

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ANDRESSA FACCENDA

**VALOR NUTRICIONAL DO RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA E SUA
UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Marechal Cândido Rondon

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ANDRESSA FACCENDA

**VALOR NUTRICIONAL DO RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA E SUA
UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Orientadora: Dra. Maximiliane Alavarse Zambom
Coorientadora: Dra. Deise Dalazen Castagnara

Marechal Cândido Rondon

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ANDRESSA FACCENDA

**VALOR NUTRICIONAL DO RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA E SUA
UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós Graduação *stricto sensu* em Zootecnia para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Marechal Cândido Rondon, 20 de fevereiro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom
Orientadora – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara
Coorientadora – Universidade Federal do Pampa

Prof.^a Dr.^a Ione Maria Pereira Haygert-Velho
Membro da banca – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. João Pedro Velho
Membro da banca – Universidade Federal de Santa Maria

Aos meus pais, Darci e Lourdes
pelo amor, confiança e por tudo o que fizeram e fazem por mim;
Aos meus irmãos, Arlei e Alcione, e à minha tia Salete,
pelo apoio e motivação;
Ao meu afilhado, Arthur, meu “pinguinho de gente”, por trazer mais
alegria aos meus dias
Às minhas avós, Margarida (*in memorian*) e Stela (*in memorian*)
pelo eterno afeto, conselhos e exemplos passados em vida;
Ao meu noivo, André,
pelo carinho, ajuda, paciência e por caminhar ao meu lado nessa jornada.
Com meu imenso amor, a vocês...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por me guiar em todos os momentos.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom pela orientação, ensinamentos, paciência, compreensão e confiança.

À Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara pela coorientação, pela disponibilidade e dedicação em auxiliar nos momentos que precisei.

À Prof.^a Dr.^a Silvana Teixeira Carvalho pela paciência, ajuda e orientação no estágio de docência.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos e Prof.^a Dr.^a Silvana Teixeira Carvalho e da banca de defesa da dissertação Prof. Dr. João Pedro Velho e Prof.^a Dr.^a Ione Maria Pereira Haygert-Velho pela disponibilidade de participar e contribuir com o trabalho.

Aos demais professores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia pelos conhecimentos repassados ao longo dessa jornada.

Ao Sr. Paulo Henrique Morsch secretário do Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela dedicação, atenção e disponibilidade de auxiliar em todas as questões.

À toda a equipe do QUALHADA: Tatiane Fernandes, André Sanches de Avila, Everline Eckstein, Fernando Anschau, Josias Fornari, Rodrigo Tinini, Jéssica Garcias, Jaqueline Bergmann, Cibele Schneider, Marcelo Martini, Marcelo Neumann, Geórgia Silveira, Gabriele Hoelscher, Jéssica Gabi, Ricardo Dri, Maria Luiza Fischer, Angela Storti, Caroline Hoscheid e Ana Ruth Estrela pelo comprometimento e ajuda na condução dos experimentos e das análises laboratoriais, pela amizade, pela convivência, pelas brincadeiras, risadas... Enfim, porque vocês tornaram possível esse trabalho.

Ao pós-doutorando, Sérgio, pela ajuda nas coletas a campo e à pós-doutoranda Ludmila, pela paciência e auxílio com as análises estatísticas.

Às técnicas de Laboratório, Luana Muxfeldt e Simone Camargo pelo auxílio nas análises e agradável convívio.

Aos funcionários do Núcleo de Estações Experimentais e da Fazenda Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, em especial ao Ernesto, Dirceu, Ademar, Emerson, Lidiane, Valdir e Edson pela colaboração do trabalho a campo.

Aos amigos e colegas do mestrado, em especial a Jaqueline Wobbeto e Samanta Sunahara pela descontração, pelas jantas, pelas tardes de conversa e chimarrão, pela amizade, confiança, risadas, por vocês tornarem essa fase da minha vida mais alegre.

Às amigas e colegas de casa Lariane Souza, Hâmara Milaneze e Ana Lucia Santana, pela apoio, pela amizade, pelos conselhos, pela paciência e por serem tão especiais.

À minha família que compreendeu minha ausência, aceitou a distância e me apoiou incondicionalmente.

Ao meu noivo André que buscou comigo a realização desse sonho, que foi meu porto seguro nas horas de incertezas e que amenizou com sua presença a distância e a saudade da família.

Enfim a todos, minha sincera gratidão!

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.” (Isaac Newton)

RESUMO

Na alimentação de ruminantes o farelo de soja é muito utilizado como alimento proteico, no entanto seu custo elevado onera a alimentação dos rebanhos. A utilização de resíduo de cervejaria em substituição ao farelo de soja é uma alternativa que reduz custos, contudo seu elevado teor de umidade dificulta a conservação desse material. Objetivou-se avaliar a eficiência da desidratação do resíduo úmido de cervejaria (RUC) ao sol bem como o efeito do período de armazenamento do resíduo desidratado (RSC) sobre sua qualidade nutricional. Foi determinada a curva de desidratação do RUC ao sol, e o valor nutricional do RSC armazenado por 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. A desidratação do RUC ao sol foi eficiente em garantir a conservação do material. A armazenagem do RSC até 180 dias não comprometeu a composição do resíduo, mas reduziu a degradabilidade ruminal da proteína ($P < 0,01$) sem comprometer, entretanto, a digestibilidade total da proteína. Nesse contexto, a desidratação do RUC ao sol é uma prática eficiente na conservação desse ingrediente e permite um elevado tempo de armazenamento. Com o objetivo de determinar o melhor nível de utilização de RSC na dieta para vacas em lactação foi realizado estudo utilizando cinco vacas lactantes alimentadas com dietas contendo níveis (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) de RSC em substituição ao farelo de soja. As vacas foram distribuídas em um quadrado latino 5x5, avaliando-se a ingestão e a digestibilidade de nutrientes, a síntese microbiana, a produção e composição do leite e a viabilidade econômica das dietas. Foi obtida redução na ingestão de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais ($P < 0,05$) e aumentos na ingestão de extrato etéreo e fibra em detergente neutro ($P < 0,05$). A digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e fibra em detergente neutro aumentaram ($P < 0,05$) com os níveis de RSC. Não houve influência na produção leiteira ($P > 0,05$), mas os teores de gordura, proteína e sólidos totais do leite reduziram ($P < 0,05$). Nesse contexto, a utilização de RSC na alimentação de vacas em lactação é rentável e pode ser realizada em até 75% de substituição ao farelo de soja. Outro objetivo foi avaliar o efeito da substituição de farelo de soja pelo RSC sobre os parâmetros de fermentação ruminal. Foram utilizados quatro bovinos canulados no rúmen alimentados com dietas contendo níveis (0%, 33%, 66% e 100%) de RSC em substituição ao farelo de soja, distribuídos em um quadrado latino 4x4, avaliando-se a ingestão e digestibilidade dos nutrientes, o pH e o nitrogênio do fluido ruminal. A ingestão de extrato etéreo, fibra em detergente neutro e ácido aumentaram com o RSC ($P < 0,05$). A digestibilidade da matéria seca reduziu ($P < 0,05$) com o aumento da substituição do farelo de soja. O pH ruminal não foi influenciado pelos tratamentos ($P > 0,05$), entretanto a concentração de nitrogênio amoniacal reduziu ($P < 0,05$) à medida que houve substituição do farelo de soja pelo RSC. Desse modo, o fornecimento do RSC não interfere no pH ruminal, mas reduz a ingestão de nutrientes digestíveis totais, a digestibilidade da matéria seca e o nitrogênio amoniacal do rúmen.

Palavras-chave: bovinos, cevada, desidratação, proteína, substituição

ABSTRACT

In ruminant feeding soybean meal is often used as a protein food, but its high cost burdens feeding cattle. The use of brewers' grains replacing soybean meal is an alternative that reduces costs, but its high moisture content makes it difficult to conserve this material. This study aimed to evaluate the efficiency of dehydration of sun-dried wet brewers' grains (WBG), as well as the effect of dried brewers' grains (DBG) storage period on the nutritional quality. The WBG sun-dried dehydration curve was determined, and the nutritional value of DBG stored for 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days. Dehydration of sun-dried WBG was effective in ensuring the conservation of the material. The DBG storage up to 180 days did not affect the waste composition, but reduced the ruminal degradability of protein ($P < 0.01$), without compromising the total protein digestibility. In this context the dehydration of the sun-dried WBG is an efficient conservation practice for this ingredient and allows a high storage time. In order to determine the best level of DBG in the diet of lactating dairy cows a study was conducted using five lactating cows fed diets containing levels (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) of DBG replacement in relation to soybean meal. The cows were distributed in a 5x5 Latin Square Design, evaluating the nutrients intake and digestibility, microbial synthesis, production and milk composition and the economic viability of diets. A reduction in dry matter intake, crude protein and total digestible nutrients ($P < 0.05$) was obtained and increases in ether extract intake and neutral detergent fiber ($P < 0.05$). The dry matter digestibility, crude protein, ether extract and neutral detergent fiber increased ($P < 0.05$) with DBG levels. There was no influence on milk production ($P > 0.05$), but the levels of fat, protein and total milk solids reduced ($P < 0.05$). In this context the use of DBG in the supply of dairy cows is cost effective and can be performed up to 75% replacement of soybean meal. Another objective was to evaluate the effect of soybean meal replacement by DBG on ruminal fermentation parameters. Four rumen cannulated steers were used fed diets containing levels (0%, 33%, 66% and 100%) of DBG replacing soybean meal, distributed in a 4x4 Latin Square evaluating the nutrients intake and digestibility, pH and nitrogen in rumen fluid. The intake of ether extract, neutral detergent fiber and acid detergent fiber increased with DBG ($P < 0.05$). The dry matter digestibility decreased ($P < 0.05$) with increasing substitution of soybean meal. The ruminal pH was not affected by treatments ($P > 0.05$), however the ammonia concentration decreased ($P < 0.05$) as soybean meal was replaced by DBG. Thereby providing the DBG does not interfere in ruminal pH but reduces the intake of total digestible nutrients, dry matter digestibility and ammonia from the rumen.

Keywords: cattle, barley, dehydration, protein, replacing

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 A indústria cervejeira e seus subprodutos.....	11
2.2 Resíduo seco de cervejaria	12
2.3 Resíduo de cervejaria na alimentação de ruminantes	14
REFERÊNCIAS	19
3. VALOR NUTRICIONAL DO RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO	23
3.1 Introdução	25
3.2 Material e Métodos	26
3.3 Resultados e Discussão	31
3.4 Conclusão.....	38
REFERÊNCIAS	39
4. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO	41
4.1 Introdução	43
4.2 Material e Métodos	44
4.3 Resultados e Discussão	50
4.4 Conclusão	59
REFERÊNCIAS	61
5. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS.....	65
5.1 Introdução	67
5.2 Material e Métodos	68
5.3 Resultados e Discussão	72
5.4 Conclusão.....	78
REFERÊNCIAS	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o ingrediente comumente usado na alimentação animal como fonte proteica é o farelo de soja. No entanto, devido à grande exportação desse produto, principalmente para o mercado europeu (CORONEL et al., 2009), esse ingrediente tem chegado para os pecuaristas brasileiros com um custo elevado. Em 2013, a produção brasileira de soja em grão foi de 81,699 milhões de toneladas (IBGE, 2014) e destas o país exportou 42,796 milhões de toneladas, na forma de grão, e 12,173 milhões de toneladas na forma de farelo (ANEC, 2013). Esse cenário eleva o custo do farelo de soja no mercado interno e motiva a busca por ingredientes alimentares alternativos, que possuam uma composição nutricional capaz de substituí-lo, facilidade de obtenção e de armazenamento, além de um menor custo.

A utilização de resíduos gerados pelas agroindústrias na alimentação de ruminantes propicia redução no custo da alimentação, além de proporcionar o reaproveitamento de matéria orgânica de origem vegetal na cadeia produtiva animal, evitando o acúmulo destes resíduos e contaminação no meio ambiente (BROCHIER e CARVALHO, 2009), colaborando com a preservação dos recursos naturais e com a produção animal sustentável.

Dentre os resíduos agroindustriais disponíveis, destaca-se o resíduo úmido de cervejaria, que tem grande potencial de utilização, pois é produzido em grande escala, além de não apresentar problemas com a sazonalidade de sua produção (CARVALHO e BROCHIER, 2008). O resíduo de cervejaria é um subproduto obtido a partir do malte cervejeiro, que possui valor nutricional heterogêneo, variando de acordo com o tipo de cerveja produzido, com o processamento utilizado pela fábrica, bem como pela origem dos grãos de cevada e a inclusão ou não de outros cereais (VELASCO et al., 2009). Dessa forma, conhecer as características do alimento é fundamental para estabelecer critérios para sua inclusão na dieta animal, maximizando o potencial digestivo e possibilitando ao animal a manifestação de seu potencial genético e, por consequência, a otimização da utilização do alimento para funções produtivas (ABRAHÃO et al., 2006). Pois, muitas vezes, o insucesso na utilização de resíduos e subprodutos está relacionado com a substituição total de volumosos ou de concentrados, não respeitando as recomendações dos níveis de inclusão (PIRES et al., 2006).

Diante do exposto, objetivou-se estabelecer o valor nutricional do resíduo seco de cervejaria (RSC), bem como determinar os níveis adequados de substituição do farelo de soja por esse resíduo na alimentação de ruminantes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A indústria cervejeira e seus subprodutos

A cerveja é uma bebida obtida através do processo fermentativo da cevada (*Hordeum vulgare L*), que converte os açúcares presentes nesse grão em álcool (SANTOS e RIBEIRO, 2005). Estudos estimam que a produção dessa bebida tenha surgido por volta de 8000 anos A.C. entre os povos da Suméria, Babilônia e Egito, e no ano de 1808 foi trazida ao Brasil, pela família real Portuguesa (MEGA et al., 2011).

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de cerveja com produção anual de 12,4 bilhões de litros, atrás apenas da China (45 bilhões de litros) e Estados Unidos (35 bilhões de litros), superando até mesmo países com tradição na indústria cervejeira, como a Rússia e a Alemanha (REINOLD, 2011). No Brasil, a indústria cervejeira utiliza também o milho como matéria prima, entretanto a cevada ainda é o cereal base (GERON et al., 2008). Desse modo, a cevada cultivada em território nacional é exclusivamente para uso na fabricação de malte, uma vez que diferentemente dos outros países, o Brasil possui alternativas mais vantajosas do que a cevada para a alimentação animal. Em média, 75% do volume da cevada produzida anualmente é aproveitada na fabricação de malte e 95% deste é destinado para fins cervejeiros (DE MONDI e MINELLA, 2012).

Os principais Estados produtores de cevada no Brasil são da região Sul, que produzem praticamente 100% da cevada cultivada no país (VELASCO et al., 2009). A produção de cevada nacional no ano de 2010 foi de 278.558 toneladas do grão, sendo que 181.810 toneladas foram produzidos no Paraná, 87.020 toneladas no Rio Grande do Sul e o restante no Estado de Santa Catarina (MAPA, 2012). Em 2013, a produção desse cereal atingiu 317.733 toneladas (IBGE, 2014), mas ainda está longe de tornar o país autosuficiente nessa cultura. Antunes (2013) destaca que o consumo aproximado de malte pelas cervejarias brasileiras é de um milhão de toneladas ao ano, desse modo o país só produz 30% desse total, sendo que 70% desta demanda é suprida pela importação de cevada da Argentina e da França ou pela importação direta de malte Argentino, Uruguaio ou Canadense.

Para a obtenção do malte, os grãos de cevada são selecionados e recebem água até que os grãos atinjam um teor de umidade de 45% em relação ao seu peso e são mantidos em condições controladas de temperatura e oxigênio. O processo de germinação da semente se iniciará, e estas sementes emitirão radículas de cerca de oito centímetros (SANTOS e

RIBEIRO, 2005). Nesta fase da germinação, o amido do grão apresenta-se em cadeias menores do que as presentes na cevada, o que torna o grão menos duro e mais solúvel, propiciando a formação de enzimas fundamentais para a fabricação da cerveja. A germinação é então interrompida por secagem a temperaturas controladas, de modo a reduzir a umidade sem destruir as enzimas formadas (CRUZ et al., 2008), dando origem ao malte de cevada.

Posteriormente, o grão maltado é embebido em água em torno de 65°C, formando o mosto, sendo que o amido do malte será transformado em açúcares pela ação enzimática. O mosto é então filtrado em peneiras, separando a parte líquida da parte sólida. A parte sólida é denominada resíduo úmido de cervejaria (RUC) e é composta basicamente de cascas de cevada. Ao mosto líquido é adicionado o lúpulo, uma planta aromática que confere à cerveja o seu sabor característico. A etapa seguinte da fabricação da cerveja é a clarificação, que dará origem a outro resíduo sólido, denominado trub grosso que é composto de gordura vegetal e proteínas coaguladas. O mosto clarificado recebe então a adição de leveduras, que são responsáveis pelo processo fermentativo da cerveja. Ainda antes de ser envasada, a cerveja é novamente filtrada, gerando o terceiro resíduo sólido, chamado de trub fino, que consiste em gordura vegetal misturada à terra diatomácea e parcelas de levedo (SANTOS e RIBEIRO, 2005).

Os diversos resíduos gerados pelo processo de fabricação da cerveja podem ser usados na alimentação animal (PEREIRA et al., 1999), entretanto, o resíduo de cervejaria é o mais importante, pois representa aproximadamente 85% do total de resíduo obtidos neste processo (COSTA et al., 2006). Brochier e Carvalho (2009) destacam que a quantidade de resíduo úmido de cervejaria gerada pelo setor cervejeiro é 32,02% superior à quantidade de cevada utilizada.

2.2 Resíduo seco de cervejaria

O resíduo de cervejaria, também chamado de bagaço de cevada, bagaço de malte ou polpa de cervejaria é um subproduto originário da filtração do mosto cervejeiro, sendo composto de glumas do malte prensado e de compostos que não chegaram a solubilizar-se durante o processo de fabricação da cerveja, além de raízes de malte da cevada e outros grãos (PEREIRA et al., 1999). Esse subproduto pode apresentar-se na forma úmida, prensada ou seca, no entanto, no Brasil, predomina a geração do resíduo úmido (BROCHIER e

CARVALHO, 2009), devido à maioria das fábricas cervejeiras não possuírem sistemas de desidratação (LÓPEZ e PASCUAL, 1981).

A elevada umidade do resíduo na forma úmida limita a sua utilização em propriedades distantes das indústrias cervejeiras, uma vez que dificulta o transporte e o armazenamento. Muitas vezes, o armazenamento é feito em condições de aerobiose, em tanques abertos, contribuindo para a sua rápida degradação e perda da qualidade do resíduo (CABRAL FILHO et al., 2007). A conservação do resíduo úmido sem adição de conservantes é no máximo de sete a dez dias (DAVIS et al., 1983; JOHNSON et al., 1987). Nesse período, o resíduo ainda sofre pouca mudança de pH e no teor de matéria seca, mas já podem ser observadas evidências de crescimento de bolores durante o armazenamento (DAVIS et al., 1983). Diante de tal fato, métodos como a ensilagem ou a secagem são alternativas para a conservação do resíduo úmido de cervejaria, conforme descrito por Polan et al. (1985).

A operação de secagem é uma alternativa interessante, pois além de aumentar o tempo de conservação, diminui o volume do material facilitando o armazenamento (KLAGENBOECH et al., 2011). É importante ressaltar que durante o processo de secagem parâmetros como a temperatura podem influenciar no tempo de secagem e nas características nutricionais do produto final (LÓPEZ e PASCUAL, 1981). O decréscimo na utilização de proteína do resíduo desidratado em relação à forma úmida como resultado da secagem foi relatado por Armentano et al. (1986), que observaram aumentos na taxa de escape de nitrogênio ruminal de 32% e 55% quando empregada temperatura de secagem de 50°C e 150°C, respectivamente.

Temperaturas de secagem abaixo de 120 a 130°C, e com tempo de secagem de três minutos, não provocam mudanças na composição de resíduo seco de cerveja. Entretanto, quando a temperatura e o tempo de desidratação exceder esse limite, alterações como aumento dos carboidratos fibrosos e redução do extrato etéreo podem ser observadas. Embora o conteúdo de proteína bruta não sofra alteração durante o processo de secagem, a quantidade de proteína disponível diminui à medida que a temperatura aumenta, devido à condensação de algumas das proteínas com materiais indigeríveis da parede celular (LÓPEZ e PASCUAL, 1981). Pereira et al. (1999) também destacam que a temperatura de secagem do resíduo de cervejaria exerce efeito, reduzindo a degradabilidade ruminal e aumentando os valores das frações fibrosas e da proteína associada à mesma.

Além do processo de secagem, o valor nutricional do resíduo de cervejaria está diretamente relacionado ao tipo de fabricação da cerveja e ao processo utilizado pela fábrica, bem como à origem dos grãos de cevada e à inclusão ou não de outros cereais para a

fermentação, como milho, trigo, aveia e arroz (VELASCO et al., 2009). O resíduo de cervejaria pode apresentar maiores concentrações de proteínas e carboidratos que seus cereais originais (CLARK et al., 1987). Brochier e Carvalho (2009) relataram que o resíduo de cervejaria avaliado apresentou teor proteico de 24,6%, o que caracterizou este resíduo como um suplemento proteico de valor médio. Outra diferença acentuada foi observada no teor de fibra em detergente neutro (FDN), o qual teve um acréscimo de 200,03%, passando de 20,08% na cevada para 60,92% no resíduo, o que é explicado pela maior proporção de casca e menor de amido (BROCHIER e CARVALHO, 2009).

O resíduo seco de cervejaria (RSC) apresenta teores de proteína bruta entre 21,33% a 30,8% (POLAN et al., 1985; VALADARES FILHO et al., 2006), sendo esta de baixa degradabilidade ruminal, mas de alta digestibilidade intestinal (MERCHEM et al., 1979; SANTOS et al., 1984; GERON et al., 2007). O teor de extrato etéreo encontra-se em torno de 6,93% (VALADARES FILHO et al., 2006) e fibra em detergente ácido e nutrientes digestíveis totais próximos de 34,3% e 63% respectivamente (POLAN et al., 1985). A natureza fibrosa e de baixo teor energético faz do resíduo de cervejaria um adequado ingrediente para dietas de ruminantes, especialmente de vacas leiteiras, que necessitam de um equilíbrio na ingestão de nutrientes devido a grandes quantidades de amido normalmente encontradas nas rações desses animais de elevada produção (DHIMAN et al., 2003).

Rogers et al. (1986) destacaram que a utilização de resíduo de cervejaria na forma seca e na forma úmida apresentam diferenças na forma com que a proteína é utilizada em cada uma delas. Os mesmos autores observaram uma diminuição na solubilidade da proteína no rúmen, redução na população microbiana ruminal e na disponibilidade da proteína no intestino de animais alimentados com resíduo seco de cervejaria, quando comparados com animais alimentados com esse resíduo na forma úmida. Já Dhiman et al. (2003) relataram não haver diferenças no desempenho de vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo 15% de RUC ou RSC na dieta, sendo, portanto, o valor nutritivo do resíduo de cervejaria semelhante em ambas as formas de utilização.

2.3 Resíduo de cervejaria na alimentação de ruminantes

A ingestão de matéria seca é de fundamental importância na nutrição animal, pois estabelece a quantidade de nutrientes disponível para a manutenção e a produção do mesmo (NRC, 2001). Os fatores que influenciam a capacidade de ingestão são vários, podendo estes

estar relacionados ao próprio animal, às características do alimento, ou ao ambiente e às condições de manejo (BROCHIER e CARVALHO, 2008). De acordo com Mertens (1992), a ingestão de alimento pode ser limitada por efeito fisiológico, quando a dieta fornece energia além da necessidade do animal, ou pelo enchimento físico do rúmen, causado principalmente pela fibra em detergente neutro presente na dieta.

Além de estabelecer a quantidade de nutrientes consumidos, o nível de ingestão de alimento por um animal, juntamente com a taxa de passagem e a interação de ambos, são os principais fatores que influenciam na digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes de uma dieta (COCHRAN et al., 1986). A digestão é definida como um processo onde macromoléculas são convertidas em compostos mais simples, tornando os nutrientes mais disponíveis para absorção e aproveitamento pelo metabolismo animal (VAN SOEST, 1994).

A utilização de resíduo de cervejaria é uma alternativa interessante na alimentação de ruminantes, no entanto, o elevado teor de FDN desse resíduo pode ser um fator limitante. Segundo Younker et al. (1998), grandes quantidades de resíduo de cervejaria causam enchimento ruminal, reduzindo o consumo de matéria seca quando utiliza-se esse subproduto tanto em substituição ao volumoso quanto em substituição ao concentrado. Ao avaliar a substituição do concentrado por 0%, 20%, 30% e 40% de RUC na dieta de vacas lactantes, Davis et al. (1983) observaram que a ingestão de matéria seca reduziu quando utilizou-se 30% ou 40% da MS de RUC na ração, enquanto no trabalho de Silva et al. (2010) a substituição até 25% de concentrado por RUC aumentou o consumo de matéria seca em cabras no final da lactação. Segundo Souza (2013), a substituição de silagem de milho por silagem de RUC até 30% da dieta total, não interferiu na ingestão de matéria seca e no peso corporal de vacas lactantes.

Para bovinos machos castrados, a substituição de até 24% de silagem de milho pelo resíduo de cervejaria fermentado nas rações não alterou o consumo e a digestão dos nutrientes (GERON et al., 2008). Enquanto que para bovinos em confinamento submetidos à dieta de alto grão, houve melhoria no desempenho quando substituiu-se a ureia e parte do grão de milho da dieta controle por 25% ou 50% de RSC na dieta (PRESTON et al., 1973).

Trabalhos realizados por Firkins et al. (2002) e West et al. (1994) que testaram a inclusão de até 25,94%, e 30% de RUC na dieta total de vacas lactantes, respectivamente, não observaram efeito sobre a ingestão de MS e produção de leite. A inclusão de até 15% do resíduo de cervejaria fermentado nas rações de vacas em lactação foi favorável em estudos realizados por Geron et al. (2010), por aumentar o coeficiente de digestibilidade total da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo, e não alterar o consumo de nutrientes e a

produção de leite. Já Belibasakis e Tsirgogianni (1996), ao testarem a substituição de silagem de milho por 16% de RUC na dieta, e Chiou et al. (1998), ao avaliarem a substituição do farelo de soja por 10% de RUC na dieta total, não observaram redução na matéria seca ingerida, mas houve aumento na produção leiteira.

No que se refere à alteração na composição do leite com a utilização de resíduo de cervejaria, os resultados são divergentes. Essas divergências podem ser provocadas pelos diferentes níveis e formas de utilização desse resíduo, pela sua própria heterogeneidade na composição, além da interação desse ingrediente com os demais alimentos utilizados na dieta. Vários trabalhos destacam que a inclusão de resíduo de cervejaria não afetou os teores de proteína, gordura, lactose e sólidos totais (JOHNSON et al., 1987; CHIOU et al., 1998; FIRKINS et al., 2002; DHIMAN et al., 2003; GERON et al., 2010), enquanto outros estudos relatam aumentos nos teores de gordura (DAVIS et al., 1983; BELIBASAKIS e TSIRGOGIANNI, 1996) e proteína (WEST et al., 1994; COZZI & POLAN, 1994). Redução no percentual de gordura foi evidenciado em estudo realizado por Souza (2013), que substituiu a silagem de milho por silagem de RUC até 30% na MS da dieta, o que pode ter ocorrido porque a substituição de volumosos por subprodutos, como o RUC, provoca menor estímulo de mastigação e ruminação (FIRKINS et al., 2002; CABRAL FILHO, et al., 2007), refletindo no declínio do percentual de gordura.

O aumento da produção leiteira obtido em alguns trabalhos pode estar relacionado à composição aminoacídica do resíduo de cervejaria. Clark et al. (1987) relataram valores de lisina de 3,23 gramas/100g de PB para o resíduo seco de cervejaria e de 6,59 gramas/100g de PB para o farelo de soja. Em relação à metionina desses mesmos alimentos os valores foram de 2,15 gramas/100g de PB e 1,48 gramas/100g de PB, respectivamente. Tendo em vista que os aminoácidos lisina e metionina são considerados os mais limitantes para a produção de leite, a complementaridade de aminoácidos proporcionada pela utilização simultânea do farelo de soja e do resíduo de cervejaria na dieta de vacas lactantes pode ser uma das explicações para o aumento no volume de leite produzido.

Cozzi e Polan (1994) evidenciaram que vacas alimentadas com dietas em que metade do farelo de soja foi substituído por resíduo seco de cervejaria produziram mais leite e maior teor de proteína do leite do que animais alimentados somente com farelo de soja ou com farelo de soja e farelo de glúten de milho. Polan et al. (1985), ao avaliarem dietas de vacas leiteiras com três níveis de proteína (11,7; 14,5 e 15% de PB) e a utilização de farelo de soja, resíduo seco de cervejaria e resíduo úmido de cervejaria, concluíram que a utilização de

maiores níveis de proteínas na dieta só resultaram em aumentos na produção de leite quando aliadas a dietas contendo o resíduo de cerveja úmido ou seco.

Santos et al. (1984), medindo a fermentação ruminal, o fluxo e a absorção de aminoácidos no intestino de vacas leiteiras, compararam farelo de soja, farelo de glúten de milho, resíduo de cervejaria e resíduo de destilaria de milho e concluíram que dietas contendo farinha de glúten, resíduo de cervejaria e de destilaria fornecem maiores quantidades de aminoácidos para o intestino do que o farelo de soja. Geron et al. (2007) observaram que a quantidade de proteína não-degradada no rúmen e digestível no intestino é maior para o resíduo de cervejaria fermentado (39,4%) em relação ao farelo de soja (18,7%).

Esse alto teor de proteína não degradável no rúmen do resíduo de cervejaria pode ter efeito positivo para o animal, pois reduz as perdas proteicas ocorridas pela transformação da proteína dietética em proteína microbiana (MERCHEN et al., 1979) e o gasto energético utilizado para excretar o excesso de amônia do rúmen (BELIBASAKIS e TSIRGOGIANNI, 1996). O excesso de amônia no rúmen também pode ser detectado através das concentrações de nitrogênio ureico do leite, visto que parte dessa amônia entra na corrente sanguínea, é convertida em ureia no fígado e chega à glândula mamária, onde é excretada através do leite (DHIMAN et al., 2003).

Em contrapartida, uma menor concentração de amônia no rúmen pode limitar o crescimento microbiano e reduzir a síntese de proteína microbiana, visto que o mínimo requerido para que ocorra fermentação ruminal eficiente segundo o Lana (2005) é de cinco mg de N-NH₃/100 mL de líquido. Menores concentrações de amônia ruminal foram encontradas para dietas contendo RSC em comparação a dietas contendo RUC. Além disso, nas dietas com RSC a amônia foi superior a 5 mg/100 mL de líquido, apenas no horário referente a uma hora após a alimentação, permanecendo no restante do dia abaixo do limite mínimo preconizado. Outros estudos também observaram menores concentrações de amônia ruminal em dietas contendo RUC em comparação a dietas com farelo de soja (SANTOS et al., 1984) e subprodutos da produção de queijo de soja (CHIOU et al., 1998). A produção de nitrogênio amoniacal apresentou efeito linear negativo com a inclusão de silagem de RUC em trabalho realizado por SOUZA (2013), onde para cada 1% de inclusão observou-se redução de 0,287 mg de N-NH₃/100 mL. Contudo, Geron et al. (2008) relataram não haver diferenças na concentração do N-NH₃ do líquido ruminal de bovinos submetidos a diferentes níveis RUC fermentado na dieta.

Referente aos valores de pH ruminal, tem se observado que o resíduo de cervejaria não altera esse parâmetro na maioria dos trabalhos (SANTOS et al., 1984; CHIOU et al., 1998;

DHIMAN et al., 2003; GERON e al., 2008; SOUZA, 2013). No entanto, Gilavarte et al. (2011) obtiveram maior pH ruminal em ovinos com a dieta que continha RUC, fato que pode ter ocorrido pelo maior teor de FDN nestas dietas, que exerce papel importante no estímulo à ruminação. Rogers et al. (1986) destacam que o resíduo de cervejaria na forma seca também resultou em maior pH ruminal durante a maior parte do tempo após a alimentação do que a dieta com o mesmo subproduto na forma úmida.

Contudo, as divergências encontradas na literatura remetem à necessidade de um maior conhecimento dos efeitos do resíduo de cervejaria na alimentação de ruminantes, principalmente no que se refere à sua forma desidratada, onde os resultados ainda são escassos. Dados precisos sobre a forma adequada de desidratação desse material, avaliações sobre a influência do armazenamento nas características desse subproduto, bem como a avaliação do consumo, do aproveitamento dos nutrientes, dos efeitos provocados na fermentação ruminal, da produção e composição do leite devem ser investigados a fim de que a utilização desse resíduo cervejeiro não afete negativamente a produtividade animal e se torne uma prática rentável ao produtor rural.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D. et al. Digestibilidade de dietas contendo resíduo úmido de mandioca em substituição ao milho para tourinhos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.512-518, 2006.
- ANTUNES, J.M. **Produção de cevada cervejeira**. Prosa Rural - Embrapa Trigo. 2013. Disponível em: <<http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2013/producao-de-cevada-cervejeira>> Acesso em: 03/10/2014.
- ARMENTANO, L.E.; HERRINGTON, T.A.; POLAN, C.E. et al. Ruminal degradation of dried brewers grains, wet brewers grains, and soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.8, p.2124-2133, 1986.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE CEREAIS – ANEC. **Evolução das exportações**, 2013. Disponível em: <<http://www.anec.com.br/estatisticas.html>> Acesso em: 03/10/2014.
- BELIBASAKIS, N.G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.175-181, 1996.
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Consumo, ganho de peso e análise econômica de terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1205-1212, 2008.
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.5, p.1392-1399, 2009.
- CABRAL FILHO, S.L.S.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.75-73, 2007.
- CARVALHO, S.; BROCHIER, M.A. Composição tecidual e centesimal e teor de colesterol da carne de cordeiros terminados em confinamento com dietas contendo níveis crescentes de resíduo úmido de cervejaria. **Revista Ciência Rural**, v.38, n.7, 2008.
- CHIOU, P.W.S.; CHEN, C.R.; CHEN, K.J. et al. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p.123-134, 1998.
- CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Supplying the protein needs of dairy cattle from by products feeds. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.1092-1109, 1987.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476-1483, 1986.

- CORONEL, D.A.; MACHADO, J.A.D.; CARVALHO, F.M.A. Análise da competitividade das exportações do complexo soja brasileiro de 1995 a 2006: Uma abordagem de *market-share*. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 13, n. 2, p. 281-307, 2009.
- COSTA, A.D.; MATTOS, E.S.; LIMA, C.A.R. Composição química e energia digestível do bagaço de malte em suínos machos nas fases de crescimento e terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 16., 2006, Pernambuco, **Anais...** Pernambuco: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- COZZI, G.; POLAN, C.E. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.77. n.3, 1994.
- CRUZ, I.; PINHEIRO, J.L.; AMORIM, S.M. et al. **Produção de cerveja**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- DAVIS, C.L.; GRENAWALT, D.A.; McCOY, G.C. Feeding values of pressed brewers' grains for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.73-79, 1983.
- DE MORI, C.; MINELLA, E. **Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada**. Documentos Online, 139. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2012. 28 p.
- DHIMAN, T.R.; BINGHAM, H.R.; RADLOFF, H.D. Production response of lactating cows fed dried versus wet brewers' grain in diets with similar dry matter content. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2914-2921, 2003
- FIRKINS, J.L.; HARATINE, D.I.; SYLVESTER, J.T. et al. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grain or whole cottonseed to replace forage. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2662-2668, 2002.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Caracterização, fracionamento protéico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.291-299, 2007.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A. et al. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1685-1695, 2008.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, p.69-76, 2010.
- GILAVERTE, S.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. et al. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.639-647, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201409_5.shtm> Acesso em: 03/10/2014.

- JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of wet brewers grains in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.98-107, 1987.
- KLAGENBOECH, R.; THOMAZINI, M.H.; SILVA, G.M.C. Resíduo úmido de cervejaria: uma alternativa na alimentação animal. In: ENCONTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 3., 2011. Toledo, **Anais...** Toledo: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- LANA, R.P. **Nutrição e Alimentação Animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.
- LÓPEZ, J.D.; PASCUAL, J.L.M. Influence of the drying process on the composition of brewers dried grains. **Animal Feed Science and Technology**, v.6, p.163-168, 1981.
- MAPA –MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Política agrícola brasileira para a triticultura e demais culturas de inverno**. Brasília, 2012
- MEGA, J.F.; NEVES, E.; ANDRADE, C.J. A produção da cerveja no Brasil. **Revista Citino. Ciência, Tecnologia, Inovação e Oportunidade**, v.1, n.1, p.34-42, 2011.
- MERCHEN, N.; HANSON, T.; KLOPFENSTEIN, T. Ruminant bypass of brewers dried grains protein. **Journal of Animal Science**, v.49, p.192-198, 1979.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber and its uses in feed evaluation and ration formulation In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.1-32.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Política agrícola brasileira para a triticultura e demais culturas de inverno**. Brasília, 2012, 60p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition, Washington D.C.: National Academy Press, 2001. 360p.
- PEREIRA, J.C.; GOZZÁLEZ, J.; OLIVEIRA, R.L. et al. Cinética de degradação ruminal do bagaço de cevada submetido a diferentes temperaturas de secagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1125-1132, 1999.
- PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; DUTRA, G.S. Resíduos e subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes no nordeste: tratamentos e utilização. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 10., Petrolina, **Anais...** Petrolina: SNPA, 2006.
- POLAN, C.E.; HERRINGTON, T.A.; WARK, W.A. et al. Milk production response to diets supplemented with dried grains, wet brewers grains, or soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.8, p.2016-2026, 1985.
- PRESTON, R.L.; VANCE, R.D.; CAHILL, V.R. Energy evaluation of brewers' grains for growing and finishing cattle. **Journal of Animal Science**. v.37, p.174-178, 1973.

- REINOLD, M. R. Mercado cervejeiro brasileiro atual – potencial de crescimento. **Revista Indústria de Bebidas**, n. 57, 2011.
- ROGERS, J.A.; CONRAD, H.R.; DEHORITY, B.A. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers' grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.3, p.745-753, 1986.
- SANTOS, K.A.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactation dairy cattle fed various protein sources. **Journal of Animal Science**, v.51, p.244-255, 1984.
- SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. **Cervejas e refrigerantes**, CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 2005, 60p.
- SILVA, V.B.; FONSECA, C.E.M.; MORENZ, M.J.F. et al. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1595-1599, 2010.
- SOUZA, L.C. **Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras**. 2013. 164f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006, 329p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p, 1994.
- VELASCO, F.O.; GONÇALVES, L.C.; TEIXEIRA, A.M. et al. Resíduo de cervejaria para gado leiteiro. In: GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. (Ed.) **Alimentos para Gado de Leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009, p.139-150.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactating dairy cows during hot, humid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994.
- YOUNKER, R.S.; WINLAND, S.D.; FIRKINS, J.L. et al. Effects of replacing forage fiber or non fiber carbohydrates with dried brewers grains. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2645-2656, 1998.

3. VALOR NUTRICIONAL DO RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

Resumo: Objetivou-se avaliar a eficiência da desidratação do resíduo úmido de cervejaria (RUC) ao sol, bem como o efeito do período de armazenamento do resíduo desidratado sobre sua qualidade nutricional. Para tanto, o RUC foi adquirido e seco ao sol sobre quadra de concreto, sendo que durante esse procedimento foi determinada a curva de desidratação, em função do tempo da secagem. Após, o resíduo seco de cervejaria (RSC) foi armazenado em galpão e amostras correspondentes a 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de armazenagem foram coletadas para análise da qualidade nutricional. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, sendo que os tratamentos foram os tempos de coleta durante a curva de desidratação e os tempos de armazenagem do RSC. A desidratação do RUC por um período total de 31 horas, sendo 16 horas de exposição ao sol com densidade de 0,998 kg de matéria seca por m², foi eficiente em garantir a conservação do material e facilitar o seu armazenamento. A armazenagem do RSC não comprometeu de maneira efetiva a composição do resíduo, sendo que as oscilações apresentadas nos nutrientes ocorrem devido à heterogeneidade do produto, que não tem padrão definido por se tratar de um resíduo de agroindústria. A degradabilidade ruminal da proteína reduziu com o avanço do tempo de armazenagem, entretanto a digestibilidade total da proteína não foi influenciada. Nesse contexto, a desidratação do RUC ao sol é uma prática eficiente na conservação desse ingrediente e permite um elevado tempo de armazenagem sem comprometer suas características nutricionais.

Palavras-chave: degradabilidade, digestibilidade, estocagem, proteína, temperatura

3. NUTRITIONAL VALUE OF DRIED BREWERS' GRAINS AT DIFFERENT STORAGE TIMES

Abstract: This study aimed to evaluate the efficiency of dehydration of wet brewers' grain (WBG) sun-dried, and the effect of the storage period of dehydrated residue on its nutritional quality. Thus, the WBG was obtained and sun-dried on a concrete block, and during this procedure the dehydration curve was determined as a function of drying time. After that the dried brewers' grain (DBG) was stored in the shed and samples corresponding to 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 and 180 storage days were collected for analysis of nutritional quality. The experimental design was completely randomized and the treatments were the times of collection during dehydration curve and the DBG storage times. Dehydration of the WBG for a total period of 31 hours, being 16 hours of exposure to the sun with a density of 0.998 kg of dry matter per m², was effective in ensuring the conservation of the material and facilitate their storage. The DBG storage did not affect effectively the residue composition and the oscillations shown in nutrients occur due to product heterogeneity which has no standard set once it is an agro residue. The ruminal degradability of protein decreased with the advance in storage time, though the total digestibility of protein was not affected. In this context, the dehydration of sun-dried WBG is an effective practice in the conservation of this ingredient and allows a high shelf life without compromising its nutritional characteristics.

Keywords: degradability, digestibility, storage, protein, temperature

3.1 Introdução

O resíduo úmido de cervejaria é um dos resíduos agroindustriais gerados durante o processo de fabricação da cerveja e representa aproximadamente 85% do total de resíduos obtidos neste processo (COSTA et al., 2006). O alto teor de PB do resíduo de cervejaria faz com que esse ingrediente possa ser utilizado como um alimento proteico alternativo na alimentação de ruminantes, podendo substituir os alimentos proteicos tradicionais como o farelo de soja, com a vantagem de possuir menor custo, não competir com a alimentação humana e ainda contribuir para a sustentabilidade da produção animal.

No entanto, o alto teor de umidade desse resíduo é o fator mais limitante na utilização do mesmo, pois dificulta o seu transporte, armazenamento e conservação (CABRAL FILHO et al., 2007), torna-o mais susceptível ao desenvolvimento de microrganismos e conseqüentemente à deterioração. Dessa forma, a ensilagem ou a secagem são alternativas para a conservação do resíduo úmido de cervejaria, conforme descrito por Polan et al. (1985).

A operação de secagem é interessante, pois além de evitar perdas na qualidade, diminui o volume do material facilitando o armazenamento (KLAGENBOECH et al., 2011). Contudo, a desidratação na indústria não é economicamente viável e a secagem com altas temperaturas pode reduzir o valor nutricional desse produto, provocando a complexação das proteínas com compostos da parede celular, tornando-as indisponíveis (LÓPEZ e PASCUAL, 1981). Desse modo, a desidratação ao sol do resíduo úmido de cervejaria é uma prática que reúne vantagens como redução de custos, além de garantir uma secagem a baixas temperaturas.

Após a desidratação, existe a possibilidade de ocorrência de modificações químicas e físicas do resíduo durante o armazenamento, principalmente se o local de armazenagem não apresentar ventilação adequada e proteção contra a umidade. Além disso, o próprio tempo de armazenamento pode interferir nas características, devido ao envelhecimento do produto. Dessa maneira, monitorar a qualidade do resíduo se faz necessário para determinar um prazo ideal de estocagem, garantindo assim uma qualidade satisfatória desse ingrediente, a fim de que se possa utilizá-lo de maneira segura na alimentação animal.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a eficiência da desidratação do resíduo úmido de cervejaria (RUC) ao sol, bem como o efeito do período de armazenamento do resíduo desidratado sobre sua qualidade nutricional.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de Bovinocultura de Leite da Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. O resíduo de cervejaria foi adquirido na forma úmida de uma indústria cervejeira localizada no município de Toledo – PR, no dia 29 de abril de 2013. Imediatamente após a sua chegada, o RUC foi amostrado para análises de sua caracterização (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição, fracionamento de proteínas e carboidratos e digestibilidade *in vitro* do resíduo úmido de cervejaria (RUC)

Variáveis	RUC
Composição química (g/kg de MS)	
Matéria seca	206,08
Matéria orgânica	961,66
Proteína bruta	238,30
Extrato etéreo	60,66
Carboidratos totais ¹	662,71
Fibra em detergente neutro	660,55
Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas	550,84
Fibra em detergente ácido	240,44
Carboidratos não fibrosos ²	111,87
Lignina	47,65
Fracionamento de proteínas (g/kg de PB) – Licitra et al. (1996)	
Fração A	130,88
Fração B1	29,31
Fração B2	417,85
Fração B3	303,54
Fração C	118,43
Fracionamento de carboidratos (g/kg de CT) - Sniffen et al. (1992)	
Fração A+B1	155,11
Fração B2	672,28
Fração C	172,61
Digestibilidade <i>in vitro</i> (g/kg) - Tilley & Terry (1963) e Holden (1999).	
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	695,38
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica	700,86
Digestibilidade <i>in vitro</i> da proteína bruta	929,22
Digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro	648,71

¹ CT= 100-(%MM+%PB+%EE); ²CNF= CT-FDN_{cp}

O resíduo úmido de cervejaria (RUC) passou pelo processo de secagem e durante esse procedimento foi determinada a curva de desidratação. O delineamento experimental adotado

para a curva de desidratação foi inteiramente casualizado, com 10 tratamentos, sendo estes os tempos de coleta durante a secagem e 10 repetições. Após, o resíduo seco de cervejaria (RSC) também foi avaliado durante os meses de abril a outubro de 2013, em função do tempo de armazenamento. Para tanto, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com oito tempos de armazenamentos, sendo considerados como tratamentos, com quatro repetições.

A secagem do resíduo foi feita ao sol, onde o mesmo foi distribuído uniformemente sobre uma quadra de concreto formando uma camada de aproximadamente 1,5 cm, com uma densidade de 0,998 kg de matéria seca/m². O material foi espalhado com a ajuda de pás e foi revirado a cada hora. O RUC permaneceu disperso para a desidratação durante dois períodos diurnos e um período noturno, totalizando 31 horas. No entanto, o resíduo permaneceu exposto ao sol durante 16 horas e somente essas horas foram consideradas na curva de desidratação devido à presença de luz solar. À noite, o resíduo foi coberto com lona preta, de modo a impedir a reabsorção de umidade.

Para a determinação da desidratação, foram coletadas amostras de 10 pontos diferentes da secagem em cada período de coleta. Foram realizados 10 tempos de amostragem: resíduo de cervejaria úmido que consistiu no tempo 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, e 16 horas de desidratação, sendo estes correspondentes aos horários das 09:00, 10:00, 11:00, 13:00 e 15:00 horas do 1º dia de secagem (dia 29/04/2013) e às 08:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas do 2º dia de secagem (30/04/2013). O material recolhido foi colocado em sacos de papel e secos em estufa a 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), segundo AOAC (1990). Os teores de matéria orgânica (MO) foram calculados pela diferença entre a MM e a MS total.

Durante a amostragem, também foi monitorada simultaneamente a temperatura do RUC, utilizando um termômetro de infra-vermelho. As variáveis como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento durante os dias de secagem foram obtidas da Estação Meteorológica de Marechal Cândido Rondon- PR.

Ao final da desidratação, o resíduo seco de cervejaria (RSC) foi recolhido, acondicionado em bolsas e armazenado em galpão coberto. As amostras de resíduo logo após a desidratação foram coletadas e estas foram consideradas como zero dia de armazenamento. Após, foram coletadas quatro amostras (repetições) referentes a 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de armazenagem do RSC. A amostragem foi realizada em várias bolsas onde estava acondicionado o resíduo e também em vários pontos dessas bolsas. As amostras foram moídas em peneira de 1mm e analisadas para os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), segundo AOAC (1990), além de fibra em detergente

neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com Van Soest et al., (1991). Os teores de matéria orgânica foram calculados pela diferença entre o teor de MM e o total de MS.

Os teores de carboidratos totais (CT) e de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992). As frações de carboidratos foram determinadas também segundo estes mesmos autores, sendo as frações A + B₁ (rapidamente degradável), fração B₂ (carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis) e fração C (carboidratos fibrosos não degradáveis).

O fracionamento da proteína foi realizado de acordo com Licitra et al. (1996), onde foi sub-dividido em: fração solúvel (A = nitrogênio não proteico), fração de rápida degradação ruminal (B₁ = peptídios e oligopeptídios), de degradação intermediária (B₂ = proteína verdadeira), fração de lenta degradação ruminal (B₃ = proteína associada à parede celular potencialmente disponível no rúmen) e fração indigestível (C = proteína insolúvel em detergente ácido).

Para a realização da degradabilidade *in situ* da MS, MO e PB foram utilizados três bovinos, machos castrados, da raça Jersey, com cânula ruminal. Estes animais receberam uma dieta de adaptação por um período de 14 dias, constituída de concentrado à base de milho grão moído, farelo de soja, RSC e suplemento mineral, e volumoso à base de silagem de milho e pastagem de Tifton 85, além de água à vontade.

Foram utilizados, para incubação no rúmen, sacos de náilon de dimensão de 10 x 20 cm. Sete gramas das amostras de RSC sem moagem referente aos tempos 0, 30, 90 e 180 dias de armazenamento foram pesadas em triplicata e colocadas em cada um dos sacos. Esses sacos foram amarrados com fio de náilon e presos a uma barra cilíndrica de ferro inox, permanecendo durante o período de incubação preso à cânula ruminal.

As amostras foram incubadas no rúmen a 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas, sendo essas amostras colocadas de acordo com os tempos e removidas simultaneamente no mesmo horário. Após a retirada dos sacos, os mesmos foram lavados em água fria em máquina durante 10 minutos (quatro ciclos), com troca d'água a cada ciclo, juntamente com os sacos contendo a mesma quantidade de amostras representando o tempo 0 hora de incubação. Após a lavagem, todos os sacos foram secos em estufa, com ventilação forçada de ar, a 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram realizadas análises quanto aos teores de MS, MO e PB do resíduo, de acordo com as metodologias supracitadas.

A percentagem de desaparecimento da MS, MO e PB em cada tempo foi calculada pela proporção que ficou nos sacos após a incubação no rúmen. As degradabilidades da MS,

MO e PB foram calculadas através da equação descrita por ORSKOV e MCDONALD (1979):

$$p = a + b (1 - e^{-ct})$$

Onde: p = taxa de degradação no tempo t;

a = fração de rápida degradação (representado pelo intercepto da curva de degradação no tempo zero);

b = fração potencialmente degradável;

c = taxa constante de degradação da fração b;

t = tempo de incubação;

Os parâmetros não lineares, a, b e c foram estimados através do programa estatístico SAEG (1999). A degradabilidade efetiva da MS (DEMS), MO (DEMO) e PB (DEPB) no rúmen foi calculada usando a equação descrita por ORSKOV e MCDONALD (1979):

$$\text{DEMS, DEMO e DEPB} = a + [(b \times c) / (c + k)]$$

Onde: k = taxa estimada de passagem das partículas no rúmen;

As degradabilidades efetivas da MS, MO e PB foram estimadas para cada tratamento, levando-se em conta as taxas de passagem de sólidos no rúmen de: 2%/h, 5%/h e 8%/h, as quais podem ser atribuídas aos níveis de ingestão alimentar, baixa, média e alta (ARC, 1984), que correspondem aos estágios fisiológicos de manutenção, média produção e alta produção de leite, respectivamente.

A determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi estimada pela técnica descrita por Tilley & Terry (1963) e adaptada por Holden (1999). Nesse procedimento, amostras de 0,25 g de RSC moído referentes aos tempos de armazenamento 0, 30, 90 e 180 dias foram pesados em duplicata em filtro F57 da ANKOM[®], selados à quente e incubados em jarros contendo líquido ruminal e solução tampão.

Foram realizadas coletas de líquido ruminal de três bovinos Jersey, castrados com cânulas ruminais, que foram considerados como as repetições. Os animais foram mantidos em piquete de grama Tifton (*Cynodon sp.*) recebendo alimentação no cocho de silagem de milho e concentrado composto de milho moído, farelo de soja, RSC e mistura mineral. O líquido ruminal coletado foi mantido em garrafa térmica até o momento de seu uso, utilizando-se CO₂ para manter o ambiente anaeróbio. Após, o líquido ruminal foi filtrado em tecido de algodão e cerca de 400 mL foram colocados em cada jarro do fermentador.

As soluções de incubação (A e B) foram preparadas em recipientes pré-aquecidos (39°C) e misturadas adicionando-se cerca de 266 mL de solução B para 1330 mL de solução A (relação 1:5), a um pH final de 6,8 e temperatura de 39 °C. Após cerca de 1600 mL de

mistura combinada de A/B foi adicionada aos 400 mL do líquido ruminal para cada jarro do fermentador ruminal DAISY[®]. Em seguida, os filtros contendo as amostras foram acondicionados nos jarros e incubados por 48 horas a uma temperatura de 39°C.

O segundo estágio de incubação foi realizado com a adição de cerca de 40 mL de HCl a 6 N e 8 g de pepsina em cada jarro, mantendo-se a 39°C por mais 24 horas. A pepsina foi previamente dissolvida em 34 mL de água destilada a 35°C durante cinco minutos em agitador, mantendo-se o pH da solução entre 2,0 a 3,5. Ao término deste período, os jarros foram drenados e filtros F57 foram lavados com água destilada e secos em estufa a 105 °C por 12 horas. Após, os filtros foram pesados para se determinar a matéria seca (MS) residual, e a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi calculada pela diferença do alimento antes e após a incubação, por meio da fórmula:

$$DIVMS = \frac{(MS \text{ do alimento Inicial} - MS \text{ do alimento Residual})}{MS \text{ do alimento Inicial}} * 100$$

A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada por meio da queima em mufla do resíduo do material incubado, e a digestibilidade *in vitro* da proteína bruta (DIVPB) pela determinação da proteína residual por meio do método de Kjeldahl. O resultado da DIVMO e da DIVPB foi obtido por meio do cálculo da diferença entre a quantidade incubada e o resíduo após a incubação.

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da parede celular (DIVPC), foi utilizada a técnica de Goering e Van Soest (1975), com incubação das amostras por 48 horas a uma temperatura de 39°C, com posterior extração em detergente neutro através da análise de FDN. A DIVPC foi calculada pela diferença entre o FDN do alimento antes e após incubação.

Os dados da curva de desidratação do RSC, do fracionamento de proteínas e carboidratos, da digestibilidade *in vitro* e da degradabilidade *in situ* foram analisados por meio da análise de variância e regressão ao nível de 1% de probabilidade. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = Observação relativa ao i-ésimo tratamento da j-ésima repetição;

μ = Média geral;

T_i = Efeito do i-ésimo tratamento;

E_{ij} = Erro aleatório associado i-ésimo tratamento da j-ésima repetição.

3.3 Resultados e Discussão

A temperatura do resíduo teve efeito quadrático ($P < 0,05$) em função das horas de secagem ao sol ($\hat{Y} = 28,14 - 0,13x + 0,03x^2$; $R^2 = 0,43$), onde o ponto de temperatura mínima estimado foi de 28°C e ocorreu com 2 horas e 10 minutos de desidratação. Esse comportamento esteve relacionado com a temperatura ambiente, que foi mais amena nesse horário. Durante a desidratação, a temperatura ambiente apresentou uma média de 25,6°C, que pode ser considerada baixa e aponta para o fato de que além da temperatura, a velocidade do vento, a incidência de raios solares e a baixa umidade relativa do ar também contribuíram significativamente para a secagem do material (Tabela 2).

Tabela 2 – Condições meteorológicas apresentadas durante a o processo de desidratação do resíduo úmido de cervejaria

Horas de desidratação	Horas/dia	Temperatura ambiente (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Radiação solar (kJ/m ²)	Velocidade do vento (m/s)
0	9:00/1°	21,9	76	1047,0	4,1
1	10:00/1°	24,2	65	1714,0	5,4
2	11:00/1°	26,5	61	2131,0	3,8
4	13:00/1°	27,6	56	2257,0	1,3
6	15:00/1°	27,3	58	1746,0	2,2
8	8:00/2°	20,0	84	228,2	3,2
10	10:00/2°	25,6	65	1718,0	3,5
12	12:00/2°	28,2	55	2644,0	3,2
14	14:00/2°	27,4	59	1464,0	2,4
16	16:00/2°	27,4	63	910,5	1,6

Quando submetido ao processo de desidratação, o resíduo de cervejaria pode apresentar uma redução na disponibilidade da proteína à medida que a temperatura de secagem aumenta, devido à condensação de algumas das proteínas com materiais indigeríveis da parede celular (LÓPEZ e PASCUAL, 1981; PERREIRA et al., 1999). Entretanto, como o RSC utilizado neste estudo foi desidratado ao sol, a temperatura máxima observada durante o processo de secagem foi de 42,6°C, considerada baixa e incapaz de provocar alterações na composição, visto que temperaturas de secagem abaixo 120°C não provocam mudanças na composição do resíduo seco de cervejaria (LÓPEZ e PASCUAL, 1981).

A desidratação do RUC apresentou efeito linear crescente (Figura 1) no teor de matéria seca desse resíduo. Conforme a equação ajustada, no início da desidratação o RUC apresentava um teor de matéria seca de 153,29 g/kg, sendo que para cada hora de secagem o aumento da matéria seca foi de 49,82 g/kg. Esta taxa de desidratação levou o RUC ao fim do

período de desidratação a apresentar um teor de matéria seca de 949,85 g/kg. Nesse caso, a matéria seca obtida ao final do período de desidratação foi suficiente para assegurar a conserva o desse resíduo, pois o valor encontrado excede a recomenda o de 906 g/kg de MS/kg considerada por Calixto Júnior et al. (2007) como ideal para a conserva o de fenos de forragens. Os teores de MO apresentaram efeito quadrático ao longo dos tempos de secagem com ponto de máxima estimado para 12 horas e 13 minutos de desidrata o (Figura 1).

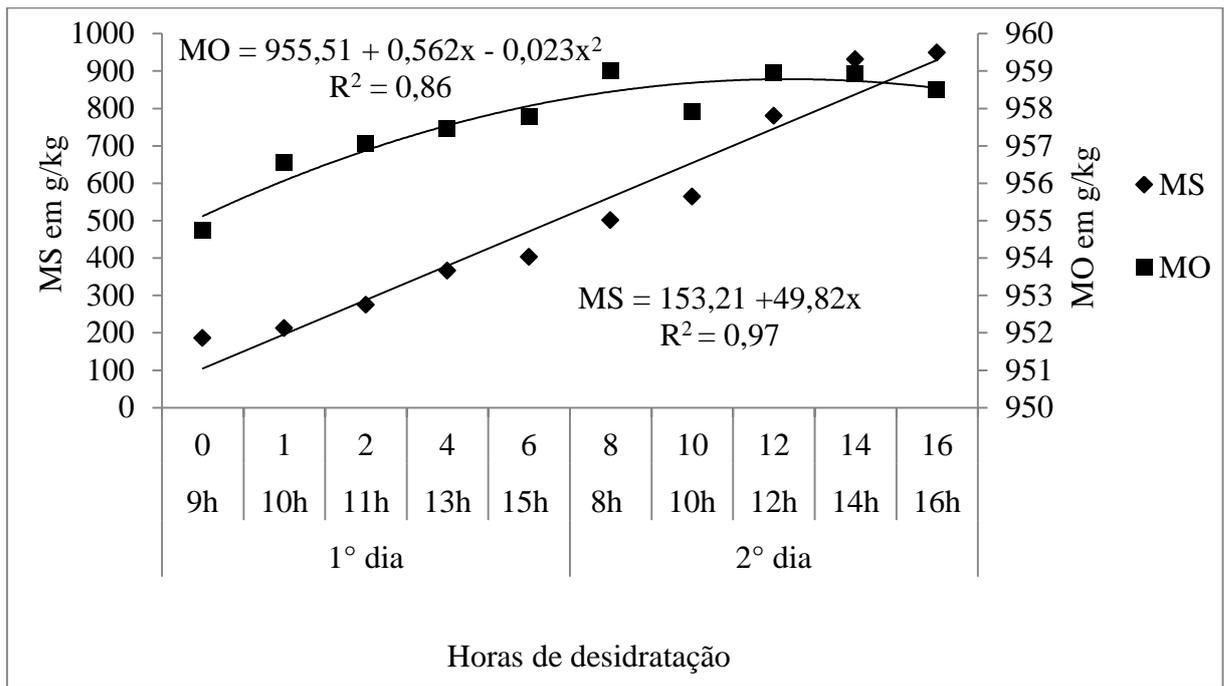


Figura 1 - Teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) em g/kg de resíduo durante o período de desidrata o ao sol do resíduo de cervejaria

O teor de MS do resíduo seco de cervejaria apresentou erro padrão médio (EPM) de 6,36 g/kg (Figura 2). Esse comportamento está associado às condi oes de umidade do ar em cada tempo de armazenagem, sendo que o teor de MS reduziu até os 60 dias de armazenagem, mas aumentou até 120 dias tornando a reduzir na sequência. O resíduo estudado passou pelo processo de desidrata o ao sol durante o mês de abril, dessa forma o período de coleta referente ao armazenagem de 10, 20, 30 e 60 dias ocorreu no período em que a umidade do ar encontrava-se elevada, ocasionando uma reabsor o da umidade atmosférica pelo resíduo. A redu o da umidade do ar ocorrida nos meses seguintes foi responsável pelo novo acréscimo no teor de MS do resíduo de cervejaria.

Os teores de MM, PB, EE, FDN e CNF apresentaram algumas varia oes entre os tempos de armazenagem testados, porém os erros padrões (EP) foram baixos (Figura 3). As oscila oes observadas nas concentra oes desses nutrientes se devem em grande parte  

heterogeneidade do produto, o qual possui uma composição variável em função dos cereais adicionados juntamente com a cevada, como o milho, trigo e arroz, com a finalidade de otimizar o processo fermentativo da cerveja (VELASCO et al., 2009). Além disso, por se tratar de um resíduo agroindustrial, o RSC não possui um padrão de qualidade definido para sua comercialização. O teor de PB variou de 217,58 a 244,20 g /kg de MS para o tempo 0 e os 180 dias de armazenamento respectivamente, enquanto que a FDN variou entre 662,80 a 652,57 g/kg de MS, o que demonstra que a armazenagem até 180 dias não afetou de maneira efetiva a composição do resíduo, sendo essa variação resultante da variabilidade do material.

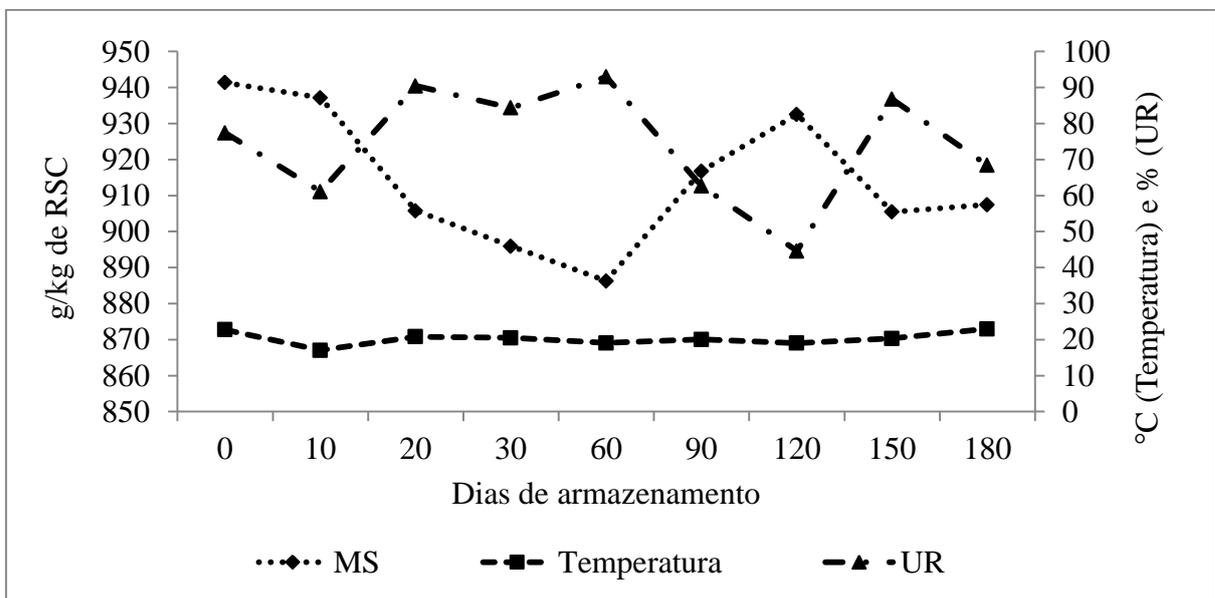


Figura 2 - Teores de matéria seca (MS) em g/kg de resíduo, temperatura ambiente (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período de armazenamento do resíduo seco de cervejaria

A heterogeneidade na composição do resíduo de cervejaria pode ser comprovada pelos valores obtidos por outros autores. Os resultados obtidos na literatura variaram de 203 g/kg (SILVA et al., 2010) a 316,7 g/kg para a PB (GERON et al., 2007). Em relação à FDN também ocorrem muitas diferenças entre os resíduos cervejeiros avaliados, sendo que no presente trabalho essa fração chegou a atingir 686,3 g de FDN/kg de MS aos 120 dias de armazenamento, enquanto observam-se na literatura valores inferiores, chegando a 550 g/kg (BROCHIER E CARVALHO, 2009). Velasco et al. (2009) também destacaram uma certa variabilidade na composição bromatológica do resíduo de cervejaria e salienta a necessidade de análise desse subproduto antes da formulação de dietas animais.

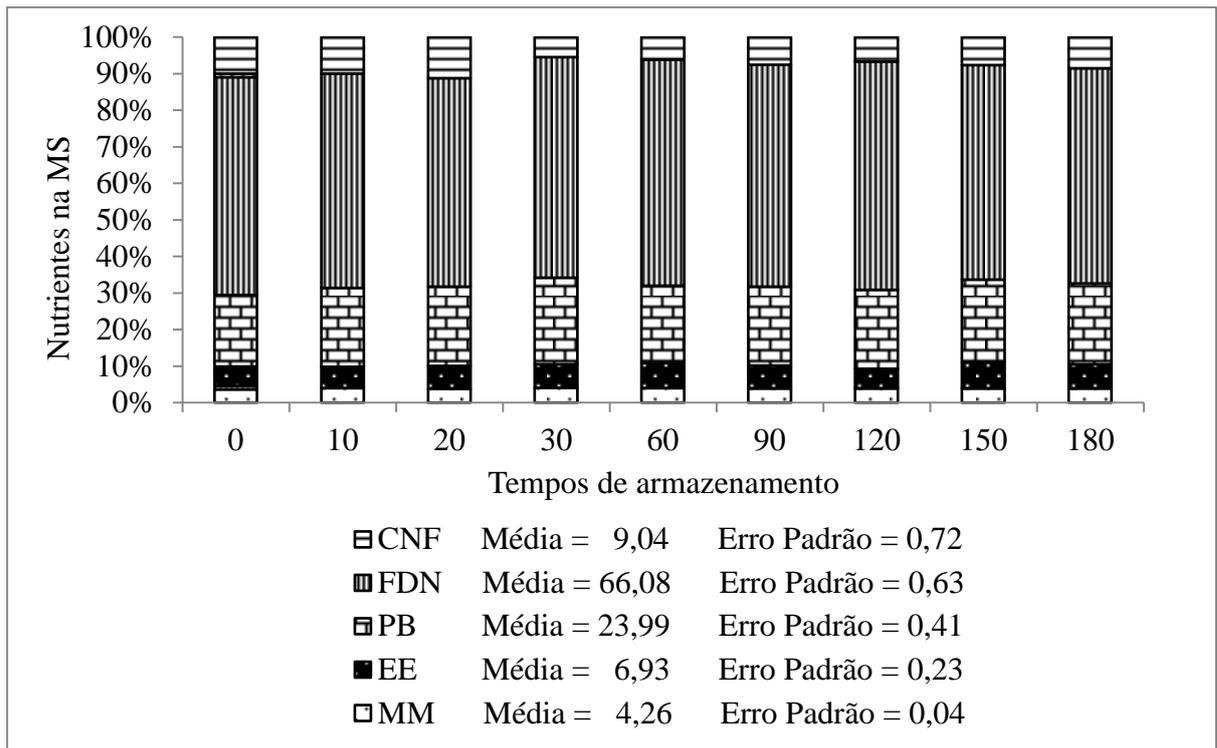


Figura 3 - Teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) do resíduo seco de cervejaria (g/kg) durante os tempos de armazenamento

Os dias de armazenamento do RSC não influenciaram ($P > 0,01$) nas frações A, B1, B2 e B3 da proteína. A fração C considerada indigestível aumentou linearmente ($P < 0,01$) com o avanço no tempo de armazenagem, sendo que para cada dia de estocagem essa fração aumentou 0,16 g/kg de PB, o que infere que parte da proteína anteriormente digestível se ligou a compostos da parede celular, tornando-se indisponível (Tabela 3). Os valores da fração A observados nesse estudo foram superiores aos obtidos por Geron et al. (2007) e Souza (2013), que obtiveram valores de 79 g/kg de PB e de 72,3 g/kg de PB para a fração A do RUC, respectivamente. Em relação à fração C, os resultados obtidos foram inferiores aos relatados por Geron et al. (2007) e Souza (2013), que obtiveram 144 e 216,4 g/kg de PB para RUC respectivamente, o que permite inferir que além da heterogeneidade no teor de PB, o RSC também possui variabilidade na disponibilidade dessa fração.

As frações A+B1 e B2 dos carboidratos não apresentou efeito com o aumento do tempo de armazenagem do RSC ($P < 0,01$). A baixa concentração de carboidratos da fração A+B1 composta por açúcares simples, pectina e amido ocorreu em virtude da remoção do amido durante a maceração da cevada para obtenção do malte cervejeiro (MUSSATTO et al., 2006). A fração C apresentou efeito quadrático ($P < 0,01$) com ponto de máxima estimado em 243,83 g/kg de CT, aos 118 dias de armazenagem.

Tabela 3 – Fracionamento de proteínas e carboidratos do resíduo seco de cervejaria nos tempos de armazenamento

Variáveis	Dias de armazenamento				P value		R ²	EPM ¹
	0	30	90	180	L	Q		
Fracionamento de proteína (g/kg de PB)								
Fração A	161,48	141,96	108,09	134,87	0,186	0,041	-	14,08
Fração B1	48,85	29,71	26,00	35,26	0,590	0,245	-	12,09
Fração B2	424,05	444,33	456,19	427,53	0,977	0,143	-	16,53
Fração B3	265,48	280,40	296,57	274,14	0,663	0,077	-	11,44
Fração C ²	100,14	103,59	113,25	128,21	0,001	0,858	0,99	5,29
Fracionamento de carboidrato (g/kg de CT)								
Fração A+B1	145,85	125,94	111,88	132,21	0,533	0,075	-	11,85
Fração B2	684,41	645,65	658,55	637,45	0,090	0,627	-	14,11
Fração C ³	169,74	228,40	229,57	230,34	0,002	0,005	0,76	8,73

¹EPM: Erro Padrão da Média; ²Y= 99,4184 + 0,1580x; ³Y=180,7022 + 1,0660x - 0,0045x²;

Em relação aos parâmetros de degradação ruminal (Tabela 4), é possível inferir que a fração solúvel (a) presente na MS do RSC reduz de forma linear ($P < 0,01$) em função do tempo de armazenagem. No entanto, a fração insolúvel, mas potencialmente degradável (b), bem como a degradabilidade potencial (DP) e a efetiva (DE) com taxa de passagem de 2%/hora apresentaram efeito quadrático ($P < 0,01$), sendo que os pontos de máxima estimados permaneceram entre os 111 e 130 dias de armazenagem. Independentemente do tempo de armazenagem, os resultados encontrados no presente trabalho foram superiores aos de Geron et al. (2007) que avaliou RUC e obteve valores de 65,4% para a DP e 47,7%, 34,4% e 27,3% para a DE da MS nas taxas de 2%, 5% e 8%/hora.

A DP e as DE nas taxas de 2%, 5% e 8%/hora referentes a MO seguiram comportamentos semelhantes à MS, apresentando efeito quadrático ($P < 0,01$). Os pontos de máxima degradação da MO foram entre os 95 e 121 dias, reduzindo após esse intervalo de armazenagem.

A fração solúvel da degradabilidade ruminal da PB decresceu linearmente com o tempo de armazenagem, em consequência disso a fração insolúvel, mas potencialmente degradável, apresentou efeito linear crescente ($P < 0,01$). A taxa de degradação da fração b (c) e a DP não apresentaram efeito ($P > 0,01$), mas as DE para todas as taxas de passagem avaliadas decresceram linearmente ($P < 0,01$), de modo que grandes períodos de armazenagem do RSC interferem na disponibilidade da PB a nível de rúmen. Esse fato pode ser atribuído ao aumento da fração C (Tabela 3), que é considerada indigestível com o avanço no tempo de estocagem.

Tabela 4 – Fração solúvel (a), insolúvel potencialmente degradável (b), taxa de degradação (c) da fração b, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade ruminal efetiva (DE) para as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta do resíduo seco de cervejaria (RSC) em diferentes tempos de armazenamento

Variáveis	Dias de armazenamento				P value		R ²	EPM ¹
	0	30	90	180	L	Q		
Matéria seca								
a ²	23,39	19,77	20,37	17,70	0,000	0,291	0,73	0,51
b ³	51,78	53,79	59,84	59,83	0,000	0,001	0,97	0,61
c	0,10	0,08	0,11	0,10	0,295	0,720	-	0,01
DP (%) ⁴	75,17	73,55	80,21	77,53	0,000	0,000	0,58	0,23
DE (2%/h) ⁵	66,64	63,32	70,89	67,66	0,000	0,001	0,35	0,41
DE (5%/h)	58,07	53,65	61,36	57,80	0,058	0,038	-	0,72
DE (8%/h)	52,34	47,50	54,86	51,21	0,262	0,110	-	0,83
Matéria orgânica								
a ⁶	12,58	12,35	16,65	11,97	0,954	0,010	0,72	0,95
b	62,74	59,61	62,46	64,11	0,054	0,192	-	0,90
c (%/h)	0,08	0,09	0,11	0,10	0,063	0,119	-	0,01
DP (%) ⁷	75,31	71,96	79,11	76,08	0,005	0,008	0,32	0,55
DE (2%/h) ⁸	62,59	60,67	69,28	65,26	0,000	0,000	0,58	0,44
DE (5%/h) ⁹	50,95	49,97	59,25	54,54	0,001	0,001	0,69	0,84
DE (8%/h) ¹⁰	43,72	43,15	52,46	47,44	0,004	0,001	0,72	0,99
Proteína bruta								
a ¹¹	33,90	36,29	20,77	18,84	0,000	0,024	0,79	1,19
b ¹²	60,06	57,96	73,86	75,26	0,000	0,014	0,78	1,22
c (%/h)	0,18	0,15	0,16	0,14	0,040	0,327	-	0,01
DP (%)	93,96	94,26	94,62	94,10	0,710	0,047	-	0,21
DE (2%/h) ¹³	87,99	87,52	86,13	84,94	0,002	0,669	0,98	0,53
DE (5%/h) ¹⁴	80,97	79,91	76,54	74,75	0,001	0,306	0,95	0,89
DE (8%/h) ¹⁵	75,56	74,28	69,42	67,28	0,000	0,217	0,93	1,09

¹EPM: Erro Padrão da Média; ²Y= 22,2128-0,0254x; ³Y=51,2443+0,1308x-0,0005x²; ⁴Y=73,7572+0,0893x - 0,0004x²; ⁵Y= 64,7431 +0,0762x -0,0003x²; ⁶Y= 11,7079 +0,0880x -0,0005x²; ⁷Y= 73,4785+0,0678x - 0,0003x²; ⁸Y= 60,7686+0,1216x -0,0005x²; ⁹Y= 49,1822+0,1528x -0,0008x²; ¹⁰Y= 42,0156+0,1621x -0,0007x²; ¹¹Y=34,9351 -0,0998x; ¹²Y=59,2570 +0,1003x; ¹³Y=87,9404-0,0172x; ¹⁴Y=80,7101 -0,0356x; ¹⁵Y=75,2227 - 0,0478x

Geron et al. (2007) obtiveram valores de DP para a PB de 65,9% e DE de 47,5%; 34,2% e 27,3% para as taxas de 2%, 5% e 8%, respectivamente, e classificaram a PB do RUC como de baixa degradabilidade ruminal. Em contrapartida, embora a degradabilidade obtida tenha reduzido com o avanço do período de estocagem do RSC, os valores observados em todos os tempos foram altos, revelando um elevado aproveitamento de PB no rúmen. Essa elevada degradabilidade pode ser explicada pela concentração de proteína solúvel (fração A) ter sido superior às observadas na literatura (Tabela 3), o que confirma a variabilidade na composição dos resíduos cervejeiros. Resultados alcançados por Pereira et al. (1999) mostraram que a DE da PB do resíduo de cervejaria obtido de diferentes procedências

variaram de 55,72% a 71,72%. Esses autores ainda destacaram que a ação de altas temperaturas sobre o resíduo provoca decréscimos consideráveis na degradabilidade da PB, sendo que a DE do RSC submetido a 50°C foi 71,72% e reduziu para 27,8% quando submetido a 174°C, podendo esta ser uma das explicações para a heterogeneidade desse subproduto.

O tempo de armazenamento do RSC não influenciou ($P>0,01$) na DIVMS, DIVMO e DIVPB (Tabela 5). O resultado de DIVMS médio obtido nesse estudo foi de 736 g/kg, sendo superior aos observados por Souza (2010) e Souza et al. (2015) que obtiveram valores de 656 g/kg para silagem de RUC pré-seco ao sol e 596,2 g/kg para o RUC, respectivamente. Geron et al. (2007), ao avaliarem a digestibilidade ruminal *in vitro* da MS, encontraram valores de 421 g/kg para o resíduo úmido de cervejaria e de 435 g/kg para resíduo de cervejaria fermentado. Os resultados de Geron et al. (2007) são inferiores aos obtidos no presente trabalho, devido à digestibilidade ruminal expressar apenas a quantidade de nutrientes digerida no rúmen, desconsiderando os processos digestivos que ocorrem no restante do trato gastrointestinal.

Tabela 5 – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da matéria orgânica (DIVMO), proteína bruta (DIVPB) e da parede celular (DIVPC) em g/kg de MS do RSC submetido a diferentes tempos de armazenamento

Variáveis	Dias de armazenamento				P value		R ²	EPM ¹
	0	30	90	180	L	Q		
DIVMS	671,80	742,16	717,07	724,30	0,290	0,241	-	19,42
DIVMO	680,18	759,43	696,31	718,34	0,802	0,606	-	19,14
DIVPB	896,21	882,85	922,63	930,68	0,328	0,915	-	32,20
DIVPC ²	600,27	706,14	650,13	645,06	0,597	0,003	0,25	9,06

¹EPM: Erro Padrão da Média; ² $Y=628,6163 + 1,0483x - 0,0055x^2$

A DIVPB não apresentou efeito em função do tempo de armazenamento ($P>0,01$) e embora os dias de estocagem tenham reduzido a degradabilidade ruminal dessa fração (Tabela 4), a digestibilidade total não foi comprometida, permanecendo elevada (908,09 g/kg de PB). Geron et al. (2007) destacaram que a elevada digestibilidade da proteína do resíduo de cervejaria é devido à alta disponibilidade dessa fração no intestino.

A DIVPC apresentou efeito quadrático, com ponto de máxima estimado em 678,56 g/kg aos 95 dias de armazenamento. Os valores obtidos foram superior aos de Souza et al. (2015), que observaram DIVPC de 489,9 g/kg. Essa superioridade pode ser atribuída ao elevado teor de hemicelulose presente no resíduo, que representa 479 g/kg de FDN.

3.4 Conclusão

A desidratação do resíduo úmido de cervejaria (RUC) por um período total de 31 horas, sendo 16 horas de exposição direta ao sol, com densidade de 0,998 kg de matéria seca por m², foi eficiente em garantir a conservação do material e viabilizar o seu armazenamento. A armazenagem do resíduo seco de cervejaria (RSC) por um longo período não comprometeu a sua qualidade, sendo que este apresenta uma composição heterogênea por se tratar de um resíduo agroindustrial.

REFERÊNCIAS

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed., Arlington: AOAC Internacional, 1990. 1025p.
- ARC – AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Suppl. 1. Commonw. Agric. Bur., Wallingford, England, 1984.
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.5, p.1392-1399, 2009.
- CABRAL FILHO, S.L.S.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.75-73, 2007.
- CALIXTO JÚNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CANTO, M.W. Taxa de desidratação e composição química bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vandyerst) em função de níveis de adubação nitrogenada. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.493-502, 2007.
- COSTA, A.D.; MATTOS, E.S.; LIMA, C.A.R. Composição química e energia digestível do bagaço de malte em suínos machos nas fases de crescimento e terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 16., 2006, Pernambuco, **Anais...** Pernambuco: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Caracterização, fracionamento protéico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.291-299, 2007.
- GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J. 1975. **Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications) Agriculture Handbook 379**. United States Department of Agriculture. 20p.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 171794, 1999.
- KLAGENBOECH, R.; THOMAZINI, M.H.; SILVA, G.M.C. Resíduo úmido de cervejaria: uma alternativa na alimentação animal. In: ENCONTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 3., 2011. Toledo, **Anais...** Toledo: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- LÓPEZ, J.D.; PASCUAL, J.L.M. Influence of the drying process on the composition of brewers dried grains. **Animal Feed Science and Technology**, v.6, p.163-168, 1981.

- MUSSATO, S.I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, C. Brewer's spent grain: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, v.43, p.1–14, 2006.
- ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.92, n.1, p.499-503, 1979.
- PEREIRA, J.C.; GOZZÁLEZ, J.; OLIVEIRA, R.L. et al. Cinética de degradação ruminal do bagaço de cevada submetido a diferentes temperaturas de secagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1125-1132, 1999.
- POLAN, C.E.; HERRINGTON, T.A.; WARK, W.A. et al. Milk production response to diets supplemented with dried grains, wet brewers grains, or soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.8, p.2016-2026, 1985.
- SILVA, V.B.; FONSECA, C.E.M.; MORENZ, M.J.F. et al. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1595-1599, 2010.
- SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.
- SOUZA, L.C. **Valor nutritivo do resíduo úmido de cervejaria in natura conservado sob condições aeróbias e anaeróbias**. 2010. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- SOUZA, L.C. **Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras**. 2013. 164f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- SOUZA, L.C.; ZAMBOM, M.A.; GUNDT, M.P. et al. Composição química e degradabilidade ruminal de forragens e subprodutos agroindustriais na região oeste do Paraná. **Bioscience Journal**, v.31, n.1, p.171-180, 2015.
- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland**. v18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VELASCO, F.O.; GONÇALVES, L.C.; TEIXEIRA, A.M. et al. Resíduo de cervejaria para gado leiteiro. In: GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. (Ed.) **Alimentos para Gado de Leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009, p.139-150.

4. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO

Resumo: Objetivou-se determinar o melhor nível de utilização de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja para vacas de raça Holandês em lactação. Foram utilizadas cinco vacas com aproximadamente 100 dias de lactação distribuídas em um quadrado latino 5x5, as quais foram alimentadas com dietas contendo níveis (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) de RSC em substituição ao farelo de soja. A dieta era composta de 50% de concentrado, 10% de silagem de milho e 40% de feno de Tifton e era fornecida após as duas ordenhas. Os parâmetros avaliados foram a ingestão e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, a síntese microbiana, a produção e composição do leite e a viabilidade econômica das dietas. Foi obtida redução na ingestão de matéria seca, proteína bruta, carboidratos não fibrosos e nutrientes digestíveis totais e aumento na ingestão de extrato etéreo e fibra em detergente neutro. A digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e fibra em detergente neutro aumentaram com substituição do farelo de soja pelo RSC, devido à possível redução na taxa de passagem pelo aumento da ingestão de fibra em detergente neutro e consequente maior tempo de ação dos microrganismos ruminais sobre os nutrientes. A produção de leite não foi influenciada, no entanto os teores de gordura, proteína e sólidos totais reduziram com o aumento do RSC. Não houve alteração nas concentrações de nitrogênio ureico do leite e nem para a produção de proteína microbiana por quilograma de nutrientes digestíveis totais. A eficiência de produção de leite e o retorno econômico aumentaram com os níveis de RSC. Desse modo, a utilização de RSC na alimentação de vacas em lactação pode ser realizada até o nível de 75% em substituição ao farelo de soja.

Palavras-chave: digestibilidade, ingestão, produção leiteira, purinas, resíduo agroindustrial

4. UTILIZATION OF DRIED BREWERS' GRAINS IN THE FEEDING OF LACTATION COWS

Abstract: The objective was to determine the best level of dried brewers' grains (DBG) replacing soybean meal for Holstein cows in lactation. Five cows were used with approximately 100 days of lactation distributed in a 5x5 Latin Square Design, which were fed diets containing levels (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) of DBG replacing soybean meal. The diet consisted of 50% concentrate, 10% corn silage and 40% of Tifton hay and was provided after both daily milkings. We evaluated the intake and digestibility of dry matter and nutrients, microbial synthesis, milk production and composition and the economic viability of diets. Reduction in dry matter intake, crude protein, non-fibrous carbohydrates and total digestible nutrients was obtained and ether extract intake and neutral detergent fiber increased. The digestibility of dry matter, crude protein, ether extract and neutral detergent fiber increased with replacement of soybean meal by DBG due to possible reduction in the passage rate through the increased intake of fiber and neutral detergent and consequent longer duration of ruminal microorganisms on nutrients. The milk production was not affected however the levels of fat, protein and total solids reduced with increasing DBG. There was no change in urea nitrogen concentrations in milk as for the production of microbial protein per kilogram of total digestible nutrients. The milk production efficiency and economic returns increased with the DBG levels. Thus, the use of DBG in supply of dairy cows can be performed up to the level of 75% in replacement of soybean meal.

Keywords: digestibility, intake, milk production, purines, agroindustrial residue

4.1 Introdução

O Brasil produz anualmente mais de 32,3 bilhões de litros de leite oriundos de um rebanho de vacas ordenhadas de mais de 22,803 milhões de cabeças. O Estado do Paraná é o terceiro maior produtor nacional de leite, sendo responsável pela produção de 3,968 bilhões de litros, o que corresponde a 12,28% do leite total produzido no país, ficando atrás apenas dos Estados de Minas Gerais e do Rio Grande do Sul (IBGE, 2012).

A produtividade leiteira média do Estado paranaense é de 2.404 litros/vaca/ano, considerada elevada em comparação com a média brasileira, que é de apenas 1.382 litros/vaca/ano (IBGE, 2011). A produtividade de leite desse Estado tem um grande potencial de crescimento, embora, dentre outros fatores, esse crescimento seja limitado pelos altos custos de produção, grande parte referente à alimentação dos animais. Diante disso, cresce a busca por alimentos alternativos mais acessíveis e que melhorem a produtividade leiteira.

Dessa forma, os subprodutos e resíduos industriais têm despontado na nutrição animal, principalmente pelo aparente valor nutritivo que apresentam, pela abundância de oferta e pela perspectiva de redução dos custos para o produtor (ALBUQUERQUE et al., 2011). É importante salientar que muitos desses resíduos apresentam alta carga poluidora, de maneira que o seu aproveitamento na nutrição animal além de proporcionar uma fonte de renda alternativa às propriedades rurais, também contribui para a preservação do meio ambiente, promovendo um desenvolvimento mais sustentável (BROCHIER e CARVALHO, 2008).

Dentre os diversos resíduos industriais, o resíduo de cervejaria vem se destacando, devido à abundância da oferta, em razão do aumento da produção de cerveja no Brasil (ALBUQUERQUE et al., 2011). A quantidade gerada de resíduo úmido de cervejaria (RUC) é 32,02% superior à quantidade de cevada utilizada durante o processo inicial da produção de cerveja, o que caracteriza o setor cervejeiro como um grande gerador de resíduos (BROCHIER e CARVALHO, 2009).

Com um teor de proteína em torno de 24,33% na MS e valor de nutrientes digestíveis totais próximo a 76% (VALADARES FILHO et al., 2006), o resíduo de cervejaria é um ingrediente proteico alternativo de menor custo que pode ser utilizado em substituição ao farelo de soja na alimentação de ruminantes, visto que esses animais possuem capacidade de transformar resíduos de vegetais em nutrientes, através da ação de microrganismos do rúmen que fermentam a matéria-prima bruta consumida e sintetizam nutrientes assimiláveis pelo organismo (SILVA FILHO et al., 1999). Desse modo, objetivou-se determinar o melhor nível

de utilização de resíduo seco de cervejaria em substituição ao farelo de soja para vacas da raça Holandês, em lactação.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de 19 de julho a 31 de outubro de 2013 no setor de Bovinocultura de Leite da Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, no Laboratório de Nutrição Animal e no Laboratório de Análise de Sangue da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. O protocolo de experimentação animal utilizado foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIOESTE.

O resíduo de cervejaria foi adquirido na forma úmida, de uma indústria cervejeira localizada no município de Toledo – PR. O resíduo úmido de cervejaria (RUC) passou pelo processo de desidratação por um período de total de 31 horas, sendo que destas, 16 horas foram de exposição ao sol, onde o resíduo foi distribuído uniformemente sobre uma quadra de concreto, formando uma camada de aproximadamente 1,5 cm com uma densidade de 0,998 kg de matéria seca/m². O material foi espalhado com a ajuda das pás e foi revirado a cada hora. O RUC permaneceu disperso para a desidratação durante dois períodos diurnos e um período noturno, sendo que à noite o resíduo foi coberto com lona preta para impedir a reabsorção de umidade. Ao final da desidratação, o resíduo seco de cervejaria (RSC) foi recolhido, acondicionado em sacos e armazenados em galpão de alvenaria coberto para sua posterior utilização na ração animal.

Foram utilizadas 5 vacas da raça Holandês entre a 1^o e 3^o lactação, após o pico de produção (aproximadamente aos 100 dias de lactação), gestantes, com peso corporal médio de $626 \pm 31,9$ kg e produção média inicial de $26,98 \pm 4,86$ kg de leite por dia. Os animais foram distribuídos no delineamento experimental em quadrado latino 5x5, com cinco tratamentos e cinco períodos experimentais de 21 dias, sendo 14 dias para adaptação à dieta e sete dias para a coleta de dados, totalizando 105 dias. Os tratamentos testados foram níveis 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição do farelo de soja pelo resíduo seco de cervejaria (RSC).

Para a formulação das dietas experimentais, procedeu-se a análise bromatológica dos ingredientes (Tabela 1) quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) pela metodologia da AOAC (1990), e a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA),

segundo Van Soest et al. (1991). Os teores de matéria orgânica foram calculados pela diferença entre o teor de MM e o total de MS. Os teores de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992):

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

$$CNF = CT - FDN_{cp};$$

Os valores de nutrientes digestíveis totais de cada ingrediente foi calculado pela equação descrita por Tibo et al. (2000):

$$NDT (\%) = 86,0834 - 0,3862 FDN$$

Tabela 1. Composição, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e fracionamento de proteínas e carboidratos dos ingredientes das dietas experimentais

Composição	Resíduo seco de cervejaria	Farelo de soja	Milho moído	Feno de Tifton	Silagem de milho
Composição e digestibilidade <i>in vitro</i> (g/kg de MS)					
MS ¹	941,36	896,23	889,80	850,75	316,60
MO ²	959,65	932,10	982,18	923,63	949,07
EE ³	59,20	16,20	35,90	13,62	28,85
PB ⁴	217,58	509,54	95,17	118,63	87,20
FDN ⁵	662,80	169,38	108,53	749,70	474,51
FDN _{cp} ⁶	600,13	138,87	92,99	676,61	451,23
FDA ⁷	268,11	117,17	50,75	369,43	290,02
CT ⁸	682,87	415,19	851,11	791,37	833,02
CNF ⁹	82,74	276,33	758,12	114,76	381,79
NDT estimado ¹⁰	604,86	795,24	818,9	571,30	677,58
DIVMS	713,80	949,65	940,56	643,93	717,72
Fracionamento de proteína (g/kg de PB)					
Fração A	221,73	151,30	185,5	301,23	544,41
Fração B1	38,94	73,43	174,3	52,01	30,97
Fração B2	453,71	727,76	503,22	129,24	238,11
Fração B3	111,44	21,46	96,26	434,55	108,56
Fração C	174,18	26,05	40,72	82,97	77,94
Fracionamento de carboidratos (g/kg de CT)					
Fração A+B1	135,38	650,34	887,80	130,23	449,90
Fração B2	694,95	200,53	78,36	763,34	459,04
Fração C	169,68	149,14	33,84	106,42	91,06

¹MS: Matéria Seca; ²MO: Matéria Orgânica; ³EE: Extrato Etéreo; ⁴PB: Proteína Bruta; ⁵FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁶FDN_{cp}: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteínas; ⁷FDA: Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁸CT: Carboidratos Totais; ⁹CNF: Carboidrato Não Fibrosos; ¹⁰NDT: Nutrientes Digestíveis Totais. NDT (%) = 86,0834 - 0,3862 FDN

A digestibilidade *in vitro* da (MS) foi realizada pela técnica descrita por Tilley & Terry (1963) e adaptada por Holden (1999), com dois estágios de incubação. O fracionamento da proteína foi realizado de acordo com Licitra et al. (1996): fração solúvel (A), fração de

rápida degradação ruminal (B₁), de degradação intermediária (B₂), fração de lenta degradação ruminal (B₃) e fração indigestível (C). As frações de carboidratos foram determinadas segundo Sniffen et al. (1992): frações rapidamente degradável (A + B₁), fração carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis (B₂) e fração carboidratos fibrosos não degradáveis (C).

Posteriormente, as dietas foram formuladas para atender às exigências dos animais de acordo com o NRC (2001), sendo compostas por 40% de feno de *Cynodon sp.*, 10% de silagem de milho e 50% de concentrado contendo milho moído, RSC, farelo de soja, suplemento mineral e fosfato bicálcico (Tabela 2).

Tabela 2. Ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais em g/kg de matéria seca

Ingredientes	Nível de substituição				
	0%	25%	50%	75%	100%
Feno de Tifton 85	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Silagem de milho	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Milho moído	382,74	360,72	332,09	280,52	176,47
Farelo de soja	104,23	94,24	78,14	53,82	-
RSC ¹	-	32,50	78,14	154,94	313,73
Mistura mineral ²	9,77	9,75	9,77	9,79	9,80
Fosfato bicálcico	3,26	2,79	1,86	0,93	-
Composição bromatológica					
MS ³	817,27	818,67	820,65	822,58	828,36
MO ⁴	941,80	940,72	940,97	940,69	939,19
EE ⁵	20,32	23,43	26,17	26,92	36,32
PB ⁶	145,12	143,42	145,08	145,07	148,33
FDN ⁷	405,07	434,60	463,20	512,58	605,20
FDN _{cp} ⁸	364,91	388,18	411,23	450,47	526,53
FDA ⁹	203,25	208,87	218,46	227,11	258,26
Hemicelulose	201,86	225,73	244,74	285,48	346,94
Celulose	181,02	185,52	192,07	197,55	220,48
Lignina	22,23	23,35	26,40	29,56	37,78
CT ¹⁰	776,36	773,88	769,73	768,71	754,54
CNF ¹¹	411,44	385,70	358,50	318,24	228,01
NDT estimado ¹²	704,40	692,99	681,95	662,87	627,11

¹RSC: Resíduo Seco de Cervejaria; ²Composição química (quantidades/kg do produto): Ca - 215 g, P - 65 g, Co - 45 mg, Mg - 12 g, Mn - 425 mg, Zn - 1.900 mg, Se - 35 mg, I - 65 mg, S - 10 g, F - 650 mg, Fe - 1.700 mg, Cu - 800 mg, Na - 75g (produto comercial); ³MS: Matéria Seca; ⁴MO: Matéria Orgânica; ⁵EE: Extrato Etéreo; ⁶PB: Proteína Bruta; ⁷FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁸FDN_{cp}: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁹FDA: Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ¹⁰CT: Carboidratos Totais; ¹¹CNF: Carboidratos Não Fibrosos; ¹²NDT: Nutrientes Digestíveis Totais. NDT (%) = 86,0834 - 0,3862 FDN

Os animais foram alojados em estábulo coberto, com baias individuais. No início e final de cada período experimental, foi realizada a estimativa do peso corporal dos animais, por meio do uso da fita métrica antes da alimentação da manhã. O arraçamento foi realizado

duas vezes ao dia (às 06h:30 e 16h:30) nas proporções de 70 e 30%, respectivamente, do total de MS oferecida. A alimentação era oferecida na forma de ração total, misturando o volumoso com o concentrado. As sobras dos alimentos oferecidos foram pesadas diariamente e ajustadas a fim de proporcionar sobras entre 10% e 20%, para garantir o consumo voluntário. A ingestão da matéria seca e dos nutrientes foram determinadas pela diferença entre o fornecido e as sobras.

Do 15° ao 21° dia do período experimental, além da pesagem da quantidade ofertada de alimento e de suas respectivas sobras, também foram coletadas amostras de silagem, feno, concentrados e das sobras, as quais foram armazenadas em freezer a -20°C . Do 15° ao 20° dia, para a determinação da digestibilidade, amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal conforme a seguinte distribuição: 15° dia (8 horas), 16° dia (10 horas), 17° dia (12 horas), 18° dia (14 horas), 19° dia (16 horas), 20° dia (18 horas). Posteriormente, as amostras de alimentos, sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada de ar ($55^{\circ}\text{C} - 72 \text{ h}$) e moídas em peneira com crivo de um milímetro. Realizou-se então um *pool* composto das amostras de cada alimento, sobras e fezes, resultando em uma única amostra por animal por período. Após, as mesmas foram analisadas quanto aos teores de MS, MM, PB, EE, FDN e FDA, conforme descrito anteriormente. Os teores de MO, CT e CNF também foram estimados pelas equações já descritas acima. Os teores de NDT foram calculados segundo as equações propostas pelo NRC (2001):

$$\text{NDT} = \text{PBd} + \text{CNFd} + ((\text{EEd} - 1) * 2,25) + \text{FDNd} - 7$$

Em que PBd = proteína bruta digestível, EEd = extrato etéreo digestível, CNFd = carboidratos não fibrosos digestíveis e FDNd = fibra em detergente neutro digestível.

Para estimativa da excreção fecal diária, foi utilizado como indicador interno a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), estimada nas amostras do fornecido, sobras e composições fecais, por intermédio de procedimento de digestibilidade *in situ* descrita por Cochran et al. (1986). A FDAi foi obtida após 264 horas (CASALI et al., 2008) de incubação, em filtros F57 da ANKOM[®], e em seguida foi realizada análise de fibra em detergente ácido.

As ordenhas foram realizadas duas vezes ao dia às 6h:00 e 16h:00. A produção diária das vacas foi registrada no período de coleta de dados, utilizando medidores acoplados ao equipamento de ordenha. A produção de leite, corrigida para 3,5% de gordura, foi calculada pela equação descrita por Sklan et al. (1992):

$$\text{PLG} = (0,432 + 0,1625 \times G) \times \text{kg de leite}$$

Em que G = % de gordura do leite.

A eficiência de produção de leite (EPL) foi calculada dividindo-se a produção média de leite de cada vaca pela sua ingestão média de MS em cada período experimental.

Amostras de leite foram coletadas no 15° e 16° dia de cada período experimental, sendo estas compostas pela ordenha da manhã e da tarde, proporcionalmente. Para as análises químicas do leite, as amostras foram acondicionadas em frascos de plástico contendo Bronopol® (2-bromo-2-nitropopano-1,3-diol), sendo encaminhadas para o Laboratório do Programa de Análises do Rebanho Leiteiro do Paraná (PARLPR), pertencente à Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandês (APCBRH), onde foram analisados os teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais, sólidos totais desengordurados, contagem de células somáticas (CCS) e contagem bacteriana total (CBT).

Amostras de leite destinadas à análise de alantoína e nitrogênio ureico do leite foram desproteinizadas em papel-filtro utilizando 5 mL de ácido tricloroacético a 25% para cada 10 mL de leite. Posteriormente, o filtrado foi utilizado para determinação de alantoína pelo mesmo método utilizado na determinação de alantoína na urina, segundo Chen e Gomes (1992), e o nitrogênio ureico do leite através de kit comercial, seguindo a mesma metodologia aplicada ao plasma.

Para avaliação de síntese microbiana, no 17° dia do período experimental foi realizada coleta de urina spot, quatro horas após a alimentação da manhã. Imediatamente após a coleta, a urina foi filtrada em gaze e aferido o pH com peagâmetro digital. Uma alíquota de 10 mL de urina filtrada foi acidificada com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N), a qual foi destinada à quantificação das concentrações urinárias de ácido úrico e alantoína. Outra alíquota de 50 mL de urina filtrada foi refrigerada para a determinação de creatinina (CHEN e GOMES, 1992). A excreção diária de creatinina considerada para estimar o volume urinário por intermédio das amostras de urina spot foi de 24,05 mg/kg PC (CHIZZOTTI et al., 2007).

A excreção de purinas totais (PT) foi estimada pela soma das quantidades de alantoína excretada na urina e no leite e do ácido úrico excretado na urina. As purinas microbianas absorvidas (PA) (mmol/dia) foram estimadas pela equação proposta por Verbic et al. (1990):

$$PA \text{ (mmol/dia)} = PT - (0,385 * PV^{0,75}) / 0,85$$

Onde: 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina na urina; e 0,385 = excreção endógena de derivados de purina na urina (mmol).

O fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (g NM/dia) foi estimado a partir da equação de Chen e Gomes (1992):

$$NM(\text{g/dia}) = (70 * PA) / (0,83 * 0,116 * 1000)$$

Onde: 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116 é a relação N-purina:N total de bactérias.

Para realização da análise de viabilidade econômica da utilização do RSC foram considerados o valor pago pelo litro do leite ao produtor (R\$ 1,10/L) e os preços referentes aos ingredientes das rações praticados no Paraná, no mês de novembro de 2014: silagem de milho R\$ 0,28/kg de MS; feno de Tifton R\$ 0,43/kg de MS, milho moído R\$ 0,54/kg de MS; farelo de soja R\$ 1,27/kg de MS; RSC R\$ 0,45/kg de MS; suplemento mineral R\$ 2,61/kg de MS e R\$ 2,14/kg de MS de fosfato bicálcico. O valor do dólar no período da análise econômica foi de US\$ 2,557. A abordagem econômica, realizada no presente estudo, levou em consideração somente os custos com a alimentação devido à finalidade da pesquisa, não abrangendo os demais custos de produção.

O custo médio por quilo de ração (CMR) foi calculado através da composição centesimal de cada ingrediente na dieta e o seu custo. O custo médio com alimentação (CMA) foi obtido pela multiplicação do CMR em kg pelo consumo médio da dieta total dos animais de cada tratamento. Do mesmo modo, de posse do valor pago pelo litro de leite e da produção leiteira média, foi calculada a receita bruta (RB) obtida em cada um dos tratamentos. A margem bruta (MB) foi calculada pela diferença entre a RB e o CMA. O ponto de equilíbrio (PE) foi calculado pelo quociente do CMA pelo valor recebido pelo litro de leite, sendo que o mesmo mostra o volume exato de produção em que há retorno zero, ou seja, quando a RB é igual aos CMA.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial considerando os níveis de RSC (0%; 25%; 50%; 75% ou 100%) ao nível de 5% de probabilidade, testando-se os modelos linear e quadrático. Nos casos em que ambos os modelos foram significativos, adotou-se a equação quadrática quando o seu coeficiente de determinação foi dez pontos percentuais superior ao coeficiente de determinação da equação linear. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = Observação relativa à i-ésimo animal, ao j-ésimo período e ao k-ésimo tratamento.

μ = Média geral;

A_i = Efeito correspondente ao i-ésimo animal; $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

P_j = Efeito correspondente ao j-ésimo período; $j = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

T_k = Efeito correspondente ao k-ésimo tratamento; $k = 0, 25, 50, 75$ e 100 ;

E_{ijk} = Erro aleatório associado a i -ésimo animal, j -ésimo período e k -ésimo tratamento

4.3 Resultados e Discussão

Os dados de peso corporal, ingestão de MS e nutrientes estão descritos na Tabela 3. O peso corporal das vacas apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com o aumento do nível de RCS. A menor densidade energética das dietas contendo RSC juntamente com a menor ingestão de MS dos animais submetidos a esses tratamentos resultou na mobilização de reservas corporais para que os mesmos pudessem manter seu potencial genético de produção. O nível de 100% de substituição de farelo de soja por RSC (31,4% de RSC na dieta total) apresentou perda de peso corporal de 1,140 kg/dia, valores estes superiores aos encontrados por Davis et al. (1983), que mostraram que o nível de substituição de 30% de concentrado por resíduo de cervejaria prensado na dieta total reduziu o peso corporal das vacas em relação à dieta controle em 0,390 kg/dia.

Tabela 3. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes por vacas da raça Holandês em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja

Variáveis	Nível de substituição					P value		R ²	EPM ¹
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q		
PC (kg) ²	623,40	623,60	614,40	621,80	599,40	0,005	0,119	0,59	4,55
IMS (kg/dia) ³	19,68	19,37	18,49	18,30	15,28	0,000	0,055	0,80	0,59
IMS (%PC) ⁴	3,18	3,14	3,04	2,96	2,42	0,000	0,015	0,94	0,09
IMS (g/kg PC ^{0,75}) ⁵	158,41	156,34	150,91	147,70	121,32	0,000	0,020	0,94	4,60
IMO (kg/dia) ⁶	18,57	18,25	17,42	17,26	14,40	0,000	0,055	0,80	0,56
IEE (kg/dia) ⁷	0,41	0,47	0,51	0,50	0,60	0,000	0,811	0,90	0,02
IPB (kg/dia) ⁸	2,88	2,81	2,72	2,68	2,29	0,001	0,143	0,82	0,10
IFDN (kg/dia) ⁹	7,61	7,92	8,76	9,08	9,04	0,016	0,490	0,89	0,45
IFDN (%PC) ¹⁰	1,23	1,28	1,44	1,47	1,43	0,019	0,259	0,77	0,07
IFDN (g/kg PC ^{0,75}) ¹¹	61,22	63,90	71,43	73,27	71,79	0,018	0,307	0,80	3,51
IFDA (kg/dia) ¹²	3,79	3,79	3,81	3,97	3,77	0,763	0,641	-	0,14
ICT (kg/dia) ¹³	15,28	14,96	14,20	14,07	11,51	0,000	0,044	0,93	0,46
ICNF (kg/dia) ¹⁴	8,50	7,90	6,99	6,10	3,69	0,000	0,001	0,92	0,22
INDT (kg/dia) ¹⁵	10,81	11,07	11,28	11,06	9,89	0,187	0,056	-	0,42

¹EP: Erro Padrão da Média; ²PC: Peso Corporal; ^{3,4,5}IMS: Ingestão de Matéria Seca; ⁶IMO: Ingestão de Matéria Orgânica; ⁷IEE: Ingestão de Extrato Etéreo; ⁸IPB: Ingestão de Proteína Bruta; ^{9,10,11}IFDN: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ¹²IFDA: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ¹³ICT: Ingestão de Carboidratos Totais; ¹⁴ICNF: Ingestão de Carboidratos Não Fibrosos; ¹⁵INDT: Ingestão de Nutrientes Digestíveis Totais; ² $\hat{Y} = 626,4800 - 0,1992x$; ³ $\hat{Y} = 20,1971 - 0,0395x$; ⁴ $\hat{Y} = 3,1433 + 0,0045x - 0,0001x^2$; ⁵ $\hat{Y} = 156,8702 + 0,1989x - 0,0054x^2$; ⁶ $\hat{Y} = 19,0440 - 0,0373x$; ⁷ $\hat{Y} = 0,4169 + 0,0016x$; ⁸ $\hat{Y} = 2,9404 - 0,0053x$; ⁹ $\hat{Y} = 7,6760 + 0,0161x$; ¹⁰ $\hat{Y} = 1,2504 + 0,024x$; ¹¹ $\hat{Y} = 62,2232 + 0,1220x$; ¹² $\hat{Y} = 3,826$; ¹³ $\hat{Y} = 15,1374 + 0,0103x - 0,0004x^2$; ¹⁴ $\hat{Y} = 8,9202 - 0,0456x$; ¹⁵ $\hat{Y} = 10,822$;

A redução do peso corporal de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria parece estar mais associada à utilização desse ingrediente em substituição ao concentrado, devido ao menor aporte energético em comparação ao milho e ao farelo de soja, principais ingredientes utilizados no concentrado. Vacas alimentadas com resíduo de cervejaria em substituição aos alimentos volumosos não têm apresentado perdas de peso significativas (YOUNKER et al., 1998; GERON et al., 2010; SOUZA, 2013) o que pode ser atribuído a uma maior proximidade de energia disponibilizada ao animal entre o resíduo cervejeiro e os volumosos estudados.

A substituição do farelo de soja pelo RSC promoveu efeito linear decrescente ($P < 0,05$) da ingestão de MS em quilogramas por dia (kg/dia), sendo que os animais alimentados com a dieta contendo 100% de RSC em substituição ao farelo de soja consumiram 4,4 kg de MS/dia a menos do que o tratamento controle. A ingestão de MS em porcentagem do peso corporal (%PC) e em gramas por unidade de peso metabólico ($\text{g/kg PC}^{0,75}$) apresentaram efeito quadrático, sendo que a máxima ingestão foi estimada com o nível de substituição de 22,5% e 18,4% de RSC, respectivamente. O aumento da utilização de RSC acima desses níveis pode ter limitado a ingestão de MS devido aos altos teores de FDN do ingrediente (Tabela 1), o que ocasionou a regulação do consumo por enchimento físico. Silva et al. (2010) relataram aumento na ingestão de MS até o nível de 25% de inclusão RUC em substituição ao concentrado, enquanto as dietas com 75% e 100% comprometeram o consumo de MS e de nutrientes de cabras em lactação.

Davis et al. (1983) também observaram que a ingestão de matéria seca reduziu quando utilizou-se 30 ou 40% da MS de RUC na ração. Entretanto, West et al. (1994), Firkins et al. (2002), Belibasakis e Tsirgogianni (1996) e Chiou et al. (1998), ao testarem a inclusão de até 30%, 26%, 16% e 10% de RUC, respectivamente, em rações para vacas lactantes, não observaram efeito sobre a ingestão de MS.

A ingestão de EE apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) com o aumento do nível de RSC na dieta, em função do acréscimo de EE da dieta com 100% do RSC em relação às demais. Geron et al. (2010) também apresentaram uma variação de 8% a mais na ingestão de EE em $\text{g/kg PC}^{0,75}$ para ração com 15% de resíduo de cervejaria fermentado (RCF) em relação à dieta com 0% de RCF para vacas lactantes. Aumento de 0,011 kg de EE para cada 1% de inclusão da silagem de RUC na dieta de vacas foi observado por Souza (2013).

A ingestão de FDN em kg/dia, em %PC e em $\text{g/kg PC}^{0,75}$ apresentaram efeito linear crescente ($P < 0,05$) com o aumento de RSC na dieta, devido às dietas com maiores níveis de resíduo terem apresentado concentrações de FDN mais elevadas (Tabela 2), variando de

405,07 g/kg para a dieta com 0% de substituição a 605,2 g/kg para a dieta com 100% de RSC. Mertens (1992) sugeriu que a ingestão de FDN por um animal acima 1,2% do PC é um dos principais mecanismos físicos reguladores do consumo de MS. Desse modo, a ingestão de FDN em % do PC observada para os tratamentos com 50%, 75% e 100% foram de 1,44; 1,47; 1,43 respectivamente, confirmando o fato já mencionado de que níveis acima de 25% de RSC no concentrado limitam a ingestão de alimento. Younker et al. (1998), ao avaliarem a inclusão de 23,5% de RSC na dieta total de vacas em lactação, observaram ingestão de FDN de 1,24% do PC, valor este inferior ao obtido no presente trabalho.

Para a ingestão de MO, PB e CNF houve redução linear ($P < 0,05$) em consequência da redução da ingestão de MS. No caso dos CNF, essa redução também ocorreu devido à menor concentração desses carboidratos nas dietas com mais RSC. Brochier e Carvalho (2008) destacaram que é a partir da ingestão de MS que o animal consome maior ou menor quantidade de nutrientes e essa quantidade de nutrientes ingerida, possui estreita relação com o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais.

A ingestão de FDA não apresentou efeito ($P > 0,05$), pois embora as dietas com maior inclusão de RSC tenham apresentado maiores teores de FDA, a redução no consumo de MS com o aumento dos níveis de resíduo equilibrou a ingestão dessa porção fibrosa. Foi obtido efeito quadrático para a ingestão de CT ($P < 0,05$), sendo que o ponto de máxima estimado ocorreu em 12,87% de substituição de farelo de soja pelo RSC. A ingestão de NDT não apresentou efeito ($P > 0,05$) em função dos níveis de substituição.

As variáveis referentes à digestibilidade aparente total da MS e dos nutrientes das dietas experimentais estão demonstradas na Tabela 4. A digestibilidade aparente da MS e da MO aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com os níveis de RSC, o que pode estar relacionado com o tempo permanência do alimento no rúmen, em virtude dos maiores teores de FDN das dietas com o resíduo. Para Doreau et al. (2003), a principal causa da variação na digestibilidade de uma dieta é o tempo de retenção das partículas no rúmen, ou seja um menor consumo de MS leva à redução na taxa de passagem e consequente aumento na sua digestibilidade aparente total.

A inclusão de RCF em até 15% na dieta provocou aumento linear na digestibilidade da MS com a inclusão desse resíduo (GERON et al., 2010). No entanto, Rogers et al. (1986) destacaram que o fornecimento de resíduo de cervejaria na forma úmida e seca e em dois níveis de inclusão (22% e 40% na dieta total) não influenciaram a digestibilidade da MS. A digestibilidade da MS das dietas com resíduo na forma desidratada encontrada por esses

autores foi de 676 g/kg, valor próximo ao encontrado no nível de 100% de RSC do presente trabalho.

Tabela 4. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes (g/kg de MS) de vacas da raça Holandês alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja

Variáveis	Nível de substituição					P value		R ²	EPM ¹
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q		
DMS ²	630,75	643,85	636,26	652,80	667,79	0,050	0,549	0,81	12,09
DMO ³	654,06	665,88	658,83	675,98	691,33	0,035	0,473	0,81	11,29
DEE ⁴	551,73	630,02	684,78	662,35	786,02	0,000	0,850	0,86	18,72
DPB ⁵	597,74	617,65	617,95	649,64	713,08	0,000	0,025	0,96	12,39
DFDN ⁶	538,98	573,38	596,23	622,96	663,41	0,000	0,757	0,99	13,51
DFDA ⁷	478,09	510,62	476,94	471,50	514,56	0,179	0,272	-	25,27
DCT ⁸	667,30	675,99	665,51	681,19	682,01	0,894	0,058	-	11,58
DCNF ⁹	762,69	764,66	765,65	760,03	748,91	0,448	0,333	-	15,20
NDT calc. ¹⁰	552,23	573,54	610,85	603,32	650,02	0,001	0,921	0,91	15,71

¹EP: Erro Padrão da Média; ²DMS: Digestibilidade da Matéria Seca; ³DMO: Digestibilidade da Matéria Orgânica; ⁴DEE: Digestibilidade do Extrato Etéreo; ⁵DPB: Digestibilidade da Proteína Bruta; ⁶DFDN: Digestibilidade da Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁷DFDA: Digestibilidade da Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁸DCT: Digestibilidade dos Carboidratos Totais; ⁹DCNF: Digestibilidade dos Carboidratos Não Fibrosos; ¹⁰NDT calc.: Nutrientes Digestíveis Totais calculado: $NDT = PBd + CNFd + ((EEd - 1) * 2,25) + FDNd - 7$; $^2\hat{Y} = 629,6845 + 0,3321x$; $^3\hat{Y} = 652,2879 + 0,3386x$; $^4\hat{Y} = 562,7931 + 2,0037x$; $^5\hat{Y} = 603,5974 - 0,3029x + 0,0135x^2$; $^6\hat{Y} = 539,3026 + 1,1936x$; $^7\hat{Y} = 490,342$; $^8\hat{Y} = 674,400$; $^9\hat{Y} = 760,388$; $^{10}\hat{Y} = 552,9206 + 0,90145x$

Foi obtido efeito linear positivo também para a digestibilidade do EE e da FDN com o aumento do nível de RSC no concentrado ($P < 0,05$), o que pode ser atribuído à menor taxa de passagem e maior concentração desses nutrientes nas dietas com maiores níveis de resíduo. O acréscimo na digestibilidade do EE e da FDN para cada 1% de substituição do farelo de soja por RSC no concentrado é de 2,0037 g/kg e 1,1936 g/kg, respectivamente. A digestibilidade do EE observada por Geron et al. (2010) também apresentou efeito linear crescente, sendo que seus valores variaram de 839 g/kg para a dieta com 0% de RCF a 921 g/kg para a dieta com 15% de RCF, estando estes bem acima dos obtidos no presente trabalho. Essa diferença entre resultados pode ter ocorrido em função da variação nos teores de EE dos volumosos utilizados nos estudos. Os mesmos autores não observaram efeito do nível de RCF sobre a digestibilidade da FDN, que apresentou valor médio de 629 g/kg, estando dentro da faixa descrita nesse trabalho.

A digestibilidade da PB apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) com a mínima digestibilidade estimada com a inclusão de 11,2% de RSC no concentrado em substituição ao farelo de soja. Embora o resíduo de cervejaria apresente baixa degradabilidade ruminal, a alta digestibilidade intestinal (MERCHEN et al., 1979) acarreta em uma digestibilidade aparente

total elevada, fato também destacado por Geron et al. (2007), que encontraram quantidades de proteína não-degradada no rúmen e digestível no intestino maior para o resíduo de cerveja fermentado (39,4%) em relação ao farelo de soja (18,7%). Santos et al. (1984), medindo o fluxo e a absorção de aminoácidos no intestino de vacas leiteiras, concluíram que dietas contendo resíduo de cervejaria fornecem maiores quantidades de aminoácidos para o intestino do que o farelo de soja. Outros trabalhos com a utilização de resíduo cervejeiro na forma úmida, seca e fermentada também apresentaram aumentos na digestibilidade total da PB com o aumento da inclusão desses ingredientes na dieta de vacas em lactação (ROGERS et al., 1986; GERON et al. 2010), enquanto outros observaram redução (SANTOS et al., 1984; SOUZA, 2013).

A digestibilidade da FDA, CT e CNF não foram influenciadas pelos tratamentos ($P>0,05$). O NDT calculado apresentou efeito linear crescente ($P<0,05$) que é atribuído ao aumento da digestibilidade da PB, da FDN e principalmente do EE, que além de ter apresentado maior acréscimo a digestibilidade, é um nutriente 2,25 vezes mais energético em relação aos carboidratos. O NDT calculado apresentou uma grande variação em relação ao estimado, visto que o NDT estimado das rações (Tabela 2) reduzia à medida que se aumentava a proporção de RSC na dieta, no entanto devido às alterações de consumo, taxa de passagem e digestibilidade o NDT calculado foi mais elevado para o tratamento com 100% de substituição de farelo de soja pelo RSC.

A produção de leite não foi influenciada ($P>0,05$) pelo nível de RSC utilizado (Tabela 5), tendo em vista que a ausência de efeito negativo sobre a produção se deu às custas da mobilização de reservas corporais dos animais, uma vez que a ingestão de MS foi reduzida pelos níveis de RSC (Tabela 3). Trabalhos realizados por Firkins et al. (2002) e West et al. (1994) com a inclusão de até 25,9% e 30% de RUC na dieta total, respectivamente, e por Geron et al. (2010) com a inclusão de até 15% do RCF nas rações de vacas também não verificaram efeito sobre a produção de leite.

Entretanto, a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura apresentou comportamento quadrático ($P<0,05$) com máxima produção estimada para o nível de 29,3% de RSC em substituição ao farelo de soja, o que pode ter ocorrido devido a uma melhor sincronização de nutrientes e complementaridade de aminoácidos essenciais para síntese do leite, como a lisina e a metionina, nesse nível. Segundo Clark et al. (1987), o resíduo de cervejaria apresenta concentrações de lisina de 3,23 gramas/100g de PB e metionina de 2,15 gramas/100g de PB, enquanto que o farelo de soja apresenta proporções inversas desses aminoácidos, sendo 6,59 gramas/100g de PB de lisina e 1,48 gramas/100g de PB de

metionina, tornando estes dois ingredientes complementares quanto aos aminoácidos. Trabalhos conduzidos por Cozzi & Polan (1994) evidenciaram que vacas alimentadas com dietas em que parte do farelo de soja foi substituído por resíduo seco de cerveja produziram mais leite e maior teor de proteína do leite quando comparados com animais alimentados somente com farelo de soja, devido a essa complementariedade de aminoácidos entre estes ingredientes. Ao avaliarem a substituição do farelo de soja por 10% de RUC na dieta, Chiou et al. (1998) também apresentaram aumento na produção leiteira.

Tabela 5. Produção, composição, qualidade e nitrogênio ureico do leite de vacas da raça Holandês alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja

Variáveis	Nível de substituição					P value		R ²	EPM ¹
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q		
PL (kg/dia) ²	24,40	24,25	25,00	24,40	22,40	0,075	0,059	-	0,74
PLCG (kg/dia) ³	25,31	25,34	25,21	24,64	20,92	0,000	0,004	0,93	0,59
EPL ⁴	1,26	1,29	1,36	1,34	1,47	0,010	0,592	0,84	0,05
Gord (g/kg) ⁵	36,97	36,04	35,46	36,01	31,52	0,005	0,136	0,66	1,00
Gord (kg/dia) ⁶	0,91	0,90	0,88	0,87	0,70	0,000	0,002	0,89	0,02
Prot (g/kg) ⁷	31,92	31,54	30,52	31,13	29,52	0,015	0,708	0,77	0,58
Prot (kg/dia) ⁸	0,78	0,79	0,77	0,75	0,65	0,007	0,089	0,72	0,03
Lact (g/kg) ⁹	44,80	45,23	45,41	45,43	45,34	0,172	0,273	-	0,28
Lact (kg/dia) ¹⁰	1,10	1,13	1,15	1,10	1,01	0,099	0,036	0,98	0,04
ST (g/kg) ¹¹	123,58	122,71	121,25	122,34	116,14	0,001	0,070	0,67	0,15
ST (kg/dia) ¹²	3,03	3,07	3,05	2,96	2,58	0,002	0,013	0,96	0,08
STD (g/kg) ¹³	86,61	86,67	85,79	86,33	84,62	0,042	0,363	0,67	0,59
STD (kg/dia) ¹⁴	2,12	2,17	2,16	2,09	1,88	0,024	0,044	0,99	0,07
NUL (mg/dL) ¹⁵	13,31	13,30	13,66	14,67	14,31	0,209	0,987	-	0,81
CCS (x1000 CS/mL) ¹⁶	243,10	244,70	199,80	417,20	324,50	0,153	0,782	-	69,54
CBT (x1000 UFC/mL) ¹⁷	279,80	177,10	178,50	220,10	139,90	0,867	0,283	-	67,89

¹EP: Erro Padrão da Média; ²PL: Produção de Leite; ³PLCG: Produção de Leite Corrigida 3,5% de gordura; ⁴EPL: Eficiência de Produção de Leite; ^{5,6}Gord: Gordura; ^{7,8}Prot: Proteína; ^{9,10}Lact: Lactose; ^{11,12}ST: Sólidos Totais; ^{13,14}STD: Sólidos Totais Desengordurados; ¹⁵NUL: Nitrogênio Uréico do Leite; ¹⁶CCS: Contagem de Células Somáticas; ¹⁷CBT: Contagem Bacteriana Total; ² $\hat{Y} = 24,090$; ³ $\hat{Y} = 25,0453 + 0,0528x - 0,0009x^2$; ⁴ $\hat{Y} = 1,2484 + 0,0019x$; ⁵ $\hat{Y} = 37,3860 - 0,0437x$; ⁶ $\hat{Y} = 0,8926 + 0,0019x - 0,00004x^2$; ⁷ $\hat{Y} = 31,9680 - 0,0208x$; ⁸ $\hat{Y} = 0,8096 - 0,0012x$; ⁹ $\hat{Y} = 45,242$; ¹⁰ $\hat{Y} = 1,0940 + 0,0019x - 0,00004x^2$; ¹¹ $\hat{Y} = 124,2540 - 0,0610x$; ¹² $\hat{Y} = 3,0091 + 0,0063x - 0,0001x^2$; ¹³ $\hat{Y} = 86,8680 - 0,0173x$; ¹⁴ $\hat{Y} = 2,1162 + 0,0044x - 0,00007x^2$; ¹⁵ $\hat{Y} = 13,820$; ¹⁶ $\hat{Y} = 285,860$; ¹⁷ $\hat{Y} = 199,080$;

A eficiência de produção leiteira aumentou linearmente ($P < 0,05$) em detrimento da redução na ingestão da MS com o aumento do nível de RSC e da não ocorrência de efeitos sobre a produção de leite. Entretanto, vale ressaltar que esse acréscimo na eficiência de produção é de certo modo uma avaliação superficial, pois desconsidera a redução do peso corporal observada nos animais que ingeriram maiores quantidades de RSC e que a longo prazo, pode interferir negativamente na produção e reprodução dos mesmos. Davis et al.

(1983), ao avaliar a eficiência alimentar, também obtiveram aumento aparente desse índice devido à perda de peso corporal com o aumento do nível de RUC utilizado.

A gordura do leite expressa em g/kg apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), enquanto que a gordura em kg/dia apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$), com produção máxima estimada para o nível de 23,7% de RSC em substituição ao farelo de soja. A redução na porcentagem de gordura pode ter ocorrido em consequência da redução na ingestão de MS.

O declínio do percentual de gordura do leite normalmente está mais associado às situações onde subprodutos como o RUC são utilizados em substituição aos volumosos por provocar menor estímulo de mastigação e ruminação (FIRKINS et al., 2002; CABRAL FILHO, et al., 2007). Entretanto, no presente trabalho o RSC foi utilizado em substituição ao farelo de soja do concentrado e foi obtida a mesma resposta para o teor de gordura do leite.

A redução no teor de gordura foi muito acentuada para o tratamento com 100% de substituição do farelo de soja pelo RSC. Embora cerca de 10% da composição lipídica do leite seja originada dos ácidos graxos não esterificados oriundos da mobilização de tecido corporal (BAUMAN e GRIINARI, 2001) e o tratamento com 100% de RSC apresentou uma mobilização de reservas corporais mais elevada em relação aos demais, mesmo assim isso não foi suficiente para impedir a queda no teor lipídico do leite.

A proteína em g/kg e em g/dia apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$). A cada 1% de substituição de farelo de soja por RSC no concentrado, ocorreu redução de 20,8 mg/kg e 1,2 g/dia de proteína no leite, respectivamente, o que diferiu de West et al., (1994) e Cozzi e Polan, (1994) que encontraram aumento no teor proteico do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria na forma úmida e seca. Os sólidos totais desengordurados expresso em g/kg apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) em consequência da redução da proteína, enquanto a lactose em g/kg não apresentou efeito ($P > 0,05$). A lactose e os sólidos totais desengordurados em kg/dia apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), sendo que a máxima produção ocorreu para os níveis de 23,7% e 31,4%, respectivamente.

Foi observado efeito linear decrescente nos sólidos totais expressos g/kg ($P < 0,05$), sendo que para cada 1% de substituição de farelo de soja por de RSC no concentrado ocorreu redução de 61 mg/kg de sólidos totais, em virtude do declínio na concentração de gordura do leite. Os sólidos totais em kg/dia apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), com produção máxima estimada para o nível de 31,5% de RSC em substituição ao farelo de soja. Esses resultados diferem de vários trabalhos (JOHNSON et al., 1987; CHIOU et al., 1998; FIRKINS et al., 2002; DHIMAN et al., 2003; GERON et al., 2010) que não encontraram

alteração na gordura, proteína, lactose e conseqüentemente nos teores de sólidos totais quando utilizaram resíduo de cervejaria em diferentes níveis e formas na ração de vacas lactantes.

As concentrações de nitrogênio ureico no leite não foram afetadas pelos níveis de RSC ($P>0,05$), embora o RSC e o farelo de soja apresentem algumas diferenças quanto à forma de aproveitamento de suas proteínas pelos animais, visto que o farelo de soja tem sua proteína mais degradável no rúmen, enquanto que o RSC é mais disponível a nível intestinal. Após a incubação ruminal por 16 horas, Geron et al. (2007) observaram valores de proteína degradável no rúmen (PDR) de 43,6% para o RUC e 79,7% para o farelo de soja, enquanto a proteína não degradável no rúmen (PNDR) foi de 56,4% e 20,4%, respectivamente, entretanto como as dietas referentes ao presente estudo foram isoproteicas, esses fatores não foram suficientes para caracterizar diferenças nas concentrações de nitrogênio ureico.

Os valores de NUL observados estão dentro da faixa de 10 a 16 mg/dL descrita por Jonker et al. (1998) como ideal, demonstrando uma adequada sincronia entre as proteínas e os carboidratos da dieta. Visto que o excesso de nitrogênio em relação à disponibilidade de energia provoca aumento das concentrações de amônia ruminal, esse excesso de amônia ruminal juntamente com a amônia oriunda da deaminação dos aminoácidos absorvidos no intestino é convertida em ureia no fígado e é lançada na corrente sanguínea (LANA, 2005), chegando a outros líquidos biológicos como o leite.

A CCS e a CBT não apresentaram efeito em função do nível de substituição do farelo de soja pelo RSC ($P>0,05$). Os valores médios de CCS foram de 285.900 CS/mL e a CBT de 199.100 UFC/mL, estando estes de acordo com a Instrução Normativa 62 (BRASIL, 2011) que preconiza valores máximos de 500.000 CS/mL e 300.000 UFC/mL, respectivamente.

As excreções de derivados de purinas, síntese microbiana e pH urinário estão descritas na Tabela 6. A alantoína da urina e o ácido úrico apresentaram efeito linear decrescente com o aumento de RSC no concentrado ($P<0,05$), enquanto que a alantoína do leite não apresentou efeito ($P>0,05$). Em consequência do declínio nas concentrações de alantoína da urina e de ácido úrico, as purinas totais também apresentaram redução linear ($P<0,05$), chegando a 0,5928 mmol/dia para cada 1% de substituição de farelo de soja por RSC no concentrado.

As purinas microbianas absorvidas (mmol/dia) e as produções de N-microbiano e PB-microbiana expressos em g/dia, foram influenciadas ($P<0,05$) pelos diferentes níveis de RSC no concentrado apresentando efeito linear decrescente ($P<0,05$). Hoover e Stokes (1991) destacam que a redução na produção microbiana pode estar relacionada à menor disponibilidade de carboidratos e menor degradabilidade da proteína dietética para a síntese proteica, visto que em torno de 40% a 100% do nitrogênio microbiano é derivado do N

amoniacoal (STERN e HOOVER, 1979). Essa afirmação explica o ocorrido neste trabalho, visto que o RSC gera um menor aporte de nitrogênio amoniacoal devido à menor degradabilidade ruminal da PB presente nesse resíduo. Aliado a isso, as dietas com maiores níveis de RSC também tiveram menor proporção de milho (Tabela 2), o que reduziu também a disponibilidade de carboidratos de rápida fermentação, limitando o crescimento de microrganismos e consequentemente a síntese proteica dos mesmos.

Tabela 6. Excreções de derivados de purinas, síntese microbiana e pH urinário de vacas da raça Holandês em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja

Variáveis	Nível de substituição					P value		R ²	EPM ¹
	0%	25%	50%	75%	100%	L	Q		
Excreções (mmol/dia)									
Alantoína da urina ²	315,99	306,51	304,02	298,83	264,96	0,022	0,316	0,79	13,14
Alantoína do leite ³	31,49	37,29	27,75	34,93	28,99	0,615	0,696	-	4,51
Ácido úrico ⁴	32,01	32,75	31,00	25,94	19,87	0,003	0,106	0,82	2,59
Purinas totais ⁵	379,50	376,55	362,77	359,70	313,82	0,022	0,280	0,79	17,74
Purinas Microbianas (mmol/dia)									
Purinas absorvidas ⁶	389,97	386,48	370,91	366,79	314,35	0,024	0,291	0,79	20,91
Produção Microbiana (g/dia)									
N-microbiano ⁷	283,53	280,99	269,67	266,68	228,55	0,024	0,291	0,79	15,20
PB-microbiana ⁸	1772,06	1756,19	1685,41	1666,72	1428,42	0,024	0,291	0,79	95,02
PB-mic/kg NDT ⁹	163,44	156,90	152,59	151,60	144,78	0,097	0,923	-	7,48
pH urinário									
pH da urina ¹⁰	8,00	7,80	7,60	7,40	6,60	0,003	0,255	0,88	0,27

¹Erro padrão; ²Y = 320,0112 - 0,4389x; ³Y = 32,090; ⁴Y = 34,5363 - 0,1244x; ⁵Y = 388,1098 - 0,5928x; ⁶Y = 399,8893 - 0,6838x; ⁷Y = 290,7376 - 0,4971x; ⁸Y = 1817,1116 - 3,1070x; ⁹Y = 153,862; ¹⁰Y = 8,1200 - 0,0128x

Entretanto, em relação à produção microbiana em g de PB-microbiana/kg de NDT, não ocorreu diferenças para os diferentes níveis de RSC (P>0,05), sendo que para todos os níveis testados os valores permaneceram acima do estabelecido pelo NRC (2001), de 130 g de PB mic/kg de NDT. Geron et al. (2008) destacaram que a síntese microbiana de bovinos também não sofreu influência da inclusão de até 24% de RCF na dieta.

O pH urinário teve efeito linear decrescente com o aumento do nível de RSC, sendo que para cada 1% de utilização de RSC o pH da urina reduziu mais de 0,01 unidades. A explicação para esta alteração possivelmente seja a redução do balanço catiônico-aniônico da dieta (BCAD). O farelo de soja possui um BCA de +262,50 meq/kg de MS e sua gradual substituição por RSC que possui um BCA de -111,62 meq/kg de MS acarretou em uma redução de +91,51 meq/kg de MS da dieta com 0% de RSC para +22,73 meq/kg de MS da dieta com 100% de RSC no concentrado. Wheeler (1980) destacou que a principal ação do

BCAD é atuar na regulação do equilíbrio ácido-base nos líquidos corporais. Quanto maior a quantidade de cátions (Na^+ e K^+) em relação à quantidade de ânions (Cl^- e S^{2-}) presente em uma dieta, mais alcalino tende a ser o pH urinário (ORTOLANI, 2003), desse modo, a acidificação observada na urina pode ter ocorrido por alterações nesse equilíbrio. Cabe ressaltar que mesmo com a redução no pH urinário, os valores mantiveram-se dentro da faixa de 8 até 5,5, considerada por Ortolani (2003) como normal para animais ruminantes.

A viabilidade econômica (Tabela 7) demonstrou que a substituição total do farelo de soja pelo RSC reduz o custo em R\$ 0,11 por kg de MS da dieta, em função desse resíduo possuir um custo 64,6% menor do que o farelo de soja. O custo médio diário de alimentação também reduziu com o aumento do nível de RSC em função da redução do custo por kg de MS da dieta e também devido ao declínio na ingestão de MS.

Tabela 7. Análise econômica da utilização de níveis crescentes de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja do concentrado, na dieta de vacas da raça Holandês em lactação

Variáveis	Nível de substituição				
	0%	25%	50%	75%	100%
Custo médio da ração (R\$/kg de MS)	0,57	0,56	0,54	0,52	0,46
Custo médio de alimentação (R\$/dia)	11,23	10,84	10,02	9,44	7,03
Receita bruta média (R\$/dia)	26,84	26,68	27,50	26,84	24,64
Margem bruta média (R\$/dia)	15,61	15,84	17,48	17,40	17,61
Ponto de equilíbrio médio (kg/dia)	10,61	9,85	9,11	8,58	6,39

A margem bruta média de maior valor, assim como o menor ponto de equilíbrio, ocorreram para o tratamento com 100% de RSC, tornando essa dieta mais vantajosa a curto prazo. Entretanto, como o tratamento com 75% de RSC apresentou margem bruta próxima ao tratamento com 100% de RSC e esse, por sua vez, provocou redução na ingestão de MS acentuada e conseqüente perda de peso corporal dos animais, sugere-se que o nível máximo de RSC no concentrado em substituição ao farelo de soja não ultrapasse 75%, a fim de evitar problemas a longo prazo.

4.4 Conclusão

O resíduo seco de cervejaria pode ser utilizado em substituição ao farelo de soja na alimentação de vacas em lactação por proporcionar melhorias na digestibilidade, na eficiência de produção de leite e no retorno econômico ao produtor, no entanto devido à redução na

ingestão de matéria seca, no peso corporal e nos teores de proteína e gordura do leite não é recomendada a sua utilização em níveis superiores a 75%.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, D.M.N.; LOPES, J.B.; KLEIN JUNIOR, M.H. et al. Resíduo desidratado de cervejaria para suínos em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 2, p. 465-472, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed., Arlington: AOAC Internacional, 1990. 1025p.
- BAUMAN, D.E.; GRINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v.70, p.15-29, 2001.
- BELIBASAKIS, N.G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.175-181, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.62 de 29 de dezembro de 2011. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, de Leite Cru Refrigerado, de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel, em conformidade com os Anexos desta Instrução Normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Instrução Normativa 62. 2011. Seção 1, p.13.
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Consumo, ganho de peso e análise econômica de terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1205-1212, 2008.
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.5, p.1392-1399, 2009.
- CABRAL FILHO, S.L.S.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.75-73, 2007.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details**. Bucksburnd: Rowett Research Institute/International Feed Research Unit, p. 21, 1992.
- CHIOU, P.W.S.; CHEN, C.R.; CHEN, K.J. et al. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p.123-134, 1998.

- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; et al. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, 2007.
- CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Supplying the protein needs of dairy cattle from by products feeds. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.1092-1109, 1987.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476-1483, 1986.
- COZZI, G.; POLAN, C.E. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.77. n.3, 1994.
- DAVIS, C.L.; GRENAWALT, D.A.; McCOY, G.C. Feeding values of pressed brewers' grains for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.66, p.73-79, 1983.
- DHIMAN, T.R.; BINGHAM, H.R.; RADLOFF, H.D. Production response of lactating cows fed dried versus wet brewers' grain in diets with similar dry matter content. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2914-2921, 2003
- DOREAU, M.; MICHALET-DOREAU, B.; GRIMAUD, P.; et al. Consequences of underfeeding on digestion and absorption in sheep. **Small Ruminant Research** v. 49, p.289-301, 2003.
- FIRKINS, J.L.; HARATINE, D.I.; SYLVESTER, J.T. et al. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grain or whole cottonseed to replace forage. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2662-2668, 2002.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Caracterização, fracionamento protéico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.291-299, 2007.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A. et al. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1685-1695, 2008.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, p.69-76, 2010.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 171794, 1999.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção de leite no período de 01.01 a 31.12, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da**

- Federação**, 2011. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipa/2011/tabelas_pdf/tab06.pdf> Acesso em: 03/10/2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção de leite no período de 01.01 a 31.12, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação**, 2012. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipa/2012/tabelas_pdf/tab06.pdf> Acesso em: 10/11/2014.
- JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of wet brewers grains in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.98-107, 1987.
- JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2681–2692, 1998.
- LANA, R.P. **Nutrição e Alimentação Animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MERCHEN, N.; HANSON, T.; KLOPFENSTEIN, T. Ruminant bypass of brewers dried grains protein. **Journal of Animal Science**, v.49, p.192-198, 1979.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber and its uses in feed evaluation and ration formulation In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.1-32.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition, Washington D.C.: National Academy Press, 2001. 360p.
- ORTOLANI, E.L. Diagnóstico de doenças nutricionais e metabólicas por meio de exame de urina em ruminantes. In: Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil, 1., 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. p. 87-98.
- ROGERS, J.A.; CONRAD, H.R.; DEHORITY, B.A. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers' grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.3, p.745-753, 1986.
- SANTOS, K.A.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactation dairy cattle fed various protein sources. **Journal of Animal Science**, v.51, p.244-255, 1984.
- SILVA FILHO, J.C.; ARMELIN, M.J.A.; SILVA, A.G. Determinação da composição mineral de subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação animal pela técnica de ativação neutrônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.235-241, 1999.

- SILVA, V.B.; FONSECA, C.E.M.; MORENZ, M.J.F. et al. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1595-1599, 2010.
- SKLAN, D.; ASHKENNAZI, R.; BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2463-2472, 1992.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, L.C. **Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras**. 2013. 164f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- STERN, M.D., HOOVER, W.H. 1979. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. **Journal of Animal Science**, v.49, p.1590-1603, 1979.
- TIBO, G.C.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de concentrado em dietas de novilhos mestiços fl Simental x Nelore. 1. Consumo e digestibilidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.3, p.910-920, 2000.
- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland**. v18, n.2, p.104-111, 1963.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Suprema Gráfica Ltda. 2006. 329p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactating dairy cows during hot, humid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994.
- WHEELER, W.E. Gastrointestinal tract pH environment and the influence of buffering materials on the performance of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.51, p.224-232, 1980.
- YOUNKER, R.S.; WINLAND, S.D.; FIRKINS, J.L. et al. Effects of replacing forage fiber or non fiber carbohydrates with dried brewers grains. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2645-2656, 1998.

5. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO SECO DE CERVEJARIA NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS

Resumo: Objetivou-se determinar o efeito da substituição do farelo de soja pelo resíduo seco de cervejaria (RSC) sobre os parâmetros fermentativos do rúmen e do aproveitamento dos nutrientes por bovinos. Foram utilizados quatro bovinos canulados da raça Jersey com peso inicial de $662,7 \pm 85,5$ kg, distribuídos em um quadrado latino 4x4. Os tratamentos testados foram níveis (0%, 33%, 66% e 100%) de RSC em substituição ao farelo de soja. A dieta era composta por 50% de concentrado e 50% de silagem de milho e o arraçoamento ocorria duas vezes ao dia. Os parâmetros avaliados foram a ingestão e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, pH e nitrogênio amoniacal do rúmen em diferentes horários após a alimentação. A ingestão de extrato etéreo, da fibra em detergente neutro e ácido aumentaram em função da maior concentração desses nutrientes nas dietas com RSC. A digestibilidade da matéria seca, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos reduziram com o aumento do RSC. Não houve efeito entre os tratamentos, e nem interação com os tempos após a alimentação para o pH ruminal, entretanto o pH apresentou efeito quadrático nos tempos após a alimentação. O nitrogênio amoniacal (N-NH₃) apresentou diferenças entre os tratamentos, reduzindo à medida que se substituiu o farelo de soja pelo RSC. Em relação aos tempos após a alimentação, o N-NH₃ dos tratamentos 0%, 33% e 66% de RSC apresentaram efeito quadrático, enquanto o tratamento com 100% de RSC apresentou efeito linear negativo. Não houve interação entre os tratamentos e os tempos após a alimentação. A utilização do RSC na alimentação de bovinos não influencia o pH ruminal dos animais, mas interfere negativamente na ingestão de nutrientes, na digestibilidade e na produção de nitrogênio amoniacal do rúmen.

Palavras-chave: cevada, digestibilidade, ingestão, nitrogênio amoniacal, pH ruminal

5. UTILIZATION OF DRIED BREWERS' GRAINS ON CATTLE FEEDING

Abstract: The objective was to determine the effect of replacing soybean meal by dried brewers' grains (DBG) on the fermentation characteristics of rumen and use of nutrients by cattle. Four cannulated Jersey calves with initial weight of 662.7 ± 85.5 kg were distributed in a 4x4 Latin Square. The treatments tested were levels (0%, 33%, 66% and 100%) of DBG replacing soybean meal. The diet consisted of 50% concentrate and 50% corn silage and feeding occurred twice daily. We evaluated the dry matter intake and digestibility as well as the nutrients digestibility, pH and ammonia from the rumen at different times after feeding. The lipids intake, neutral detergent fiber and acid detergent fiber increased due to the higher concentration of these nutrients in diets with DBG. The dry matter digestibility, total carbohydrates and non-fibrous carbohydrates decreased with increasing DBG. There was no effect between treatments, and no interaction with the times after feeding for ruminal pH, but the pH showed quadratic effect among times after feeding. The ammonia nitrogen (N-NH₃) differed between treatments reducing the extent substituting soybean meal by DBG. Regarding times after feeding the N-NH₃ for treatments 0%, 33% and 66% of DBG presented a quadratic effect, while treatment with 100% DBG had a negative linear effect. There was no interaction between treatment and time after feeding. The use of DBG in cattle feed does not influence ruminal pH of animals, but impairs the nutrient intake and digestibility as in the production of ammonia in the rumen.

Keywords: barley, digestibility, intake, ammonia nitrogen, ruminal pH

5.1 Introdução

O Brasil possui o segundo maior rebanho comercial bovino do mundo, chegando a 211,279 milhões de cabeças (IBGE, 2012). De modo geral, a alimentação desses animais em todo território nacional é baseada em pastagens e volumosos conservados. No entanto, apenas o fornecimento de volumosos nem sempre é suficiente para atender as exigências nutricionais dos ruminantes, desse modo a utilização de alimentos concentrados auxiliam para que estes possam expressar todo seu potencial genético de produção.

Entretanto, o alto custo dos ingredientes concentrados utilizados na alimentação animal e a competitividade destes com a alimentação humana têm impulsionado cada vez mais a busca por alimentos alternativos. Aliado a isso, o aumento da produção agroindustrial tem gerado diversos subprodutos que não podem ser usados diretamente para o consumo humano, no entanto podem se tornar parte da dieta de animais, principalmente ruminantes, os quais devido às particularidades de seu sistema digestivo são capazes de transformar esses resíduos em alimentos de alta qualidade, como leite e carne (PEREIRA et al., 1999).

A atual pressão política e social para a redução da poluição proveniente das atividades industriais fez com que a maioria dos países se adaptassem a essa realidade, modificando os processos e reciclando seus resíduos. Em consequência disso, as grandes empresas já não consideram os resíduos como lixo, e sim como uma matéria-prima para outros setores (MUSSATTO et al., 2006). Dentre os vários resíduos de agroindústria, destaca-se o resíduo da indústria cervejeira, a qual possui teores de proteína bruta entre 21,33% a 30,8% (POLAN et al., 1985; VALADARES FILHO et al., 2006) e pode ser utilizado como um substituto de menor custo ao farelo de soja. Contudo, características peculiares desse resíduo, como alto teor de fibra em detergente neutro, podem levar à redução do consumo devido ao enchimento físico do rúmen (SILVA et al., 2010), assim como o baixo teor de proteína degradável no rúmen pode provocar limitações no crescimento bacteriano (GILAVARTE et al., 2011) e consequentemente interferir na digestão dos nutrientes pelos animais.

A digestão dos nutrientes, por sua vez, é um processo dinâmico resultante das interações de fatores que dependem do animal, da dieta e do ecossistema ruminal do animal (PERREIRA et al., 1999). Desse modo, determinar os efeitos que o resíduo seco de cervejaria (RSC) pode provocar no desempenho animal é fundamental para introduzir esse ingrediente alternativo na cadeia produtiva de ruminantes. Com isso, objetivou-se determinar o efeito da substituição do farelo de soja pelo resíduo seco de cervejaria sobre os parâmetros de fermentação ruminal e do aproveitamento dos nutrientes por bovinos.

5.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado durante o período de 19 de julho a 11 de outubro de 2013 no setor de Bovinocultura da Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, situada no município de Marechal Cândido Rondon e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. O protocolo de experimentação animal utilizado foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNIOESTE.

O resíduo de cervejaria foi adquirido na forma úmida de uma indústria cervejeira localizada no município de Toledo – PR. O resíduo úmido de cervejaria (RUC) passou pelo processo de desidratação por um período total de 31 horas, sendo que destas, 16 horas foram de exposição ao sol, onde o resíduo foi distribuído uniformemente sobre uma quadra de concreto formando uma camada de aproximadamente 1,5 cm, com uma densidade de 0,998 kg de matéria seca/m². O material foi espalhado com a ajuda das pás e foi revirado a cada hora. O RUC permaneceu disperso para a desidratação durante dois períodos diurnos e um período noturno, sendo que à noite o resíduo foi coberto com lona preta para impedir a reabsorção de umidade. Ao final da desidratação, o resíduo seco de cervejaria (RSC) foi recolhido, acondicionado em sacos e armazenados em galpão de alvenaria coberto para sua posterior utilização na ração animal.

Foram utilizados quatro bovinos machos castrados, da raça Jersey, com peso corporal médio inicial de $662,7 \pm 85,5$ kg, providos de cânula ruminal. Os mesmos foram distribuídos em um delineamento quadrado latino 4x4, com quatro tratamentos e quatro períodos experimentais de 21 dias, sendo 14 destinados a adaptação dos animais às rações e ao manejo e sete para as coletas de dados, totalizando 84 dias. Os tratamentos testados foram os níveis de 0%, 33%, 66%, e 100% de substituição do farelo de soja por resíduo seco de cervejaria (RSC) na ração.

Para a formulação das dietas experimentais inicialmente procedeu-se à análise bromatológica dos ingredientes (Tabela 1) quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) conforme metodologia descrita por AOAC (1990) e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest et al. (1991). Os teores de matéria orgânica foram calculados pela diferença entre o teor de MM e o total de MS. A hemicelulose foi estimada pela diferença entre o FDN e o FDA, e celulose pela diferença da FDA e da lignina. Os teores de

carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados segundo as equações propostas por Sniffen et al. (1992):

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

$$CNF = CT - FDN_{cp}$$

Os valores de nutrientes digestíveis totais de cada ingrediente foram calculados pela equação descrita por Tibo et al. (2000):

$$NDT (\%) = 86,0834 - 0,3862 FDN$$

Tabela 1. Composição, digestibilidade *in vitro* (DIV) e fracionamento de proteínas e carboidratos dos ingredientes das dietas experimentais

Composição	Resíduo seco de cervejaria	Farelo de soja	Milho moído	Silagem de milho
Composição e digestibilidade <i>in vitro</i> (g/kg de MS)				
MS ¹	941,36	896,23	889,80	316,60
MO ²	959,65	932,10	982,18	949,07
EE ³	59,20	16,20	35,90	28,85
PB ⁴	217,58	509,54	95,17	87,20
FDN ⁵	662,80	169,38	108,53	474,51
FDN _{cp} ⁶	600,13	138,87	92,99	451,23
FDA ⁷	268,11	117,17	50,75	290,02
CT ⁸	682,87	415,19	851,11	833,02
CNF ⁹	82,74	276,33	758,12	381,79
NDT estimado ¹⁰	604,86	795,24	818,9	677,58
DIVMS	713,80	949,65	940,56	717,72
Fracionamento de proteína (g/kg de PB)				
Fração A	221,73	151,30	185,5	544,41
Fração B1	38,94	73,43	174,3	30,97
Fração B2	453,71	727,76	503,22	238,11
Fração B3	111,44	21,46	96,26	108,56
Fração C	174,18	26,05	40,72	77,94
Fracionamento de carboidrato (g/kg de CT)				
Fração A+B1	135,38	650,34	887,80	449,90
Fração B2	694,95	200,53	78,36	459,04
Fração C	169,68	149,14	33,84	91,06

¹MS: Matéria Seca; ²MO: Matéria Orgânica; ³EE: Extrato Etéreo; ⁴PB: Proteína Bruta; ⁵FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁶FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁷FDA: Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁸CT: Carboidratos Totais; ⁹CNF: Carboidratos Não Fibrosos; ¹⁰NDT: Nutrientes Digestíveis Totais - NDT (%) = 86,0834 - 0,3862 FDN

A digestibilidade *in vitro* da (MS) foi realizada pela técnica descrita por Tilley & Terry (1963) e adaptada por Holden (1999), com dois estágios de incubação. O fracionamento da proteína foi realizado de acordo com Licitra et al. (1996): fração solúvel (A), fração de rápida degradação ruminal (B₁), de degradação intermediária (B₂), fração de lenta degradação ruminal (B₃) e fração indigestível (C). As frações de carboidratos foram determinadas

segundo Sniffen et al. (1992): frações rapidamente degradável (A + B₁), fração carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis (B₂) e fração carboidratos fibrosos não degradáveis (C).

Posteriormente, as dietas foram formuladas para atender às exigências de manutenção dos animais, de acordo com o NRC (2001), adotando-se o fornecimento de 1,8% em relação ao peso corporal. As dietas foram compostas por 50% de silagem de milho e 50% de concentrado contendo milho moído, RSC, farelo de soja, suplemento mineral e calcário calcítico (Tabela 2).

Tabela 2. Ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais em g/kg de matéria seca

Ingredientes	Nível de substituição			
	0%	33%	66%	100%
Silagem de milho	500,00	500,00	500,00	500,00
Milho moído	417,88	398,44	362,35	274,81
Farelo de soja	68,03	58,31	41,34	-
RSC ¹	-	29,15	82,68	211,58
Mistura mineral ²	9,72	9,72	9,73	9,73
Calcário calcítico	4,37	4,37	3,89	3,89
Composição bromatológica				
MS ³	600,38	603,57	606,30	607,57
MO ⁴	950,32	950,65	950,22	949,23
EE ⁵	29,17	32,71	35,75	41,50
PB ⁶	120,24	119,61	121,28	122,05
FDN ⁷	291,71	317,22	344,58	414,04
FDN _{cp} ⁸	270,83	293,52	314,30	370,01
FDA ⁹	170,43	178,28	188,65	216,17
Hemicelulose	121,28	138,94	155,92	197,88
Celulose	147,41	154,32	163,01	186,50
Lignina	23,01	23,97	25,65	29,66
CT ¹⁰	800,91	798,33	793,19	785,67
CNF ¹¹	530,07	504,80	478,88	415,65
NDT estimado ¹²	748,18	738,32	727,76	700,93

¹RSC: Resíduo Seco de Cervejaria; ²Composição química (quantidades/kg do produto): Ca - 165 g, P - 73 g, Co - 25 mg, Mg - 15 g, Mn - 1.500 mg, Zn - 3.000 mg, Se - 10 mg, I - 40 mg, F - 736 mg, Fe - 2.000 mg, Cu - 650 mg, Na - 117g (produto comercial); ³MS: Matéria Seca; ⁴MO: Matéria Orgânica; ⁵EE: Extrato Etéreo; ⁶PB: Proteína Bruta; ⁷FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁸FDN: Fibra Insolúvel em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁹FDA: Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ¹⁰CT: Carboidratos Totais; ¹¹CNF: Carboidratos Não Fibrosos; ¹²NDT: Nutrientes Digestíveis Totais - NDT (%) = 86,0834 - 0,3862 FDN

Os animais foram alojados em estábulo coberto com baias individuais. A ração foi pesada diariamente e fornecida duas vezes ao dia (às 6:30 h e às 16:30h) na proporção de 70% e 30%. No início e final de cada período experimental, o peso dos animais foi estimado por meio da fita métrica para o ajuste da quantidade de ração fornecida.

A ingestão de matéria seca e de nutrientes foi determinada pela diferença entre a quantidade de alimento fornecido e as sobras diárias dos comedouros, do 15º ao 21º dia. Amostras das rações, bem como as sobras de cada animal foram coletadas durante esse período.

Do 15º ao 20º dia para a determinação da digestibilidade, amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal, conforme a seguinte distribuição: 15º dia (8 horas), 16º dia (10 horas), 17º dia (12 horas), 18º dia (14 horas), 19º dia (16 horas), 20º dia (18 horas). Posteriormente, as amostras de alimentos, sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada de ar (55°C – 72 h) e moídas em peneira com crivos de um milímetro. Realizou-se então um *pool* composto das amostras de cada alimento, sobras e fezes, resultando em uma única amostra por animal por período. Após, as mesmas foram analisadas quanto aos teores de MS, MM, PB, EE, FDN, FDNcp e FDA, como descrito nas metodologias já citadas. Os teores de MO e CT, CNF foram calculados também de acordo com as equações já mencionadas. Os teores de NDT foram calculados segundo as equações propostas pelo NRC (2001):

$$\text{NDT} = \text{PBd} + \text{CNFd} + ((\text{EEd} - 1) * 2,25) + \text{FDNd} - 7$$

Em que PBd = proteína bruta digestível, EEd = extrato etéreo digestível, CNFd = carboidratos não fibrosos digestíveis e FDNd fibra em detergente neutro digestível.

Para estimativa da excreção fecal diária, foi utilizado como indicador interno a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), estimada nas amostras do fornecido, sobras e composições fecais por intermédio de procedimento de digestibilidade *in situ* descrito por Cochran et al. (1986). A FDAi foi obtida após 264 horas (CASALI, et al., 2008) de incubação em filtros F57 da ANKON®, e em seguida foi realizada análise de fibra em detergente ácido.

Para a determinação dos parâmetros ruminais, amostras de líquido ruminal foram coletadas dos animais antes da alimentação (tempo 0) e 2, 4, 6, 8 e 10 horas após a alimentação da manhã. O líquido foi coletado através da fístula ruminal com o auxílio de uma bomba de vácuo e filtrado em gaze.

O pH foi aferido imediatamente após a coleta com o auxílio de um peagâmetro digital. Amostras de 50 mL de líquido ruminal foram acidificados com um mL de ácido sulfúrico (1:1) e armazenados à -20°C para posterior análise das concentrações do N amoniacal através da destilação com hidróxido de potássio 2N conforme técnica de Ferner (1965) adaptada por Vieira (1980).

Para as variáveis referentes ao parâmetros ruminais, adotou-se análise por esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão

polinomial, considerando os níveis de RSC (0%; 33%; 66%; ou 100%) ao nível de 5% de probabilidade, testando-se os modelos linear e quadrático. Nos casos em que ambos os modelos foram significativos, adotou-se a equação quadrática quando o seu coeficiente de determinação foi dez pontos percentuais superior ao coeficiente de determinação da equação linear.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + C_j + T_k + e_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = Observação relativa à i-ésimo animal, ao j-ésimo período e ao k-ésimo tratamento.

μ = Média geral;

A_i = Efeito correspondente ao i-ésimo animal; $i = 1, 2, 3$ e 4 ;

P_j = Efeito correspondente ao j-ésimo período; $j = 1, 2, 3$ e 4 ;

T_k = Efeito correspondente ao k-ésimo tratamento; $k = 0, 33, 66, \text{ e } 100$;

E_{ijk} = Erro aleatório associado a i-ésimo animal, j-ésimo período e k-ésimo tratamento

5.3 Resultados e Discussão

As variáveis referentes ao peso corporal dos animais e a ingestão de MS e dos nutrientes estão apresentados na Tabela 3. O peso corporal não foi afetado pelos níveis de substituição de farelo de soja por RSC ($P > 0,05$), embora o valor energético estimado na forma de NDT tenha reduzido com a utilização do resíduo seco de cervejaria (RSC). A ingestão de MS expressa em kg/dia, % do PC e em g/kg $PC^{0,75}$, assim como a ingestão de MO em kg/dia também não foi influenciada pelos tratamentos ($P > 0,05$). A ausência de efeito pode ter ocorrido em virtude da oferta de alimento ser restrita a 1,8% do peso corporal. Desse modo, o efeito de enchimento ruminal provocado pelo alto teor de FDN de dietas contendo resíduo de cervejaria relatado por Silva et al. (2010) não ocorreu. Geron et al. (2008) também não observou efeito na ingestão de MS de bovinos alimentados com 24% de RUC na dieta total com nível de ingestão de até 1,7% do PC. No entanto, ao fornecer alimentação *ad libitum* para ovinos, Gilavarte et al. (2011) observaram reduções na ingestão de MS com a inclusão simultânea de RUC e polpa cítrica. Brochier e Carvalho (2008), ao alimentarem cordeiros

Texel com 0%, 25%, 50% 75% e 100% de substituição do concentrado por resíduo úmido de cervejaria (RUC) obtiveram efeito quadrático para a ingestão de MS, sendo que o ponto máximo ocorreu com o nível de 31,1% de RUC.

A ingestão de PB não foi influenciada pelos tratamentos ($P>0,05$), visto que as dietas apresentaram teores proteicos semelhantes e a ingestão de MS foi similar entre os níveis de RSC testados. No entanto, para a ingestão de EE foi obtido efeito linear positivo ($P<0,05$), em função do acréscimo de EE das dietas com RSC, que aumentou de 29,17 g/kg de MS da dieta com 0% de RSC para 41,5 g/kg de MS para a dieta com 100% de RSC. Brochier e Carvalho (2008) ao avaliarem os níveis de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição do alimento concentrado da dieta por resíduo úmido de cervejaria, observaram efeito quadrático na ingestão de EE para cordeiros da raça Texel.

Tabela 3. Ingestão diária de matéria seca e dos nutrientes de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja

Variáveis	Nível de substituição				P value		R ²	EPM ¹
	0%	33%	66%	100%	L	Q		
PC (kg) ²	675,50	669,75	670,00	669,50	0,549	0,687	-	6,23
IMS (kg/dia) ³	11,76	11,73	11,63	11,17	0,114	0,368	-	0,23
IMS (%PC) ⁴	1,78	1,76	1,77	1,73	0,258	0,559	-	0,02
IMS (g/kg PC ^{0,75}) ⁵	90,02	89,47	89,58	87,03	0,184	0,483	-	1,33
IMO (kg/dia) ⁶	11,17	11,15	11,06	10,60	0,107	0,357	-	0,21
IEE (kg/dia) ⁷	0,35	0,38	0,41	0,47	0,000	0,289	0,98	0,01
IPB (kg/dia) ⁸	1,41	1,41	1,40	1,36	0,210	0,385	-	0,02
IFDN (kg/dia) ⁹	3,42	3,73	3,99	4,61	0,000	0,056	0,96	0,06
IFDN (%PC) ¹⁰	0,52	0,56	0,61	0,71	0,000	0,045	0,95	0,01
IFDN (g/kg PC ^{0,75}) ¹¹	26,27	28,34	30,68	35,82	0,000	0,042	0,95	0,58
IFDA (kg/dia) ¹²	2,00	2,09	2,16	2,38	0,005	0,348	0,93	0,06
ICT (kg/dia) ¹³	9,41	9,36	9,23	8,76	0,049	0,314	0,82	0,19
ICNF (kg/dia) ¹⁴	6,24	5,91	5,60	4,66	0,000	0,085	0,92	0,15
INDT (kg/dia) ¹⁵	7,66	7,19	7,09	7,02	0,047	0,313	0,82	0,18

¹EP: Erro Padrão da Média; ²PC: Peso Corporal; ^{3,4,5}IMS: Ingestão de Matéria Seca; ⁶IMO: Ingestão de Matéria Orgânica; ⁷IEE: Ingestão de Extrato Etéreo; ⁸IPB: Ingestão de Proteína Bruta; ^{9,10,11}IFDN: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ¹²IFDA: Ingestão de Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ¹³ICT: Ingestão de Carboidratos Totais; ¹⁴ICNF: Ingestão de Carboidratos Não Fibrosos; ¹⁵INDT: Ingestão de Nutrientes Digestíveis Totais; ² $\hat{Y} = 671,188$; ³ $\hat{Y} = 11,5725$; ⁴ $\hat{Y} = 1,760$; ⁵ $\hat{Y} = 89,025$; ⁶ $\hat{Y} = 10,995$; ⁷ $\hat{Y} = 0,3468 + 0,0012x$; ⁸ $\hat{Y} = 1,395$; ⁹ $\hat{Y} = 3,3652 + 0,0115x$; ¹⁰ $\hat{Y} = 0,5055 + 0,0019x$; ¹¹ $\hat{Y} = 25,6423 + 0,0932x$; ¹² $\hat{Y} = 1,9755 + 0,0036x$; ¹³ $\hat{Y} = 9,5059 - 0,0063x$; ¹⁴ $\hat{Y} = 6,3597 - 0,0152x$; ¹⁵ $\hat{Y} = 7,5448 - 0,0061x$

A substituição de farelo de soja por RSC influenciou a ingestão de FDN expressa em kg/dia, em %PC e g/kg de PC^{0,75} e FDA em kg/dia de maneira linear crescente ($P<0,05$) devido à maior concentração destas frações nas dietas com o resíduo cervejeiro (Tabela 2). Para cada 1% de substituição de farelo de soja por RSC, os consumos de FDN e FDA

aumentaram 11,5 g e 3,6 g, respectivamente. A FDN ingerida em % do PC permaneceu abaixo de 1,2% preconizado por Mertens (1992) como limitante para a ingestão de MS, fato esse que reafirma a ausência de efeito sobre essa variável nos diferentes tratamentos.

A ingestão de CT e CNF apresentaram efeito linear decrescente com o aumento na utilização de RSC ($P < 0,05$). Para cada 1% de substituição de farelo de soja por RSC, o consumo de CT e CNF reduziram 6,3 g e 15,2 g respectivamente, devido à redução na concentração dos nutrientes nas dietas (Tabela 2). A menor concentração de CNF nas dietas com RSC ocorreu devido à remoção do amido durante a maceração da cevada para obtenção do malte cervejeiro (MUSSATTO et al., 2006). Redução na quantidade de CT ingerida também foi observada por Brochier e Carvalho (2008) ao avaliarem o RUC na alimentação de cordeiros em confinamento.

O NDT ingerido também apresentou redução linear ($P < 0,05$) de 6,1 g por dia a cada 1% de utilização de RSC. Tal efeito é resultado da menor digestibilidade dos carboidratos das dietas com o aumento do resíduo cervejeiro em detrimento do farelo de soja.

Os valores de digestibilidade da MS e dos nutrientes estão demonstrados na Tabela 4. A digestibilidade da MS e conseqüentemente da MO apresentaram comportamento linear decrescente ($P < 0,05$) com o aumento do nível de RSC. Considerando que a ingestão de MS não foi alterada pelos tratamentos, a redução na digestibilidade pode ter ocorrido em função da maior concentração de fibras presente nas dietas com mais RSC. Gilavarte et al. (2011) também obtiveram redução na digestibilidade da MS e MO ao incluir RUC na dieta de ovinos Santa Inês, contudo a digestibilidade apresentada pelos autores foi de 562,5 g/kg, sendo inferior à obtida neste trabalho.

A digestibilidade do EE, PB, FDN e FDA não foram alteradas ($P > 0,05$) pela substituição do farelo de soja por RSC (Tabela 3). Ao avaliar a inclusão de 0%, 8%, 16% e 24% de RCF na dieta para bovinos, Geron et al. (2008) não relataram diferenças na digestibilidade ruminal e total da MS e dos nutrientes avaliados.

A digestibilidade dos CT e CNF apresentaram comportamento linear decrescente ($P < 0,05$) com o acréscimo de RSC na dieta. Em relação ao CT, tal efeito está relacionado às variações nas frações de carboidratos das dietas, visto que o RSC possui maiores concentrações de carboidratos fibrosos devido à grande proporção de casca oriundas dos grãos de cevada (BROCHIER & CARVALHO, 2009), que por sua vez possuem digestibilidade inferior aos carboidratos não fibrosos. No presente trabalho, a concentração de carboidratos fibrosos foi de 600,13 g/kg para o RSC e de 138,86 g/kg para o farelo de soja.

Tabela 4. Digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes (g/kg de MS) de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja

Variáveis	Nível de substituição				P value		R ²	EP ¹
	0%	33%	66%	100%	L	Q		
DMS ²	722,47	685,58	664,62	662,95	0,031	0,301	0,86	15,85
DMO ³	756,48	720,15	704,30	702,10	0,028	0,259	0,84	13,91
DEE ⁴	815,71	807,81	809,68	823,94	0,755	0,571	-	18,41
DPB ⁵	687,21	622,67	621,92	643,50	0,157	0,054	-	18,08
DFDN ⁶	548,89	544,19	551,12	578,68	0,401	0,529	-	23,95
DFDA ⁷	513,56	432,38	466,51	458,30	0,327	0,233	-	27,42
DCT ⁸	764,48	731,23	712,05	704,74	0,019	0,376	0,92	13,87
DCNF ⁹	844,98	807,67	785,15	784,60	0,007	0,148	0,85	11,25
NDT calc. ¹⁰	652,39	622,97	615,15	629,15	0,264	0,169	-	13,95

¹EP: Erro Padrão; ²DMS: Digestibilidade da Matéria Seca; ³DMO: Digestibilidade da Matéria Orgânica; ⁴DEE: Digestibilidade do Extrato Etéreo; ⁵DPB: Digestibilidade da Proteína Bruta; ⁶DFDN: Digestibilidade da Fibra Insolúvel em Detergente Neutro; ⁷DFDA: Digestibilidade da Fibra Insolúvel em Detergente Ácido; ⁸DCT: Digestibilidade dos Carboidratos Totais; ⁹DCNF: Digestibilidade dos Carboidratos Não Fibrosos; ¹⁰NDT calc.: Nutrientes Digestíveis Totais calculado - $NDT = PBd + CNFd + ((EEd - 1) * 2,25) + FDNd - 7$; ² $\hat{Y} = 713,6365 - 0,5976x$; ³ $\hat{Y} = 747,4185 - 0,5360x$; ⁴ $\hat{Y} = 814,285$; ⁵ $\hat{Y} = 643,825$; ⁶ $\hat{Y} = 555,720$; ⁷ $\hat{Y} = 467,688$; ⁸ $\hat{Y} = 757,7050 - 0,5946x$; ⁹ $\hat{Y} = 835,9432 - 0,6099x$; ¹⁰ $\hat{Y} = 629,915$;

No que se refere à redução da digestibilidade dos CNF, esta pode estar associada à redução gradual da concentração de CNF das dietas com o aumento do RSC (Tabela 2). O baixo teor desses carboidratos no resíduo cervejeiro ocorre em virtude do processamento pelo qual o mesmo é obtido. No processo fábrico da cerveja, os grãos de cevada são macerados para formação do malte cervejeiro, perdendo grande quantidade do amido nesse procedimento (MUSSATO et al. 2006), o que reduz consideravelmente os CNF do RSC em relação ao farelo de soja. Os nutrientes digestíveis totais não apresentaram efeito ($P > 0,05$) em relação aos níveis de RSC, devido à digestibilidade do EE e da PB também não terem sido influenciadas. O NDT calculado das dietas permaneceu entre 652,39 g/kg de MS para o tratamento com 0% de RSC e 629,15 g/kg de MS para o tratamento com 100% de RSC, sendo inferiores aos NDTs estimados (Tabela 2), que variaram de 748,18 g/kg a 700,93 g/kg de MS para os tratamentos com 0% e 100% de RSC, respectivamente.

O comportamento do pH ruminal dos tratamentos em função dos horários de avaliação após a alimentação estão demonstrados na Figura 1. O pH ruminal dos bovinos não sofreu influência dos níveis de RSC da dieta ($P > 0,05$), o que corrobora com os resultados obtidos em outros estudos com resíduo cervejeiro (COZZI & POLAN, 1994; WEST et al., 1994; GERON et al., 2008; SOUZA, 2013). Rogers et al. (1986), ao compararem a utilização de RSC e RUC, relataram que o resíduo na forma seca apresentou pH mais elevado do que na forma seca durante a maior parte do tempo de avaliação desse parâmetro após a alimentação e atribuiu

esse resultado à ação microbiana ruminal mais intensa na tentativa de degradar uma fonte mais resistente do resíduo.

O tempo após a alimentação influenciou o pH ruminal de forma quadrática ($P < 0,05$) independentemente do tratamento. Os tratamentos apresentaram valor mínimos estimados de pH próximos, variando apenas de 5,97 a 6,11. O horário de ocorrência desses pontos mínimos também foi semelhante ocorrendo entre 5:26 horas e 6:05 horas após a alimentação. Independentemente do tratamento e do tempo após a alimentação, os valores de pH se mantiveram a maior parte do tempo acima de 6,1, valor este considerado por Mould et al. (1983) como valor mínimo de pH para que o crescimento das bactérias celulolíticas e a degradação das frações fibrosas não sejam comprometidos. Não houve interação entre os tratamentos e os tempos de avaliação do pH ruminal ($P > 0,05$).

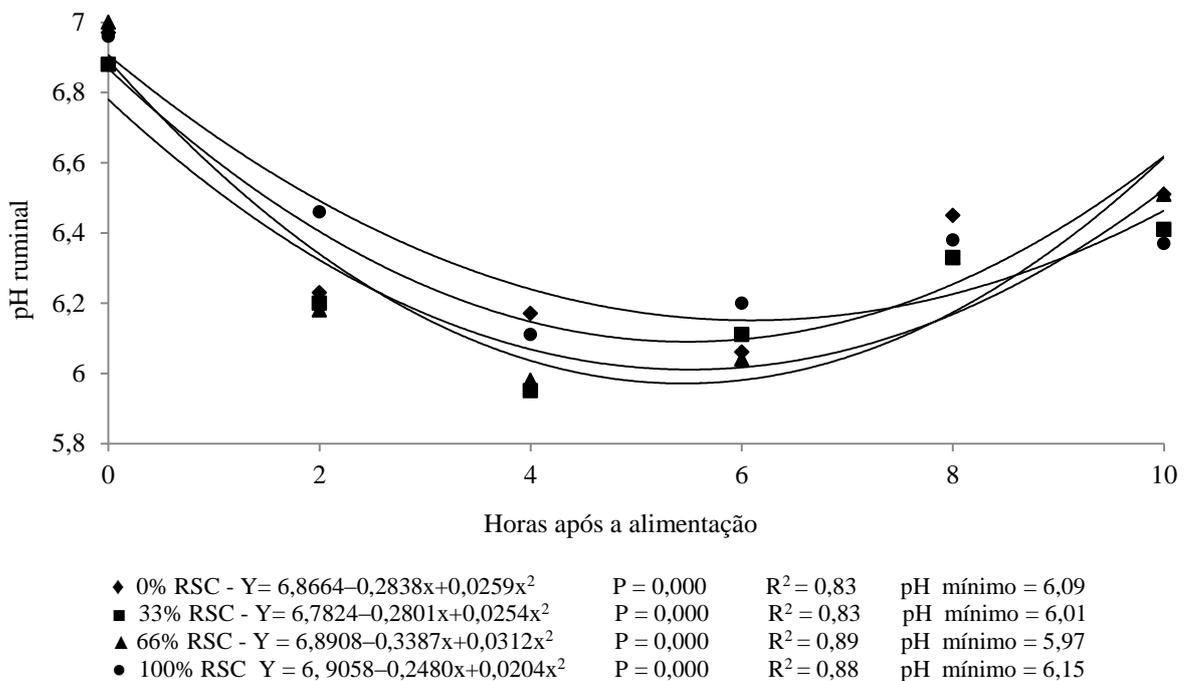


Figura 1. Comportamento do pH ruminal nos diferentes horários de coletas de bovinos alimentados com diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja da dieta

Os valores de $N-NH_3$ apresentaram diferenças entre os tratamentos ($P < 0,05$), mas estes não apresentaram interação ($P > 0,05$) com os tempos de avaliação após a alimentação. A concentração de $N-NH_3$ do tratamento com 100% de substituição do farelo de soja pelo RSC foi inferior aos tratamentos com 0% e 33% de RSC. Souza (2013) relatou redução linear do $N-NH_3$ ao testar a utilização de resíduo na forma úmida em até 30% da dieta total. Contudo, este autor obteve concentrações de $N-NH_3$ entre 23,23 e 16,45 mg/100 mL de líquido ruminal,

valores estes bem acima dos obtidos no presente trabalho. Rogers et al. (1986), ao compararem o resíduo cervejeiro na forma úmida e seca, destacaram que valores de N-NH₃ ruminal são superiores em dietas com RUC em relação ao RSC, pois o processo de desidratação do resíduo cervejeiro aumenta a proporção de proteína resistente à degradação ruminal, devido à temperatura de secagem desse resíduo reduzir a disponibilidade da PB ao complexá-la principalmente com a lignina.

O tempo após a alimentação influenciou a concentração de N-NH₃ de forma quadrática ($P < 0,05$) para os tratamentos com 0%, 33% e 66% de RSC, sendo que os valores máximos variaram de 11,16 a 12,29 mg/100 mL e ocorreram entre 1 hora 3 horas após a alimentação (Figura 2). O tratamento com 33% de RSC apresentou as maiores concentrações durante os tempos de avaliação, o que corrobora os relatos de Cabral Filho et al. (2007) que ao avaliarem a substituição de feno de Tifton por RUC na dieta de ovinos também obtiveram valor de N-NH₃ maiores para a dieta com esse nível de substituição.

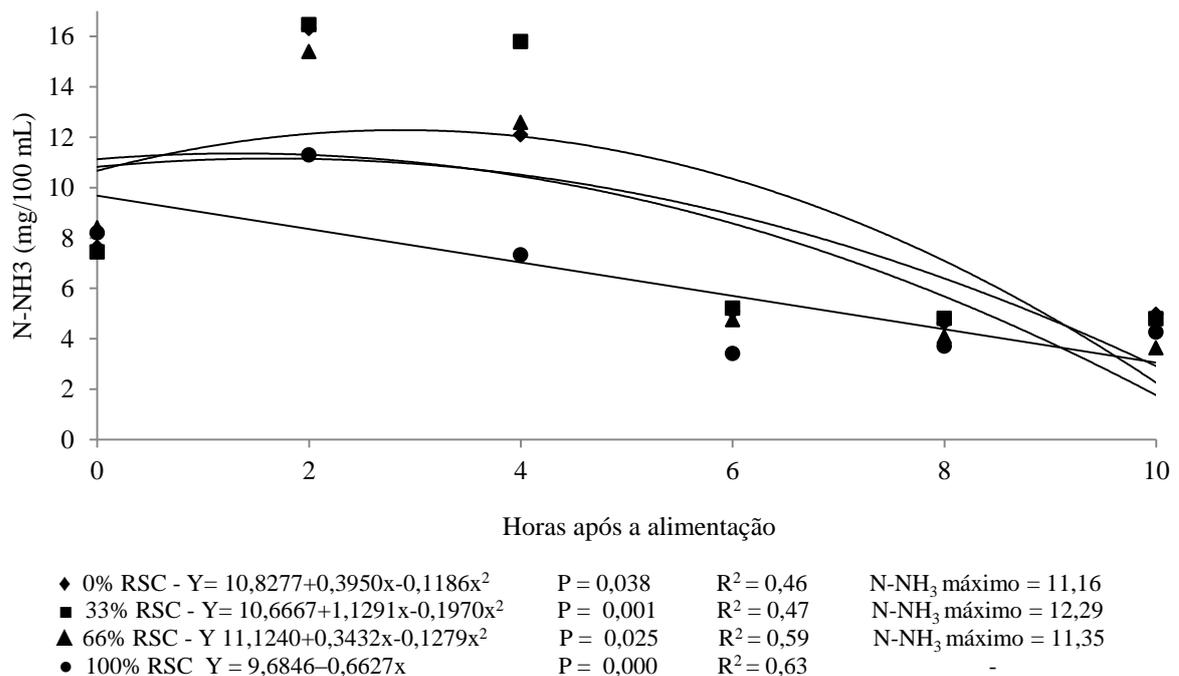


Figura 2. Comportamento do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do fluido ruminal nos diferentes horários de coletas de bovinos alimentados com diferentes níveis de resíduo seco de cervejaria (RSC) em substituição ao farelo de soja da dieta

O N-NH₃ do tratamento com 100% de RSC no concentrado apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), o que sugere um menor aproveitamento da proteína pelos microrganismos ruminais, com a retirada total do farelo de soja da dieta. Geron et al. (2007) observaram que a fração A, que é constituída pelo nitrogênio não proteico, é inferior no RUC

(7,9% na PB) em relação ao farelo de soja (16,6% na PB). Contudo, cabe ressaltar que mesmo as dietas com a utilização total ou parcial do farelo de soja apresentaram valores de N-NH₃ abaixo do recomendado por Lana (2005) para que ocorra máximo crescimento microbiano e máxima fermentação de fibras, que é 5 mg de N-NH₃/100 mL. Para os tratamentos com 0% e 33% de RSC, os valores abaixo do preconizado ocorrem após as 6 horas de alimentação, enquanto para os tratamentos com 66% e 100% ocorreram após as 4 horas.

5.4 Conclusão

A utilização desse resíduo é uma alternativa para a alimentação de bovinos, pois não influencia o pH ruminal dos animais, no entanto reduz a ingestão de nutrientes totais e a digestibilidade da matéria seca e dos carboidratos, além de interferir negativamente na produção de nitrogênio amoniacal do rúmen.

REFERÊNCIAS

- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed., Arlington: AOAC Internacional, 1990. 1025p.
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Consumo, ganho de peso e análise econômica de terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1205-1212, 2008.
- BROCHIER, M.A.; CARVALHO, S. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.5, p.1392-1399, 2009.
- CABRAL FILHO, S.L.S.; BUENO, I.C.S.; ABDALLA, A.L. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.75-73, 2007.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, p.1476-1483, 1986.
- COZZI, G.; POLAN, C.E. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.3, 1994.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Caracterização, fracionamento protéico, degradabilidade ruminal e digestibilidade *in vitro* da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.291-299, 2007.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, L.M.; ERKEL, J.A. et al. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1685-1695, 2008.
- GILAVERTE, S.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. et al. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.639-647, 2011.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 171794, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Efetivo dos rebanhos de grande porte em 31.12, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação**. 2012. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/tabelas_pdf/tab03.pdf> Acesso em: 29/11/2014.

- LANA, R.P. **Nutrição e Alimentação Animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber and its uses in feed evaluation and ration formulation In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.1-32.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNING, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- MUSSATO, S.I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, C. Brewer's spent grain: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, v.43, p.1-14, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition, Washington D.C.: National Academy Press, 2001. 360p.
- PEREIRA, J.C.; GOZZÁLEZ, J.; OLIVEIRA, R.L. et al. Cinética de degradação ruminal do bagaço de cevada submetido a diferentes temperaturas de secagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.1125-1132, 1999.
- POLAN, C.E.; HERRINGTON, T.A.; WARK, W.A. et al. Milk production response to diets supplemented with dried grains, wet brewers grains, or soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.8, p.2016-2026, 1985.
- ROGERS, J.A.; CONRAD, H.R.; DEHORITY, B.A. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers' grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.3, p.745-753, 1986.
- SILVA, V.B.; FONSECA, C.E.M.; MORENZ, M.J.F. et al. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1595-1599, 2010.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, L.C. **Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras**. 2013. 164f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- TIBO, G.C.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de Concentrado em Dietas de Novilhos Mestiços F1 Simental x Nelore. 1. Consumo e Digestibilidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.3, p.910-920, 2000.

- TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland**. v18, n.2, p.104-111, 1963.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006, 329p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Viçosa, MG, 1980, 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1980.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactating dairy cows during hot, humid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resíduo úmido de cervejaria é um volumoso proteico que pode ser desidratado ao sol para evitar perdas com a deterioração do material e facilitar o armazenamento. O resíduo na forma desidratada pode ser estocado por longos períodos, sem perder sua qualidade nutricional. No entanto, por se tratar de um resíduo de agroindústria, o resíduo seco de cervejaria apresenta uma composição variável, sendo necessária a análise desse ingrediente antes de seu uso na formulação de rações animais.

A utilização do resíduo seco de cervejaria em substituição ao farelo de soja é uma alternativa na alimentação de ruminantes, pois este resíduo aumenta o retorno econômico ao produtor, por ser uma fonte proteica de menor custo e ainda contribui para uma produção animal sustentável através do reaproveitamento de resíduos vegetais provenientes da indústria. Contudo, devido às diferenças na composição e na forma de aproveitamento do resíduo seco de cervejaria em relação ao farelo de soja, é importante respeitar os níveis adequados de substituição, para assim garantir um desempenho adequado dos animais, sem prejuízos a longo prazo.

Mais estudos precisam ser realizados visando estratégias de fornecimento desse resíduo, que minimizem alguns efeitos negativos de sua utilização sobre o desempenho animal, uma vez que este ingrediente se torna uma ferramenta na alimentação de ruminantes, pois é de fácil obtenção por produtores localizados próximos às indústrias cervejeiras e sem grandes sazonalidades na produção.