
pH	---	4,90	4,38	4,21	4,09	4,01
N-NH ₃ ³	---	14,28	13,95	12,61	10,72	10,15
Poder Tampão ⁴	---	21,06	20,13	19,41	18,98	18,74

¹porcentagem; ²porcentagem na matéria seca; ³% N-total; ⁴eq.mg HCL/100g MS

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 2, observa-se redução linear ($P < 0,05$) dos carboidratos totais (CT) das silagens de capim-braquiaria, estimando-se declínio de 0,16 unidades percentuais para cada uma unidade percentual de farelo de arroz adicionada. Essa

redução está relacionada aos maiores teores de proteína bruta e extrato etéreo do farelo de arroz (Tabela 1). Comportamento similar foi observado por Carvalho et al. (2007), que observaram redução de 0,22 unidades percentuais para cada 1% de adição de farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante. Resultados contrários aos do presente estudo foram registrados por Andrade et al. (2010), em que os níveis de farelo de cacau provocaram aumento linear do teor de CT, estimado em 0,28 unidades percentuais para cada 1% de farelo de cacau, devido ao menor teor de PB e EE do farelo de cacau com relação ao farelo de arroz utilizado no presente experimento.

Tabela 2. Valores médios dos carboidratos totais (CT), carboidratos fibrosos (CF), frações (A+B₁), (B₂) e C das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
CT ¹	81,99	79,04	77,35	76,38	74,83	$\hat{Y}=81,318-0,169X$	0,95	1,91
CF ¹	66,58	46,77	32,31	26,91	17,97	$\hat{Y}=63,898-1,153X$	0,94	2,29
Fração A+B ₁ ²	15,41	32,26	45,03	49,46	56,85	$\hat{Y}=19,791+1,000X$	0,94	3,92
Fração B ₂ ²	39,00	40,48	41,33	40,24	38,39	$\hat{Y}=38,952+0,231-0,006X^2$	0,98	1,71
Fração C ²	45,59	27,26	13,64	10,30	4,76	$\hat{Y}=40,029-0,986X$	0,90	5,71

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

¹Porcentagem na matéria seca; ²Porcentagem no carboidrato total

CV = coeficiente de variação (%)

Para os teores de carboidratos fibrosos (CF) observou-se redução linear ($P<0,05$) nas silagens de capim-braquiaria, em que cada 1% de farelo de arroz acrescido promoveu redução de 1,15% no teor de CF (Tabela 2). Correspondem à fibra potencialmente digestível e à fibra indigestível, que são representados pela hemicelulose e celulose, juntamente com a lignina, sendo parcialmente disponível no rúmen, portanto com grande influência na disponibilidade de energia para os ruminantes (Mertens, 1987). Resultados contrários foram registrados por Andrade et al. (2010) avaliando o efeito de 0, 10, 20 e 30% de casca de café em silagens de capim-elefante, em que os autores observaram aumento linear dos CF, estimando-se aumento de 1,01% dessa fração com a inclusão de 1% de casca de café na

forragem de capim-elefante, no momento da ensilagem, devido ao maior teor de FDN da casca de café com relação ao farelo de arroz utilizado no presente experimento.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram afetados de forma linear ($P < 0,05$) pela inclusão dos níveis de adição de farelo de arroz à silagem (Tabela 2), estimando-se aumento de 1,0 unidade percentual para cada 1% de farelo de arroz na ensilagem do capim-braquiaria. Andrade et al. (2010) avaliaram a adição de farelo de mandioca e farelo de cacau na ensilagem de capim-elefante e observaram aumento linear ($P < 0,05$) na fração $A+B_1$ dos carboidratos, promovendo aumento de 1,5 e 0,8 unidades percentuais para cada 1% de adição dos respectivos aditivos absorventes de umidade.

Alimentos com elevada fração $A+B_1$ são considerados boas fontes energéticas para estimular o crescimento dos microrganismos ruminais (Carvalho et al. 2007), e o sincronismo entre a taxa de digestão das proteínas e dos carboidratos, tendo importante efeito sobre os produtos finais da fermentação e sobre a produção animal (Nocek, 1988). Neste contexto, o amido presente no farelo de arroz contribuiu para o aumento da fração $A+B_1$ das silagens. O maior teor de CNF, representado pelas frações $A+B_1$, teoricamente aumentaria o conteúdo de NDT, uma vez que estes carboidratos apresentam disponibilidade para os animais ruminantes (Mertens, 1993; Cabral et al. 2004).

Houve comportamento exponencial quadrático ($P < 0,05$) para a fração B_2 dos CT, estimando-se valor mínimo de 36,66% para o nível de 19,25% de farelo de arroz (Tabela 2). Comportamento semelhante foi relatado por Dantas (2012), que observou comportamento quadrático na fração potencialmente degradável (B_2) das silagens de capim-braquiaria com a inclusão de 0, 10, 20, 30 e 40% de casca de soja moída, observando o ponto de mínima de 6,6% de inclusão do coproduto no capim-braquiaria, no momento da ensilagem.

A fração B_2 , por apresentar lenta taxa de degradação, juntamente com a fração C (indigestível) normalmente afeta o consumo animal pelo fator enchimento ruminal, o que pode reduzir o desempenho dos animais (Mertens, 1987). Malafaia et al. (1998) destacaram que o valor da fração B_2 dos alimentos está relacionado ao teor de FDN, pois, em estudos realizados com diversos alimentos, ficou evidenciado que as gramíneas foram os volumosos com maiores valores da fração B_2 , em

decorrência dos maiores teores de FDN, o que explica os maiores valores dessa fração na silagem controle.

Observa-se, na Tabela 2, que para cada 1% de inclusão de farelo de arroz na silagem de capim-braquiaria, houve redução de 0,98 unidades percentuais na fração C (% CT). Esse comportamento pode ser explicado devido à adição do farelo de arroz à silagem de capim-braquiaria, pois o farelo de arroz tem menor teor de FDN que o capim-braquiaria (26,89 e 55,41%). Comportamento semelhante foi observado por Andrade et al. (2010) avaliando a adição de farelo de mandioca na silagem de capim-elefante, em que os autores registraram redução linear na fração C das silagens, cujo decréscimo estimado foi de 0,45 unidades percentuais a cada 1% de farelo de mandioca. É válido ressaltar que tal comportamento pode favorecer o consumo voluntário pelos animais, fator determinante da produção animal. Resultados contrários foram observados por Carvalho et al. (2007), que registraram aumento de 0,2 unidades percentuais para cada unidade de farelo de cacau adicionada ao capim-elefante no momento da ensilagem, possivelmente, devido ao maior teor de FDN do farelo de cacau com relação ao farelo de arroz utilizado no presente experimento.

A fração A, que representa a porcentagem de nitrogênio não-proteico (NNP), aumentou linearmente ($P < 0,05$), estimando-se que a inclusão de 1% de farelo de arroz elevou em 0,64 unidades percentuais o NNP das silagens de capim-braquiaria (Tabela 3). Esse resultado pode ser explicado, pelo alto teor de PB do farelo de arroz (16,06%), e, possivelmente, ter ocorrido a conversão dessa proteína em nitrogênio não-proteico, por ser altamente susceptível à proteólise, pode ser convertida a NNP (Van Soest, 1994).

Tabela 3. Valores médios das frações nitrogenadas (Fração A, B₁+B₂, B₃ e C) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
Fração A ¹	27,78	36,35	44,64	50,12	53,12	$\hat{Y}=29,512+0,644X$	0,96	1,22
Fração B ₁ +B ₂ ¹	21,94	18,67	16,70	15,28	17,73	$\hat{Y}=22,140-0,460X+0,008X^2$	0,96	5,90
Fração B ₃ ¹	15,56	14,75	13,40	12,25	10,95	$\hat{Y}=15,730-0,117X$	0,99	7,47
Fração C ¹	34,72	30,23	25,26	22,35	18,20	$\hat{Y}=34,326-0,409X$	0,99	3,64

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

¹Porcentagem no nitrogênio total

CV = coeficiente de variação (%)

A determinação das características das frações proteicas dos alimentos permite estimar seus respectivos teores, bem como o maior ou menor escape de nitrogênio ruminal. Com essas informações, torna-se possível desenvolver estratégias nutricionais para melhorar a utilização do nitrogênio, tanto pelos microrganismos ruminais quanto pelo animal. Por conseguinte, o nível de utilização da fração nitrogenada é importante na avaliação de alimentos e na especificação de exigências nutricionais dos ruminantes (Cabral et al. 2000).

Resultados contrários foram relatados por Carvalho et al. (2008) que observaram que o teor NNP decresceu linearmente em função dos níveis de farelo de cacau, estimando-se redução de 0,68 unidades percentuais para cada 1% de farelo de cacau incluso na silagem de capim-elefante, possivelmente, devido ao menor teor de PB contido no farelo de cacau com relação ao capim ensilado. Santos et al. (2012) relatam que os diferentes componentes de algaroba (farelo, vagem e amido) utilizados na ensilagem de capim-elefante contribuíram para o acréscimo da fração "a" na degradabilidade ruminal da MS e PB das silagens.

As frações B₁ e B₂ nesse estudo foram consideradas fração única (B₁+B₂) e se referem às proteínas solúveis e insolúveis verdadeiras, comportaram-se de maneira quadrática (P<0,05), estimando-se valor máximo de 15,5% para o nível de 28,75% de farelo de arroz (Tabela 3). Segundo Sniffen et al. (1992) a fração B₁+B₂, por apresentar rápida taxa de degradação ruminal em relação à fração B₃, tende a ser extensivamente degradada no rúmen, contribuindo para o atendimento dos

requisitos de nitrogênio dos microrganismos ruminais, porém a rápida proteólise no rúmen dessas frações pode levar ao acúmulo de peptídeos e permitir o seu escape para os intestinos, uma vez que a utilização de peptídeos é considerada limitante à degradação de proteínas. Andrade et al. (2010) observaram redução máxima de 0,452% no teor de B_1+B_2 do capim-elefante contendo farelo de mandioca na ensilagem de capim-elefante.

Para os teores de proteína associada à parede celular e de lenta degradação ruminal, representada pela fração B_3 , como porcentagem do nitrogênio total, foi verificado efeito linear decrescente ($P<0,05$), estimando-se redução de 0,11 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz adicionado ao capim no momento da ensilagem. Andrade et al. (2010) estudando a inclusão de coprodutos agrícolas em silagens de capim-elefante, concluíram que o aumento dos níveis de farelo de mandioca teve efeito linear ($P<0,05$) nos teores da fração B_3 da proteína, promovendo acréscimo de 0,34 unidades percentuais a cada 1% de farelo de mandioca adicionado ao capim-elefante no momento da ensilagem. Apesar de digerível, a fração B_3 possui taxa de degradação ruminal de apenas 0,02 a 1,0% h^{-1} (Sniffen et al. 1992). Acrescenta-se que a fração B_3 é representada pela fração proteica ligada à parede celular que apresenta lenta degradação (Cabral et al. 2004; Carvalho et al. 2008).

Já a fração considerada indigestível (C, %CT), mensurada pela quantificação do teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) nas silagens, apresentou efeito linear, estimando-se redução de 0,40 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz. Estes resultados estão de acordo com Andrade et al. (2010), que observaram efeito linear da inclusão de farelo de mandioca à silagem de capim-elefante, que apresentou redução estimada de 0,13 unidades percentuais para cada 1% de farelo de mandioca adicionado.

Segundo Van Soest (1994), o aumento da fração C de silagens pode ocorrer em virtude da formação de produtos da reação de Maillard, dado o aumento da temperatura em silagens com elevado teor de umidade. É possível que o aumento da fração C das silagens com farelo de arroz esteja associado ao processo de polimento do grão de arroz na indústria cerealista. Acredita-se que possa ter ocorrido reação de Maillard, haja vista os baixos valores de NIDA nesse coproduto em relação ao capim-braquiária, resultando, assim, diminuição da fração C naquelas silagens contendo farelo de arroz.

Como a proporção dessas frações proteicas é responsável pelo maior ou menor escape de nitrogênio ruminal e pelo atendimento dos requisitos de nitrogênio dos microrganismos ruminais, fica implícito que alimentos com teores de PB similares, mas com diferenças nessas frações, resultarão em predições incorretas sobre o desempenho animal, se na formulação das rações, não for considerada a dinâmica de tais frações no rúmen e nos intestinos (Malafaia, 1998).

A fração A dos parâmetros da degradabilidade da MS foi aumentada linearmente ($P < 0,05$), em 0,54 unidades percentuais para cada 1% de inclusão de farelo de arroz na silagem. Rêgo et al. (2009) observaram aumento linear com a inclusão de pedúnculo de caju desidratado na ensilagem de capim-elefante, estimando-se que para cada 1% de pedúnculo de caju desidratado houve acréscimo de 0,64 unidades percentuais dessa fração. Resultados semelhantes aos observados por Rêgo et al. (2010) que estudaram silagens de capim-elefante com inclusão de 0, 4, 8, 12 e 16% do grão de urucum, registrando-se uma variação de 19,50 a 26,25% nos valores da fração solúvel.

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros da degradabilidade das frações A, B, taxa de degradação da fração B (c) e I da matéria seca (MS) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
Fração A	24,01	29,95	37,49	40,91	45,99	$\hat{Y}=24,690+0,549X$	0,98	2,99
Fração B	64,79	58,44	50,79	46,57	40,86	$\hat{Y}=64,243-0,597X$	0,99	1,79
c (% h ⁻¹)	0,025	0,025	0,026	0,026	0,026	$\hat{Y}=0,026$	---	11,56
Fração I	13,13	12,50	11,70	11,59	11,18	$\hat{Y}=13,071-0,048X$	0,94	6,44

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

A = fração solúvel em água (da MS) que desaparece dos sacos no tempo zero;

B = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável em função do tempo;

c = taxa de degradação ruminal da fração B, expressa em %/h;

I = fração indigestível no rúmen da matéria seca (MS), ou seja, é o resíduo do alimento remanescente nos sacos após 144 horas de incubação.

CV = coeficiente de variação (%)

A fração B, insolúvel, potencialmente degradável da MS foi reduzida linearmente ($P < 0,05$) (Tabela 4) em 0,59 unidades percentuais para cada 1% de acréscimo de farelo de arroz à silagem. A fração potencialmente degradável (B) da MS ficou entre 64,79 e 40,86%, com a inclusão de 0 e 40% de farelo de arroz, respectivamente, na silagem de capim-braquiaria, os quais estão próximos aos

observados por Pereira et al. (2000) que trabalharam com capim-elefante adicionado de resíduo do beneficiamento do milho e da soja, obtendo frações potencialmente degradável entre 43,43 e 53,20%, respectivamente.

Com relação à taxa de degradação ruminal da fração B (c), não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) para os níveis de inclusão de farelo de arroz, apresentando valor médio de $0,026 \text{ h}^{-1}$ (Tabela 4). Para todos os níveis de inclusão de farelo de arroz, a taxa de degradação da MS permaneceu dentro da faixa de 2 a 6% por hora, uma característica de alimentos de boa qualidade (Sampaio, 1988).

A inclusão de farelo de arroz na silagem de capim-braquiaria afetou a concentração da fração indigestível (I) da MS, sendo observado efeito linear ($P < 0,05$), estimando-se redução de 0,04 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz (Tabela 4). De forma contrária, Monteiro et al. (2011) verificaram aumento nos teores de fibra de silagens de capim-elefante aditivada com 20% de casca de soja. Os autores constataram que esse fato pode estar associado aos elevados teores de componentes estruturais (celulose e hemicelulose) presentes na parede celular do coproduto.

Observou-se comportamento linear ($P < 0,05$) da taxa de degradabilidade da fração solúvel em água da PB, estimando-se aumento de 0,22 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz. Resultados semelhantes foram encontrados por Rêgo et al. (2010), que observaram aumento linear na silagem de capim-elefante contendo 0, 4, 8, 12 e 16% do coproduto do grão de urucum. Valor da fração A inferior aos observados nesse trabalho foi registrado por Chizzotti et al. (2005), que ao avaliarem a degradabilidade ruminal da silagem de capim-elefante verificaram valor de 29,3% desta fração. Parte da fração solúvel da PB está disponível na forma de NNP, como sugerem Sniffen et al. (1992) e comprovado por Cabral et al. (2004), que encontraram valores de 56,9% de NNP, quando fracionaram os compostos nitrogenados da silagem de capim-elefante.

Tabela 5. Valores médios dos parâmetros da degradabilidade das frações A, B, taxa de degradação da fração B (c) e I da proteína bruta (PB) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
Fração A	36,50	39,33	40,67	42,67	45,89	$\hat{Y}=36,592+0,221X$	0,98	3,26
Fração B	50,97	46,81	44,35	42,16	38,60	$\hat{Y}=50,456-0,293X$	0,98	2,58
c (% h ⁻¹)	0,039	0,042	0,057	0,058	0,060	$\hat{Y}=0,039+0,0005X$	0,87	7,15
Fração I	12,50	13,82	14,93	15,12	15,47	$\hat{Y}=12,952+0,724X$	0,88	7,40

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

A = fração solúvel em água da proteína bruta (PB) que desaparece dos sacos no tempo zero;

B = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável em função do tempo;

c = taxa de degradação ruminal da fração B, expressa em %/h;

I = fração indigestível no rúmen da matéria seca (MS), ou seja, é o resíduo do alimento remanescente nos sacos após 144 horas de incubação.

CV = coeficiente de variação (%)

A fração B, representada pela parte insolúvel em água, mas potencialmente degradável em função do tempo, comportou-se de forma linear decrescente ($P<0,05$) em função dos níveis de farelo de arroz adicionados. Estimou-se decréscimo de 0,29%, sendo estimados 50,45, 47,52, 44,59, 41,66 e 38,73% para os níveis de 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz. Resultados antagônicos aos encontrados por Dantas (2012), que registrou aumentos nos valores da degradabilidade da fração B, nos níveis de inclusão de 0, 10, 20, 30 e 40% de casca de soja moída nas silagens de capim-braquiaria.

A taxa de degradação da fração B (c) (% h⁻¹), que representa a taxa de digestão do alimento pelo sistema digestivo do animal, comportou-se de forma linear crescente ($P<0,05$), sendo estimado aumento de 0,0005 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz (Tabela 5). Rêgo et al. (2009) relataram que a taxa de degradação da fração B (c) da PB apresentou maior valor com a inclusão de 4% de penduncúlo de cajú desidratado, diminuindo de acordo com os níveis de inclusão.

A fração I, representada pela parte indegradável, comportou-se de maneira linear ($P<0,05$), sendo estimado acréscimo de 0,72 unidades percentuais para cada 1% de farelo de arroz. Rodrigues (2007) sugere que a elevada proporção de carboidratos da parede celular e o teor de lignina da forragem são a principal causa da menor degradabilidade. Assim, os menores valores da degradabilidade desta fração, observados na silagem com 100% de capim-braquiaria, podem ser atribuídos à maior proporção destes constituintes.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para a fração potencialmente degradável da FDN, representada pela fração D (Tabela 6), de acordo com os níveis de inclusão de farelo de arroz no momento da ensilagem do capim-braquiaria, apresentando valor médio de 50,94%. Segundo Cabral (2002) o conhecimento das frações que compõem a FDN (D e I) é de fundamental importância, pois, pode-se presumir que a fração não degradável (I) tenha considerável efeito sobre a indigestibilidade dos alimentos.

Tabela 6. Valores médios dos parâmetros da degradabilidade das frações D, taxa de degradação da fração B (c), L e I da Fibra em Detergente Neutro (FDN) das silagens de capim-braquiaria com 0, 10, 20, 30 e 40% de farelo de arroz.

Variável	Níveis de Farelo de Arroz (g/kg)					Equação de Regressão*	R ²	CV%
	0	10	20	30	40			
Fração D	48,75	50,65	51,29	51,94	52,09	$\hat{Y}=50,94$	---	2,35
c (% h ⁻¹)	0,026	0,048	0,056	0,062	0,065	$\hat{Y}=0,051$	---	44,22
Latência (h)	6,80	6,83	6,87	6,91	6,95	$\hat{Y}=6,87$	---	10,12
Fração I	44,42	42,47	41,78	41,08	40,89	$\hat{Y}=43,809-0,084X$	0,81	2,35

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

D = fração potencialmente degradável no rúmen FDN;

c = taxa de degradação ruminal da fração D, expressa em %/h;

L = tempo de latência (h);

I = fração indigestível no rúmen da Fibra em Detergente Neutro (FDN), ou seja, é o resíduo do alimento remanescente nos sacos após 144 horas de incubação.

CV = coeficiente de variação (%)

A taxa de degradação da fração D (c), que representa o tempo de permanência da fração potencialmente solúvel no trato digestivo dos animais, não sofreu influência ($P>0,05$) da inclusão de farelo de arroz, apresentando valor médio de 0,051% (Tabela 6). Segundo Chizzotti et al. (2005) a variação na taxa de degradação da fração D (c) deve-se à preferência das bactérias ruminais por diferentes tipos de tecidos vegetais. Essa observação é coerente com o fato de maiores níveis de aditivos poderem favorecer ou não a população microbiana no rúmen, responsável pela degradação de carboidratos não estruturais predominantes nas silagens. Taxas de degradação da FDN situadas entre 2 e 6% por hora são consideradas boas para alimentos volumosos de qualidade (Mertens, 1993).

Não se observou efeito significativo ($P>0,05$) da inclusão do coproduto em relação à latência (L), tempo no qual o componente (FDN) não é digerido,

observando valor médio de 6,87 horas (Tabela 6). Comportamento semelhante ao observado por Dantas (2012), avaliando níveis de 0 a 40% de casca de soja moída na ensilagem de capim-braquiaria, o autor observou valores médios de 5,62 horas com relação a essa fração, correspondendo aos eventos iniciais de ação da microbiota ruminal, tais como, aderência ao substrato, síntese de enzimas.

Observou-se comportamento linear ($P < 0,05$) da fração (I) indigestível da FDN de silagem de capim-braquiaria em função dos níveis de inclusão de farelo de arroz (Tabela 6), estimando-se redução de 0,84 unidades percentuais para cada 1% de inclusão de farelo de arroz. O menor teor de FDN do farelo de arroz comparado com o capim-braquiaria ensilado, possivelmente, foi a causa da redução dessa fração. Cabral et al. (2002) explica que a redução nessa fração pode ser considerado benéfico, pois implica no aumento de energia para o organismo animal.

4. Conclusões

A inclusão de 10 a 20% de farelo de arroz na ensilagem de capim-braquiaria proporciona melhoria das proporções das frações proteicas e de carboidratos, assim como sobre a degradação ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem de capim-elefante. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1859-1872, 1998.
- ANDRADE, I.V.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; BONOMO, P. Fracionamento de proteína e carboidratos em silagens de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.11, p. 2342-2248, 2010.
- BERNARDINO, F.S.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C.; SOUZA, A.L.; PEREIRA, O.G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2185-2191, 2005.
- CABRAL, L.S; VALADARES FILHO, S.C; MALAFAIA, P.A.M. Frações protéicas de alimentos tropicais e sua taxas de digestão estimadas pela incubação com proteases ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2316-2324, 2000.
- CABRAL, L.S; VALADARES FILHO, S.C; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; PEREIRA, O.G.; VELOSO, R.G.; PEREIRA, E.S. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT

- estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2332-2339, 2002.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VELOSO, R.G.; NUNES, P.M.M. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1573-1580, 2004.
- CAPPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1837-1856, 2001.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P.; OBEID, J.A.; CARVALHO, B.M.A. Fracionamento de carboidratos de silagem de capim-elefante emurcheado ou com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1000-1005, 2007.
- CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; DETMANN, E.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante emurcheado ou com diferentes níveis de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1347-1354, 2008.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I.; VALADARES, F.R.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; MAGALHÃES, K.A.; MARCONDES, M.I. Casca de algodão em substituição parcial a silagem de capim-elefante para novilhos. Consumo, degradabilidade e digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2093-2102, 2005.
- DANTAS, C.C.O. **Perdas e valor nutritivo de silagens de *Brachiaria* aditivadas com casca de soja**. 2012. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa-SPI; Rio de Janeiro, Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- FERREIRA, J.C.U. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: SEDUC, 2001, p. 608-610.
- HALL, M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226-3232, 2003.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.790-796, 1998.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Chichester: John Wiley e Sons, 218p., 1981.

- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal Animal Science**, v. 64, p.1548-1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M., FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. CAB International, 1993. p. 13-51.
- MONTEIRO, I.J.G.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, R.H.P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.33, n.4, p.347-352, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 rev.ed. Washinton, D.C., 2001.
- NOCEK, J.E. *In situ* and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 2051-2069, 1988.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PEREIRA, E.S.; PAIVA, P.C.A.; TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; POZZA, P.C.; ARRUDA, A.M.V. Degradação da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de silagens de capim-elefante adicionadas de resíduos do beneficiamento do milho e da soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2354-2358, 2000.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; CARVALHO JUNIOR, J.N.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 422-427, 2009.
- RÊGO, A.C.; TELES, M.M.; NEIVA, J.N.M.; CANDIDO, M.J.D.; FEITOSA, J.V.; GOMES, F.H.T. Degradação da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de silagens de capim-elefante contendo pedúnculo de caju desidratado. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, p. 735-744, 2009.
- RÊGO, A.C; CÂNDIDO, M.J.D; PEREIRA E.S; FEITOSA, J.M; RÊGO, M.M.T. Degradação de silagens de capim-elefante contendo subproduto do urucum. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 482-489, julho, 2010.
- RODRIGUES, R. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 08, p. 66-79, 2007.
- SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. 1988. 214f. Tese (Doutorado em Fisiologia) - University of Reading, 1988.
- SANTOS, S.; SANTOS-CRUZ, C.L.; ROCHA, J.B.; PIRES, A.J.V.; SANTOS, Í.P.A.; LIMA, T.R.; JUNQUEIRA, R.S. Degradação ruminal da silagem de capim-elefante com diferentes componentes da algaroba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.1, p.123-136, 2012.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. II. Carbohydrate

- and protein availability. **Journal Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
- TONANI, F.L.; RUGGIERI, A.C.; QUEIROZ, A.C.; ANDRADE, P. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 23, n. 01, p. 100-104, 2001.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG: manual do usuário**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 138p., 1999. (Versão 8.0).
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; PEREIRA, O.G.; ALMEIDA, J.C.C. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 54, p. 1-10, 2006 (a).
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; OLIVEIRA, J.S.; ALMEIDA, J.C.C.; PEREIRA, O.G. Avaliação da silagem de capim-elefante com adição de farelo de trigo. **Arquivos de Zootecnia**, v. 55, p. 75-84, 2006 (b).
- ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; DOREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O.G. Evolution of elephant-grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 12, p. 2611-2616, 2010.

CONCLUSÕES GERAIS

A inclusão de 10% de farelo de arroz reduz a umidade e melhora a composição bromatológica da silagem de capim-braquiaria. Adicionalmente, níveis mais elevados ultrapassam os valores de extrato etéreo preconizados para a manutenção dos microrganismos ruminais.