

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, DIGESTIBILIDADE,
FERMENTAÇÃO RUMINAL E PRODUÇÃO DE LEITE EM VACAS
ALIMENTADAS COM RESÍDUO DE CERVEJARIA NAS RAÇÕES

Autor: Luiz Juliano Valério Geron
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia Maria Zeoula

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Janeiro - 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, DIGESTIBILIDADE,
FERMENTAÇÃO RUMINAL E PRODUÇÃO DE LEITE EM VACAS
ALIMENTADAS COM RESÍDUO DE CERVEJARIA NAS RAÇÕES

Autor: Luiz Juliano Valério Geron
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia Maria Zeoula

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Janeiro - 2006

...Quem vive a vida com intensidade
pode aproveitar cada segundo da sua existência,
pois nesta vida tudo passa,
as coisas boas e as ruins, mas as recordações,
principalmente dos momentos felizes
são eternas dentro do nosso coração...

A minha família, a qual sempre me incentivou a buscar
o aperfeiçoamento profissional, talvez, como
única forma de galgar alguns degraus na
sociedade em que vivemos.

À Luiz Geron, meu pai;

À Ignês Valério Geron, minha mãe;

Às minhas irmãs Rosinês Cristina Geron, Rosana Andréia Geron e Ana Cláudia Geron;

À Ana Valério de Lima, minha vó e;

À Luiz Guilherme Geron Manfrim Coelho, meu sobrinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá e a Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), por terem possibilitado a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Tecnologia e Pesquisa (CNPq), pela bolsa de estudos.

À Prof^ª. Dr^ª. Lúcia Maria Zeoula por ter participado da minha formação acadêmica, orientar e auxiliar no desenvolvimento do meu conhecimento científico e profissional e pela confiança em mim depositada durante sete anos de convívio.

Ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) e aos professores do Curso de Doutorado pelos valiosos ensinamentos.

Aos professores Dr. Ivanor Nunes do Prado, Dr. Antônio Ferriani Branco, Dr. Clóvis Cabreira Jobim, Dr. Ulysses Cecato, Dr. Júlio César Damasceno, Dr^a. Kátia Cylene Guimarães, Dr^a. Claudete Regina Alcalde e Dr. Makoto Mathushida, pela paciência e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Sr. Jam Erkel, Sra. Jane Erkel e Jacco Arnoud Erkel por ceder os animais, instalações e alimentação da fazenda Morro dos Ventos, e por terem me acolhido durante o período de realização do trabalho. Aos bolsistas Jeroen De Best, Eder Bublitz, Roberto Jonker, Guido Jacobi e Silvia Cristina de Aguiar, Anete Gouvea Gabardo pela colaboração e companheirismo.

Aos funcionários da secretária do PPZ, FEI e do laboratório de análise de alimentos e nutrição animal: Waldirene Rossi da Silva, Denilson do Santos Vicentini, José Carlos, Vicente Faleiro, Olga Fracaro, Cleusa Volpato e Dilma Figueiredo.

Aos colegas Paulo Henrique Moura Dian, Geovane Barrim, André Gustavo Leão, Juliano Ricardo Fontanini Beleze, Juliano Hashimoto, Emilyn Midori Maeda, Márcia Aparecida Boza e Odimari Prícila Pires do Prado por compartilharem tanto o trabalho quanto o lazer.

A Rodolfo Bortolini Geron pelo auxílio em informática, companheirismo, paciência.

A minha namorada Keila Yulko Doi pelo auxílio em química.

Aos tantos colegas que me apoiaram e me ajudaram.

BIOGRAFIA DO AUTOR

LUIZ JULIANO VALÉRIO GERON, filho de Luiz Geron e Ignês Valério Geron, nasceu em Engenheiro Beltrão – Paraná, no dia 18 de março de 1978.

Em dezembro de 2000, concluiu o Curso de Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2001, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Mestrado, área de Concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá e realizou seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes.

No mês de maio de 2003, submeteu-se à banca examinadora para defesa da Dissertação de Mestrado.

Em março de 2003, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Doutorado, área de Concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá e realizou seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes.

No mês de Janeiro de 2006, submeteu-se á banca examinadora para defesa da Tese de Doutorado.

ÍNDICE

	Página
RESUMO GERAL.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	2
I.1. Obtenção e características do resíduo de cervejaria úmido (RCU).....	2
I.2. Proteína não degradável no rúmen do RCD e RCU.....	4
I.3. Consumo de MS e produção de leite em ruminantes alimentados com RCU....	6
I.4. Métodos de conservação do RCU.....	8
I.5. Fatores envolvidos no processo de fermentação e digestão ruminal dos alimentos.....	10
I.6. Fatores envolvidos na digestibilidade dos nutrientes.....	13
I.7. Ácidos graxos saturados e insaturados dos alimentos.....	14
I.8. Síntese da gordura do leite em ruminantes.....	15
I.9. Ácido linoléico conjugado (CLA).....	15
I.10. Razão ácidos graxos ω 6/ ω 3 dos alimentos.....	17
I 11. LITERATURA CITADA.....	18
II - OBJETIVOS GERAIS.....	23
III – Caracterização, Fracionamento Protéico e dos Carboidratos, Degradabilidade Ruminal da Matéria Seca e Proteína Bruta e Digestão Intestinal <i>in vitro</i> da PNDR, do Resíduo de Cervejaria Úmido e do Resíduo de Cervejaria Fermentado	24
Resumo.....	24
Abstract.....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos	28
Resultados e Discussão.....	33
Conclusões.....	45
Literatura Citada	45

IV – Coeficiente de Digestibilidade Total e Parcial dos Nutrientes, Variáveis Ruminais de Rações com Resíduo de Cervejaria Fermentado em Ruminantes.....	49
Resumo.....	49
Abstract.....	50
Introdução.....	51
Material e Métodos.....	52
Resultados e Discussão.....	58
Conclusões.....	70
Literatura Citada	70
V – Consumo e Coeficiente de Digestibilidade Total dos Nutrientes, Produção e Qualidade do Leite de Rações com Resíduo de Cervejaria Fermentado em Vacas Leiteiras.....	74
Resumo.....	74
Abstract.....	75
Introdução.....	76
Material e Métodos.....	78
Resultados e Discussão.....	84
Conclusões.....	95
Literatura Citada.....	96
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Caracterização, Fracionamento Protéico e dos Carboidratos, Degradabilidade Ruminal da Matéria Seca e Proteína Bruta e Digestão Intestinal <i>in vitro</i> da PNDR, do Resíduo de Cervejaria Úmido e do Resíduo de Cervejaria Fermentado	24
TABELA 1. Composição química do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO).....	34
TABELA 2. Temperatura, pH e concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) com 120; 150 e 180 dias de estocagem.....	35
TABELA 3. Frações nitrogenadas e dos carboidratos do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e farelo de soja (FSO), expressos em %MS e %PB.....	36
TABELA 4. Fração solúvel (<i>a</i>) e insolúvel potencialmente degradável (<i>b</i>), taxa de degradação (<i>c</i>) da fração <i>b</i> , degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO) para as taxas de passagem de 2%/h, 5%/h e 8%/h.....	38
TABELA 5. Digestibilidade ruminal <i>in vitro</i> (DRIV) da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) e teores de PB, proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não-degradada no rúmen (PNDR) para 16 horas de incubação ruminal, digestibilidade intestinal <i>in vitro</i> (DIIV) da PNDR e PNDR digestível no intestino delgado (PNDR _D) do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e farelo de soja (FSO).....	41
TABELA 6. Perfil de aminoácidos essenciais (AAe) do resíduo de cervejaria fermentado (RCF), do tecido muscular, do leite, das bactérias ruminais e do farelo de soja (FSO) em % do total de AAe.....	43
TABELA 7. Composição de ácidos graxos (AG) saturados e insaturados, razão AG insaturados/saturados e ω 6 (ácido linoléico)/ ω 3 (ácido linolênico), e total identificado de AG (g/ 100 g de gordura) do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO).....	44

Coeficiente de Digestibilidade Total e Parcial dos Nutrientes, Variáveis Ruminais de Rações com Resíduo de Cervejaria Fermentado em Ruminantes.....	49
TABELA 1. Composição química dos alimentos (expresso em %MS) ¹	54
TABELA 2. Composição percentual e química das rações experimentais (% na MS) ¹	55
TABELA 3. Consumo médio diário de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHT), carboidrato não fibroso (CNF), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das rações com resíduo de cervejaria fermentado (RCF).....	58
TABELA 4. Coeficientes de digestibilidade total, ruminal e intestinal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) carboidrato total (CHT), carboidrato não fibroso (CNF), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) para as rações experimentais e coeficientes de variação (CV).....	61
TABELA 5. Consumos de energia bruta (CEB) e energia digestível (CED), coeficiente de digestibilidade total (CDT) da energia bruta (EB) e valor dos nutrientes digestíveis totais (NDT) das rações experimentais.....	65
TABELA 6. Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT) e RNA das bactérias ruminais isoladas.....	68
TABELA 7. Consumo de nitrogênio (N), fluxo duodenal de N, de N microbiano, de N não microbiano, e valores de matéria orgânica aparentemente degradável no rúmen (MOADR) e matéria orgânica verdadeiramente degradável no rúmen (MOVDR) e eficiência de síntese microbiana aparente e verdadeira.....	69
Consumo e Coeficiente de Digestibilidade Total dos Nutrientes, Produção e Qualidade do Leite de Rações com Resíduo de Cervejaria Fermentado em Vacas Leiteiras.....	74
TABELA 1. Composição química da silagem de azevém (SAZ), silagem de milho (SMI), resíduo de cervejaria fermentado (RCF), concentrado® com 15% de PB (COQ®) e concentrado® com 18% PB (COD®) expresso em %MS.....	79
TABELA 2. Composição percentual e química das rações experimentais (% na MS) ¹	80
TABELA 3. Consumo médio diário de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHT), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das rações experimentais.....	85

TABELA 4.	Coeficiente de digestibilidade total (CDT) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHT), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das rações experimentais e coeficientes de variação (CV)	86
TABELA 5.	Consumo de energia bruta (CEB) e energia digestível (CED), coeficiente de digestibilidade total (CDT) da energia bruta (EB) e valores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) das rações experimentais.....	88
TABELA 6.	Produção de leite (PL), produção de leite corrigido para 4% de gordura (PLC), eficiência de utilização da MS e nitrogênio (N), gordura, densidade, proteína, lactose, sólidos totais, uréia, acidez e contagem de células somáticas (CCS) do leite em função dos teores 0%; 5%; 10% e 15% de inclusão do RCF nas rações experimentais.....	89
TABELA 7.	Composição dos ácidos graxos, razão AG saturados/ insaturados e ω 6/ ω 3 e perfil dos AG da gordura do leite (g/100 g de gordura) em função do teor de inclusão do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) nas rações experimentais.....	92
TABELA 8.	Indicadores econômicos de produção em função do custo operacional da ração e renda bruta do leite de acordo com os teores inclusão do RCF nas rações experimentais.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Coefficiente de Digestibilidade Total e Parcial dos Nutrientes, Variáveis Ruminais de Rações com Resíduo de Cervejaria Fermentado em Ruminantes.....	49
FIGURA 1. Valores observados do pH do líquido ruminal dos bovinos em função do tempo após a alimentação para as rações com a inclusão do RCF.....	65
FIGURA 2. Valores observados da concentração do nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) mg/100 mL do líquido ruminal de bovinos em função do tempo após a alimentação para as rações com 0%; 8%; 16% e 24% de inclusão do RCF.....	66

RESUMO GERAL

Objetivou-se caracterizar quimicamente e biologicamente o resíduo de cervejaria fermentado (RCF) para uso na alimentação de ruminantes. Foram determinados o fracionamento da proteína e dos carboidratos segundo CNCPS, o perfil de ácidos graxos (AG) e aminoácidos, a degradabilidade efetiva (DE) da MS e PB, a digestibilidade ruminal *in vitro* (DigR_{IV}) da MS e PB e a digestibilidade intestinal *in vitro* (DI_{IV}) da proteína não degradável no rúmen (PNDR) do RCF. Avaliou-se a digestibilidade total e parcial dos nutrientes e variáveis ruminais em quatro novilhos da raça Holandesa canulados no rúmen e duodeno alimentados com teores de inclusão de 0%; 8%; 16% e 24% de RCF. Ainda, a inclusão de 0%; 5%; 10% e 15% do RCF foram avaliados sobre a produção e qualidade do leite em vacas da raça Holandesa múltiparas com produção média de leite de 28 kg/dia. Os dados obtidos para a degradabilidade da MS e PB foram submetidos a análise de variância em blocos casualizados, com três animais (repetições), utilizando o modelo linear e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey. Para a determinação do coeficiente de digestibilidade (CD) total e parcial dos nutrientes o delineamento experimental foi um quadrado latino 4x4. Para a determinação dos valores de produção e qualidade do leite foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com sete animais (repetições) por tratamento. Os dados foram interpretados utilizando a análise de variância e as diferenças obtidas entre os teores de inclusão do RCF foram submetidos a análise de regressão. O RCF apresentou 30% de PB na MS sendo que deste teor 25,80% corresponde a fração A + B₁ da PB, disponível para a fermentação ruminal e 60,65% representa a fração B₂ + B₃, proteína disponível no intestino para o metabolismo animal. A DE da PB do RCF variou de 51,6% para 33,8% com o aumento na taxa de passagem de sólidos de 2% para 8%/hora. A DigR_{IV} da PB do RCF foi 8,73% e a DI_{IV} da PNDR do RCF foi de 72,53% e a PNDR digestível no intestino delgado de 39,36%, o que caracterizou o RCF como fonte de proteína de baixa degradabilidade ruminal. A

proteína do RCF apresentou teores de lisina de 12,1% e de metionina de 4,2% em % dos aminoácidos essenciais. O teor de carboidrato total (CHT) do RCF foi de 60,85%, sendo que, 22,68% representou os carboidratos de rápida fermentação ruminal (açúcares + amido) e 45,02% os carboidratos da parede celular digestível e 32,30% de carboidratos indigestível. O RCF apresentou 5,4% do extrato etéreo e na sua composição, 76,21% de AG insaturados e 23,79% de AG saturados com uma relação de insaturados/saturados de 3,21:1. Os coeficientes de digestibilidade total (CDT), ruminal (CDR) e intestinal (CDI) da MS, PB, CNF, FDN e FDA não foram influenciados ($P > 0,05$) pela inclusão de 0%; 8%; 16% e 24% (na MS) do RCF nas rações. Entretanto, CDI da MO e CHT aumentaram ($P < 0,05$) linearmente com os teores de inclusão do RCF nas rações. A produção e a qualidade do leite não foram influenciadas, mas os CDT da MS, PB e EE aumentaram ($P < 0,05$) linearmente com a inclusão de 0%; 5%; 10% e 15% do RCF nas rações de vacas leiteiras.

Palavras chave: ácidos graxos, leite, nitrogênio amoniacal, proteína não degradável no rúmen, resíduo de cervejaria

ABSTRACT

The objective of the present study was to chemically and biologically characterize the fermented brewers grain (FBG) in ruminants feed. The carbohydrates and protein fractions according to CNCPS, the fatty acid and aminoacid profile, the dry matter (DM) and crude protein (CP) effective degradability (ED), the DM and CP ruminal digestibility *in vitro* (RDIV) and the intestinal digestibility *in vitro* (IDIV) of the rumen-undegradable protein (RUDP) of the WBG were realized. The total and partial digestibility of nutrients and ruminal variables were determined in four Holstein steers with ruminal and duodenal cannula fed with 0%; 8% 16% and 24% FBG inclusion levels. It was evaluated the FBG inclusion on production and quality milk of multiparous Holstein cows feed with FBG inclusion levels of 0%; 5%; 10% and 15% and with a milk's production average of 28 kg/day. Data obtained from DM and CP degradability of WBG, FBG and SBM were submitted to variance analysis in randomized design block, with three animals (repetitions), using the UFV linear model (1997) and the averages were compared by the Tukey test. A latin square 4x4's experimental design was used to determinate the nutrients total and partial DC. To determinate the production and quality milk values it was used an totally casualized design with seven animals (repetitions), the data were interpreted using variance analysis ($P < 0.05$) and the differences obtained among FBG inclusion levels were submitted to regression analisys. The FBG presented 30% of CP from which 25.80% correspond to the fraction A + B of CP available to ruminal fermentation and 60.65% represent fraction B₂ + B₃, protein available in the intestine for animal metabolism. The CP ED of FBG varied from 51.6% to 33.8% with the increase in the solids passage rate of 2% to 8%/hour, what characterize it as protein source of slow ruminal degradability. The CP RDIV of FBG was 42.65%. The RUDP IDIV of FBG was 72.53% and RUDP degradable in the small intestine was 39.36%. The FBG protein presented 12.1% of lysine concentration and

4.2% of methionine total essential aminoacids. The value of the FBG total carbohydrate (TCH) was 60.85%, from which, 22.68% represented the carbohydrates of quick ruminal fermentation (sugars + starch) and 45.02% the carbohydrate of degradable cellular structure and 32.30% of undegradable carbohydrate. The FBG presented 23.79% of saturated fatty acids and 76.21% of unsaturated fatty acids with a unsaturated/saturated relation of 3.21:1. The Total digestibility coefficients (TDC), ruminal (RDC) and intestinal (IDC) of DM, CP, NDF and ADF were not influenced ($P > 0.05$) by the FBG inclusion levels in the rations of 0%; 8%; 16% and 24% in DM. However the IDC of MO and CHT increased ($P < 0.05$) linearly with FBG inclusion levels in rations. The poroduction and the milk quality were not influenced ($P > 0.05$), but TDC of DM, CP and EE increased ($P < 0.05$) linearly with 0%; 5%; 10% and 15% of FBG inclusion in the dairy cows ration.

Key words: amoniacal nitrogen, fatty acid, milk, rumen-undegradable protein, brewers grain

I. INTRODUÇÃO

A diminuição das áreas de pastagem, para o plantio de cana-de-açúcar e soja, e a sua estacionalidade de produção, tornam escassos alguns recursos alimentares, refletindo em elevação do custo de produção. A grande necessidade de produção de alimentos para ruminantes desafia a pesquisa a buscar novas alternativas de recursos alimentares, com objetivo de reduzir custos, facilitar o gerenciamento e aumentar a produtividade dos rebanhos.

Pesquisadores, técnicos e produtores sempre estão a procura de alimentos alternativos, com alta qualidade nutricional e menor custo. Entre as diversas fontes alternativas, destaca-se o resíduo de cervejaria úmido (RCU) com grande qualidade nutricional e com alto potencial para produção animal.

1.1. Obtenção e características do resíduo de cervejaria úmido (RCU)

O RCU é um subproduto da indústria de cerveja bastante utilizado na alimentação de ruminantes (Lima, 1993). Estima-se que aproximadamente 3,0 milhões de toneladas de RCU foram produzidos no Brasil em 2005 com uma produção de cerveja de 8,5 bilhões de litros segundo o sindicato nacional da indústria de cerveja.

A matéria-prima utilizada pelas indústrias de cerveja no Brasil é constituída por malte de cevada com a adição de mistura de cereais (principalmente o milho) ou maltose. O processo de fabricação do malte é chamado de maltagem e envolve o

controle de umedecimento dos grãos, obtendo-se mudanças químicas e físicas com perdas mínimas de energia pelo processo de respiração (Cabral Filho, 1999).

O RCU é um subproduto obtido pelo processo de fabricação de cerveja. O passo inicial envolve a obtenção do malte, ou seja, os grãos de cevada ou de cereais (milho, arroz) são imersos em água morna por algum tempo, e em seguida retira-se a água para que ocorra a germinação dos grãos e a hidrólise do amido em dextrina e maltose. Este processo promove a liquefação e a hidrólise do amido a açúcares, obtendo 65% de extração dos sólidos totais do malte e de 80% a 90% quando se utilizam misturas de cereais tais como milho e arroz (Lima, 1993, Cabral Filho, 1999).

Posteriormente, os grãos são desidratados por aquecimento (50°C a 80°C), interrompendo a atividade enzimática, e separados em três partes: malte, gérmen e raiz de malte. Neste ponto, o grão maltado é prensado e embebido em água, para formar o mosto de cerveja como produto final. A parte sólida é separada e constitui o resíduo de cervejaria úmido (RCU) ou bagaço de cevada, que é comercializada, dessa forma ou pode ser desidratada para formar a polpa seca de cervejaria ou o resíduo de cervejaria desidratado (RCD). No final do processo de maltagem dependendo do tipo de grão de cereal utilizado (cevada, milho ou arroz) pode ocorrer a geração de até 40% de RCU (Cabral Filho, 1999).

Desta maneira, o RCU compõe-se das glumas do malte prensado e de compostos que não chegaram a solubilizar-se durante o processo de fabricação da cerveja (quantidades variáveis de amido, pentosanas e proteína que não coagularam durante a cocção), além de raízes de malte em quantidades variadas que são posteriormente adicionadas. A etapa seguinte do processo de fabricação da cerveja consiste em adicionar o lúpulo e o fermento, o qual gera outros subprodutos (Pereira et al., 1999).

A influência do processo de secagem do RCU foi verificada por López & Pascual (1981) e encontraram uma variação na composição química do RCU, com teores de matéria seca (MS) de 9,40% e 29,90%, proteína bruta (PB) de 26,20 e 34,80 % na MS e extrato etéreo (EE) de 7,40 e 10,10% na MS para o RCU prensado com água e apenas prensado, respectivamente.

Pesquisa realizada por Cardoso et al. (1982) com o RCU (42,9% e 85,8% na MS) no concentrado fornecido a vacas leiteiras alimentadas com silagem de sorgo como única fonte de volumoso, verificou-se uma composição química para o RCU com valores de MS de 23,50%, PB de 32,30% na MS e nutrientes digestíveis totais (NDT) de 68,40% na MS.

O método de conservação do RCU e sua utilização na alimentação de vacas leiteiras foram avaliados por Johnson et al. (1987) que observaram um teor de MS, PB e fibra em detergente neutro (FDN) de 45,08%; 15,11% e 26,33% na MS, respectivamente. West et al. (1994) avaliaram o RCU na alimentação de vacas leiteiras (Jersey) e observaram uma composição química do RCU com valores de MS, PB, EE, FDN e FDA de 24,40%; 29,60%; 6,80%; 65,50% e 22,70% na MS, respectivamente.

Teores de PB do RCU variando de 14,10% a 34,80% na MS foram observados na literatura (López & Pascual, 1981; Johnson et al., 1987; Coopock, 1987; Lima, 1993; Costa et al., 1994; Pereira et al., 1999), o que demonstrou certa variabilidade na composição protéica do RCU. Pelo fato do RCU ser um subproduto agroindustrial, sua composição química sofre influência desde a matéria-prima utilizada na fabricação da cerveja até o método utilizado pela indústria de cerveja (Lima, 1993).

I.2. Proteína não degradável no rúmen do RCD e RCU

O RCD é considerado uma excelente fonte de proteína para vacas leiteiras e essa proteína é resistente à degradação ruminal (Armentano et al., 1983). Trabalho realizado por Santos et al. (1984) com vacas leiteiras para mensurar a fermentação ruminal, fluxo e absorção de aminoácidos no intestino, com diferentes alimentos, demonstrou que dietas com farinha de glúten, resíduo de cervejaria desidratado e resíduo de destilaria forneceram maiores quantidades de aminoácidos para o intestino do que o farelo de soja, caracterizando o resíduo de cervejaria como uma fonte de proteína “bypass”.

A estabilidade relativa do perfil de aminoácidos (AAs) da proteína microbiana (Stern et al., 1994; Schwab, 1996) torna difícil a alteração do perfil de AAs da digesta duodenal (Stern et al., 1994), sendo necessário para essa alteração o fornecimento de fontes de proteína não degradável no rúmen (PNDR) em proporções substanciais da proteína dietética.

A quantidade de proteína efetivamente digerida no rúmen influi diretamente sobre a disponibilidade de nitrogênio para o crescimento dos microrganismos no rúmen e na quantidade de proteína que chega aos outros compartimentos do trato digestivo para a digestão e absorção. No entanto, a degradabilidade efetiva da proteína no rúmen depende de características inerentes ao alimento, do nível de ingestão, dos tipos e formas de processamento a que os alimentos foram submetidos e de possíveis limitações nos processos de fermentações no rúmen (Orskov , 1988).

Valores obtidos de experimentos com vacas em lactação, ovelhas e carneiros alimentados com fonte protéicas de baixa degradação ruminal sugerem que 50% ou mais da PB, escapem da degradação microbiana no rúmen e passem para o intestino delgado (Clark et al., 1987).

Com relação à degradabilidade ruminal da proteína do RCD, valores de 34,0% a 73,0% da PB, são mencionados no National Research Council – NRC (1988). O

aquecimento do RCU reduz a degradação da proteína no rúmen, incrementando, assim, as quantidades disponíveis no intestino (Stern et al., 1994; Pereira et al., 1999).

A cinética de degradação ruminal do RCU submetido a diferentes temperaturas de secagem avaliada por Pereira et al. (1999) demonstrou que a matéria-prima (cevada) ou o processo industrial pode exercer um efeito importante na fração da PB do RCU, dando uma ampla variação nos valores de degradabilidade da PB do RCU. Estes mesmos autores verificaram uma variação na degradabilidade efetiva da PB do RCU de 27,8% e 77,4% para taxa de passagem de 5%/hora, para o processo de desidratação da amostra do RCU por meio de secagem em estufa a 174°C e pelo processo de liofilização, respectivamente.

1.3. Consumo de MS e produção de leite em ruminantes alimentados com RCU

A regulação da ingestão de alimentos pelos animais envolve sinais fisiológicos que operam por meio de vários mecanismos hormonais. Quando dietas de alta qualidade são fornecidas, o animal se alimenta para satisfazer sua demanda de energia, e a ingestão é limitada pelo potencial genético do animal em utilizar a energia absorvida. Entretanto, quando dietas de baixa qualidade são fornecidas, o animal consome o alimento até alcançar a máxima capacidade de enchimento do trato gastrointestinal.

O papel dominante da regulação fisiológica e limitação física na ingestão é modificado por estímulos relacionados à palatabilidade, à sanidade e ao manejo alimentar. Dessa forma, a ingestão é afetada por características do animal, do alimento e da forma de alimentação (Mertens, 1994).

Redução no consumo de MS de vacas leiteiras alimentadas com teores crescentes de RCU foi observada por Davis et al. (1983). Segundo esses autores o aumento no teor de umidade das rações com RCU foi responsável pela diminuição na ingestão de MS.

Entretanto, a utilização de 10% e 30% de RCU nas rações de vacas lactantes foi conduzida por West et al. (1994) e Chiou et al. (1998), respectivamente, as quais demonstraram uma redução de 4,1% e 1,1% no consumo de MS para as rações com RCU. Esses autores concluíram que os teores de 10% e 30% do RCU aumentaram o volume de água nas rações, mas não diminuíram o consumo de MS.

A produção de leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo e suplementadas com 42,9% e 85,9% de RCU no concentrado foi verificada por Cardoso et al. (1982), os quais demonstraram que os animais alimentados com o maior teor RCU apresentaram maior ($P < 0,05$) produção de leite.

Belibasakis & Tsergogianni (1996) avaliaram a inclusão de 16% do RCU na alimentação de vacas leiteiras e observaram maior ($P < 0,05$) produção de leite (24,80 vs 21,70 kg/dia) para a ração com 16% RCU em relação a ração controle (0% de RCU). Segundo os autores o efeito benéfico do RCU sobre a produção de leite deve-se a melhor qualidade da fonte protéica com maior teor de metionina e lisina em relação ao farelo de soja (FSO) além de ter alto teor de PNDR (40% da PB). Segundo Clark (1975) e Schawb et al. (1976) a metionina e a lisina são os principais aminoácidos limitantes para a produção de leite.

Da mesma maneira, Chiou et al. (1998) concluíram que a maior produção de leite com a inclusão de 10% do RCU na alimentação de vacas leiteiras, e consumo similar de MS entre as rações deve-se a melhor qualidade da PB do RCU em relação ao farelo de soja (FSO).

Entretanto, a inclusão de 25% do RCU e do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) em ração de vacas leiteiras verificada por Johnson et al. (1987), demonstrou uma redução ($P < 0,05$) no consumo de MS e, conseqüentemente, uma redução de 5,6% na produção de leite para os animais alimentados com RCF em relação aos alimentados

com RCU. Os autores sugeriram que esta redução no consumo de MS e na produção de leite deve-se a fermentação natural do RCU o qual aumentou o valor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e reduziu o N solúvel em água.

Phipps et al. (1995) demonstraram que os valores de energia e proteína do RCU foram maiores do que a silagem de gramínea e que a substituição de 33,0% da silagem de gramínea pelo RCU na MS resultou em um aumento no valor nutritivo da dieta para vacas leiteiras. Essa substituição não alterou ($P > 0,05$) o consumo de MS, entretanto esses autores, observaram aumento da produção de leite de 20% em vacas alimentadas com RCU.

Decréscimo na percentagem da gordura do leite foi observado por Miller et al. (1970) e Phipps et al. (1995). Estes autores sugeriram que o decréscimo no teor de gordura do leite deve-se principalmente ao alto conteúdo de gordura insaturada do RCU. Desta maneira, elevadas quantidades de gordura insaturada, associadas a uma diminuição na digestão ruminal da porção fibrosa são apontada por estes autores como responsáveis pela diminuição nos valores de gordura do leite.

1.4. Métodos de conservação do RCU

Para utilizar determinado subproduto, deve-se obter informações sobre sua composição química e seu valor nutritivo, além de considerar o teor de inclusão na ração, assim como possíveis problemas relacionados a sua manipulação, transporte e armazenamento.

Apesar de suas qualidades nutricionais, o RCU apresenta problemas relacionados ao seu alto conteúdo em umidade variando de 70% a 80%, o que influi negativamente no transporte e armazenamento (Clark et al., 1987; Lima, 1993; Phipps et al., 1995).

Portanto, as alternativas para a sua conservação seriam os métodos de ensilagem ou secagem, conforme mencionado por Polan et al. (1985).

Existem produtores que utilizam o RCD, mas este, agrega custo devido ao processo de desidratação. Uma alternativa para o armazenamento e utilização mais econômica do RCU, seria a conservação obtida pelo processo de ensilagem (fermentação anaeróbia), mas há necessidade de se conhecer qual a qualidade do RCU após o processo de fermentação anaeróbia.

O método de ensilagem consiste na fermentação de determinadas bactérias sobre os carboidratos solúveis de um alimento. A atividade de fermentação destes microrganismos na ausência do oxigênio resulta em compostos capazes de conservar um determinado alimento ao longo do tempo (Peixoto, 1988).

Teores próximos a 30% de MS são recomendáveis para o processo de ensilagem (Peixoto, 1988). O desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como *Clostridium* foi identificado em silagem com elevado teor de umidade. Segundo McDonald et al. (1991), estas bactérias se desenvolvem na presença de alto teor de umidade e o pH ideal para o seu crescimento situa-se entre 7,0 a 7,4.

Os parâmetros como pH, quantidade de nitrogênio na forma volátil (N-NH₃) e determinação dos ácidos orgânicos são empregados em avaliações de qualidade do material ensilado (Lima et al., 1986; Cabral Filho, 1999).

As medidas de pH são muito utilizadas nas determinações da qualidade do material ensilado, mas não como único valor, e podem ser dependentes da percentagem da matéria seca e do teor de açúcar (Cabral Filho, 1999).

O RCU conservado em condições aeróbias com dois aditivos químicos (formalina P.A. e ácido fórmico comercial) e levedura industrial de cervejaria apresentou uma variação para o valor de pH de superfície do silo de 3,2 a 4,1; temperatura da superfície

variando de 25°C a 31°C e concentração do nitrogênio amoniacal em percentagem do nitrogênio total variando de 13,8% a 22,5% durante 10 dias de estocagem para os diferentes tratamentos (Lima, 1993). Este autor considerou esses dados satisfatórios para a conservação do material em condições aeróbias.

Valores de pH (4,5) e nitrogênio total em % da MS (4,9%) foram observados para o RCU submetido ao método de ensilagem por Johnson et al. (1987) após 28 dias de estocagem.

1.5. Fatores envolvidos no processo de fermentação e digestão ruminal dos alimentos

A digestão ruminal é um processo dinâmico, resultante da interação de fatores que depende do animal, da dieta e do ecossistema ruminal, não podendo, dessa forma, ser considerada apenas atributo do alimento (Pereira et al., 1999).

Para que ocorra uma correta utilização dos alimentos nas formulações de rações para ruminantes, os alimentos devem ser fracionados para uma caracterização mais completa. Esse fracionamento é essencial para entender o funcionamento dos sistemas nutricionais denominados de dinâmicos (Sniffen et al., 1992). Tais sistemas idealizam o perfeito sincronismo na digestão ruminal de proteínas e carboidratos.

Para que o sincronismo carboidratos-nitrogênio seja obtido é necessário o conhecimento das diversas frações protéicas e dos carboidratos, visto que as proteínas e carboidratos presentes no alimento têm diferentes taxas de degradação ruminal.

O Coenell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) desenvolvido por Sniffen et al. (1992) na Universidade de Cornell, foi planejado tendo como objetivo as exigências nutricionais e a utilização de energia e proteína dos alimentos, para combinação específica de tipos de bovinos, alimentos, condições ambientais e de manejo.

O CNCPS assume que a proteína e carboidratos, presentes nos alimentos, são subdivididos pela composição química, características físicas, degradação ruminal e características de digestibilidade pós-ruminal.

A magnitude de fermentação de carboidratos e proteínas no rúmen, segundo Nocek & Russel (1988), é controlada pela taxa de hidrólise da proteína, pela relação da utilização de peptídeos e aminoácidos pelos microrganismos ruminais, pela disponibilidade de carboidrato para fornecer ATP para a síntese de proteína microbiana e pela presença de bactérias metanogênicas para diminuir o excesso de equivalentes redutores.

Rações com 31,0% ou 39,0% de carboidrato não estrutural e 11,8% ou 13,7% de PDR, na MS, suportaram maior síntese de proteína microbiana, do que rações com 25,0% de carboidrato não estrutural e 9,0% de PDR (Stokes et al., 1991).

A sincronização da fonte de amido e proteína de rápida degradação ruminal observada por Aldrich et al. (1993) aumentou o fluxo de proteína microbiana para o duodeno em vacas alimentadas com fonte de amido de maior degradabilidade ruminal (milho reconstituído) combinado com uma fonte de nitrogênio de alta degradabilidade ruminal (farelo de soja e canola) em comparação a dietas com uma fonte de amido (milho moído) e nitrogênio (farinha de sangue) de baixa degradabilidade ruminal.

O número de bactérias e protozoários no rúmen de novilhos alimentados com 45% da PB proveniente do RCU foi maior em relação aos alimentados com 45% da PB provenientes do RCD observado por Rogers et al. (1986). Estes autores sugeriram uma maior disponibilidade de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) do RCU em relação ao RCD, ou seja, um maior teor de PNDR para RCD.

Sabe-se que os produtos finais da fermentação são resultantes da interação de muitos fatores, a combinação de fontes de carboidratos e proteína de diferentes taxas de

degradação ruminal é uma alternativa para manipular a digestão e cinética ruminal e como consequência melhorar o suprimento de nutrientes e otimizar a produção animal.

A avaliação de um alimento para ruminantes deve incluir investigações sobre o padrão de fermentação ruminal, o que seria indicativo do potencial do alimento em promover melhores desempenhos. Desta forma, o pH ruminal está diretamente relacionado aos produtos finais da fermentação, bem como a taxa de crescimento dos microrganismos ruminais. Assim o pH ruminal é influenciado pelo tipo de alimento ingerido, e a sua estabilidade é atribuída, em parte, a saliva que possui alto poder tamponante, e a capacidade da mucosa ruminal em absorver os ácidos produzidos na fermentação ruminal (Silva & Leão, 1979; Van Soest, 1994).

Valores de pH ruminal de 6,9 mensurados zero hora antes da alimentação da manhã e de 6,7 obtidos próximos às nove horas após a alimentação da manhã para animais alimentados com RCD, foram verificados por Rogers et al. (1986). Esses autores sugeriram que esses valores de pH ruminal foram devidos a uma menor população microbiana no rúmen causada pela menor degradabilidade ou uma maior resistência a degradação da PB do RCD, o que disponibilizou pouco N-NH₃, e diminuiu a atividade microbiana e, conseqüentemente, contribui para manter o pH ruminal com valores elevados.

A substituição parcial do farelo de soja pelo RCU (10%) em rações para vacas lactantes conduzido por Chiou et al. (1998) demonstrou um pH acima de 6,6 antes da alimentação para todas as rações experimentais e rápida queda do pH para 6,3 duas horas após a alimentação para animais alimentados com RCU, enquanto a ração sem o RCU apresentou valor de pH de 6,2. Resultados similares foram observados por Davis et al. (1983) em vacas leiteiras alimentadas com RCU prensado nos teores de 20%; 30% e 40% de inclusão na ração, com valor de pH superior para as rações com RCU em

relação ao controle. Estes autores concluíram que o valor mais alto do pH ruminal observado para animais alimentados com RCU na ração pode ser devido a maior quantidade de fibra e menor conteúdo de carboidrato solúvel destas rações.

A presença de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal é fator preponderante no desenvolvimento da microflora do rúmen (Russell et al., 1992). O abastecimento de amônia ruminal é feito por intermédio do nitrogênio não protéico da dieta, da degradação da proteína verdadeira dietética e da reciclagem via saliva ou difusão pela parede ruminal, sendo que a concentração de amônia no rúmen é função do equilíbrio entre as taxas de produção e utilização (Van Soest, 1994).

A concentração do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do líquido ruminal demonstrada por West et al. (1994) não apresentou efeito do teor de inclusão do RCU na alimentação de vacas leiteiras com valor médio de 11,0 mg/100 mL de líquido ruminal. Da mesma forma, Chiou et al. (1998) não observaram efeito para a concentração do N-NH₃ do líquido ruminal em vacas leiteiras alimentadas com 0% e 10% de RCU na ração, com valores médios de 22,6 e 21,6 mg/100 mL de líquido ruminal, respectivamente.

1.6. Fatores envolvidos na digestibilidade dos nutrientes

As diminuições que ocorrem na digestibilidade são, geralmente, resultantes da competição entre digestão e passagem. Um aumento significativo no consumo pode levar a ampliação na taxa de passagem, reduzindo a digestibilidade (Van Soest, 1994), assim, respostas positivas no consumo estão relacionadas a quedas na digestibilidade da dieta (Detmann et al., 2001). Portanto, suplementos que agem sobre o consumo e a passagem da dieta podem influir na digestibilidade.

A fermentação ruminal e a utilização do nitrogênio em novilhos alimentados com 22% e 40% de inclusão do RCU e RCD foram avaliadas por Rogers et al. (1986). Esses

autores observaram um aumento de 9% no consumo de MS e de 17% na digestibilidade do nitrogênio das rações com RCU em relação a ração com RCD e concluíram que a melhor digestão e retenção do nitrogênio pareceu estar associada a maior disponibilidade do nitrogênio do RCU em relação ao RCD, uma vez que a digestibilidade do nitrogênio contido na FDN e FDA (NIDN e NIDA) foi maior para novilhos alimentados com RCU.

O uso de teores crescentes do RCD em rações para cordeiros em crescimento com teores crescentes de PB de 17% a 25% na MS verificado por Bovolenta et al. (1998) apresentou efeito linear crescente ($P < 0,07$) para o coeficiente de digestibilidade (CD) total da MS, MO, PB, EE e FDN com a inclusão do RCD. Esses autores concluíram que esse efeito linear crescente deve-se provavelmente a um menor consumo dos nutrientes com o aumento do teor de inclusão do RCD nas rações.

1.7. Ácidos graxos saturados e insaturados dos alimentos

Segundo Staples et al. (2001), as gorduras da dieta, normalmente, são ricas em ácidos graxos (AG) de 18 carbonos (esteárico [$C_{18:0}$], oléico [$C_{18:1}$], linoléico [$C_{18:2}$], e linolênico [$C_{18:3}$]). As gorduras de grãos e sementes oleaginosas são ricas em ácido linoléico e oléico. Segundo, Fernandes (2004) o RCF é uma alimento rico em ácido linoléico ($C_{18:2}$) com teor de 48,07% da gordura total e o com teor de ácido oléico ($C_{18:0}$) de 15,74 %.

O processo de conservação de alimentos (ensilagem) produz mudanças na concentração dos AG do material ensilado, provavelmente, resultante das oxidações e formação de polímeros, assim como, da atividade dos microrganismos presentes e das enzimas vegetais ativas durante o processo (Van Soest, 1994; Elgersma et al., 2003).

1.8. Síntese da gordura do leite em ruminantes

Parte dos AG secretados no leite de bovídeos é obtida como AG pré-formados do sangue (oriundos da dieta ou mobilizado das reservas corporais). Cerca de 40% do ácido palmítico e os AG com 18 ou mais átomos de carbono possuem esta origem. Outra parte dos AG presentes na gordura do leite de bovídeos, como os de cadeia curta ($C_4 - C_{10}$) e média ($C_{12} - C_{16}$) são sintetizados na própria glândula mamária a partir de acetato e β -hidroxibutirato (Dado et al., 1993; Chilliard et al., 2000).

Modificação extensiva das gorduras dietéticas ocorre no rúmen. As bactérias lipolíticas anaeróbicas secretam enzimas (lipases), as quais hidrolisam gorduras rapidamente para liberar AG do glicerol. Uma vez ocorrida a hidrólise, o glicerol é fermentado a AG voláteis e os AG insaturados podem ser metabolizados via biohidrogenação e isomerização pelas bactérias ruminais. A biohidrogenação é obtida pela adição de um íon hidrogênio em uma dupla ligação (Staples et al., 2001).

Vários fatores podem influenciar a biohidrogenação ruminal dos AG insaturados e, conseqüentemente, a quantidade desses disponíveis para a deposição no tecido adiposo ou secreção na gordura do leite. A queda do pH ruminal normalmente ocorrida com o aumento da quantidade de concentrado na dieta reduz a biohidrogenação e a lipólise no rúmen (Chouinard et al., 1999b).

1.9. Ácido linoléico conjugado (CLA)

Alguns produtos da isomerização dos AG poliinsaturados, chamados de ácido linoléico conjugado (CLA) têm sido foco de atenção especial nos últimos anos como agente anticarcinogênico, uma vez que eles têm demonstrado experimentalmente inibir o desenvolvimento de tumores em tecidos de ratos, tais como glândula mamária, e porção anterior do estômago (Staples, 2001).

O CLA refere-se a uma mistura de isômeros posicionais e geométricos do ácido linoléico com duplas ligações conjugadas, isto é, separados apenas por uma ligação simples carbono-carbono. Há cinquenta e seis possíveis isômeros geométricos e de posição do CLA (Yurawecz et al., 2001). Produtos lácteos são as fontes mais ricas em CLA, sendo que o isômero $C_{18:2c9t11}$, apresenta atividade anticarcinogênica e o isômero $C_{18:2t10c12}$, atua na regulação da síntese de gordura no organismo, ou seja, como um agente repartidor de nutrientes (Pariza et al., 2000; Ip, 2001).

O CLA pode ser formado no rúmen pela biohidrogenação incompleta de AG poliinsaturados da dieta, mas também, endogenamente, por meio da dessaturação do ácido vacênico ($C_{18:1t11}$) por uma enzima presente na glândula mamária e tecido adiposo (Bauman et al., 1999; Griinari et al., 2000; Corl et al., 2001) chamada esteroil-CoA dessaturase ou delta 9-dessaturase. Como o ácido vacênico é produzido principalmente por meio da biohidrogenação ruminal, este processo é o principal responsável pela existência de CLA e sua predominância em ruminantes, assim, os alimentos derivados dos ruminantes são as maiores fontes de CLA (Medeiros, 2002; Hayashi, 2003; Fernandes, 2004).

Segundo Bauman & Griinari (2003) alteração na fermentação ruminal, alteraria a proporção molar dos ácidos graxos voláteis no rúmen (acetato e butirato) precursores de AG via síntese *de novo*, provocando, assim, queda na produção de gordura do leite.

Estudo realizado por Griinari et al. (1998) sugeriram que a redução da gordura do leite estaria associada especificamente com o aumento do ácido vacênico ($C_{18:2t10}$), formado após a redução do $C_{18:2t10c12}$ no rúmen, e relacionado diretamente a dietas com baixa fibra. Do mesmo modo, Baumgard et al. (2001) infundiram CLA ($C_{18:2t10c12}$), em diferentes doses, no abomaso de vacas lactantes e constataram que todas as dosagens de CLA reduziram, significativamente, a produção e percentagem da gordura do leite. Os

autores observaram também que durante o período de infusão do CLA, a correlação entre a percentagem de gordura e a quantidade do isômero $C_{18:2t10c12}$, na gordura do leite foi negativa, indicando que este isômero está relacionado a redução na gordura do leite.

O mecanismo de ação do isômero $C_{18:2t10c12}$ não está bem definido, mas provavelmente este promove uma diminuição de enzimas-chave (RNA mensageiro) associadas a síntese de AG *de novo* na glândula mamária (Bauman, 2001).

As células da glândula mamaria não convertem os AG $\omega 6$ a $\omega 3$ por causa da ausência da enzima conversão $\omega 3$ dessaturase. O ácido linoléico e linolênico e seus derivados de cadeia longa são componentes importantes nas membranas das células de animais e plantas. Esses AG essenciais são metabolicamente e funcionalmente distintos, e normalmente apresentam importantes funções fisiológicas (Simopoulos, 2002).

1.10. Razão ácidos graxos $\omega 6/ \omega 3$ dos alimentos

A razão de AG essenciais $\omega 6/ \omega 3$ mais próximo de 1 dos alimentos em geral, está correlacionada com a prevenção de doenças cardiovasculares, inflamatórias, asma e câncer do colo-retal e dos seios (Simopoulos, 2002). A carne e o leite de bovinos normalmente apresentam baixos teores de ácido linolênico devido a alimentação desses animais muitas vezes conter grãos ricos em AG $\omega 6$ (ex. $C_{18:2}$) e pobres em AG $\omega 3$ (ex. $C_{18:3}$) (Crawford et al., 1969).

Existem poucos estudos referentes ao valor nutricional RCF, que é de baixo custo de produção e apresenta poucas informações sobre o seu uso na alimentação de ruminantes. Deste modo, torna-se pertinente o estudo do RCU e do RCF.

I.11. LITERATURA CITADA

- ARMENTANDO, L.E.; HERRINGTON, T.A.; POLAN, C.E. et al. Ruminant degradation of dried brewers grains, wet brewers grains, and soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2124-2133, 1986.
- ALDRICH, J.M.; MULLER, L.D.; VARGA, G.A. et al. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v76, n.4, p.1091-1111, 1993.
- ALDERMAN, G. A. Review of current protein requirement systems for ruminants. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES*, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, DZO-UFV, Viçosa, 1995. p.1-25.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, Ithaca, 1999. **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1999. p.1-15.
- BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid and milk fat synthesis in dairy cows. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLA, 1, Alesund, 2001. **Proceedings...** Alesund: Natural ASA, 2001, p.24.
- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual of Review Nutrition**, v.23, p.203-227, 2003.
- BAUMGARD, L.H.; SANGSTER, J.K.; BAUMAN, D.E. et al. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). **Journal of Nutrition**, v.131, n.6, p.1764-1769, 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.
- BOVOLENTA, S.; PIASENTIER, E.; PERESSON, C. et al. The utilization of diets containing increasing levels of dried brewers' grains by growing lambs. **Animal Science**, v.66, p.689-695, 1998.
- CABRAL FILHO, S.L.S. **Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas**. . Piracicaba, 1999. 68p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
- CARDOSO. R.M.; SILVA, J.F.C.; MOTTA, V.A. et al. Produção de leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo suplementada com polpa úmida de cevada. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v11, n.1, p.38-45, 1982.

- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; MANSBRIDGE, R.M. et al. Ruminant milk plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. **Annales Zootechnia**, v.49, p.182-205, 2000.
- 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.
- CHOUINARD, P.Y.; CORNEAU, L.; BARBANO, D.M. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.129, n.8, p.1579-1584, 1999a.
- CHOUINARD, P.Y.; BAUMAN, D.E.; CORL, B.A. et al. An update on conjugated linoleic acid. In; CORNELL NUTRITION CONFERENCE FEED MANUFACTURERS, Ithaca, 1999b. **Proceeding...** Ithaca: Cornell University, 1999b, p.93-101.
- CRAWFORD, M.A.; GALE, M.M.; WOODFORD, M.H. linoleic acid and linolenic acid elongation products in muscle tissue of syncerus caffer and other ruminant species. **Biochemistry Journal**, v.7, p.115-125, 1969.
- CHURCH, D. C. **Alimentos y alimentacion del ganado**. Tomo: Hemisferio Sur, 1984. 404p.
- 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, n.5, p.1092-1109, 1987.
- COPPOCK, C.E. Supplying the energy and fiber needs of dairy cows from alternate feed sources. **Journal of Dairy Science**, n.70, p.1110-1119, 1987.
- CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A. et al. The role of delta-9-desaturase in the production of cis-6, trans-11. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.12, p.622-630, 2001.
- COSTA, J.M.B.; MATTOS, W.R.S.; BIONDI, P. et al. Composição química bromatológica do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim da Industria Animal**, v.51, n1., p.21-26, 1994.
- DADO, R.G.; MERTENS, D.R.; SHOOK, G.E. Metabolizable energy and absorbed protein requirements for milk component production. **Journal of Dairy Science**, v.76,p.1575-1588, 1993.
- 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, n.1, p.73-79, 1983.
- DETMANN, E.; CECON, P.R.; PAULINO, M.F. et al. Estimación de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v.30, n.1, p.222-230. 2001.
- ELGERSMA, A.; ELLEN, G.; VAN DER HORST, H. et al. Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled ryegrass (*Lolium perene* L.), affected of cultivar and regrowth interval. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.191-205, 2003.

- EMMICK, D.L. Increase pasture use to decrease dairy feed cost. In: PASTURE/CRAZING FIELD DAY. **Proceedings...** 1991. Penn State University, University Park. p.10-014. 1991.
- FERNANDES, S.A.A. **Levantamento exploratório da produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite de búfalas em cinco fazendas do estado de São Paulo.** Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2004. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2004.
- GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; McGUIRE, M.A. et al. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.1251-1261, 1998.
- GRIINARI, J.M.; CORI, B.; LACY, S. et al. Conjugated linoléic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta-9 desaturase. **Journal of Nutrition**, v.130, p.2285-2291, 2000.
- HAYASHI, A.A. **Efeito da suplementação com ácido linoléico conjugado (CLA) na composição do leite, no perfil de ácidos graxos e na atividade de enzimas lipogênicas em ratas lactantes.** Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2003. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2003.
- IP, C. CLA and câncer prevention research. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLA, 1, Alesund, 2001, **Proceedings...** Alesund: Natural ASA, 2001, p.8.
- JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of brewers wet grains in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.98-107, 1987.
- LIMA, M.L. **Resíduo de cervejaria úmido: formas de conservação e efeitos sobre parâmetros ruminais.** Piracicaba, 1993. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
- LIMA, S.; LEBOUTE, E.M. Resíduo seco da industrialização de uva como alimento para caprinos e ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., Campo Grande, 1986. **Anais ...** Campo Grande, 1986. p.168.
- 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.
- LOOR, J.J.; HERBEIN, J.H. Exogenous conjugated linoleic acid isomers reduce bovine milk fat concentration and yield by inhibiting de novo fatty acid synthesis. **Journal of Nutrition**, v.128, p.2411-2419, 1998.
- McCLYMONT, G.L.; VALLANCE, S. Depression of blood glycerides and milk fat synthesis by glucose infusion. **Proceeding of Nutrition Society**, v.21, 1962.
- McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage.** 2.ed. Bucks: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MEDEIROS, S.R. **Ácido linoléico conjugado: teores nos alimentos e seu uso no aumento da produção de leite com maior teor de proteína e perfil de ácidos graxos modificado.** Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2002. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2002.

- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: National Conference on forage quality. Evaluation and utilization, 1994. University of Nebraska. **Proceedings...** Lincoln. 1994. p.450-493.
- MILLER, T.B.; EL HANG, G.A.; PRATT, G. Evaluation of whisky by product 3. Effects of calcium supplements on the digestibility and intake of ruminants diet containing malt distillers grains. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.21, p.19-26, 1970.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requerements of Dairy Cattle**. Washington, D. C. 1988. 157p.
- NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.7, n.10, p.2070-2107, 1988.
- ORSKOV, E.R. **Nutricion protéica de los ruminantes**. Zaragoza:Acibia, 1988. 178p.
- PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.E. Mechanisms of actino of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. In: SOCIETY EXPERIMENTAL OF BIOLOGY MEDICINE, **Proceedings**. 2000. v.223, p.8-13.
- PEIXOTO, R. R. **Nutrição e alimentação animal**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1988. 147p.
- PEREIRA, J.C.; GONXÁLEZ, 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, n.5, p.1125-1132, 1999.
- PHIPPS, R.H.; SUTTON, J.D.; JONES, B.A. Forage mixtures for day cows: the effect on dry-matter intake and milk production of incorporating either fermented or urea-treated whole-crop wheat, brewer's grain, fodder beet or maize silage into diets based on grass silage. **Animal Science**, v.61, p.491-496, 1995.
- POLAN, C.E.; HERRINGTON, W. 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. et al. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers' grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.745-753, 1986.
- RUIZ, R.L.; MUNARI, D.P. Microbiologia da silagem In: RUIZ, R.L. (ed.) **Microbiologia zootécnica**, São Paulo: Ed. Roca. 1992. p.97-122.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOS, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- 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 variors protein sources. **Journal of Animal Science**, v.51, n.1, p.244-255, 1984.
- SCHWAB, C. G. Amino acid nutrition of the dairy cow: current status. In: **Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures**, Cornell University, Ithaca, N.Y.. p.184-198, 1996.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba, SP, Livroceres. 1979, 380p.

- SIMOPOULOS, A.P. Polyunsaturated fatty acids in biology and diseases: The importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother**, v.56, p.365-379, 2002.
- 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.9, p.3562-3575, 1992.
- STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W.; MATTOS, R. Estratégia de suplementação de gordura em dietas de vacas em lactação. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras- UFLA, 2001. p.298-330.
- STERN, M. D.; CALSAMIGLIA, S.; ENDRES, M.I. Dynamics of ruminal nitrogen metabolism and their impact on intestinal protein supply. IN: PROCEEDINGS CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS., **Anais...** Cornell University, Ithaca, NY., 1994. p.105-116.
- STOKES, S.R.; HOOVER, W.H.; MILLER, T.K. et al. Impact of carbohydrate and protein levels on bacterial metabolism in continuous culture. **Journal of Dairy Science**. v.74, p.860-870, p. 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed., London: Constock Publishing Associates. 1994. 476p.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactin dairy cows during hot, umid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994.
- YURAWECZ, M.P.; KRAMER, J.K.G.; MOSSOBA, M.M. et al. Analytical methodology for CLA. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLA, 1., Alesund, 2001. **Proceedings...** Alesund: Natural ASA, 2001, p.14.

II. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a composição química, determinar as frações da proteína e dos carboidratos segundo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), determinar o perfil de ácidos graxos e de aminoácidos do resíduo de cervejaria úmido (RCU) e do resíduo de cervejaria fermentado (RCF).

Avaliar o efeito da inclusão dos teores de 0%; 8%; 16% e 24% do RCF nas rações de bovinos sobre os coeficientes de digestibilidade total e parcial dos nutrientes e variáveis ruminais (pH, nitrogênio amoniacal - $N-NH_3$ e eficiência de síntese microbiana).

Avaliar o efeito da inclusão dos teores de 0%; 5%; 10% e 15% do RCF na alimentação de vacas leiteiras sobre a produção, qualidade e perfil dos ácidos graxos do leite, viabilidade econômica e coeficiente de digestibilidade total dos nutrientes das rações.

**Caracterização, Fracionamento Protéico e dos Carboidratos,
Degradabilidade Ruminal da Matéria Seca e Proteína Bruta e Digestão Intestinal
in vitro da PNDR, do Resíduo de Cervejaria Úmido e do Resíduo de Cervejaria
Fermentado**

RESUMO – Foram avaliadas as características químicas, as frações da proteína e dos carboidratos segundo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), a degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), a digestibilidade ruminal *in vitro* (DigRIV) da MS e PB, a digestibilidade intestinal *in vitro* (DIIV) da proteína não degradada no rúmen (PNDR) e os perfis de aminoácidos e de ácidos graxos do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO). O RCF foi obtido pelo processo de fermentação microbiana do RCU em silo tipo trincheira. Para determinar a degradabilidade ruminal das MS e PB do RCU, RCF e FSO foram utilizados três novilhos da raça Holandesa portadores de cânula ruminal. A DIIV da PNDR foi obtida pelo método de três estágios. Os dados obtidos para degradabilidade da MS e PB foram submetidos à análise de variância, em delineamento casualizados, utilizando o modelo linear. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O processo de fermentação do RCU preservou as características químicas com valores próximos para os nutrientes entre RCU e o RCF. O fracionamento da PB do RCU apresentou menor valor para a fração A (nitrogênio não protéico) em % da PB (7,9%) em relação ao RCF (13,1%) e ao FSO (16,6%). Para a fração B₃ da PB de lenta degradação o RCU e o RCF apresentaram os maiores valores de 26,1% e 24,8% da PB em relação ao FSO de 4,4%. A degradabilidade efetiva da PB a 5%/h não diferiu ($P > 0,05$) entre o RCU (34,2%) e o RCF (37,6%), porém foi inferior ($P < 0,05$) para o FSO (60,7%). A DigRIV da PB do RCF foi de 8,7% e as DIIV da PNDR do RCU e do RCF apresentaram valores de 70,5% e 72,5%, respectivamente, inferiores ao do FSO de 91,7%. Entretanto, o RCU e o RCF apresentaram maior teor de PNDR digestível no intestino delgado, em relação ao FSO. Para as concentrações de ácidos graxos saturados e insaturados em % do total identificado do RCU de 23,5% e 76,5% e do RCF de 23,8% e 76,2% foram similares.

Palavras-chave: ácidos graxos, aminoácidos, degradabilidade efetiva, proteína não degradável no rúmen

Characterization, Protein and Carbohydrate Fractioning, Dry Matter and Crude Protein Rumen Degradability and Intestinal Digestion *in Vitro* of Wet Brewers Grain and Fermented Brewers Grain

ABSTRACT – The study evaluated the chemical characteristics, protein and carbohydrate fraction, dry matter (DM) and crude protein (CP) rumen degradability, DM and CP *in vitro* ruminal digestibility (RDigIV), the rumen-undegradable protein (RUDP) *in vitro* intestinal digestion (IDIV) and fatty acid profile of the wet brewers grain (WBG), fermented brewers grain (FBG) and soybean meal (SBM). FBG was obtained from WBG fermentation. The DM and CP ruminal degradability of WBG, WBG and SBM was determined in three Holstein steers with ruminal cannula. The IDIV of RUDP was obtained by the three stage method. The values obtained to DM and CP rumen degradability were submitted to variance analysis, in a randomized design, using linear model. The averages were compared by the Tukey test at a significance level of 5%. The WBG ensilage preserved chemical characteristics of raw material (WBG), with similar values between WBG and FBG. The CP effective digestibility (ED) in a rate of 5%/h did not differ ($P > 0.05$) between WBG and FBG with values of 34.2% and 37.6%, respectively, but both were lower ($P < 0.05$) than SBM (60.7%). The CP fraction of WBG presented lower value to fraction “A” (non protein nitrogen) in % CP of 7.89% in relation to FBG (13.1%) and SBM (16.6%). To the CP “B₃” fraction (slow degradation) the WBG and FBG presented higher value of 26.1 and 24.8% of CP in relation of SBM (4.4%). The crude protein RDigIV of FBG was 8.7% and IDIV of RUDP of WBG and FBG presented values of 70.5% and 72.5%, respectively, lower than the SBM (91.7%). However, WBG and FBG presented higher value of RUDP digestible in the small intestine in relation to SBM. The concentration of fatty acid saturated and unsaturated in % of the total identified from WBG of 23.5% and 76.5% and from FBG of 23.8% and 76.2% were similar.

Key words: aminoacid, effective degradability, fatty acid, rumen-undegradable protein

Introdução

O enfoque da nutrição e produção de ruminantes baseia-se na procura de novos alimentos. Existe uma grande diversidade de resíduos nos países tropicais, sendo que a utilização destes é crescente, uma vez que técnicos e produtores procuram a diminuição de custos com a alimentação. Diante disto, considera-se pertinente o uso de resíduos agro-industriais, como o resíduo de cervejaria úmido (RCU), disponível em grandes quantidades em determinadas regiões brasileiras, principalmente sul e sudeste.

O RCU apresenta baixos teores de matéria seca (MS) e esta é apontada como a maior limitação para o seu uso economicamente. Teores de 9,2% a 30,0% de MS foram observados na literatura (Clark et al., 1987; Lima, 1993; Costa et al., 1994; Cabral Filho, 1999).

A conservação do RCU nas propriedades rurais também é considerada uma limitação para o uso deste subproduto (Cabral Filho, 1999). Os fungos e as leveduras são os principais microrganismos responsáveis pela degradação do RCU em condições aeróbias (Allen et al., 1975). Uma das alternativas para a conservação do RCU seria a desidratação e a ensilagem conforme mencionado por Polan et al. (1985).

Existem algumas pesquisas realizadas com o resíduo de cervejaria desidratado - RCD (López & Pascual, 1981; Alawa et al., 1988; Abasiekong, 1991; Bovolenta et al., 1998), que o caracterizam como fonte protéica de baixa degradabilidade ruminal, e com potencial para uso na alimentação de vacas leiteiras, mas para se obter este produto é necessário o processo de secagem ou de desidratação, agregando custos para o produtor. Deste modo, uma alternativa economicamente mais viável seria a utilização do processo de fermentação anaeróbia para a conservação do RCU. Entretanto, poucas pesquisas foram realizadas com o resíduo de cervejaria fermentado - RCF (Allen et al., 1975; Johnson et al., 1987; Lima, 1993; Cabral Filho, 1999).

O RCU possui uma grande variação na sua composição química, e grande parte desta variação deve-se a estratégia de fabricação de cada indústria (Cabral Filho, 1999). Durante o processo industrial para a obtenção do mosto da cerveja, a fração sólida dos cereais é lavada com diferentes intensidades para a extração de componentes solúveis. Praticamente toda dextrina e maltose são extraídas pelas lavagens, e conseqüentemente, a PB e outros nutrientes aumentam sua concentração no RCU em relação aos grãos que os originaram (Clark et al., 1987).

Segundo Van Soest (1994) os constituintes químicos e as taxas de degradação dos diferentes resíduos diferem grandemente. Diante disso, torna-se de fundamental importância avaliar os resíduos com potencial para a alimentação dos animais, com o intuito de se obter dados em relação às frações de proteína bruta e carboidratos totais, que possam gerar tabelas para cálculos matemáticos para a formulação de rações.

A degradabilidade efetiva no rúmen depende das características inerentes ao alimento, nível de ingestão, dos tipos e formas de processamento a que os alimentos foram submetidos e de possíveis limitações nos processos de fermentação no rúmen (Silva et al., 2002). O aporte no intestino da proteína não degradável no rúmen (PNDR) pode ser aumentado pela inclusão de fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal, ou por tratamentos químicos e físicos dos suplementos protéicos. No entanto, a digestibilidade da proteína no intestino delgado, pode ser influenciada por tais tratamentos (Loyola, 1996).

O RCU caracteriza-se por ser um alimento com alto potencial na nutrição de ruminantes, entretanto necessita ser submetido a um processo de conservação. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi o de caracterizar química e biologicamente o resíduo de cervejaria fermentado (RCF), por meio do fracionamento de proteína e dos carboidratos segundo o CNCPS, da degradabilidade ruminal *in situ* da MS e PB, da

digestão ruminal *in vitro* da MS e PB, da digestão intestinal *in vitro* da PNDR, dos perfis de aminoácidos e de ácidos graxos. Ainda, o RCF foi comparado à matéria-prima, o RCU e a fonte protéica padrão, de origem vegetal, o farelo de soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Bovinocultura de Corte da Fazenda Experimental de Iguatemi, no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia e no Laboratório de Química do Departamento de Química, pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

O resíduo de cervejaria úmido (RCU) foi obtido de uma indústria de cerveja localizada no município de Ponta Grossa - PR. O RCU foi conservado pelo processo de fermentação anaeróbia em silo tipo trincheira com paredes de alvenaria com capacidade de 45 toneladas, na fazenda Morro dos Ventos no município de Carambeí - PR. Após 30 dias de ensilagem o RCU estava apto para ser fornecido aos animais. Aproximadamente 5.000 kg do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) foram transferidos para a Fazenda Experimental de Iguatemi, Maringá – PR, após 90 dias de conservação para a condução de ensaio de digestibilidade parcial e total em novilhos. A reensilagem do RCF foi realizada em silo de superfície.

A determinação das frações protéicas do RCU, do RCF e do farelo de soja (FSO) foi realizada segundo o CNCPS, com a obtenção das seguintes frações: A (considerada de rápida disponibilidade e constituída basicamente de nitrogênio não protéico), B₁ (constituída de proteínas solúveis e rapidamente degradáveis no rúmen, composta de peptídeos, oligopeptídeos e globulinas), B₂ (proteínas citoplasmáticas albuminas e glutelinas, de degradação ruminal intermediária), B₃ (composta de proteínas insolúveis associadas à parede celular, prolaminas e proteínas desnaturadas em detergente neutro, de degradação lenta no rúmen) e C (proteína lignificada, indisponível no rúmen e no

intestino). A fração A foi determinada de acordo com Krishnamoorthy et al. (1983). Os valores das frações B₁, B₂ e B₃ foram determinados de acordo com Sniffen et al. (1992). A fração C foi determinada pelo NIDA de acordo com Van Soest et al. (1991).

As frações dos carboidratos foram obtidas a partir das análises químicas dos alimentos, foram utilizadas as seguintes equações: carboidratos totais (CHT) = matéria orgânica (MO) – [extrato etéreo (EE) + proteína bruta (PB)].

A fração B₂ (constituída de carboidratos da parede celular de lenta degradação ruminal) foi obtida pela equação $B_2 = 100 \times ((\text{FDN (\%MS)} - \text{PIDN (\%PB)} \times 0,01 \times \text{PB (\%MS)}) - \text{FDN (\%MS)} \times 0,01 \times \text{Lignina (\%FDN)} \times 2,4) / \text{CHT (\%MS)}$, onde FDN = fibra em detergente neutro e PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro.

A fração C (fibra indigestível) foi determinada pela fórmula descrita por Sniffen et al. (1992): $C = (100 \times \text{FDN (\%MS)} \times 0,01 \times \text{Lignina (\%FDN)} \times 2,4 / \text{CHT (\%MS)})$, onde CHT = carboidratos totais.

A fração A (açúcares simples) + B₁ (amido e pectina) foi determinada pela diferença entre $100 - (C + B_2)$.

O pH e a temperatura no silo do RCF foram medidos com o uso de um peagmetro e termômetro portátil. Foram realizadas amostragens do RCU (antes do processo de ensilagem) e do RCF após o processo de reensilagem nos seguintes dias 120, 150 e 180 após o início do processo ensilagem. A determinação da concentração do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do RCF foi realizada com a extração da parte líquida obtida por prensagem da amostra. A parte líquida do RCF foi centrifugada a 3000 rpm por 15 minutos, para a separação do sobrenadante. Foi retirado uma alíquota de aproximadamente 2 mL do sobrenadante e determinado o teor nitrogênio de acordo com Silva & Queiroz (2002).

Foram utilizados três novilhos da raça Holandesa, castrados, portadores de cânula ruminal, com peso corporal médio de 480 ± 100 kg para avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* da MS e PB do RCU, do RCF e do FSO.

A composição percentual em % da MS da ração fornecida para os novilhos canulados no rúmen foi de 54% de silagem de milho; 16% de RCF, 22% de milho; 4% de farinha de varredura de mandioca; 3% de farelo de soja e 1% sal mineral. O consumo médio de MS dessa ração pelos animais foi de 4,3 kg de silagem de milho, 1,3 kg do RCF e 2,4 kg de concentrado. Os animais foram adaptados à alimentação durante 14 dias, e alimentados duas vezes ao dia.

As degradabilidades ruminal da MS e PB do RCU, RCF e FSO foram estimadas pela técnica *in situ* do saco de náilon. Essas amostras foram incubadas em cada um dos animais, em delineamento inteiramente casualizados. Os sacos de monofilamento de poliéster, lacrados pelo calor, fabricados em náilon (ANKON-BAR Diamond, INC., Parma Idaho - USA) foram utilizados para incubação ruminal. As dimensões dos sacos de náilon foram de 10 cm x 17 cm, com diâmetro de poros de 53 micra. Aproximadamente 6 g das amostras (base da MS) foram colocadas em cada saco de náilon, posteriormente fechados com argola e elástico. Nos dias de incubação, os sacos foram presos, em triplicata, a uma barra cilíndrica de ferro inoxidável, com peso de 500 g; suspensa por um fio de náilon de 60 cm de comprimento, à cânula ruminal.

Os tempos de incubação ruminal foram de 6, 9, 12, 18, 24, 48 e 72 horas (h) e a introdução dos sacos de náilon no rúmen foi realizada em duas etapas para permitir que todos os sacos estivessem nas mesmas condições de fermentação. Para todos os tempos utilizados o início da incubação ocorreu às 8 h da manhã após o fornecimento da ração. Na primeira etapa foram incubados os períodos de 24, 48 e 72 h, e retirados do rúmen ao mesmo tempo. Na segunda etapa foram incubados os períodos de 6, 9, 12 e 18 h,

sendo retirados do rúmen decorrido seus tempos de incubação. Após a remoção, os sacos foram lavados em água corrente em máquina de lavar, em cinco ciclos de 10 minutos.

O tempo zero hora das amostras de RCU, RCF e FSO contidas nos sacos de náilon foram colocadas em banho-maria a 39° C por 60 minutos e depois realizou-se o mesmo procedimento dos demais horários. Após serem lavados, os sacos de náilon foram submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada, a 55°C, por 72 h para a determinação do desaparecimento da MS e PB.

A degradabilidade ruminal da MS e PB dos alimentos foi calculada pela equação descrita por Mehrez & Orskov (1977): $p = a + b(1 - e^{-ct})$ onde p = taxa de degradação potencial no tempo t ; a = intercepto representado pela porção prontamente solúvel no rúmen; b = fração insolúvel, mas potencialmente degradável; c = taxa constante de degradabilidade da fração b ; t = tempo de incubação; $a + b \leq 100$.

Os parâmetros não-lineares a , b e c foram estimados pelos procedimentos iterativos de quadrados mínimos. A degradabilidade efetiva (DE) da MS e PB no rúmen foi calculada pela equação descrita por Orskov & McDonald (1979): $DE = a + ((b \times c)/(c + k))$, onde k é a taxa estimada da passagem dos sólidos no rúmen, e os demais parâmetros foram descritos na equação anterior.

A digestibilidade ruminal *in vitro* (DigRIV) da MS e da PB do RCU, RCF e FSO foi determinada segundo o método de Baumgardt et al. (1962) descrito por Silva & Queiroz (2002).

A metodologia utilizada para a determinação da digestibilidade intestinal *in vitro* (DIIV) da proteína não degradável no rúmen (PNDR) do RCU, RCF e FSO foi descrita por Calsamiglia & Stern (1995) em três estágios, onde no primeiro estágio foi realizada a incubação ruminal durante 16 h de cerca de 6 g de amostra do alimento, moído a 2

mm, por meio de sacos de náilon, para determinação da PNDR. Para esse procedimento foi utilizado um novilho da raça Holandesa canulado no rúmen, o qual recebeu uma dieta com aproximadamente 70% de volumoso e 30% de concentrado. No segundo estágio as amostras restantes nos sacos após incubação ruminal do RCU, RCF e FSO foram incubadas com pepsina e, em seguida, com pancreátina e no terceiro estágio analisou-se o teor de nitrogênio pelo método Kjeldahl dessas amostras para determinar a *DIIV* da PNDR.

Para avaliar a *DIIV* da PB, do RCU, RCF e FSO sem passar pela incubação ruminal (primeiro estágio), foram realizados apenas o segundo e terceiro estágio, ou seja, a digestões com pepsina e pancreátina e determinação do teor de nitrogênio.

A determinação do teor de MS dos alimentos estudados foi realizada em estufa a 100 - 105⁰C, o teor de nitrogenio pelo método semi-micro-Kjeldahl, usando 6,25 como fator de conversão para PB, a matéria mineral (MM) foi realizada pelo método por incineração em mufla a 550 a 600⁰C e o teor de EE foi determinado pela extração por lavagem com éter de petróleo, pelo extrator de Soxhlet segundo, citações de Silva & Queiroz (2002).

A determinação da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA), do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) dos alimentos estudados foi realizada de acordo com Van Soest et al. (1991).

Os carboidratos não estruturais (CNE) do RCU, RCF e FSO foram estimados pela fórmula descrita por Sniffen et al. (1992): $CNE = MO - (PB + EE + FDN_{PB})$ em que FDN_{PB} constitui a parede vegetal isenta de proteína bruta.

O perfil dos ácidos graxos do RCU, RCF e FSO foi determinado em cromatografo a gás com a extração dos lipídios totais realizada pelo método Bligh &

Dyer (1959) e a saponificação, esterificação e metilação dos lipídios determinados de acordo com os procedimentos descritos por Hartmam & Lago (1973).

Para a degradabilidade ruminal da MS e PB, os dados obtidos do RCU, RCF e FSO foram submetidos à análise de variância, em delineamento inteiramente casualizados, em três animais, utilizando o modelo linear do SAEG (UFV, 1997). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

A composição química do RCU, RCF e FSO esta demonstrada na Tabela 1. Os teores de MS e dos nutrientes obtidos para o RCU ficaram próximos a variação observada na literatura de 9,20% a 45,10% de MS; 24,86% a 34,80% de PB; 6,75% a 10,10% de EE; 26,33% a 59,95% de FDN e 22,70% a 23,92% de FDA expressos em porcentagem da MS (Clark et al., 1987; Johnson et al., 1987; Lima, 1993; West et al., 1994; Costa et al., 1994; Phipps et al., 1995; Cabra Filho, 1999).

A concentração de cálcio (0,49% na MS) e fósforo (0,77% na MS) do RCU ficou acima dos valores observados na literatura de 0,23 a 0,35% de Ca na MS e de 0,59 a 0,69% de P na MS (Murdock et al., 1981; Costa et al, 1994, Cabral Filho, 1999; NRC, 2001).

De modo geral, observou-se que a composição química do RCF foi próxima a do RCU, este comportamento pode ter sido influenciado pelo processo de conservação (fermentação anaeróbia) o qual auxiliou na manutenção das características e composição química deste subproduto. Entretanto, pequena variação ocorreu no teor de MS do RCU (23,45%) o qual foi 15% menor em relação ao RCF (27,50%), provavelmente devido às perdas de efluentes do silo. A redução de 6% observada para o teor de PB do RCF (29,92%) em relação ao RCU (31,69%) pode ter sido consequência da deaminação e volatilização da proteína ocorrida no silo durante o processo de conservação do RCU (Johnson et al., 1987).

As diferenças percentuais observadas entre a composição química do RCU e RCF foram provavelmente devido ao processo de fermentação o qual transformou moléculas compostas em substâncias mais simples o que pode levar a perda destas durante o período de estocagem.

Tabela 1. Composição química do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO)

Table 1 Chemical composition of the wet brewers grain (WBG), fermented brewers grain (FBG) and soybean meal (SBM)

Item <i>Item</i>	Alimentos <i>Feeds</i>		
	RCU <i>WBG</i>	RCF <i>FBG</i>	FSO <i>SBM</i>
MS (<i>DM</i>)	23,45	27,50	88,09
MO (%MS) <i>OM (% DM)</i>	97,37	96,16	93,46
PB (%MS) <i>CP (% DM)</i>	31,69	29,92	50,21
EE (%MS) <i>EE (% DM)</i>	5,46	5,39	2,34
CHT (%MS) <i>TCH (% DM)</i>	60,22	60,85	40,92
CNE (%MS) <i>SNC (% DM)</i>	7,90	7,52	30,84
FDN (%MS) <i>NDF (% DM)</i>	59,65	58,52	13,92
FDA (%MS) <i>ADF (% DM)</i>	24,82	23,66	5,41
Lignina (%MS) <i>lignin (% DM)</i>	7,98	7,68	3,05
NIDN (% N total) <i>NDIN</i>	42,44	39,81	6,65
NIDA (%N total) <i>ADIN</i>	14,40	13,55	2,25
Ca (%MS) (<i>%DM</i>)	0,49	0,53	0,46
P (%MS) (<i>%DM</i>)	0,77	0,85	0,76

MS: matéria seca, MO: matéria orgânica, PB: proteína bruta, EE: extrato etéreo, CHT: carboidratos totais, CNE: carboidrato não estrutural, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, lignina, NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro, NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido, Ca: cálcio e P: fósforo, N: nitrogênio.

DM: dry matter, CP: crude protein, OM: organic matter, EE: ether extract, TCH: total carbohydrate, NSC: non structural carbohydrate, NFD: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, ADIN: acid detergent insoluble nitrogen, NDIN: neutral detergent insoluble nitrogen, Ca: calcium and P: phosphorus, N: nitrogen.

O RCU e o RCF apresentaram teores médios de MS (71%), PB (39%) e CNE (75%) inferiores ao FSO (fonte protéica usada como padrão) expressos em % da MS. Entretanto, o FSO apresentou teores de MO (3%), EE (57%), CHT (32%), FDN (76%), FDA (78%) e lignina (61%) inferiores a média observada para o RCU e RCF. O RCU e o RCF com teores de PB em torno de 30% na MS podem ser caracterizados como alimentos protéicos e com alto teor de fibra.

O RCF apresentou pequena variação nos valores de temperatura (38,6°C a 39,8°C) e de pH (4,1 a 4,2) do silo para o período de estocagem de 120, 150 e 180 dias

(Tabela 2). Johnson et al. (1987) verificaram períodos de estocagem e utilização do RCU em dietas para vacas leiteiras e obtiveram valor de pH de 4,5 para o RCU, próximo ao observado no presente estudo. Entretanto, Lima (1993) estudou diferentes formas de conservação do RCU, e observou valores inferiores para temperatura e pH de 26,0°C e 3,7, respectivamente..

Tabela 2. Temperatura, pH e concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) com 120; 150 e 180 dias de estocagem

Table 2. Temperature, pH and concentration of amoniacal nitrogen (N-NH₃) of the fermented brewers grain (FBG) after 120, 150 and 180 days of ensilage

Variáveis Variables	Dias de estocagem days of ensilages		
	120	150	180
Temperatura (°C) Temperature	38,6	39,8	39,8
pH pH	4,1	4,1	4,2
Nitrogênio (N) total (%MS) total nitrogen (%DM)	4,7	4,6	4,6
N-NH ₃ (% do N total) (% total N)	11,6	12,1	13,0

Valores superiores para a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foram observados por Lima (1993) em condições aeróbias de conservação do RCU com valor médio de 17,0 % do N total.

Desta forma, o processo de conservação (fermentação anaeróbia) do RCU mesmo após a reensilagem no presente trabalho, conservou as características nutricionais deste alimento com baixo teor de N-NH₃ e valor de pH próximo de 4,0 o qual é recomendado para evitar o desenvolvimento de organismos indesejáveis (Allen et al., 1975).

As frações nitrogenadas e as dos carboidratos do RCU, RCF e FSO estão demonstrados na Tabela 3. Os valores observados para a fração A (nitrogênio não protéico) da PB do RCU em percentagem da MS e PB foram inferiores aos do RCF. Entretanto, a fração B₁ da PB (fração solúvel de rápida degradação ruminal) expressa em % da MS foi 28% menor para o RCF em relação ao RCU. Esta diferença observada entre a fração B₁ da PB do RCU e do RCF pode ser devido a transformação dos

peptídeos e oligopeptídeos em compostos mais simples (amônia) promovido pelas bactérias anaeróbias durante o processo de ensilagem.

Tabela 3. Frações nitrogenadas e dos carboidratos do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e farelo de soja (FSO) expressos em %MS e %PB

Table 3. Nitrogen and carbohydrate fraction of wet brewers grain (WBG), fermented brewers grain (FBG) and soybean meal (SBM) express in %DM and %CP

Variáveis variables	Alimentos Feeds		
	RCU WBG	RCF FBG	FSO SBM
Frações nitrogenada %MS Nitrogen fractions %DM			
A	2,5	3,9	8,3
B ₁	5,3	3,8	9,4
B ₂	11,2	10,7	29,2
B ₃	8,3	7,4	2,2
C	4,6	4,1	1,1
Frações nitrogenada %PB Nitrogen fractions %CP			
A	7,9	13,1	16,6
B ₁	16,2	12,7	18,7
B ₂	35,4	35,8	58,1
B ₃	26,1	24,8	4,4
C	14,4	13,5	2,3
Frações dos carboidratos % MS carbohydrat fractions % DM			
A+B ₁ *	10,1	10,7	28,9
B ₂ *	28,2	29,2	2,5
C*	21,9	21,0	9,4
Frações dos carboidratos % CHT carbohydrat fractions % TCH			
A+B ₁ *	22,2	22,7	74,2
B ₂ *	43,8	45,0	5,5
C*	34,0	32,3	20,3

A: fração de rápida disponibilidade (nitrogênio não protéico); B₁: fração rapidamente degradável no rúmen (peptídeos e oligopeptídeos); B₂: degradação intermediária (proteínas citoplasmáticas); B₃: degradação lenta (proteína associada a parede celular); C: fração insolúvel, (proteína lignificada, indisponível no rúmen e no intestino). Fração A*: fração solúvel (açúcares simples); B₁*: composta de amido e pectina; B₂*: carboidratos da parede celular; C*: fibra indigestível.

A: Fast availably fraction (non-protein nitrogen); B₁: Rumen quickly degradable fraction (peptides and oligopeptides); B₂: intermediary degradation (cytoplasmatics proteins); B₃: slow degradation (associated protein the cellular structure); C: insoluble fraction (lignified protein, not available in the rúmen and in the intestine). Fraction A*: soluble fraction (simples sugar); B₁*: fraction contend amid and pectin; B₂*: carbohydrate of structural cellular; C*: undigestible fiber.

A fração B₂ da PB (constituída de proteína citoplasmática com taxa de degradação intermediária) foi similar entre o RCU e o RCF expressos em % da MS e PB, entretanto, foram inferiores ao FSO. A fração B₃ da PB, insolúvel e com taxa de degradação lenta, da qual parte escapa da fermentação ruminal foi 5% e 83% menor para o RCF e FSO, respectivamente, em relação ao RCU expresso em % da PB. A variação na fração B₃ da PB obtida entre o RCU e o RCF esta relacionada ,

provavelmente, com o processo de fermentação o qual pode alterar a característica das frações nitrogenadas dos alimentos. A fração C da proteína (considerada indigestível) foi maior para o RCU em relação ao RCF expressos tanto em % de MS e PB.

Considerando que as frações A+B₁ indica maior fornecimento de NNP e peptídeos degradáveis no rúmen, o FSO propiciou maiores teores dessas frações (35,2% da PB) em relação ao RCU (24,1% da PB) e RCF (25,8% da PB). Por outro lado, a substituição ao farelo de soja, pelos RCU e RCF reduziria a degradação ruminal da proteína nas rações permitindo uma maior passagem de proteína dietética para o intestino, disponíveis para o metabolismo animal, uma vez que a fração B₃ foi maior para o RCU (26,1%) e RCF (24,8%) em relação ao FSO (4,4 % da PB).

Com relação ao fracionamento dos CHT, verificou-se que o RCU e o RCF apresentaram valores semelhantes para a fração A+B₁ (açúcares simples + amido e pectina) com valores médios de 10,4% na MS, e 22,4% no CHT.

O RCU e o RCF apresentaram teores de hemicelulose e celulose superiores ao FSO, como verificado na fração B₂, com valor médio de 28,7% para o RCU e RCF e de 2,5% para o FSO, expresso na MS. O RCU e o RCF apresentaram valor médio de 44,4% dos CHT na forma de parede celular e o FSO apenas 5,5%, expressos em % dos CHT. Esses resultados são também confirmados pelos maiores valores de FDN (% na MS) do RCU (59,7%) e do RCF (58,5%) em relação ao FSO (13,9%).

A fração C dos carboidratos (fibra indigestível) expressos em % CHT do RCU (34,0%) e do RCF (32,3%) foi similar entre si e 39% superior em relação ao FSO (20,3%). Estes valores da fração C dos carboidratos do RCU e do RCF podem ter sido influenciados pelo processo de maltagem dos grãos de cevada, o qual elevou a concentração de carboidratos estruturais e complexados desses alimentos.

Os parâmetros *a* (fração solúvel), *b* (fração insolúvel potencialmente degradável), *c* (taxa de degradação da fração *b*), degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) da MS e PB para as taxas de passagem de 2%; 5% e 8%/h do RCU, RCF e FSO estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4. Fração solúvel (*a*), insolúvel potencialmente degradável (*b*), taxa de degradação (*c*) da fração *b*, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO) para as taxas de passagem de 2%/h, 5%/h e 8%/h

Table 4. Soluble (*a*) and potentially degradable insoluble fractions (*b*), degradation rate (*c*) of fraction *b*, potential degradability (PD) and effective degradability (ED) of dry matter and crude protein of the wet brewers grain (WBG), fermented brewers grain (FBG) and soybean meal (SBM) at passage rates of 2%/h, 5%/h and 8%/h

Variáveis <i>Variables</i>	Alimentos <i>Feeds</i>			
	RCU <i>WBG</i>	RCF <i>FBG</i>	FSO <i>SBM</i>	CV % <i>CV %</i>
Matéria seca (MS) <i>Dry matter (DM)</i>				
<i>a</i>	3,8 ^c	11,1 ^b	18,6 ^a	4,4
<i>b</i>	62,0 ^b	54,9 ^c	74,6 ^a	2,1
<i>c</i> %/h	5,0 ^b	6,0 ^b	8,00 ^a	8,0
DP %	65,4 ^b	66,0 ^b	93,2 ^a	2,3
DE (ED) 2%/h	47,7 ^c	51,6 ^b	78,7 ^a	1,8
DE (ED) 5%/h	34,4 ^c	40,2 ^b	65,2 ^a	2,6
DE (ED) 8%/h	27,3 ^c	33,8 ^b	56,6 ^a	3,2
Proteína bruta (PB) <i>Crud protein (CP)</i>				
<i>a</i>	4,8 ^c	9,4 ^b	11,8 ^a	6,8
<i>b</i>	61,1 ^b	57,9 ^b	85,8 ^a	3,2
<i>c</i> %/h	5,0 ^b	5,0 ^b	7,0 ^a	7,2
DP %	65,9 ^b	67,3 ^b	97,6 ^a	2,9
DE (ED) 2%/h	47,5 ^b	49,9 ^b	77,7 ^a	2,3
DE (ED) 5%/h	34,2 ^b	37,6 ^b	60,7 ^a	2,8
DE (ED) 8%/h	27,3 ^b	31,0 ^b	50,7 ^a	3,2

Médias na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. CV: coeficiente de variação. *Averages in the same raw, followed by different letters are different ($P < 0.05$) by Tukey test. CV: coefficient variation.*

Os valores obtidos para a fração *a*, *b* e *c*, DP e DE da MS e PB foram menores ($P < 0,05$) para o RCU e o RCF em relação ao FSO. Esses resultados caracterizam o RCU e o RCF como fontes de proteína de baixa e mais lenta degradação no rúmen em relação ao FSO. Da mesma maneira, Armentano et al. (1986) observaram menores valores para a fração *b* e taxa de degradação *c* da fração *b* da MS e PB do RCU e RCD em relação ao FSO. Os valores obtidos por esses autores, para o RCU, RCD e FSO foram,

respectivamente, para fração *b* da MS e PB de 41,0% e 39,0%; 42,0% e 51,0% e 55,0% e 74,0% e para a taxa de degradação *c* da fração *b* da MS e PB de 5,0% e 7,0%/h; 4,0% e 7,0%/h; e 12,0% e 18,0%/h.

Do mesmo modo, Valadares Filho et al. (1990) obtiveram menores valores da fração *b*, taxa de degradação *c* da fração *b*, DP e DE da PB do RCD em relação ao FSO. Os valores observados por esses autores para o RCD e FSO foram, respectivamente, para a fração *b* da PB de 75,2% e 90,9%; para a taxa de degradação *c* da fração *b* de 2,0% e 7,0%/h; para a DP de 75,0% e 99,0%; e para a DE de 47,9% e 66,6%.

Os menores valores ($P < 0,05$) obtidos para a DE da PB do RCU e RCF em relação ao FSO, provavelmente, deve-se a extração dos componentes solúveis durante o processo de maltagem do grão de cevada. As globulinas, proteínas solúveis dos grãos de cevada, milho e arroz, são extraídas pelas lavagens para a obtenção do mosto e esses grãos não contêm ou apresentam uma baixa concentração de albumina (Clark et al., 1987), uma fração da proteína insolúvel de rápida degradação (Sniffen, 1991). Assim, predominam no subproduto proteínas insolúveis de baixa degradabilidade como as prolinas e glutelinas (Clark et al., 1987).

A diferença ($P < 0,05$) obtida entre o RCU e o RCF para a fração *a* da PB pode ter sido influenciada pela fermentação anaeróbia no silo, a qual transforma as proteínas em compostos mais simples.

Em relação ao RCU e RCF, observou-se que o processo de fermentação anaeróbio também propiciou aumento na DE da MS e redução ($P < 0,05$) da fração *b* da MS. Entretanto, não houve diferença ($P > 0,05$) para a DP e DE da PB entre o RCU e RCF.

A variação na composição química e a qualidade da matéria-prima utilizada na indústria de cerveja podem influenciar as características de degradabilidade do RCU (Armentano et al., 1986; Cabral Filho, 1999).

O valor obtido para a DE da PB do RCF no presente trabalho ficaram dentro da faixa de variação observada na literatura para RCU seco em diferentes temperaturas, de 26,0% a 47,9% (Cabral Filho, 1999; Pereira et al.; 1998; Pereira et al., 1999).

Estudo da cinética de degradação ruminal do RCU submetido a diferentes temperaturas de secagem (50; 100; 134 e 174°C) realizado por Pereira et al. (1999), demonstrou um efeito decrescente na DE da PB do RCU com o aumento da temperatura de secagem. Os autores concluíram que a temperatura de secagem do RCU exerceu efeito considerável sobre a degradabilidade ruminal, no sentido de reduzi-la, o que alterou os valores das frações constituintes da parede celular e da proteína associada, no sentido de aumentá-las. Desta maneira, poderia supor que parte da variação na fração solúvel e insolúvel mais potencialmente degradável da PB do RCU e do RCF poderia ser também creditado ao processo de pré-secagem a 55°C na estufa de ventilação forçada, pelo qual passaram esses alimentos antes da incubação ruminal, o que influenciou o conteúdo de nitrogênio associados à FDN e FDA (Pereira et al., 1999). Segundo Pichard & Van Soest, (1997) o nitrogênio associado à FDN e a FDA esta relacionado com o valor de proteína não degradável no rúmen.

Desta forma, os dados obtidos no presente trabalho para a DE da PB do RCU e do RCF sugerem que estes alimentos são fontes protéicas de origem vegetal protegidas da degradação ruminal não necessitando de nenhum processo adicional para a redução de sua degradabilidade.

Os valores de digestibilidade ruminal *in vitro* (DigR_{IV}) da MS e PB, de proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não-degradável no rúmen (PNDR) para 16 horas de incubação ruminal e digestibilidade intestinal *in vitro* (DI_{IV}) da PNDR e PNDR digestível no intestino (PNDR_D) do RCU, RCF e FSO, estão demonstrados na Tabela 5.

O RCU e RCF apresentaram valores próximos para a DigRIV da MS (42,1 e 43,5%) e 38% menores em relação ao FSO (69,5%). A menor DigRIV da MS do RCU de 39% e do RCF de 37% em relação ao FSO deve-se, provavelmente, ao menor teor de CNE que estes alimentos apresentaram (7,90% e 7,52% na MS, respectivamente), em relação ao FSO (30,84%) e aos maiores teores de FDN (59,65 e 58,52% na MS, respectivamente) e da FDA (24,82% e 23,66% na MS, respectivamente) em relação ao FSO (13,92% e 5,41%, respectivamente).

Tabela 5. Digestibilidade ruminal *in vitro* (DigRIV) da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) e teores de PB, proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína não-degradada no rúmen (PNDR) para 16 horas de incubação ruminal, digestibilidade intestinal *in vitro* (DIIV) da PNDR e PNDR digestível no intestino delgado (PNDR_D) do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO)

Table 5. Ruminal digestibility *in vitro* (RDigIV) of dry matter (DM) and crude protein (CP) and levels of CP, rumen-degradable protein (RDP) and rumen-undegradable protein (RUDP) for 16 hours of ruminal incubation, intestinal degradability *in vitro* (IDIV) of RUDP and RUDP degradable in the small intestine (RUDP_{si}) of wet brewers grain (WBG), fermented brewers grain (FBG) and soybean meal (SBM)

Variáveis Variables	Alimentos Feeds		
	RCU WBG	RCF FBG	FSO SBM
Digestibilidade ruminal <i>in vitro</i> Ruminal digestibility <i>in vitro</i>			
DigRIV da MS RDigIV of DM	42,1	43,5	69,5
DigRIV da PB RDigIV of CP	7,8	8,7	13,3
Digestibilidade intestinal <i>in vitro</i> Intestinal digestibility <i>in vitro</i>			
Alimentos incubados 16 h no rúmen Feeds incubated 16 h in rumen			
PB (%MS) CP (%DM)	31,7	29,9	50,2
PDR (%PB) RDP (%CP)	43,6	45,7	79,7
PNDR (%PB) RUDP (%CP)	56,4	54,3	20,4
DIIV da PNDR (%) DIIV of RUDP (%)	70,5	72,5	91,7
PNDR _D (%) RUDP _D (%)	39,8	39,4	18,7
Alimentos sem passar pela incubação ruminal Feed without the ruminal incubation			
DIIV da PB (%)	75,8	76,9	96,1

A DigRIV da PB do RCU e do RCF foi 44% e 37%, respectivamente, menor em relação ao FSO. Esta diferença provavelmente deve-se a característica protéica do RCU e RCF com maior teor de PNDR em relação ao FSO, o qual poderia estar ajudando a minimizar as perdas de nitrogênio durante o processo de digestão *in vitro* da PB.

A variação no valor de PDR, após 16 horas de incubação ruminal, do RCF e RCU (45,7% e 43,6% da PB) pode ser devido ao processo de fermentação anaeróbia, o qual modifica a característica dos compostos nitrogenados do material fermentado. O FSO apresentou teor de PDR 78% maior em relação ao RCU e RCF.

O valor médio da *DIIV* da PNDR do RCU e do RCF foi 22% inferior ao do FSO. Entretanto, o FSO apresentou teor de PNDR_D de 18,7%, o qual foi 53% menor em relação ao valor médio do RCU e RCF de 39,6%. Pereira et al. (1998) obtiveram para a *DIIV* da PNDR do RCU, para as diferentes temperaturas de secagem, após 48 h de incubação ruminal valores variando de 49,9% a 80,3 %. A elevada *DIIV* da PNDR associada aos altos teores de PNDR do RCU e RCF sugere que estes alimentos são fontes de proteína de passagem, podendo propiciar uma mudança no perfil de aminoácidos absorvidos no intestino delgado.

Ainda, se a PB do RCU ou do RCF for protegida da degradação ruminal, esta proteína disponível no intestino apresenta alta digestibilidade como se observou nos resultados obtidos para a *DIIV* da PB para o RCU (75,8%) e o RCF (76,9%) sem passar pela incubação ruminal de 16 horas. Para o FSO verificou-se, se a PB for protegida da degradação ruminal esta é praticamente totalmente digestível no intestino como demonstrado nos resultados da *DIIV* da PB de 96,1% a qual foi 26% maior em relação a média da *DIIV* da PB do RCU e RCF.

O perfil de aminoácidos essencial do RCF está demonstrado na Tabela 6, juntamente com os valores de aminoácidos essenciais (AAe) do tecido muscular, do leite, das bactérias ruminais e do FSO segundo o NRC (2001), com a finalidade de comparação. Os valores observados para o teor de lisina (12,1% do total de AAe) e metionina (4,2% do total de AAe) foram superiores aos obtidos por Costa et al. (1994) para o RCU de 10,1% e 3,5%, respectivamente.

Tabela 6. Perfil de aminoácidos essenciais (AAe) do resíduo de cervejaria fermentado (RCF), do tecido muscular, do leite, das bactérias ruminais e do farelo de soja (FSO) expressos como % do total de AAe

Table 6. Essential aminoacids (eAA) profile of fermented brewers grain (FBG), body tissue, milk, ruminal bacteria and soybean meal (SBM) express % of total eAA

Aminoácidos essenciais <i>essential Amino acids</i>	¹ T.musc. <i>Body T.</i>	¹ Leite <i>milk</i>	¹ Bactérias <i>bacterias</i>	Alimentos <i>Feeds</i>	
				RCF <i>FBG</i>	¹ FSO <i>SBM</i>
% do total de AAe <i>% total of eAA</i>					
Arginina <i>Arginine</i>	16,8	7,2	10,4	10,4	16,3
Isoleucina <i>Isoleucine</i>	7,1	11,4	11,6	10,7	10,8
Leucina <i>Leucine</i>	17,0	19,5	15,9	24,7	17,0
Lisina <i>Lysine</i>	16,3	16,0	16,6	12,1	13,7
Metionina <i>Methionine</i>	5,1	5,5	5,1	4,2	3,1
Fenilalanina <i>Phenylalanine</i>	8,9	10,0	10,1	12,4	11,0
Treonina <i>Threonine</i>	9,9	8,9	11,4	7,5	8,6
Valina <i>Valine</i>	10,1	13,1	12,4	12,2	10,6
Histidina <i>Histidine</i>	6,3	5,5	4,2	5,9	5,7
Triptofano <i>Tryptophano</i>	2,5	3,0	2,7	-	3,0
AAe (%PB) <i>eAA (% CP)</i>	-	-	40,0	45,2	47,6
PB% <i>CP%</i>	-	-	-	29,9	49,9

T. musc = tecido muscular; PB = proteína bruta; ¹ valores adaptados do NRC (2001).

Body T = body tissue; CP = crude protein; ¹ value of NRC (2001).

A proteína do RCF apresentou teores de leucina (45%), metionina (35%), fenilalanina (13%), valina (15%) e histidina (4%) maiores do que o FSO expressos em % do total de AAe. Sendo que os teores de leucina, metionina, e valina do RCF apresentaram-se mais próximos do perfil de aminoácidos do leite e da carne bovina em relação ao do FSO.

A síntese de proteína do leite é sensível ao perfil de aminoácidos da digesta duodenal (Santos et al., 1998). De acordo com, Belibasakis & Tsirgogianni (1996); e Chiou et al. (1998) vacas em lactação alimentadas com RCU apresentaram maior ($P < 0,05$) produção de leite, devido ao maior teor de PNDR do RCU e a sua composição em AAe apresentar elevados teores de metionina e lisina. Segundo Clark et al. (1975) a lisina e metionina são os principais AAe limitantes na síntese do leite. Da mesma maneira, o RCF apresentou um teor de PNDR de 54,3% da PB e teores de metionina e lisina próximos ao do leite e da carne bovina (Tabela 6). Assim, o RCF é uma

alternativa alimentar que pode ser utilizada para alterar o perfil de AAe que chega ao intestino delgado de animais ruminantes.

Os perfis de ácidos graxos (AG) do RCU, do RCF e do FSO estão demonstrados na Tabela 7. O RCU e o RCF apresentaram maior concentração para os AG mirístico, palmítico, oléico e linoléico em relação ao FSO.

Tabela 7. Composição de ácidos graxos (AG) saturados e insaturados, razão dos AG insaturados/saturados e ω 6 (ácido linoléico)/ ω 3 (ácido linolênico), e total identificado de AG (g/ 100 g de gordura) do resíduo de cervejaria úmido (RCU), do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e do farelo de soja (FSO)

Table 7. Fatty acids saturated and unsaturated composition, rate fatty acid unsaturated/saturated and omega 6 (linoléico)/ omega 3 (linolenic), and total identified fatty acid (g/ 100g of fat) of the wet brewers grain (WBG), fermented brewers grain (FBG) and soybean meal (SBM)

Nomenclatura usual <i>Common Nomenclature</i>	Ácidos Graxos <i>Fatty Acids</i>	Alimentos Feeds		
		RCU WBG g/100g de gordura	RCF FBG g/100g de gordura	FSO SBM g/100g of fat
Ácido mirístico <i>Miristic acid</i>	14:0	0,2	0,1	0,1
Ácido palmítico <i>Palmitic acid</i>	16:0	19,5	19,8	16,0
Ácido esteárico <i>Stearic acid</i>	18:0	2,1	1,9	1,9
Ácido oléico <i>Oleic acid</i>	18:1 ω 9	17,9	15,8	10,3
Ácido linoléico <i>Linoleic acid</i>	18:2 ω 6	50,2	50,8	36,8
Ácido α -linolênico <i>α-Linolenic acid</i>	18:3 ω 3	3,2	3,9	8,2
Ácido araquídico <i>Araquidic acid</i>	20:0	0,7	0,5	1,0
Ácido gondóico <i>Gondoic acid</i>	20:1 ω 9	1,0	1,0	4,9
Ácidos Graxos <i>fatty acid</i>				
Saturados (% do total identificado) <i>Saturated</i>		23,5	23,8	24,1
Insaturados (% do total identificado) <i>unsaturated</i>		76,5	76,2	77,0
Razão Insaturado/Saturado <i>Unsaturated/Saturated</i>		3,3	3,2	3,2
Razão ω 6/ ω 3 <i>rate ω6/ ω 3</i>		15,6	13,2	4,5
Total identificado (g/100g de gordura) <i>Total identified</i>		95,5	93,8	79,2
Outros (g/100g de gordura) <i>Other</i>		4,5	6,2	20,8

Alguns produtos da isomerização do ácido linoléico como o ácido linoléico conjugado (CLA) presente em maior concentração nos RCU e RCF, podem atuar como agente anticarcinogênico inibindo tumores em tecidos de ratos de acordo com Staples et al. (2001). Entretanto, também tem sido relatado que o isômero do CLA (C_{18:2t10c12}) estaria relacionado com a diminuição na produção de leite (Chouinard et al., 1999).

O RCU e RCF apresentaram menores teores de AG α -linolênico, araquídico e gondóico em g/100g de gordura em relação ao FSO.

A concentração de AG saturados e insaturados em % do total identificado foram similares entre o RCU, o RCF e o FSO. Os alimentos estudados apresentaram um teor médio de AG insaturados de 76,6% do total identificado. Os alimentos de origem vegetal (RCU e o RCF) são normalmente ricos em AG insaturados (Fernandes, 2004).

O RCU e o RCF apresentaram uma maior razão de AG ω 6/ ω 3 de 15,6 e 13,2:1 (g/ 100 g de gordura), respectivamente, em relação ao FSO de 4,5:1 g. Alimentos com razão de AG ω 6/ ω 3 próximos de 1, favorecem a saúde dos animais (Simopoulos, 2002).

Conclusões

A conservação do resíduo de cervejaria úmido pelo processo de fermentação anaeróbica preserva suas qualidades nutritivas. O resíduo de cervejaria fermentado caracteriza-se como um alimento volumoso com alto teor de carboidratos ligado à parede celular e alto teor de proteína.

A proteína presente no resíduo de cervejaria é de baixa degradabilidade ruminal, de alta digestibilidade intestinal e composição de aminoácidos essenciais semelhante ao do farelo de soja. Ainda, o resíduo de cervejaria fermentado contém 3,2 vezes mais ácidos graxos insaturados em relação aos ácidos graxos saturados, é fonte de ácidos graxos ω 6 e com razão ω 6: ω 3, de 13:1.

Literatura Citada

- ABASIEKONG, S.F. Effects of fermentation on crude protein content of brewers dried grains and spent sorghum grains. **Bioresource Technology**, v.35, p.99-102, 1991.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). **Energy and protein requeriment of ruminants**. Wallingford, UK. CAB international. 1993, 159p.
- ALAWA, J.P.; FISHWICH, G.; HEMINGWAY, R.G. Fresh and dried brewers grains as protein supplements to barley straw diets given to pregnant beef cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.19, p.33-41, 1988.

- ALLEN, W.R.; STEVENSON, K.W.; BUCHANAN-SMITH, J. Influence of additives on short-term preservation of wet brewers grains stored in uncovered piles. **Canadian Journal of Animal Science**, v.55, n.2, p.609-618, 1975.
- ARMENTANO, L.E.; HERRINGTON, T.A.; POLAN, C.E. et al. Ruminal degradation of dried brewers grains, and soybean meal. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.8, p.2124-2133, 1986.
- BELIBSAKIS, 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 Technology**, n.57, p.175-181, 1996.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canada Journal Biochemical Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- BOVOLENTA, S.; PIASENTIER, E.; PERESSON, C. et al. The utilization of diets containing increasing levels of dried brewers' grains by growing lambs. **Animal Science**, v.66, p.689-695, 1998.
- CABRAL FILHO, S.L.S. **Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas**. . Piracicaba, 1999. 68p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.5, p.1459-1465, 1995.
- 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.
- CHOUINARD, P.Y.; CORNEAU, L.; BARBANO, D.M. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.129, n.8, p.1579-1584, 1999.
- CLARK, J.H. Lactational responses to post ruminal administration of protein and amino acids. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.1488-1495, 1975.
- 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, n.5, p.1092-1109, 1987.
- COSTA, J.M.B.; MATTOS, W.R.S.; BIONDI, P. et al. Composição química bromatológica do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim da Indústria Animal**, v.51, n1., p.21-26, 1994.
- FERNANDES, S.A.A. **Levantamento exploratório da produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite de búfalas em cinco fazendas do estado de São Paulo**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ, 2004. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, 2004.
- HARTMAM, L.; LAGO, R.. A rapid preparation of fatty acid ethyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, n.8, p.475-476, 1973.
- 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, n.1, p. 98-107, 1987.

- KRISHNAMOORTHY, U.; SNIFFEN, C.J.; STERN, M.D. et al. Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs. **British Journal of Nutrition**, v.50, n.10, p.555-568.1983.
- LENHINGER, A.L. **Biochemistry**. Worth Publishers Inc. New York. 1976.
- LIMA, M.L. **Resíduo de cervejaria úmido: formas de conservação e efeitos sobre parâmetros ruminais**. Piracicaba, 1993. 98p. Dissertação (Mestrado) – Univesidade de São Paulo.
- 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.
- LOYOLA, V.R. **Degradabilidade *in situ* e digestibilidade *in vitro* do farelo de canola tratado com calor e/ou tanino**. Maringá, PR: UEM, 1996 38p. (Dissertação em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, 1996.
- MEHREZ. A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for deterrmining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agriculture Science**, v.88, n.1, p.6450-6550, 1977.
- MURDOCK, F.R.; HOGGSON, A.S.A.; RILEY JUNIO, R.E. Nutritive value of wet brewers grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.64, n.9, p.1826-1836, 1981.
- MOSIMANYANA, B.M.; MOWAT, D.N. Rumen protection of heat-treated soybean proteins. **Canada Journal of Animal Science**, v.72, p.71-81, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Comittee on animal nutrition. Nutrient Requirements of Dairy cattle**. 7^a ed. revised, Washington: National Academy of sciences, 381p. 2001.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v.92, n.2, p.499-504, 1979.
- PEREIRA, J.C.; CARRO, M.D.; GONZÁLEZ, J. et al. Rumen degradability and intestinal digestibility of brewer's grains as affected by origin and heat treatment and of barley rootlests. **Animal Feed Science and Technology**. v.74, p.107-121, 1998.
- PEREIRA, J.C.; GONXÁLEZ, 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, n.5, p.1125-1132, 1999.
- PHIPPS, R.H.; SUTTON, J.D.; JONES, B.A. Forage mixtures for day cows: the effect on dry-matter intake and milk production of incorporating either fermented or urea-treated whole-crop wheat, brewer's grain, fodder beet or maize silage into diets based on grass silage. **Animal Science**, v.61, p.491-496, 1995.
- PICHARD, C.E.; VAN SOEST, J. Protein solubility of ruminant feeds. **Proc. Cornell Nutrition Conference**, p.91-96, 1997.
- POLAN, C.E.; HERRINGTON, W. 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. et al. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers' grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.745-753, 1986.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1.** Viçosa, MG. 1997. 150p. (Manual do usuário).
- SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effect of urea in the concentrate mixture on intake and production of cows fed corn silage as the only forage. **Journal of Dairy Science**. v.81, p.3182-3213, 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 2ª ed., Viçosa, MG: UFV. 2002, 178p.
- SILVA, L.D.F., RAMOS, B, M, O., RIBEIRO, E. L. A . et al. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta de duas variedades de grão de soja com diferentes teores de inibidores de tripsina, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3. p.1251-1257, 2002.
- SIMOPOULOS, A.P. Polyunsaturated fatty acids in biology and diseases: The importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother**, v.56, p.365-379, 2002.
- 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.
- STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W.; MATTOS, R. Estratégia de suplementação de gordura em dietas de vacas em lactação. In: TEIXEIRA, J.C.; SANTOS, R.A.; DAVIL, F.M.; TEIXEIRA, L.F.A.C. (Ed.) **Simpósio internacional em bovinocultura de leite: novos conceitos em nutrição**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2001, p.298.
- VALADARE FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; LEÃO, N.I. et al. Degradabilidade *in situ* da material seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n. 6, p. 512-522, 1990.
- VAN SOEST,P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and nostarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.12, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed., London: Constock Publishing Associates. 1994. 476p.
- WALTZ, D. M.; LOERCH, S.C. Effect of acid and alkali treatment of soybean meal on nitrogen utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, p.879-887, 1986.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactin dairy cows during hot, umid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994.

Coefficiente de Digestibilidade Parcial e Total dos Nutrientes, Variáveis Ruminais de Rações com Resíduo de Cervejaria Fermentado em Bovinos

Resumo - Avaliou-se o coeficiente de digestibilidade (CD) parcial e total dos nutrientes, o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do líquido ruminal e a eficiência de síntese microbiana de rações com 0%; 8%; 16% e 24% de inclusão do resíduo de cervejaria fermentado (RCF). O resíduo de cervejaria úmido (RCU) foi conservado em silo de superfície (5.000 Kg) para posterior utilização. Foram utilizados quatro novilhos da raça Holandesa com 480 ± 100 kg de peso corporal, portadores de cânula ruminal e duodenal, distribuídos em delineamento quadrado latino 4x4. As análises estatísticas das variáveis estudadas foram interpretadas por meio de análise de variância. As diferenças entre os teores de inclusão do RCF foram determinadas por análise de regressão considerando 5% o grau de significância. O óxido de cromo foi utilizado como indicador externo do fluxo de MS duodenal e fecal. O consumo médio de MS dos animais foi de 1,7% do peso corporal (PC). O CD total e ruminal da MS, MO, PB, EE, CHT, CNF, FDN e FDA não diferiram (P > 0,05) com a inclusão dos RCF nas rações. Os teores de inclusão do RCF nas rações influenciaram de maneira linear crescente (P < 0,05) o CD intestinal da MO e CHT em % do que chegou ao compartimento. Não houve efeito dos teores de inclusão do RCF nas rações sobre o pH e a concentração de N-NH₃ do líquido ruminal. Os teores de inclusão do RCF nas rações não influenciaram (P > 0,05) a eficiência da síntese microbiana em g N-Mic/kg de MOADR e MOVDR. Deste modo, conclui-se que a inclusão do RCF até 24% na MS nas rações de bovinos pode ser utilizada, sem alterar os processos de fermentação ruminal e digestão dos nutrientes.

Palavras-chave: nitrogênio amoniacal, pH ruminal, síntese microbiana

Partial and Total Digestibility Coefficient of Nutrients, Ruminals Variables of the Ration with Fermented Brewers Grain in Ruminants

Abstract – The objective of the present study was to evaluate the partial and total digestibility coefficient (CD) of the nutrients, pH, nitrogen amoniacal concentration of ruminal fluid and microbial efficiency synthesis of rations with fermented brewers grain (FBG) inclusion levels of 0%; 8%; 16% and 24%. The wet brewers grain (WBG) was ensilaged, (5,000 kg) for later use. Four Holstein steers (480 ± 100 kg of body weight) with ruminal and duodenal cannula, were distributed in 4x4 Latin square design. The variables statistic analysis was interpreted by variance analysis. The differences among FBG inclusion levels were determined by the regression analysis at a significance level of 5%. The chrome oxide was used as external marker of DM duodenal and fecal flow. The avarege DM intake of animals was 1.7% BW. The DM, OM, CP, EE, TCH, NDF and ADF total and ruminal CD not differed ($P < 0.05$) with the FBG inclusion levels in rations. The FBG inclusion levels in rations, influenced ($P < 0.05$) in a linear increased manner the OM and TCH intestinal DC in % of which come to duodenum. The FBG inclusion level in rations not affected pH and nitrogen amoniacal concentration in ruminal fluid. The FBG inclusion not influenced ($P > 0.05$) the microbial efficiency synthesis in g N-Mic/kg of OMARD and OMTRD. In conclusion, the FBG inclusion until 24% of the DM in rations can be used in ruminants feeds, without change ruminal fermentation process and nutrients digestion.

Key-words: amoniacal nitrogen, microbial synthesis, ruminal pH

Introdução

A utilização de resíduos agrícolas e ou subprodutos da agroindústria são alternativas utilizadas para tentar diminuir os custos de produção sem afetar a produção (Burgi, 2000). O Brasil em 2005 gerou aproximadamente 3 milhões de toneladas do resíduo de cervejaria úmido (Geron, 2006).

O RCU conservado pelo processo de fermentação anaeróbia possui alto teor protéico (Johnson et al., 1987). Deste modo, o resíduo de cervejaria fermentado (RCF) pode ser uma alternativa para a elaboração de rações para ruminantes.

A inclusão de 15% do RCU na ração de bovinos, não alterou o consumo de MS e a condição de fermentação ruminal (Lima, 1993). Entretanto, a adição de RCF em dietas exclusivas de gramínea para ovinos, limitou o consumo voluntário de MS, quando o RCF foi fornecido em quantidade superior a 33% da MS da dieta (Cabral Filho, 1999).

Uma comparação entre o RCU e o resíduo de cervejaria desidratado (RCD) utilizados na alimentação de novilhos foi realizada por Rogers et al. (1986), com aumento ($P < 0,05$) na digestibilidade e na retenção do nitrogênio (N) para os animais alimentados com RCU. Esses autores, concluíram que o aumento na digestibilidade e na retenção do N estaria associado a maior disponibilidade do nitrogênio do RCU em relação ao RCD.

O uso crescente de teores do RCD em rações com teor de PB variando de 17 a 25% na MS, para cordeiros em crescimento, foi verificado por Bovolenta et al. (1998). Esses autores observaram efeito linear crescente ($P < 0,10$) dos teores de inclusão do RCD sobre o coeficiente de digestibilidade (CD) total da MS, MO, PB, EE e FDN e concluíram que esse efeito deve-se ao menor consumo de MS com o aumento da inclusão do RCD nas rações.

As diminuições que ocorrem na digestibilidade dos nutrientes são, geralmente, resultantes da competição entre digestão e passagem (Van Soest, 1994). Portanto,

suplementos que agem sobre o consumo e a passagem da dieta podem influir na digestibilidade.

A concentração de amônia no rúmen é função da produção e remoção da mesma. A produção diária de proteína microbiana pode ser obtida como produto da eficiência microbiana, que usualmente é definida como g de nitrogênio microbiano sintetizado por kg de matéria orgânica (MO) fermentada no rúmen (Hoover & Stokes, 1991). O crescimento microbiano no rúmen é influenciado pela interação de fatores químicos, fisiológicos e nutricionais (Hoover & Stokes, 1991). O pH é um fator químico que influencia no crescimento microbiano, sendo influenciado pela dieta e por outros fatores correlacionados, como nível de consumo, proporção volumoso:concentrado e manejo alimentar (Tibo et al., 2000).

Dentro desse contexto, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão do RCF (0%; 8%; 16% e 24% na MS) sobre o coeficiente de digestibilidade parcial e total dos nutrientes, pH, concentração de N-NH₃ do líquido ruminal e eficiência de síntese microbiana em ruminantes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá- PR.

Foram utilizados quatro bovinos, machos, castrados, da raça Holandesa, com peso corporal médio de 480 ± 100 kg submetidos à intervenção cirúrgica para a implantação de cânulas no rúmen e duodeno (tipo "T"). Os animais foram mantidos em baias individuais cobertas, com as laterais fechadas para evitar eventuais acidentes.

O resíduo de cervejaria úmido (RCU) foi obtido de uma indústria de cerveja (Kaiser®), localizada no município de Ponta Grossa - PR. O RCU foi primeiramente

ensilado no município de Castro, na fazenda Morro dos Ventos, em silo tipo trincheira com paredes de alvenaria e capacidade de 45.000 kg, após 30 dias de fermentação o RCU estava apto para o fornecimento animal. O resíduo de cervejaria fermentado (RCF) foi transportado para Fazenda Experimental de Iguatemi (caminhão vasculante) após 90 dias de estocagem e reensilado em silo de superfície (5.000 kg) para posterior utilização em ensaio de digestibilidade parcial e total com novilhos.

A composição química dos alimentos utilizados para a formulação das rações pode ser observada na Tabela 1. As rações experimentais foram balanceadas, de acordo com o NRC (2001), para apresentarem 70% de nutrientes digestíveis totais e 12% de proteína bruta (Tabela 2).

Foram formuladas quatro rações experimentais, com diferentes teores do RCF (0%; 8%; 16% e 24% na MS da ração total). A relação volumoso:concentrado utilizada foi de 70:30 (Tabela 2). O volumoso utilizado foi a silagem de milho, a qual foi analisada em cada período experimental. O RCF apresentou teor de 27,50% de MS, e foi considerado como componente volumoso da ração total.

As composições percentual e química das quatro rações experimentais estão demonstradas na Tabela 2. As rações foram fornecidas aos animais duas vezes ao dia, em duas porções iguais às 8 horas e às 16 horas, sendo o concentrado e o volumoso misturados no cocho. Os animais foram pesados no final de cada período de adaptação e de coleta, para se calcular o peso metabólico (PC em $kg^{0,75}$) de cada animal/período.

O experimento teve duração de 84 dias, divididos em quatro períodos experimentais com duração de 21 dias, sendo 14 dias para adaptação dos animais e 7 dias de coleta.

Durante o período de coleta, de cada período experimental, foram amostrados, cerca de 200 mL de digesta duodenal, pela cânula duodenal com intervalo de 24 horas (h) e um incremento de 4 h entre dias consecutivos, num total de 6 amostras por animal.

Tabela 1. Composição química dos alimentos (expresso em %MS)¹

Table 1 Chemical composition of feeds (expressed as DM%)¹

Variáveis <i>Variables</i>	Alimentos Feeds							
	SMI ⁵ <i>COS¹</i>	SMI ⁶ <i>COS²</i>	SMI ⁷ <i>COS³</i>	SMI ⁸ <i>COS³</i>	RCF <i>FBG</i>	FSO <i>SBM</i>	FVM <i>CSM</i>	MIL <i>CORN</i>
MS <i>DM</i>	28,68	28,73	33,31	36,39	27,50	88,09	88,33	88,25
MO ¹ <i>OM¹</i>	95,04	94,80	95,05	95,39	96,16	93,46	98,15	98,39
PB ¹ <i>CP¹</i>	5,90	6,29	7,02	6,99	29,92	50,21	2,35	9,01
PDR ² <i>RDP²</i>	70,83	70,83	70,83	70,83	37,55	65,45	59,23	48,33
EE ¹ <i>EE¹</i>	1,78	1,81	1,48	2,66	5,39	2,34	0,28	4,81
CHT ¹ <i>TCH¹</i>	87,36	86,69	86,55	87,01	60,85	40,92	95,52	84,57
CNE ¹ <i>NSC¹</i>	27,71	28,75	31,76	30,07	15,32	30,84	90,07	68,79
CNF ¹ <i>NFC¹</i>	30,83	32,85	35,00	33,88	17,64	36,90	91,75	69,92
FDN ¹ <i>NDF¹</i>	62,67	60,89	58,24	57,92	58,52	13,92	6,03	17,59
FDA ¹ <i>ADF¹</i>	29,47	30,18	31,53	27,30	23,66	8,68	2,51	4,73
Lignina ¹ <i>lignina¹</i>	6,25	6,34	6,19	4,38	7,68	3,05	1,41	2,11
NIDA ³ <i>ADNI³</i>	13,63	14,80	13,26	14,36	13,55	3,62	4,38	9,91
NIDN ³ <i>NDNI³</i>	19,93	20,34	24,80	20,23	38,35	6,72	17,24	14,88
Ca ¹ <i>Ca¹</i>	0,31	0,30	0,26	0,35	0,53	0,76	0,10	0,08
P ¹ <i>P¹</i>	0,27	0,28	0,27	0,30	0,85	0,46	0,22	0,57
NDT ^{1,4} <i>TDN^{1,4}</i>	62,53	62,11	61,19	66,89	75,28	81,00	80,87	82,44

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; PDR: proteína degradável no rúmen; EE extrato etéreo, CHT: carboidratos totais, CNE: carboidratos não estruturais, CNF: carboidrato não fibroso; FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido, NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro, Ca: cálcio e P: fósforo. NDT: nutrientes digestíveis totais. ² % da PB; ³ % Nitrogênio total, ⁴ NDT estimado segundo Kears (1982). SMI ^{5,6,7 e 8} silagem de milho do período 1, 2, 3 e 4, respectivamente; RCF: resíduo de cervejaria fermentado; FSO: farelo de soja, FVM: farinha de varredura de mandioca, e MIL: milho moído.

*DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; ** RDP: rumen degradable protein; EE: ether extract; TCH total carbohydrate; NSC: nonstructural carbohydrate; NFC: nonfiber carbohydrate; NDF: neutral detergent: fiber; ADF: acid detergent fiber; lignina; ADNI: ácid detergent nitrogen insoluble; NDNI: neutral detergent nitrogen insoluble; Ca: calcium; P: phosphorus and TDN: total digestible nutrients. ² % of CP; ³ % Total nitrogen; ⁴ TDN: estimated of according Kears (1982). COS ^{5,6,7 and 8}: corn silage of the period 1,2,3 e 4, respectively; FBG: fermented brewers grain; SBM: soybean meal, CSM: cassava meal, CORN: corn ground.*

As amostras de fezes (100 g) foram retiradas diretamente do reto, duas vezes ao dia, 8 h da manhã e 16 h da tarde, num total de 12 amostras por animal. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados, e congelados a -20° C.

Após o período de coleta as amostras de alimentos, fezes e digesta duodenal foram secas em estufa a 55°C por 72 horas, e processadas em moinho de faca

utilizando-se peneira de crivos de 1 mm, em seguida foram misturadas em quantidades iguais, com base no peso seco, para formar amostras compostas de fezes e digesta duodenal/animal/período/ração experimental (0%, 8%, 16% e 24% do RCF).

Tabela 2- Composição percentual e química das rações experimentais (% na MS)¹.
Table 2 - Percent and chemical composition of rations (% dry matter)¹

Alimentos <i>Feeds</i>	Teor de inclusão do RCF nas rações experimentais <i>FBG inclusion levels in ration</i>			
	0%	8%	16%	24%
	Composição percentual das rações experimentais <i>Percent composition of ration</i>			
Silagem de milho <i>Corn silage</i>	70,0	62,0	54,0	46,0
Resíduo de cervejaria fermentado <i>Fermented brewers grain</i>	0,0	8,0	16,0	24,0
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	11,5	7,5	3,0	0,0
Farinha de varredura de mandioca <i>cassava meal</i>	0,0	2,0	4,0	8,0
Milho moído <i>Corn ground</i>	17,5	19,5	22,0	21,0
Minerais <i>Minerals</i>	1,0	1,0	1,0	1,0
Total <i>Total</i>	100,0	100,0	100,0	100,0
	Composição química das rações experimentais <i>Chemical composition of ration</i>			
Nutrientes <i>Nutrients</i>				
Matéria seca <i>Dry matter</i>	48,72	48,39	48,06	47,72
Matéria orgânica ¹ <i>Organic matter</i>	94,83	95,08	95,36	95,56
Proteína bruta ¹ <i>Crude protein</i>	11,94	12,02	11,91	12,27
Proteína degradável no rúmen (% PB) <i>rumen degradable protein (% CP)</i>	65,57	62,44	59,48	56,48
Extrato etéreo ¹ <i>Ether extract</i>	2,46	2,75	3,05	3,22
Carboidrato totais ¹ <i>total carbohydrates</i>	80,34	80,22	80,32	79,98
Carboidrato não fibroso ¹ <i>Nonfiber carbohydrate</i>	39,68	40,19	40,88	41,50
Fibra em detergente neutro ¹ <i>Neutral detergent fiber</i>	46,62	46,63	46,25	45,79
Fibra em detergente ácido ¹ <i>Acid detergent fiber</i>	22,56	21,88	21,18	20,50
NIDA (% N total) <i>ADIN (% total N)</i>	8,44	10,03	11,75	12,96
NIDN (% N total) <i>NDIN (% total N)</i>	13,41	19,19	25,22	30,23
Nutrientes digestíveis totais ^{1,2} (NDT) <i>Total digestible nutrients^{1,2} (TDN)</i>	68,00	69,00	69,97	70,91

RCF: resíduo de cervejaria fermentado; ² NDT estimado segundo Kears (1982); NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido; e NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro. *FBG: fermented brewers grain, ²TDN: estimated according Kears (1982); ADIN: acid detergent insoluble nitrogen; and NDIN: neutral detergent insoluble nitrogen.*

No primeiro dia de cada período de coleta o líquido ruminal (70 mL) foi amostrado, via cânula ruminal, nos tempos zero hora (que antecede a primeira alimentação) duas, quatro, seis e oito horas após a alimentação da manhã. O pH foi

mensurado imediatamente após a coleta. Aproximadamente 50 mL foram acidificados com 1 mL de ácido sulfúrico 1:1 para determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Para determinação dos fluxos diários de matéria seca (MS), nas fezes e digesta duodenal foi utilizado o óxido crômico (Cr₂O₃) como indicador externo. Foram fornecidas duas doses intra-ruminais diariamente (às 8 h e às 16 h) de cinco gramas de óxido crômico, previamente pesadas e acondicionadas em papel higroscópico, em um total de 10 g de Cr₂O₃/dia.

Para a determinação do fluxo duodenal de proteína microbiana, foram utilizadas as bases purinas, quantificadas conforme técnica descrita por Ushida et al. (1985).

Os coeficientes de digestibilidade total e parcial da MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHT), carboidrato não fibroso (CNF), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram calculados de acordo com as fórmulas descritas por Silva & Leão (1979).

O valor de energia digestível (ED) foi obtido a partir do coeficiente de digestibilidade da energia bruta. O NDT dos alimentos foi estimado pelas equações descritas por Kearn (1982) para alimentos com as seguintes características: volumosos ou silagens, energéticos e protéicos. O valor de NDT das rações também foi estimado pela equação de Sniffen et al. (1992).

A eficiência de síntese microbiana foi determinada de acordo com as recomendações de Cecava et al. (1990).

As determinações de MS, MO, PB, EE e EB das amostras de fezes, digesta duodenal, sobras e alimentos foram realizadas de acordo com as metodologias citadas por Silva & Queiroz (2002). A determinação da FDN, da FDA, do nitrogênio insolúvel

em detergente neutro (NIDN) e do nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991).

A determinação dos carboidratos totais (CHT) foi obtida pela equação $CHT = MO - [EE + PB]$. Os carboidratos não estruturais (CNE) foram obtidos pela fórmula descrita por Sniffen et al. (1992). Para determinação dos carboidratos não fibrosos (CNF) foi utilizada a equação descrita por Weiss (1999).

A concentração de óxido de cromo nas amostras de digesta duodenal e fezes foram determinadas por espectrometria de absorção atômica após digestão nitro-perclórica. A dosagem de amônia nas amostras de líquido ruminal foi realizada pela técnica de Ferner (1965) modificada por Vieira (1984). A determinação da EB foi feita por meio de bomba calorimétrica (Parr).

Foi utilizado o delineamento experimental em quadrado latino 4 x 4, com quatro animais, quatro períodos e quatro rações com 0%; 8%; 16% e 24% de inclusão do RCF, para comparar os locais de digestão dos nutrientes. A análise das variáveis estudadas foi interpretada por meio de análise de variância no programa SAEG (UFV, 1997). As diferenças observadas para os teores de inclusão do RCF nas rações foram determinadas por análise de regressão considerando 5% de significância.

O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}$; em que, Y_{ijk} = observação do efeito do teor de inclusão do RCF k, no período j, no animal i; μ = constante geral da variável; A_i = efeito do animal i; i = 4 animais; P_j = efeito de período j; j = 4 períodos; T_k = efeito do teor de inclusão do RCF k (0%; 8%; 16% e 24% do RCF); e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Para os valores observados de pH e N-NH₃ no líquido ruminal, as rações experimentais foram dispostas em esquema de parcelas subdivididas, e os tempos de amostragem, como subparcelas.

Resultados e Discussão

Os teores de inclusão do RCF nas rações não influenciaram ($P > 0,05$) o consumo de MS e demais nutrientes (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo médio diário de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das rações com resíduo de cervejaria fermentado (RCF)

Table 3 Dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE) total carbohydrate (TCH), nonfiber carbohydrate (NFC) neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) intake, of rations with fermented brewers grain (FBG).

Variáveis Variables	Teor de inclusão do RCF nas rações experimentais FBG inclusion levels in ration				% CV %CV
	0%	8%	16%	24%	
Consumo de material seca (MS) Dry matter(DM) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	79,4	77,2	78,3	67,1	11,5
% Peso corporal % body weight	1,7	1,7	1,7	1,5	11,7
g/dia g/day	8.312,8	8.027,5	8.172,4	6.915,1	11,9
Consumo de material orgânica (MO) Organic matter (OM) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	77,2	76,0	76,2	66,0	9,8
% Peso corporal % body weight	1,7	1,627	1,6	1,4	9,7
g/dia g/day	8.101,3	7.922,2	7.966,1	6.798,3	6,00
Consumo de proteína bruta (PB) Crude protein (CP) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	9,0	8,6	7,9	6,6	13,1
% Peso corporal % body weight	0,2	0,2	0,2	0,1	13,2
g/dia g/day	940,50	894,80	820,50	677,00	14,0
Consumo de extrato etéreo (EE) ethereal extract (EE) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	1,9	2,1	2,2	1,7	20,9
% Peso corporal % body weight	0,04	0,04	0,05	0,04	21,0
g/dia g/day	201,3	213,4	230,1	173,7	21,4
Consumo de carboidrato total (CHT) Total carbohydrate (TCH) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	66,3	65,3	66,0	57,5	9,1
% Peso corporal % body weight	1,4	1,4	1,4	1,2	9,0
g/dia g/day	6.951,3	6.805,4	6.907,0	5.939,7	10,3
Consumo de carboidrato não fibroso Nonfiber carbohydrate (NFC) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	28,6	29,7	29,0	25,9	11,1
% Peso corporal % body weight	0,6	0,6	0,6	0,6	10,9
g/dia g/day	2.994,7	3.115,4	3.062,4	2.685,8	11,5
Consumo de fibra em detergente neutro (FDN) Neutral detergent fiber (NDF) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	37,7	35,8	37,1	31,6	12,5
% Peso corporal % body weight	0,8	0,8	0,8	0,7	12,8
g/dia g/day	3.956,6	3.714,0	3.844,7	3.253,8	12,4
Consumo de fibra em detergente ácido (FDA) Acid detergent fiber (ADF) intake					
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	17,7	16,8	16,5	13,4	17,5
% Peso corporal % body weight	0,4	0,4	0,4	0,3	17,8
g/dia g/day	1.829,3	1.712,5	1.716,7	1.384,5	17,5

gramas/ quilograma metabólico (g/kg^{0,75}); CV: coeficiente de variação.
grams/ kilogram metabolic (g/kg^{0,75}); CV: coefficient variation.

O consumo de MS da ração com 24% de RCF em g/kg^{0,75} e % do peso corporal, foi 15% e 12%, respectivamente, menor em relação à ração com 0% de RCF. Do

mesmo modo, reduções percentuais no consumo de MS foram observadas por Cardoso et al. (1982); Johnson et al. (1987); West et al. (1994); Belibasaki & Tsirgogianni (1996) e Chiou et al. (1998) quando o RCU foi fornecido a vacas lactantes.

As alterações no consumo das rações com a adição de RCU ou RCF, observadas na literatura, foram relacionadas ao teor de água e ao conteúdo de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN). West et al. (1994) sugeriram que a diminuição de 4,4% no consumo de MS de vacas lactantes poderia ser devido ao menor teor de MS (35,5%) da ração com 30% de RCU em relação à ração com 0% de RCU (54,6% de MS). Johnson et al. (1987) avaliaram o período de estocagem e a utilização do RCU em rações para vacas lactantes, sugeriram que a diminuição ($P < 0,05$) de 11,2% no consumo de MS de rações com RCF deve-se à fermentação natural do RCU, a qual aumentou o valor de NIDN e diminuiu o nitrogênio solúvel em água, afetando o desenvolvimento das bactérias ruminais.

As diferenças de 15% e 12% para o consumo de MS expresso em $g/kg^{0,75}$ e % do PC, respectivamente, entre a ração com 0% e 24% do RCF, podem ter ocorrido em parte devido a variação na fração do nitrogênio ligada à parede celular, pois somente esta fração foi alterada na composição química das rações (Tabela 2) e em parte a aceitabilidade das rações. A inclusão do RCF substituiu parte da silagem de milho e do farelo de soja, pois este se caracterizou como alimento volumoso e protéico e a inclusão de até 24% do RCF, mostrou que os teores de NIDN e NIDA se elevaram, respectivamente, de 13,41% para 30,23% e de 8,44% para 12,96%. Por outro lado, o transporte e a reensilagem do RCF pode ter influenciado a aceitabilidade dos animais, afetando o consumo de MS das rações com RCF.

Os coeficientes de digestibilidade total (CDT), ruminal (CDR) e intestinal (CDI) dos nutrientes das rações com inclusão de 0%; 8%; 16% e 24% do RCF estão

demonstrados na Tabela 4. A inclusão do RCF nas rações não alterou ($P > 0,05$) o CDT da MS, MO, PB, EE, CHT, CNF, FDN e FDA. Entretanto, a ração com 0% de RCF apresentou CDT da MS e MO 5% e 4% menor, respectivamente, em relação a ração com 24% de RCF. Esta diferença na digestibilidade da MS e MO pode ser devido aos maiores teores de milho e de farinha de varredura de mandioca (alimentos de alta digestibilidade) na ração com a inclusão de 24% de RCF em relação a ração com 0%.

Entretanto, Bovolenta et al. (1998) avaliaram teores de inclusão do RCD em cordeiros em crescimento e observaram diferença linear crescente ($P < 0,10$) para CDT da MS, MO, PB, EE e FDN com a inclusão do RCD. Estes autores sugeriram que esta diferença deve-se a um menor consumo destes nutrientes com a inclusão do RCD. Cabral Filho (1999) avaliou a inclusão de 0%; 33% e 67% do RCF em rações para ovinos e não observou efeito ($P > 0,05$) sobre os CDT da MS e da FDN.

Apesar da PB do RCF em relação a do FSO ser de baixa degradabilidade ruminal mas de alta digestibilidade intestinal *in vitro* (Geron, 2006), a substituição do FSO pelo RCF, não teve efeito ($P > 0,05$) sobre o CDT da PB no presente trabalho. Segundo Cabral Filho (1999) a inclusão do RCF 0%; 33% e 67% na ração de ovinos alterou ($P < 0,05$) de maneira crescente o CDT da PB devido ao maior valor energético e protéico do RCF em relação ao feno Tifton.

Rogers et al. (1986) avaliaram a fermentação ruminal e a utilização do nitrogênio em novilhos alimentados com 22% e 40% de inclusão do RCU e RCD e observaram um aumento ($P < 0,05$) no CDT do nitrogênio para as rações com RCU em relação a ração com RCD. Os autores concluíram que a melhor digestão e retenção do nitrogênio dos animais alimentados com RCU, estaria associada a disponibilidade do nitrogênio contido na FDN do RCU em relação ao RCD.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade total, ruminal e intestinal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidrato total (CHT), carboidrato não fibroso (CNF), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) para rações e coeficientes de variação (CV)

Table 4. Total, ruminal and intestinal digestibility coefficient of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE), total carbohydrate (TCH), nonfiber carbohydrate (NFC), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) at rations and coefficient variation (CV)

Variáveis Variables	Teores de inclusão da RCF nas rações experimentais Levels inclusion of FBG in ration				Regressão regression	% CV %CV
	0%	8%	16%	24%		
Coeficiente de digestibilidade total <i>Total digestibility coefficient</i>						
MS (DM)	62,0	63,2	64,4	65,5	Y=63,8	3,9
MO (OM)	67,9	68,3	69,1	70,6	Y=69,0	1,9
PB (CP)	60,2	62,1	62,6	63,7	Y=62,1	5,2
EE (EE)	85,5	85,7	90,5	92,5	Y=88,6	4,3
CHT (TCH)	68,5	68,5	69,1	70,7	Y=69,2	2,1
CNF (NFC)	88,8	89,0	89,3	90,5	Y=89,4	4,8
FDN (NDF)	50,6	52,7	53,8	54,0	Y=52,8	5,0
FDA (ADF)	40,6	41,8	42,2	42,4	Y=41,8	6,4
Coeficiente de digestibilidade ruminal <i>Ruminal digestibility coefficient</i>						
MS ¹ (DM ¹)	60,9	60,7	60,7	60,3	Y=60,6	2,6
MO ¹ (OM ¹)	62,9	62,8	62,4	62,2	Y=62,6	1,7
PB ¹ (CP ¹)	7,1	5,0	4,6	3,8	Y=5,2	13,1
PB ² (CP ²)	4,3	3,1	2,9	2,5	Y=3,2	13,2
EE ¹ (EE ¹)	0,9	1,2	3,5	3,8	Y=2,3	19,0
EE ² (EE ²)	0,8	1,0	3,2	3,5	Y=2,1	19,3
CHT ¹ (TCH ¹)	67,6	67,5	66,5	66,7	Y=67,1	2,6
CHT ²	49,4	49,7	49,5	50,0	Y=49,7	5,3
CNF ¹ (NFC ¹)	78,6	79,2	78,6	79,6	Y=79,0	6,8
CNF ²	69,8	70,5	70,1	72,1	Y=70,6	7,9
FDN ¹ (NDF ¹)	98,7	98,5	96,9	96,8	Y=97,7	3,5
FDN ² (NDF ²)	49,8	51,9	52,1	52,2	Y=51,5	3,9
FDA ¹ (ADF ¹)	98,2	97,6	96,6	95,9	Y=97,1	8,7
FDA ² (ADF ²)	39,9	36,8	40,8	40,6	Y=39,5	9,9
Coeficiente de digestibilidade intestinal <i>Intestinal digestibility coefficient</i>						
MS ¹ (DM ²)	39,2	39,3	39,4	39,7	Y=39,4	8,9
MO ¹ (OM ²)	37,1	37,2	37,6	37,8	Y=37,4	7,9
MO ² (OM ²)	44,0	44,4	45,6	47,6	³	2,6
PB ¹ (CP ¹)	92,9	95,0	95,4	96,2	Y=94,9	3,6
PB ² (CP ²)	58,4	60,8	61,4	62,8	Y=60,9	4,5
EE ² (EE ²)	85,4	85,6	90,2	95,2	Y= 89,1	4,4
CHT ¹ (TCH ¹)	27,8	27,4	28,4	29,2	Y=28,2	3,6
CHT ² (TCH ²)	41,3	41,3	42,8	44,8	⁴	2,3
CNF ¹	21,4	20,8	21,4	20,4	Y=21,0	20,7
CNF ² (NFC ²)	63,5	62,7	64,3	66,4	Y=64,2	22,4
FDN ¹ (NDF ¹)	1,3	1,6	3,2	3,3	Y=2,3	35,9
FDN ² (NDF ²)	1,5	1,7	3,6	3,8	Y=2,6	33,1
FDA ¹ (ADF ¹)	1,8	2,3	3,4	3,8	Y=2,8	27,5
FDA ² (ADF ²)	1,3	1,4	2,4	2,9	Y=2,0	26,4

³ Y = 45,38538+0,1487335X; R²= 0,92; (P < 0,05); ⁴ Y = 42,53442+0,1496613X; R²= 0,88; (P < 0,05)

¹-% do total digerido; ²-% do que chega no compartimento.. ¹-% of total digestion, ²-% of flow to compartment; X é o teor de inclusão do RCF, X is levels inclusion of FBG.

O CDT do EE em % do total digerido foi 8% menor para ração com 0% de RCF em relação a ração com 24% de RCF. Essa diferença no CDT do EE entre as rações com 0% e 24% de RCF, pode ser devido ao teor crescente de EE das rações com a inclusão do RCF.

A inclusão do RCF nas rações não influenciaram ($P > 0,05$) o CDR dos nutrientes. As médias observadas para os CDR da MS e da MO para as rações foram, respectivamente de 38,6% e 43,3% do que chegou ao compartimento e de 60,6% e 62,6% do total digerido. O valor médio do CDR da MS foi próximo ao observado por Rogers et al. (1986) de 39,3% do total ingerido em novilhos alimentados com RCU. Os valores para o CDR da MS e MO em % do total digerido ficaram dentro da variação observada na literatura, respectivamente, de 60,3 a 67,1% e de 61,9 a 78,9%, para dietas com 70% de volumoso e 30% de concentrado (Carvalho et al., 1997a; Ladeira et al., 1999; Dias et al., 2000).

O CDR da PB apresentou valor médio de 3,2% do que chegou ao compartimento e 5,2% do total digerido. Entretanto, observou-se que a inclusão do RCF diminuiu o CDR da PB (em % do total digerido) em 29%; 35% e 46% para rações com 8%, 16% e 24% de inclusão do RCF, respectivamente, em relação a ração com 0% de RCF.

A substituição da proteína proveniente do FSO pela do RCF reduziu em média 37% o CDR da PB, o que pode ter sido ocasionado pelo menor desaparecimento do N-NH₃ pela parede do rúmen para os animais que consumiram a ração com 24% de RCF. Esses resultados são confirmados pelos menores valores das frações A + B₁ (25,8% da PB) da proteína do RCF em relação ao FSO (35,2% da PB), o qual disponibiliza menos nitrogênio para a microbiota ruminal (Geron, 2006). Também foi observado que a concentração de N-NH₃ no líquido ruminal e eficiência microbiana foram 12% e 17%

menores, respectivamente, para os animais alimentados com a ração com 24% de RCF em relação aqueles alimentados com a ração com 0% de RCF (Figura 2 e Tabela 7).

A inclusão do RCF nas rações não alterou ($P > 0,05$) o CDR do EE. Entretanto, foi observado que a ração com 0% de RCF apresentou um CDR do EE 77% menor em relação a ração com 24% de RCF. Essa diferença no CDR do EE entre a ração com 0% e 24% de RCF pode ser devido ao aumento no teor de EE das rações verificado com a inclusão do RCF.

Os microrganismos do rúmen não são capazes de utilizar ácidos graxos como fonte de energia, desta forma valores próximos de zero para o CDR do EE como os observados no presente trabalho são esperados, concordando com pesquisas realizadas por Carvalho et al. (1997a) e Itavo et al. (2002) os quais obtiveram CDR do EE variando de 1,1% a 8,5%. Os ácidos graxos provenientes da lise dos triglicerídeos no rúmen são incorporados aos microrganismos ou absorvidos no intestino delgado, o que é confirmado pelos baixos valores de CDR do EE e altos valores de CDI do EE em % do total que chegou ao compartimento ou em % do total digerido.

Os valores médios do CDR da FDN e da FDA (% do total que chegou ao compartimento), respectivamente, ficaram dentro da variação média observada na literatura de 89,2% a 142,5% e de 90,2% a 95,3% para rações com 70% de volumoso (Carvalho et al., 1997a; Valadares et al., 1997a; Ladeira et al., 1999; Silva et al., 2002).

O consumo médio dos animais foi de 1,7% do PC o que propiciou provavelmente, uma baixa taxa de passagem de MS pelo rúmen. Desta maneira, o rúmen foi responsável praticamente por toda digestão da fibra das rações, isto é 97,7% do total digerido, como observado na Tabela 4.

A inclusão do RCF nas rações com exceção do CDI da MO e CHT, não influenciou ($P > 0,05$) o CDI da MS, PB, EE, CNF, FDN e FDA. O efeito linear

crescente ($P < 0,05$) observado para o CDI da MO em % do que chegou ao compartimento, provavelmente, pode ter sido influenciado pelo aumento percentual da digestibilidade intestinal dos demais nutrientes com a inclusão do RCF o que refletiu no aumento ($P < 0,05$) do CDI da MO. O aumento linear ($P < 0,05$) no CDI do CHT com a inclusão do RCF nas rações provavelmente foi influenciado pela maior digestibilidade desse nutriente no RCF o qual substituiu totalmente o farelo de soja e parcialmente a silagem de milho na ração com a maior inclusão do RCF.

O valor médio obtido para o CDI da PB das rações experimentais foi de 94,9% do total digerido e 60,9% do que chegou ao compartimento. Entretanto, observou-se que a maior inclusão do RCF (24%) propiciou CDI da PB 7% superior em relação à ração com 0% de RCF (em % do que chegou ao compartimento). Isto significa que ao substituir a proteína da silagem de milho e a do farelo de soja pela proteína do RCF com alto teor de PNDR (54,3% da PB) essa apresentou alta digestibilidade intestinal como observado por Geron (2006) nos estudos de CDI *in vitro* da PB de 72,5%.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos teores de inclusão do RCF sobre o CEB, CED, em $\text{kcal/kg}^{0,75}$, CDT da EB e NDT (Tabela 5). O valor médio de NDT de 69,5% estimado para as rações pelas equações propostas por Kearl (1982) para os diferentes alimentos (Tabela 2) foi próximo ao valor real médio de NDT de 70,4% para as rações (Tabela 5) obtido pelos dados de digestibilidade dos nutrientes (Sniffen et al., 1992).

Os teores de inclusão do RCF nas rações não influenciaram ($P > 0,05$) o pH do líquido ruminal (Figura 1). Contudo, o pH do líquido ruminal diferiu ($P < 0,05$) em relação ao tempo após a alimentação de forma quadrática para todas as rações experimentais, $\text{pH} = 6,7824 - 0,2157X + 0,0297X^2$, ($R^2 = 0,45$).

O valor médio de 6,5 observado para o pH do líquido ruminal, dos novilhos alimentados com as rações experimentais, foi considerado bom para digestão de

celulose pelos microrganismos do rúmen. O valor mínimo de pH ruminal observado não foi inferior a 6,2, pois a digestão da fibra pode ser prejudicada em pH inferior a 6,2 (McCarthy et al., 1989). Esse fato é confirmado pelo valor médio do CDR da FDN de 97,7% (do total digerido) que não diferiu entre as das rações experimentais.

Tabela 5. Consumos de energia bruta (CEB), energia digestível (CED), coeficiente de digestibilidade total (CDT) da energia bruta (EB) e valores dos nutrientes digestíveis totais (NDT) das rações experimentais

Table 5 - Gross energy (GEI), digestible energy intake (DEI), total digestibility coefficient (TDC) for gross energy (GE) and values total digestible nutrients (TDN) of rations

Variáveis Variables	Teores de inclusão do RCF nas rações FBG inclusion levels in ration				Regressão Regression	%CV %CV
	0%	8%	16%	24%		
	CEB (GEI) Kcal/kg ^{0,75}	328,2	333,8	341,0		
CED (DEI) Kcal/kg ^{0,75}	240,9	239,7	243,1	209,6	Y=233,3	11,1
CDT da EB % (TDC of GE %)	70,8	71,5	71,3	69,2	Y=70,7	2,3
NDT ¹ (% MS) TDN ¹ (% DM)	68,6	70,2	70,3	72,5	Y=70,4	3,0

NDT¹: obtido pela equação de Sniffen et al., (1992) onde $NDT = PBD + 2,25 EED + CHTD$ (PBD; proteína digestível; EED: extrato etéreo digestível e CHTD: carboidrato total digestível); CV: coeficiente de variação. RCF: resíduo de cervejaria fermentado. TDN¹: *estimated Sniffen et al., (1992): $TDN = DCP + 2,25xDEE + DTCH$ (DCP: digestible crude protein; DEE: digestible ether extract and TCH: digestible total carbohydrate); CV: coefficient variation. FBG: fermented brewers grain.*

Os valores de pH variaram em média de 6,2 (quatro horas após a alimentação) a 6,8 (zero horas ou antes da alimentação). Esses dados de pH ficaram dentro da variação observada na literatura de 6,2 a 7,0 em bovinos consumindo rações com RCU (Davis et al., 1983; West et al., 1994; Chiou et al., 1998). Entretanto, Cabral Filho (1999) observou que a inclusão do RCF diminuiu ($P < 0,05$) o valor de pH do líquido ruminal.

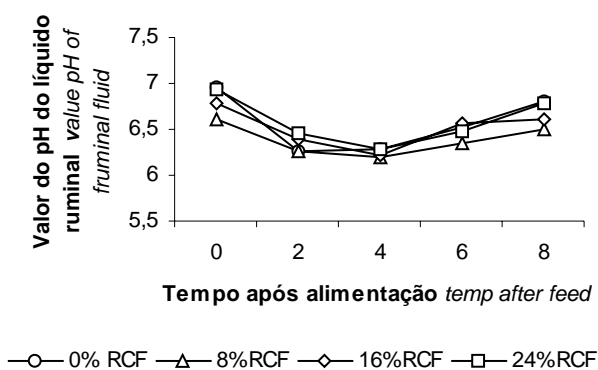


Figura 1. Valores observados do pH do líquido ruminal dos bovinos em função do tempo após a alimentação para as rações com a inclusão do RCF

Figura 1. pH values estimated of the ruminal fluid of bovines in function of time after the feeding to ration with FBG inclusion

O valor mínimo médio estimado para o pH ruminal foi de 6,3 as quatro virgula uma horas após a alimentação e o valor médio observado foi de 6,2. O menor valor de pH obtidos próximos a quatro horas após a alimentação está de acordo com os dados obtidos por Fregadolli et al (2001) o qual observou que o pH do rúmen alcança seu valor mais baixo de duas a seis horas após a ingestão do alimento.

Os teores de 0%; 8%; 16% e 24% do RCF nas rações não alteraram ($P > 0,05$) a concentração do N-NH₃ do líquido ruminal (Figura 2). Contudo, houve efeito ($P < 0,05$) quadrático para a concentração do N-NH₃ do líquido ruminal em função do tempo após alimentação, onde $N-NH_3 = 8,2847 + 1,2774X - 0,2079X^2$ ($R^2 = 0,57$).

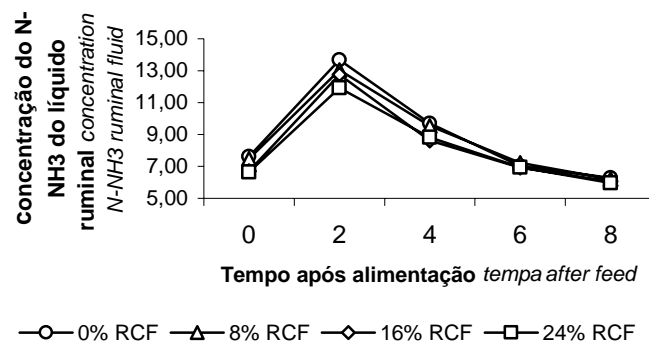


Figura 2. Valores observados da concentração do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) mg/100 mL do líquido ruminal de bovinos em função do tempo após a alimentação para as rações com 0%; 8%; 16% e 24% de inclusão de RCF

Figure 2. Values observed of the nitrogen amoniacal concentration (N-NH₃) mg/100 ml of the ruminal fluid in cattle in function of time after the feeding to rations with FBG inclusion of 0%; 8%; 16% e 24%

O maior valor observado de N-NH₃ do líquido ruminal foi de 13,7 mg/100 mL de líquido ruminal que ocorreu no tempo de duas horas após a alimentação, e a concentração mínima foi de 6,0 mg/100 mL de líquido ruminal que ocorreu às oito horas após a alimentação. A concentração média de 8,5 mg/ 100 mL do líquido ruminal do N-NH₃ ficou próxima a variação média de 11,1 a 21,6 mg/100 mL de líquido ruminal observada na literatura para bovinos alimentados com RCU (West et al., 1994; Chiu et al., 1998). Entretanto, Cabral Filho (1999) observou um aumento ($P < 0,05$) no valor de N-NH₃ do líquido ruminal de ovinos com a inclusão do RCF.

Mesmo sem diferença ($P > 0,05$) para a concentração do $N-NH_3$ do líquido ruminal entre as rações, foi observado uma maior concentração do $N-NH_3$ de 12% entre a ração com 0% de RCF (13,7 mg/100 mL de líquido ruminal) durante o pico de duas horas após a alimentação em relação à ração com 24% de RCF (12,0 mg/100 mL de líquido ruminal). Isto foi provavelmente reflexo da substituição da proteína proveniente do FSO (PNDR de 20,4% da PB) pela proteína do RCF (PNDR de 54,3% da PB) (Geron, 2006), o que pode ter contribuído para a variação observada na concentração de $N-NH_3$ do líquido ruminal das rações.

O valor médio do $N-NH_3$ do líquido ruminal de 8,5 mg/100 mL de líquido ruminal do presente trabalho manteve-se abaixo da faixa proposta por Mehrez et al. (1977) os quais afirmaram que a máxima atividade fermentativa ruminal é obtida quando o $N-NH_3$ alcança valores entre 19 e 23 mg/100 mL de líquido ruminal. Entretanto, o valor médio do $N-NH_3$ do líquido ruminal manteve-se acima da concentração obtida por Satter & Roffler (1975) que foi de 5 mg/100 mL de líquido ruminal, para que a mesma não limitasse o crescimento microbiano. Isto foi confirmado pela eficiência de síntese microbiana dos novilhos alimentados com teores de inclusão do RCF nas rações, com valor médio de 30,3 g de N-Mic/kg MOADR (Tabela 7).

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos teores de RCF nas rações sobre a composição química das bactérias ruminais isoladas (Tabela 6). O teor médio de 95,0% de MS observado para as bactérias ruminais isoladas, ficou dentro da variação de 85,5% a 97,3% observada na literatura (Carvalho et al., 1997b; Valadares Filho et al., 1997b; Fregadolli et al., 2001; Guimarães et al., 2001).

A média obtida para o teor de MO das bactérias ruminais isoladas foi de 71,1% na MS, sendo que esse valor ficou abaixo da variação média de 84,5% a 94,2% na MS observada na literatura (Valadares Filho, 1995; Fregadolli et al., 2001; Guimarães et al.,

2001). Como o teor de MS das bactérias ruminais isoladas ficou dentro da variação observada na literatura, provavelmente a solução salina utilizada no processo de isolamento das bactérias pode ter aumentado o teor de matéria mineral (MM), e conseqüentemente, ter diminuído o teor de MO das bactérias (Valadares Filho, 1995).

Tabela 6. Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), nitrogênio total (NT) e RNA das bactérias ruminais isoladas
 Table. 6 Value of dry matter (DM), organic matter (OM), mineral matter (ash), total nitrogen (TN) and (RNA) of isolated ruminal bacteria

Variáveis Variables	Teores de inclusão da RCF nas rações FBG inclusion levels in rations				Equação equation	% CV %CV
	0%	8%	16%	24%		
MS (DM)	94,5	95,3	95,1	94,9	Y=95,0	2,1
MO (OM)	70,7	70,9	71,0	71,7	Y=71,1	4,6
MM (Ash)	29,3	29,1	29,0	28,4	Y=28,9	11,3
NT % (MS) TN % (DM)	5,1	4,9	4,8	4,8	Y=4,9	5,9
NT % (MO) TN % (OM)	6,8	6,6	6,4	6,3	Y=6,6	6,9
RNA (mg/g)	0,2	0,2	0,2	0,2	Y=0,2	6,3

Os valores médios dos teores de nitrogênio total (NT) das bactérias ruminais isoladas foi de 4,9% na MS e de 6,6% na MO. Esses valores de NT das bactérias ruminais isoladas estão próximos aos observados na literatura de 5,2 a 5,9% na MS e 6,0 a 7,0% na MO (Valadares Filho, 1995; Guimarães et al., 2001; Fregadolli et al., 2001). O valor médio do RNA das bactérias ruminais isoladas foi de 0,2 mg/g, este valor ficou dentro da variação de 0,1 a 0,3 mg/g de RNA observada na literatura (Carvalho et al., 1997b; Dias et al., 2000; Fregadolli et al., 2001).

O consumo de N não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos teores de inclusão do RCF nas rações (Tabela 7), entretanto, a ração com 24% de RCF apresentou consumo de N 28% inferior em ralação a ração com 0% do RCF, que também refletiu no fluxo duodenal de N 27% inferior, embora sem diferença significativa.

Não houve diferença ($P > 0,05$) para o fluxo duodenal de N bacteriano e não bactéria em % do fluxo duodenal de N, com a inclusão do RCF nas rações (Tabela 7). Porém, verificou-se um aumento de 8% no fluxo duodenal de N não bacteriano para a

ração com 24% de RCF em relação a ração com 0% de RCF, essa variação pode ser devido ao maior teor de PNDR da ração com o maior teor de RCF.

Tabela 7. Consumo de nitrogênio (N), fluxo duodenal de N, de N microbiano, de N não microbiano, valores de matéria orgânica aparentemente degradável no rúmen (MOADR) e matéria orgânica verdadeiramente degradável no rúmen (MOVDR) e eficiência de síntese microbiana aparente e verdadeira

Table 7. Nitrogen (N) intake, duodenal flows of N; DF of microbial N, DF of microbial no N, OM apparent and truly ruminal degradable, and truly microbial synthesis

Variáveis Variables	Teores de inclusão do RCF nas rações FBG inclusion levels in ration				Equação Equation	% CV %CV
	0%	8%	16%	24%		
Consumo N (g/dia) <i>N intake (g/day)</i>	150,5	143,2	131,3	108,3	Y= 133,3	14,0
Fluxo duodenal Duodenal Flows						
N (g/dia) <i>N (g/day)</i>	143,9	138,7	127,6	105,6	Y= 143,6	13,7
N bacteriano (% FD N) <i>microbial N (% DF of N)</i>	79,0	78,7	78,0	77,2	Y= 78,2	8,3
N não bacteriano bacteriano (% FD de N) <i>no microbial of N (% DF of N)</i>	21,1	21,3	22,0	22,8	Y= 21,8	29,8
MOADR ¹ (g/dia) <i>AOMRD (g/day)</i>	3.460,8	3.394,2	3.439,4	2.986,1	Y=3320,1	10,3
MOADR (% do ingerido) <i>AOMRD (% of intake)</i>	42,8	42,9	43,1	43,9	Y= 43,2	2,8
MOVDR ² (g/dia) <i>TOMRD (g/day)</i>	5.043,6	4.972,5	4.908,6	4.222,1	Y=4.786,7	12,9
MOVDR (% do ingerido) <i>TOMRD (% of intake)</i>	62,2	62,8	61,6	62,0	Y= 62,2	5,1
Eficiência de síntese microbiana <i>Truly Microbial synthesis</i>						
gN-Mic/kg MOADR	32,8	32,1	29,1	27,3	Y=30,3	9,2
gN-Mic/kg MOVDR	22,5	21,9	20,4	19,2	Y=20,9	6,7

X é o teor de inclusão do resíduo de cervejaria fermentado (RCF); X is fermented brewers grains (FBG) inclusion levels.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos teores de inclusão do RCF nas rações sobre a MOADR, MOVDR e eficiência de síntese microbiana. Os valores obtidos para a MOADR em % do total ingerido ficaram dentro da variação observada na literatura de 40,3 a 50,0% (Ludden & Cecava, 1995; Fregadolli et al., 2001).

A eficiência de síntese microbiana em gN-Mic/kg MOADR foi 17% maior para a ração com 0% do RCF em relação a ração com 24% do RCF. Essa diferença da eficiência de síntese microbiana pode ter sido influenciada pelas características da fonte protéica do RCF que refletiu na PB da ração, com menor teor de PDR, o que resultou

em menor concentração ruminal de N-NH₃ e menor digestibilidade ruminal da PB. Embora todas essas variações medidas não diferiram (P > 0,05) verificou-se que as diferenças percentuais são justificáveis.

O valor médio da eficiência de síntese microbiana em gN-Mic/kg MOADR, ficou dentro da faixa de variação observada na literatura de 29,3 a 37,9 gN-Mic/kg MOADR (Carvalho et al., 1997b; Dias et al., 2000; Guimarães et al., 2001). O ARC (1984) considera um valor aceitável de eficiência de síntese microbiana em ruminantes de 32,0 gN-Mic/kg MOADR. A eficiência de síntese microbiana em gN-Mic/kg MOVDR apresentou comportamento similar a síntese microbiana gN-Mic/kg MOADR e ficou dentro da variação observada na literatura de 20,8 a 33,1 gN-Mic/kg MOVDR (Guimarães et al., 2001; Fregadolli et al., 2001).

Conclusões

A inclusão do resíduo de cervejaria fermentado nas rações até 24% não alterou o processo de digestão dos nutrientes e de fermentação ruminal, o qual pode ser utilizado nas rações de ruminantes.

Literatura Citada

- ARC. **In the Nutrients Requirements of ruminants Livestock**, CAB London, 1984.
- BELIBSAKIS, 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 Technology**, n.57, p.175-181, 1996.
- BOVOLENTA, S.; PIASANTIER, E.; PERESSON, C. et al. The utilization of diets containing increasing levels of dried brewers' grains by growing lambs. **Animal Science**, v.66, p.689-695, 1998.
- BURGI, R. Uso de resíduos agrícolas de agro-industriais na alimentação de bovinos. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2000. Goiânia. **Anais...**, Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2000. p.153-162.
- CABRAL FILHO, S.L.S. **Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas**. Piracicaba, 1999. 68p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

- CARDOSO, R.M.; SILVA, J.F.C.; MOTTA, V.A. et al. Produção de leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo suplementada com polpa úmida de cevada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v11, n.1, p.38-45, 1982.
- CARVALHO, R.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Níveis de concentrado em dietas de zebuínos. 2. coeficiente de digestibilidade aparentes parciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.996-1006, 1997a.
- CARVALHO, R.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Níveis de concentrado em dietas de zebuínos. 3- Eficiência microbiana e população de protozoários ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.1007-1015, 1997b.
- CECAVA, M.J.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, n.9, p.2480-2488, 1990.
- 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.
- 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, n.1, p.73-79, 1983.
- DIAS, H.L.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Eficiência de síntese microbiana, pH e concentração ruminal de amônia em novilhos F₁ Limousin x Nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.555-563, 2000.
- FREGADOLLI, F.L.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Efeitos das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidades ruminais. 2. pH, concentração de amônia no líquido ruminal e eficiência de síntese microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.870-879, 2001.
- GERON, L.J.V. **Utilização do resíduo de cervejaria fermentado na alimentação de ruminantes**. Maringá, 2006. 106p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá (UEM), 2006.
- GOMES, B.V. **Influência das características químicas e físicas das forragens sobre o consumo, degradação e cinética da digesta ruminal**. Viçosa, MG: UFV, 1991. Tese (Doutorado em Zootecnia).- Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- GUIMARÃES, K.C.; BRANCO, A.F.; ZEOULA, L.Z. et al. Efeito do período experimental sobre a fermentação e eficiência de síntese microbiana em bovinos alimentados com dietas com dois níveis de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.880-887, 2001.
- HOOVER, WH.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and protein for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3360-3371, 1991.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Consumo e digestibilidade aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3 (supl. 1), p.1543-1552, 2002.

- JOHNSON, C.O.L.E.; HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of wet brewer's grains in diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n.1, p. 98-107, 1987.
- KEARL, L.C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. Logan, UT, International Feedstuffs Institute, 1982. 381p.
- LADEIRA, M.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Consumo e digestibilidade aparentes totais e parciais de dietas contendo diferentes níveis de concentrado, em novilhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.395-403, 1999.
- LIMA, M.L. **Resíduo de cervejaria úmido: formas de conservação e efeitos sobre parâmetros ruminais**. Piracicaba, 1993. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
- LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J. Supplemental protein sources for steers fed corn based diets: 1 Ruminant characteristics and intestinal amino acid flows. **Journal of Animal Science**, v.73, n.5, p.1466-1475, 1995.
- MCCARTHY, R.D.; KLUSMEYER, J.R.; CLARK, T.H. et al. Effect of source of protein and carbohydrate on rumen fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. **Journal of Animal Science**, v.62, p.216-225, 1989.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**. v.38, n.3, p.437-443, 1977.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient Requirement of Beef Cattle**. 7ed. Washington D.C. National Academic Press, 1996. 242p.
- ROGERS, J.A.; CONRAD, H.R.; DEHORITY, B.A. et al. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewer's grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.745-753, 1986.
- SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. 1. Development of a model for predicting nonprotein nitrogen utilization by cattle. **Journal of Dairy Science**, v.58, n.12, p.1880-1888, 1975.
- 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.
- SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba, SP, Livroceres.1979. 380p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 2ª ed., Viçosa, MG: UFV. 2002, 178p.
- SILVA, L.D.F.; EZEQUIEL, J.M.B.; AZEVEDO, P.S. et al. Digestão total e parcial de alguns componentes de dietas contendo diferentes níveis de casca de soja e fontes de nitrogênio, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1258-1268, 2002.
- TIBO, G.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Níveis de concentrado em dietas de novilhos mestiços F1 Simental x Nelore. 2- Balanço nitrogenado,

- eficiência microbiana e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.921-929, 2000.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Viçosa: UFV. 150p. 1997. (Manual do usuário).
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. **Reprod. Nutr. Dev.**, v.25, p.1037-1045, 1985.
- VALADARES, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGENCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, **Anais...** Viçosa, Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.355-388.
- VALADARES, R.F.D.; GOLÇALVES, L.C.; RODRIGUES, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 1. Consumo e digestibilidade aparentes totais e parciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1252-1258. 1997a.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; SAMPAIO, I.B. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos; 3pH, amônia e eficiência microbiana, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1264-1269, 1997b.
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A.. Symposium: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.12, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed., London: Constock Publishing Associates. 1994. 476p.
- VIEIRA, H.W. **Digestão parcial e total da proteína em diferentes grupos genéticos de bovídeos**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 250p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. 1984
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. **Journal of Animal Science**, v.2, p.1-10, 1999.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactin dairy cows during hot, umid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994.

Consumo e Coeficiente de Digestibilidade Total dos Nutrientes, Produção e Qualidade do Leite de Vacas Leiteiras Alimentadas com Resíduo de Cervejaria Fermentado nas Rações

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de inclusão de 0%; 5%; 10% e 15% do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) nas rações de vacas leiteiras sobre o consumo e coeficiente de digestibilidade total (CDT) dos nutrientes, produção e qualidade do leite. Foram utilizadas vinte e oito vacas da raça Holandesa, de 101 ± 21 dias de lactação, com peso corporal médio de 612 ± 110 kg, alimentadas com silagem de milho, silagem pré-secada de azevém e RCF. O fornecimento diário das rações foi realizado duas vezes ao dia, logo após as ordenhas. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com sete animais para cada teor de inclusão do RCF. Os dados de consumo e CDT dos nutrientes, produção e qualidade do leite foram submetidos a análise de variância, considerando 5% de probabilidade e os teores de inclusão do RCF nas rações foram submetidas a análises de regressão. O consumo de matéria seca (MS) dos animais foi *ad libitum*. Os teores de RCF nas rações não alteram ($P > 0,05$) o consumo dos nutrientes. Com exceção dos CDT da matéria orgânica (MO), carboidratos totais (CHT), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), os CDT da MS, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com os teores de inclusão do RCF nas rações. Os teores de inclusão do RCF nas rações não influenciaram ($P > 0,05$) a produção e qualidade do leite. A inclusão do RCF nas rações alterou de forma linear crescente ($P < 0,05$) a concentração de ácidos graxos (AG) saturados e o inverso foi observado para os AG insaturados. Conclui-se que o RCF pode ser incluído até 15% nas rações de vacas leiteiras sem alterar a produção e qualidade do leite.

Palavras chave: ácidos graxos, gordura do leite, proteína não degradável no rúmen, resíduo de cervejaria úmido

Intake and the Nutrients Total Digestibility Coefficient, Production and Milk Quality of Dairy Cows Fed with Fermented Brewers Grain in Diets

Abstract - The objective of this work was to evaluate the rations with fermented brewers grain (FBG) inclusion level of 0%; 5%; 10% and 15% in dairy cows on the intake, the nutrients total digestibility coefficient (TDC), production and milk quality. Twenty eight Holstein cows were used, with 100 ± 21 days of lactating, and average body weight (BW) of 612 ± 110 kg, fed with corn silage, pre-dried ryegrass silage and FBG. The rations were offered twice a day, after the milking. The experimental design was totally casualized with seven animals. The data of the nutrients intake and TDC, production and milk quality were submitted to the variance analysis considering 5% of significance and the FBG inclusion levels were submitted the regression analysis. The animals DM intake was *ad libitum*. The FBG inclusion levels in rations did not influence ($P > 0.05$) the nutrients intake. The TDC of the dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE) presented a linear increase ($P < 0.05$) with the FBG inclusion level increase in rations. There was not difference ($P > 0.05$) at TDC of organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in relation to FBG inclusion levels. Inclusion of FBG in rations did not influence ($P > 0.05$) the production and milk quality. The FBG inclusion in rations increased linearly ($P < 0.05$) the saturated fatty acid (FA) concentration and the opposite was observed to unsaturated FA. Thus the WBF can be included until 15% in dairy cows rations without changed the production and milk quality.

Key-words: fatty acid, milk fat, wet brewers grain, rumen undegradable protein

Introdução

Para utilizar um determinado subproduto agroindustrial na alimentação animal, deve-se obter informações sobre sua composição química e seu valor nutritivo, além de considerar até que teor este pode ser incorporado à ração, assim como possíveis problemas relacionados a sua manipulação, transporte e armazenamento.

O RCU compõe-se das glumas do malte prensado e de compostos que não chegaram a solubilizar-se durante o processo de fabricação da cerveja (quantidades variáveis de amido e proteína) além de raízes de malte em quantidades variadas (Pereira et al., 1999).

Apesar de suas qualidades nutricionais, o RCU apresenta problemas relacionados ao seu alto conteúdo em umidade variando de 70,0 a 90,6% (Cardoso et al., 1982; Clark et al., 1987; West et al., 1994;), o que influi negativamente no transporte e armazenamento; portanto, as alternativas para a sua conservação seriam os processos de ensilagem e de secagem, conforme mencionado por Polan et al. (1985).

Existem algumas pesquisas com a utilização do resíduo de cervejaria desidratado – RCD (López & Pascual, 1981; Abasiekong, 1991; Bovolenta et al., 1998), mas para se chegar a este produto ocorre o processo de secagem ou desidratação, agregando custos para o produtor. Deste modo, uma alternativa para a redução do custo seria a utilização do processo de fermentação anaeróbia.

Pesquisa realizada por Johnson et al. (1987) com estocagem e utilização do RCU em dietas de vacas leiteiras, demonstrou redução no consumo de MS ($P < 0,05$) de animais alimentados com RCF. Entretanto, West et al. (1994) incluíram o RCU na dieta de vacas leiteiras e não obtiveram diferenças no consumo de MS das rações experimentais.

Uma maior produção de leite ($P < 0,05$) foi obtida por Belibasakis & Tsirgogianni (1996) e Chiou et al. (1998), com adição de RCU na dieta de vacas em lactação. Os autores sugeriram que o RCU apresentou-se como uma fonte de proteína de melhor qualidade propiciando aumento na produção de leite. Entretanto, Jonhson et al. (1987) e West et al. (1994) não observaram aumento na produção de leite de vacas alimentadas com RCF e RCU na dieta, respectivamente, e sugeriram que o menor consumo de MS das rações poderia estar mantendo a produção de leite similar entre os tratamentos.

O RCF é um alimento com alto teor de ácidos graxos (AG) poliinsaturados em % da gordura total, principalmente o ácido linoléico e oléico (Fernandes, 2004). Os AG de cadeia longa do leite são provenientes diretamente da alimentação ou das reservas no organismo. Os AG de cadeia curta ($C_{4:0}$ – $C_{10:0}$) e média ($C_{12:0}$ – $C_{16:0}$) são sintetizados na própria glândula mamária a partir do acetato e β -hidroxibutirato (Chilliard et al., 2000), ácidos produzidos na fermentação ruminal dos carboidratos estruturais.

Outro agrupamento de AG comuns no leite é o de cadeia ímpar e de cadeia ramificada (ácido pentadecílico - $C_{15:0}$ e margárico - $C_{17:0}$). Esses ácidos são oriundos, principalmente, dos microrganismos ruminais, que os sintetizam após modificações biossintéticas dos lipídeos dietéticos (Fernandes, 2004). Os ácidos de 15 átomos de carbono, e de cadeia linear, predominam entre esses lipídeos (Van Soest, 1994).

O RCF é um subproduto que pode ser utilizado na alimentação animal, o que torna importante a sua avaliação nutricional. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a inclusão do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) nas rações de vacas leiteiras sobre o consumo e coeficiente de digestibilidade total (CDT) dos nutrientes, produção e qualidade do leite e perfil de ácidos graxos da gordura do leite.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na fazenda Morro dos Ventos, localizada no município de Carambeí – PR. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia pertencente à Universidade Estadual de Maringá, e no Centro de Tecnologia para o Gerenciamento da Pecuária de Leite (Clínica do Leite – ESALq – USP, Piracicaba).

Foram utilizadas 28 vacas da raça Holandesa, multíparas, com média de 101 ± 21 dias de lactação, com peso corporal médio de 612 ± 110 kg, mantidas confinadas em sistema “Free-Stall” distribuídos em grupos de sete animais por tratamento. Estes animais foram distribuídos uniformemente de acordo com a ordem de parto, dias em lactação e produção de leite (média de $28,2 \pm 5,6$ kg/dia).

O resíduo de cervejaria úmido (RCU) foi obtido da indústria de cerveja localizada no município de Ponta Grossa - PR. Este material foi transportado por caminhões até a fazenda Morro dos Ventos. O RCU foi acondicionado em silo tipo trincheira (45 toneladas) para conservação e produção do resíduo de cervejaria fermentado (RCF). As dimensões do silo foram de 12 metros de comprimento, 4 metros de largura e 1,5 metros de altura. O silo foi coberto com uma lona plástica, a parte frontal deste foi fechada com tábuas. Foi colocada uma pequena camada de silagem de milho sob o RCU e na parte frontal do silo para evitar a perda de efluentes. O material não sofreu nenhuma compactação adicional devido ao seu alto teor de umidade (75,45%).

Os alimentos utilizados para formulação das rações experimentais foram silagem de azevém (SAZ), silagem de milho (SMI) e resíduo de cervejaria fermentado (RCF) e dois concentrados comerciais, normalmente utilizados na propriedade, com 15% e 18% de PB e 70% de NDT segundo o fabricante. Foram formuladas quatro rações com inclusão de 0%; 5%; 10% e 15% do RCF na ração total. A relação,

concentrado:volumoso foi de 55:45. A composição química dos alimentos está demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química da silagem de azevém (SAZ), silagem de milho (SMI), resíduo de cervejaria fermentado (RCF), concentrado® com 15% de PB (COQ®) e concentrado® com 18% PB (COD®) expresso em %MS

Table 1. Chemical composition of the ryegrass silage (AZS), corn silage (COS), fermented brewers grain (FBG), concentrate ® 15%CP (COF®) and 18% CP (COE®) express % DM

Variáveis <i>Variables</i>	Alimentos Feeds				
	SAZ (AZS)	SMI (COS)	RCF (WBGF)	COQ® COF®	COD® COE®
Matéria seca <i>dry matter</i>	55,31	29,82	24,55	93,15	93,38
Matéria orgânica <i>organic matter</i>	92,68	96,87	97,64	92,65	91,47
Proteína bruta <i>Crude protein</i>	14,39	8,06	33,34	16,57	18,85
Extrato etéreo <i>Ether extract</i>	2,80	2,63	8,04	3,30	3,58
Carboidrato total <i>Total carbohydrate</i>	75,48	86,18	56,26	72,78	69,04
Carboidrato não estrutural <i>Nonstructural carbohydrate</i>	21,22	36,59	13,48	47,63	44,83
Fibra em detergente neutro <i>Neutral detergent fiber</i>	61,82	53,77	55,17	27,93	26,77
Fibra em detergente ácido <i>Acid detergent fiber</i>	32,62	27,31	24,45	9,56	9,36
Lignina <i>Lignina</i>	6,12	4,43	4,57	3,34	3,64
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro* <i>neutral detergent insoluble nitrogen*</i>	36,05	27,18	37,13	11,47	9,37
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido* <i>acid detergent insoluble nitrogen*</i>	11,10	18,42	16,59	4,89	3,57
Cinza insolúvel em ácido <i>Acid insoluble ash</i>	2,34	1,95	1,51	1,27	1,26
Cálcio <i>Calcium</i>	0,40	0,32	0,48	1,95	1,95
Fósforo <i>Phosphorus</i>	0,86	0,30	0,74	1,02	0,99
Nutrientes digestíveis totais (NDT) ¹ <i>Totais digestible nutrientes (TDN)¹</i>	61,70	67,12	82,04	76,25	75,29

* nutrientes expressos em % do nitrogênio total. NDT¹ estimado pelas equações de Kearn (1982) para alimentos volumosos e energéticos:

* *nutrients express in % of total nutrients. TDN estimated at by Kearn (1982), equation to forage and energetic feeds.*

As rações foram formuladas de acordo com o NRC (2001) para que apresentassem valores de 15% de PB (isoprotéicas) e 70% de NDT (isoenergéticas). As composições percentual e química das rações experimentais estão demonstradas na Tabela 2.

Antes de iniciar o período experimental foi realizada a mensuração do peso corporal dos animais de acordo com a metodologia indicada pela Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), com o intuito de calcular o teor de ingestão de matéria seca e o peso corporal em quilograma metabólico

(kg^{0,75}). O peso corporal das vacas foi mensurado antes da alimentação da manhã, com fita métrica própria, elaborada pela APCBRH.

Tabela 2. Composição percentual e química das rações experimentais (% na MS)¹
 Table 2. Perceptual and chemical composition of experimental rations (% dry matter DMr)¹

Alimentos <i>Feeds</i>	Composição percentual das rações experimentais			
	<i>Perceptual composition of rations</i>			
	Teores de inclusão do RCF nas rações			
	<i>FBG inclusion levels in rations</i>			
	0%	5%	10%	15%
Silagem de azevém <i>Ryegrass silage</i>	20	5	9	0
Silagem de milho <i>Corn silage</i>	25	35	26	35
Resíduo de cervejaria fermentado <i>Brewers grain fermented</i>	0	5	10	15
Concentrado ® 15% PB <i>Concentrate</i> ® 15%CP	0	0	55	50
Concentrado ® 18% PB <i>Concentrate</i> ® 18%CP	55	55	0	0
Total	100	100	100	100
Variáveis <i>Variables</i>	Composição química das rações experimentais			
	<i>Chemical composition of rations</i>			
Matéria seca (MS) <i>Dry matter</i>	69,88	65,79	66,39	60,67
Matéria orgânica (MO) ¹ <i>Organic matter</i> ¹	93,06	93,73	94,25	94,88
Proteína bruta (PB) ¹ <i>Crude protein</i> ¹	15,26	15,57	15,84	16,11
Extrato etéreo (EE) ¹ <i>Ether extract</i> ¹	3,19	3,43	3,56	3,78
Carboidratos totais (CHT) ¹ <i>Total carbohydrate</i> ¹	74,61	74,72	74,85	74,99
Carboidratos não estruturais (CNE) ¹ <i>nonstructural carbohydrate</i> ¹	38,05	39,20	38,97	38,64
Fibra em detergente neutro (FDN) ¹ <i>Neutral detergent fiber</i> ¹	40,53	39,39	40,42	41,06
Fibra em detergente ácido (FDA) ¹ <i>Acid detergent fiber</i> ¹	18,50	17,56	17,74	18,00
Lignina ¹ <i>lignina</i>	4,34	4,09	4,00	3,91
NIDN (% N total) <i>NDIN (% total N)</i>	16,75	16,80	20,96	22,19
NIDA (% N total) <i>ADIN (%total N)</i>	6,95	8,00	9,65	10,89
Cinzas insolúvel em ácido (CIA) ¹ <i>Acid insoluble ash</i> ¹	1,65	1,57	1,57	1,55
Cálcio (Ca) ¹ <i>calcium</i> ¹	1,23	1,23	1,24	1,16
Fósforo (P) ¹ <i>phosphors</i>	0,79	0,73	0,79	0,73
Nutrientes digestíveis totais (NDT) ¹ <i>Total digestible nutrients (TDN)</i> ¹	70,53	72,09	73,14	73,92

O fornecimento da alimentação foi realizado para os grupos de sete animais, duas vezes ao dia às 8 e às 20 horas, imediatamente após as ordenhas da manhã e da noite. O fornecimento da alimentação foi *ad libitum*, de forma que ocorresse sempre 10% de

sobras as quais foram pesadas diariamente. Os animais tiveram livre acesso a uma área com sombra, permitindo-se ingestão *ad libitum* da mistura mineral completa.

O período experimental utilizado para a determinação da produção de leite foi de 90 dias com início no dia 02/04/2004 e término no dia 01/07/2004. Foram coletadas amostras de leite no dia 17/04/2004 e 16/06/2004 para a determinação de suas características físico-químicas.

Para o ensaio de digestibilidade, utilizou-se 15 dias de adaptação e cinco dias de coleta, sendo a coleta de fezes realizada após a ordenha da manhã, 8 horas, e antes da ordenha da noite, 20 horas. Durante o período de coleta foram realizadas amostragens dos alimentos, das fezes e das sobras, sendo este último pesado, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -20°C para posterior análise.

Após secagem em estufa de ventilação forçada (55°C por 72 h), as amostras de fezes foram processadas em moinho do tipo Willey (peneira com crivos de 1 mm) e compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal/ração (0%; 5%; 10% e 15% de RCF), e armazenadas em frascos de polietileno para posterior análise.

As amostras dos alimentos (SAZ, SMI, RCF e concentrados®), sobras e fezes foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) segundo recomendações de Silva & Queiroz (2002) e a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo metodologia descrita por Van Soest et al. (1991).

A determinação dos valores de carboidratos totais (CHT) e carboidratos não estruturais (CNE) dos alimentos foram obtidos pelas equações propostas por Sniffen et al. (1992). Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos a partir do coeficiente de digestibilidade da energia bruta. O valor de NDT dos alimentos foi estimado pelas

equações de Kearn (1982), para alimentos volumosos e silagem, energéticos e protéicos. O valor de NDT das rações foi obtido pela equação de Sniffen et al. (1992).

Para determinação dos fluxos diários de matéria seca fecal foi utilizado como indicador interno a cinza insolúvel em ácido (CIA) de acordo com a metodologia descrita por Van Keulen & Young (1977).

O coeficiente de digestibilidade total (CDT) dos nutrientes foi calculado de acordo com a fórmula descrita por Silva & Leão (1979). Como os animais foram alojados em baias coletivas, em grupos de sete animais/ração, o consumo de MS em kg/dia foi estimado pela média do grupo.

O controle leiteiro diário foi realizado durante os 90 dias do período experimental, na ordenha às 8 h e 20 h. Para a análise da composição e qualidade do leite, foram coletados amostras no décimo quinto (15°) e septuagésimo quinto (75°) dia do período experimental, sendo que estas foram acondicionadas em recipientes com conservante Bromopol, (2-bromo-2-nitro-1,3-propanediol).

As análises de gordura, proteína bruta, lactose, sólidos totais, uréia e contagem de células somáticas (CCS) foram realizadas no Centro de Tecnologia para o Gerenciamento da Pecuária de Leite (Clínica do Leite – ESALq – USP, Piracicaba).

A determinação dos teores de gordura, proteína bruta, lactose e sólidos totais do leite foram obtidos por meio de um analisador infravermelho - Bentley 2000. Para a determinação das análises de uréia do leite, foi utilizado o método enzimático e colorimétrico (ChemSpec 150 da Bentley Instruments).

A CCS foi executada por um contador eletrônico (Somacount 500), onde os núcleos das células foram corados e expostos ao raio laser, refletindo luz vermelho (fluorescência). Os sinais foram transformados em impulsos elétricos detectados por um

fotomultiplicador e transformados em contagens cujos resultados foram visualizados no equipamento e impressos, sendo transcritos para os relatórios.

Também foi determinada a acidez e a densidade do leite, após a ordenha, utilizando-se a solução Dornik e um termolactodensímetro, respectivamente, (AOAC, 1984). A análise dos ácidos graxos (AG) da gordura do leite das vacas alimentadas com teores de RCF nas rações foi realizada em cromatógrafo a gás. Inicialmente foi realizada extração dos lipídios totais pelo método Bligh & Dyer (1959); e em seguida os lipídeos foram saponificados, esterificados e metilados de acordo com os procedimentos descritos por Hartman & Lago (1973). Depois foi realizada a determinação do perfil de AG em cromatógrafo a gás.

A determinação da eficiência alimentar foi calculada para cada vaca, dividindo-se a produção média de leite pela ingestão média de MS (Valadares Filho et al., 2000). Da mesma forma, procedeu-se o cálculo para a eficiência de utilização de nitrogênio (N), dividindo-se o N total médio do leite pela ingestão média de N total da ração (Broderick, 2003).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com sete animais por teor de inclusão do RCF (0%; 5%; 10% e 15%) nas rações. Os dados de consumo (% do peso corporal e $\text{g/kg}^{0,75}$), coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, produção e qualidade de leite foram interpretados utilizando-se análise de variância com 5% de probabilidade (UFV, 1997) e as diferenças obtida para os teores de inclusão do RCF foram submetidos à análise de regressão.

O modelo utilizado foi: $Y_{ijkl} = \mu + OP_i + DL_j + PL_k + T_l + e_{ijkl}$;

Onde: Y_{ijkl} = observação do efeito do teor de inclusão do RCF na OP_i , DL_j e PL_k ;
 μ é a média geral; OP_i é ordem de parto, $i = 1, 2, 3$ e 4 ; DL_j é dias de lactação, $j = 1$ (≤ 90), 2 (91 a 100), 3 (101 a 111) e 4 (≥ 112); PL_k é produção de leite, $k = 1$ ($\leq 25,3$), 2

(25,4 a 28,2), 3 (28,3 a 31,0) e 4 ($\geq 31,1$); T_1 é o teor de inclusão do RCF, 1 = 0%; 5%; 10% e 15%; e e_{ijkl} é o erro experimental, associado a cada observação.

O custo operacional da silagem de azevém e milho foi calculado com dados de insumos e custos de mecanização obtido da circular informativo da Fundação ABC (2003). Ressalta-se que todos os valores foram tomados na época (2004) e no local (Carambeí – PR) em que se conduziu este experimento.

Resultados e Discussão

O consumo dos nutrientes pode ser observado na Tabela 3. Não houve efeito ($P > 0,05$) da inclusão de 0%; 5%; 10% e 15% do RCF nas rações sobre o consumo de MS, MO, PB, EE, CHT, FDN e FDA. Do mesmo modo, West et al. (1994); Belibasakis & Tsirgogianni (1996) e Chou et al. (1998) utilizaram a inclusão de 30%; 16% e 10% do RCU, respectivamente, em rações para vacas lactantes e também não observaram efeito da inclusão do RCU sobre o consumo de MS. Ainda esses mesmos autores observaram variações de 1% a 4% no consumo de MS nas rações com inclusão de até 30% RCU e sugeriram que essa variação poderiam ocorrer devido ao elevado teor de umidade das rações com RCU.

Entretanto, Jonhson et al. (1987) utilizando a inclusão de 25% do RCU ou do RCF em rações com 15% de PB para vacas lactantes, observaram uma diminuição ($P < 0,05$) no consumo de MS para as vacas alimentadas com RCF e justificaram que esta diminuição no consumo de MS poderia ser devido ao maior teor de NIDN (10,6% do N total) na ração com RCF em relação à ração com RCU (8,7% do N total), o qual diminuiu o nitrogênio solúvel em água. Entretanto, este efeito do teor de NIDN sobre o consumo não foi observado no presente trabalho, mesmo com uma diferença de 24,5% no teor de NIDN entre a ração com 0% e 24% de RCF e também não foi observado

efeito significativo do teor de MS, mesmo com uma variação em torno de 10% entre as rações sobre o consumo de MS.

Tabela 3. Consumo médio diário de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato estéreo (EE), carboidratos totais (CHT), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das rações experimentais

Table 3. Dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF) acid detergent fiber(ADF) and total carbohydrate (TCH) intake at experimental rations

Variáveis <i>Variables</i>	Teores de inclusão do RCF nas rações <i>FBG inclusion levels in rations</i>				Regressão <i>Regression</i>	CV% <i>CV%</i>
	0%	5%	10%	15%		
Consumo de MS (Dry matter intake)						
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,7}	174,4	168,0	170,6	167,2	Y=170,1	8,4
% PC % BW	3,5	3,4	3,5	3,4	Y=3,5	10,9
kg/dia kg/day	21,0	20,6	20,4	20,9	-	-
Consumo de MO (organic matter intake)						
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	162,3	157,4	160,9	158,9	Y=159,9	8,0
% PC % BW	3,3	3,2	3,3	3,2	Y=3,3	10,2
kg/dia kg/day	19,6	19,3	19,3	19,8	-	-
Consumo de PB (Crude protein intake)						
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	27,3	26,0	26,8	26,6	Y=26,7	8,0
% PC % BW	0,6	0,5	0,5	0,5	Y=0,5	10,5
kg/dia kg/day	3,3	3,2	3,2	3,3	-	-
Consumo de EE (ethereal extract intake)						
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	5,7	5,7	6,0	6,2	Y=5,9	8,4
% PC % BW	0,1	0,1	0,1	0,1	Y=0,1	11,0
kg/dia kg/day	0,7	0,7	0,7	0,8	-	-
Consumo de CHT (Total carbohydrate intake)						
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	129,3	124,5	128,2	126,2	Y=127,1	7,8
% PC % BW	2,6	2,5	2,6	2,5	Y=2,6	11,5
kg/dia kg/day	15,6	15,3	15,3	15,7	-	-
Consumo de FDN (Neutral detergent fiber intake)						
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	68,2	60,3	66,4	65,7	Y=65,2	8,4
% PC % BW	1,4	1,2	1,4	1,3	Y=1,3	10,6
kg/dia kg/day	8,2	7,4	8,0	8,2	-	-
Consumo de FDA (acid detergent fiber intake)						
g/kg ^{0,75} g/kg ^{0,75}	30,4	26,4	28,4	27,8	Y=28,3	7,8
% PC % BW	0,6	0,5	0,6	0,6	Y=0,6	12,2
kg/dia kg/day	3,7	3,2	3,4	3,5	-	-

Gramas/ quilograma metabólico (g/kg^{0,75}), %PC: % do peso corporal; CV: coeficiente de variação. Grams/ Kilogram metabolic (g/kg^{0,75}), %BW: % body weight, CV: coefficient variation.

O valor de consumo do EE em g/kg^{0,75} para ração com 0% do RCF foi 8% menor em relação à ração com 24% de RCF. Esta diferença no consumo de EE (g/kg^{0,75}) entre

as rações com 0% e 24% de RCF pode ser devido ao maior teor de EE da ração total (3,78% na MS) para a ração com 15% do RCF em relação as demais rações.

Os coeficientes de digestibilidade total (CDT) dos nutrientes estão demonstrados na Tabela 4. Não houve efeito ($P > 0,05$) da inclusão do RCF nas rações sobre o CDT da MO, CHT, FDN e FDA. Entretanto, foi observado efeito linear crescente ($P < 0,05$) para a inclusão do RCF nas rações sobre o CDT da MS, PB e EE (Tabela 4). Todavia, vale ressaltar que para o cálculo do CDT dos nutrientes o consumo foi obtido da média do grupo de animais alimentados com os diferentes teores de RCF e a excreção de fezes foi obtida em cada animal.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade total (CDT) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato estéreo (EE), carboidratos totais (CHT), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das rações experimentais e coeficientes de variação (CV)

Table 4. Total digestibility coefficients (TDC) of the dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), total carbohydrate (TCH), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of the experimental rations and coefficients of variation (CV)

Variáveis Variables	Teores de inclusão do RCF nas rações experimentais FBG inclusion levels in rations				Regressões Regressions	CV% CV%
	0%	5%	10%	15%		
Coeficiente de digestibilidade total (CDT) Total digestibility coefficient (TDC)						
MS (DM)	72,8	74,8	73,8	77,3	¹	3,7
MO (OM)	74,5	76,1	75,5	78,4	Y=76,1	3,7
PB (CP)	72,4	75,5	74,6	78,8	²	4,3
EE (EE)	83,9	87,4	90,1	92,1	³	3,0
CHT (TCH)	74,5	75,54	75,1	77,6	Y=75,7	4,0
FDN (NDF)	61,5	63,5	61,3	65,2	Y=62,9	6,7
FDA (ADF)	51,7	52,6	51,6	55,2	Y=52,8	8,3

¹ $Y = 72,8121 + 0,2485X$; $R^2 = 0,20$

² $Y = 72,5808 + 0,364825X$; $R^2 = 0,30$

³ $Y = 84,2891 + 0,541984X$; $R^2 = 0,62$

X= teor de inclusão do RCF; X = FBG inclusion levels.

O aumento no CDT da MS ocorrido com a inclusão do RCF nas rações pode ter sido influenciado pelo decréscimo linear no teor de MS nas rações e também pela variação na composição percentual dos alimentos volumosos nas rações. A ração com a inclusão de 15% de RCF apresentou maior proporção de silagem de milho; e de RCF e menor proporção de silagem de avevém em relação as demais rações (Tabela 2).

Provavelmente o maior teor de CHT e CNE e menores teores de FDN, FDA e lignina da silagem de milho (Tabela 1) em relação à silagem de azevém e a adição do RCF, podem ter contribuído para o maior CDT da MS dessa ração. Rogers et al. (1986) avaliaram a inclusão de 22% e 40% de RCU ou RCD na alimentação de vacas lactantes não observaram diferença ($P > 0,05$) no CDT da MS, com valor médio de 69,0% para a ração com RCU.

Também houve aumento ($P < 0,05$) no CDT da PB com a inclusão do RCF nas rações. Embora o RCF tenha apresentado alto teor de PNDR (54,3% na PB) esta foi de alta digestibilidade intestinal (79,7%), como observado em estudo *in vitro* por Geron (2006). Da mesma forma, Cabral Filho (1999) obteve maior CDT da PB ($P < 0,05$) com o aumento dos teores de inclusão do RCF nas rações de ovinos. Entretanto, Rogers et al. (1986) avaliaram o teor de 44% de inclusão do RCU e RCD em vacas lactantes e obtiveram maior ($P < 0,05$) CDT do nitrogênio (60,5%) para vacas alimentadas com RCU em relação àquelas alimentadas com RCD (50,1%). Esses autores sugeriram que a melhor digestão do nitrogênio do RCU pode estar associada ao aumento na disponibilidade do nitrogênio desse alimento em relação ao RCD.

O aumento linear ($P < 0,05$) no CDT do EE com a inclusão do RCF pode estar associado ao aumento no teor de EE das rações que variaram de 3,2% a 3,8% na MS com a inclusão do RCF nas rações.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos teores de inclusão do RCF nas rações sobre o CEB, CED, CDT da EB (Tabela 5). Entretanto, a inclusão do RCF influenciou de forma linear crescente ($P < 0,05$) o valor de NDT obtido pela equação de Sniffen et al. (1992), o qual pode ter sido influenciado pelo aumento no coeficiente de digestibilidade das rações com os maiores teores de RCF.

Tabela 5. Consumo de energia bruta (CEB) e energia digestível (CED), coeficiente de digestibilidade total (CDT) da energia bruta (EB) e valores dos nutrientes digestíveis totais das rações experimentais

Table 5. - Gross energy (GEI), digestible energy intake (DEI), total digestibility coefficient (TDC) for gross energy (GE) and value of total digestible nutrients of experimental rations

Variáveis Variables	Teores de inclusão do RCF nas rações FBG inclusion levels in rations				Regressões Regressions	%CV %CV
	0%	5%	10%	15%		
CEB Kcal/kg ^{0,75} (GEI)	745,6	702,8	743,2	737,2	Y= 732,2	8,5
CED Kcal/kg ^{0,75} (DEI)	532,6	516,7	540,2	545,6	Y= 533,8	8,6
CDT da EB [*] TDC of GE [*]	71,4	73,5	72,6	74,1	Y= 72,9	2,8
NDT ^{1*} (TDN) ^{1*}	72,7	74,3	75,2	78,8	³	3,7

$$^3 Y = 72,4194 + 0,377019X; R^2 = 0,38$$

Onde X, é o teor de inclusão do RCF; * % MS¹ NDT = estimado pela formula de Sniffen et al (1992),
Where X is FBG inclusion levels; * % DM¹ TDN = estimated by Sniffen et al (1992) formule.

A eficiência de utilização da MS e nitrogênio (N), a produção e os parâmetros de qualidade do leite estão demonstrados na Tabela 6. Embora sem diferença ($P > 0,05$) do teor de inclusão do RCF sobre a produção de leite (PL) em kg/dia, ocorreu um aumento de 6% na PL de vacas alimentadas com rações que continham 15% do RCF em relação à ração com 0% de RCF, ou seja, aumentou 1,7 kg de leite/ animal/ dia. Se esse valor fosse extrapolado para as 28 vacas utilizadas no presente trabalho, poderia obter um aumento na PL de 47,6 kg/dia. Johnson et al. (1987) e West et al. (1994) também não observaram efeito ($P > 0,05$) da inclusão do RCU, RCD e RCF nas rações de vacas lactantes sobre a PL (kg/dia), e concluíram que o menor consumo de MS das rações com um desses alimentos poderia estar influenciando a PL.

Entretanto, Polan et al. (1985); Belibasakis & Tsirgogianni (1996) e Chiou et al. (1998) observaram que vacas alimentadas com RCU apresentaram maior ($P < 0,05$) PL em kg/dia. Concluíram que o RCU é uma boa fonte de PNDR, uma vez que essa é rica em metionina e lisina em relação ao farelo de soja (Clark et al., 1987) podendo aumentar a PL. Segundo, Clark (1975) esses aminoácidos são limitantes da síntese do leite. Belibasakis & Tsirgogianni (1996) e Chiou et al (1998) também concluíram que o aumento na PL de vacas alimentadas com RCU pode ter sido influenciado pela PNDR

do RCU que melhorou o balanço energético pela diminuição do excesso de amônia ruminal, a qual apresenta custo energético para ser excretada.

Tabela 6. Produção de leite (PL), produção de leite corrigido para 4% de gordura (PLC), eficiência de utilização da MS e nitrogênio (N), gordura, densidade, proteína, lactose, sólidos totais, uréia, acidez e contagem de células somáticas (CCS) do leite em função dos teores 0%, 5% 10% e 15% de inclusão do RCF

Table 6. Milk production (MP), milk production corrected for 4% of fat (CMP), DM and nitrogen (N) utilization efficiency, total fat, density, protein, lactose, solids, urea, acidity and counting of somatic cells (CCS) of milk in function of FBG inclusion levies 0%; 5%; 10% and 15%

Variáveis <i>Variables</i>	Teores de inclusão do RCF <i>FBG inclusion Levels</i>				Regressão <i>Regressions</i>	CV% <i>CV%</i>
	0%	5%	10%	15%		
PL (kg/dia) <i>MP (kg/day)</i>	27,8	28,4	27,6	29,5	Y= 28,3	28,3
PLC (kg/dia) <i>CMP (kg/day)</i>	25,0	23,3	22,2	24,6	Y= 24,0	24,1
Eficiência MS (<i>Efficiency DM</i>)	1,32	1,38	1,35	1,41	Y= 1,37	10,4
Eficiência N (<i>Efficiency N</i>)	0,240	0,248	0,254	0,259	Y= 0,250	11,6
Gordura (%) <i>Fat(%)</i>	3,4	2,8	2,7	2,9	Y= 3,0	23,1
Gordura (g/dia) <i>Fat (g/day)</i>	921	799	743	851	Y= 829	21,3
Densidade <i>Density</i>	1,03	1,03	1,03	1,03	Y= 1,03	1,0
Proteína (%) <i>Protein (%)</i>	2,9	2,8	3,0	2,9	Y= 2,9	6,0
Proteína (g/dia) <i>Protein (g/day)</i>	790	791	814	851	Y= 813	10,0
Lactose (%) <i>Lactose (%)</i>	4,6	4,6	4,5	4,5	Y= 4,6	3,3
Sólidos totais (%) <i>Solids (%)</i>	11,9	11,5	11,2	11,3	Y= 11,5	8,3
Uréia (mg/dL) <i>urea (mg/dL)</i>	9,9	10,5	12,3	11,7	Y= 11,1	19,4
Acidez <i>Acidity</i>	1,8	1,7	1,8	1,8	Y= 1,79	6,5
CCS (x1000 Células /mL de leite) <i>CSC (1000 cells/mL milk)</i>	143,1	245,2	393,4	225,0	Y=251,7	78,9

A literatura consultada corrobora com os resultados observados pois os animais apresentaram consumo de MS semelhante e o aumento de 6% na PL para a ração com 15% de RCF, embora não significativo, pode ser atribuído em parte ao maior teor de PNDR (54,3% da PB) do RCF, e também maiores teores de NIDN (39,81% da PB), de metionina (4,2% do total de aminoácidos essenciais) e de lisina (12,1% do total de aminoácidos essenciais), verificado por Geron (2006). Esse aumento de 6% na PL pode ser consequência do maior ($P < 0,05$) teor de NDT observado para a ração com 15% de RCF.

Estudo realizado por Koletzo & Lehner (2000) demonstrou que as β -glucanas presentes em grandes quantidades na cevada estimularam o aumento da secreção de

prolactinas em mulheres. As β -glucanas são polissacarídeos que fazem parte da fração solúvel da fibra alimentar, e ocorrem nos cereais principalmente na cevada e aveia (Fujita & Figueroa, 2003).

Observou-se que mesmo sem efeito ($P > 0,05$) da inclusão do RCF a eficiência de utilização da MS e do N foram superiores em 6,4% e 7,3%, respectivamente, para a ração com 15% de RCF em relação à ração com 0% de RCF. O valor da eficiência de utilização da MS de 1,41 obtido para a ração com 15% de RCF ficou acima dos valores médios de 1,38 observados na literatura, obtido em vacas lactantes alimentadas com fonte de proteína de lenta degradabilidade ruminal (farelo de algodão) e de 1,16 em vacas alimentadas com proteína de rápida degradabilidade ruminal (farelo de soja) (Imaizumi et al., 2002; Pereira, 2003).

O valor médio de 0,250 da eficiência de utilização do N das rações ficou dentro do intervalo observado na literatura de 0,224 a 0,273 (Imaizumi et al., 2002; Pereira, 2003). Para a ração com 15% de RCF, 25,9% da proteína consumida (3,3 kg/dia) foi convertida em proteína do leite (851g).

Embora não significativo, foi observado que as rações com 5%; 10% e 15% de RCF apresentam uma redução média de 13% em relação à ração com 0% RCF. Essa diminuição no teor de gordura do leite pode estar associada ao alto teor de ácido linoléico do RCF, que foi de 50,84 g/ 100 g de gordura (Geron, 2006). O ácido linoléico possui alguns isômeros posicionais e geométricos denominados de ácido linoléico conjugado (CLA), os quais podem ser formados no rúmen pela biohidrogenação incompleta dos ácidos graxos (AG) poliinsaturados (Corl et al., 2001).

Baumgard et al. (2001) infundiram CLA no abomaso de vacas lactantes e observaram que todas as dosagens de CLA reduziram o teor de gordura do leite. O mecanismo de ação do CLA ($C_{18:2t10c12}$) sobre a redução no teor de gordura do leite não

está bem definido (Bauman, 2001), mas possivelmente promove uma diminuição na enzima-chave associada à síntese de AG *de novo* na glândula mamária.

A inclusão do RCU em rações de vacas lactantes foi avaliada por Polan et al. (1985) e West et al. (1998) e não observaram efeito ($P > 0,05$) da inclusão do RCU sobre o teor de gordura do leite.

A concentração média de uréia no leite foi de 11,1 mg/dL para as rações com inclusão do RCF, esse valor médio da uréia no leite ficou próximo a faixa de 12 – 18 mg/dL (Jobim & Santos, 2000), acima da qual significa que houve excesso de N ingerido e pode prejudicar o desempenho reprodutivo (Broderick & Clayton, 1997).

O valor médio 251,6 mil células somáticas/mL de leite ficou próximo da faixa padrão de qualidade do leite, sem preocupação direta em relação a perdas de produção de leite, pois segundo Muller (2002) o leite obtido de quartos mamários de animais sadios contém de 50 a 200 mil células/mL. Esse autor verificou uma diminuição de 6% na produção de leite, em rebanhos com CCS ao redor de 500 mil células/mL e sugeriram que contagens iguais ou inferiores a 200 mil células/mL de leite foram consideradas normais, não acarretando maiores prejuízos ao produtor.

O perfil dos AG da gordura do leite pode ser observado na Tabela 7. Com exceção da razão AG ω 6 (linoléico)/ ω 3 (α -linolênico) os teores de inclusão do RCF nas rações influenciaram de forma quadrática positiva ($P < 0,05$) a concentração de AG saturados, e negativa a concentração de AG insaturados e a razão AG insaturados/saturados.

Os ácidos mirístico ($C_{14:0}$), palmítico ($C_{16:0}$), esteárico ($C_{18:0}$) e eleico-elaídico ($C_{18:1\omega9}$) foram responsáveis por 74,25% do total de AG identificados no leite.

A inclusão do RCF nas rações influenciou de forma linear decrescente ($P < 0,05$) a concentração do ácido esteárico do leite. Esse ácido quando ingerido, é metabolizado a

ácido oléico (Grinari et al., 1996). O ácido láurico, mirístico e palmítico são indesejáveis, porque induzem o aumento de colesterol no sangue (Grinari et al. 1996).

Tabela 7. Composição dos ácidos graxos, razão AG saturados/ insaturados e ω 6/ ω 3 e perfil dos AG da gordura do leite (g/100 g de gordura) em função do teor de inclusão do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) nas rações experimentais

Table 7 . Saturated and unsaturated fatty acid (FA) composition, FA saturated/ unsaturated and ω 6/ ω 3 ratio and FA profile of fat milk (g/100g of fat) in function of fermented brewers grain (FBG) inclusion levels in the ration

Ácidos Graxos (AG) do leite <i>Fatty Acids (FA) of milk</i>	Teores de inclusão da RCF <i>FBG inclusion levels</i>	Regressão CV%					
		<i>Regression CV%</i>					
	0	5%	10%	15%			
Saturado (% do total identificado) <i>Saturated</i>	65,53	66,48	68,01	67,27	¹	1,75	
Insaturado (% do total identificado) <i>unsaturated</i>	34,47	33,52	31,99	32,73	²	3,76	
Razão Insaturado/saturado <i>unsaturated/saturated</i>	0,53	0,50	0,47	0,49	³	5,56	
Razão ω 6/ ω 3 <i>Ratio ω 6/ ω 3</i>	0,75	0,72	0,81	0,82	Y=0,78	22,72	
Nomenclatura Usual <i>Common Nomenclature</i>	AG FA	Perfil de ácidos graxos do leite g/100g de gordura <i>Fatty acids of milk in g/ 100 g of the fat</i>					
Ac. Butírico <i>Butiric ac.</i>	04:00	1,70	5,86	11,55	12,32	⁴	18,03
Ac. Caprótico <i>Caproic ac.</i>	06:00	1,31	0,95	1,07	1,10	⁵	11,19
Ac. Caprílico <i>Caprilic ac.</i>	08:00	1,37	0,78	0,77	0,86	⁶	27,72
Ac. Cáprico <i>Capric ac.</i>	10:00	2,96	2,61	2,26	2,19	⁷	12,84
Ac. Láurico <i>Lauric ac.</i>	12:00	3,10	3,36	2,77	2,65	⁸	10,02
Ac. Mirístico <i>Meristic ac.</i>	14:00	11,01	11,15	9,59	9,01	Y= 1019	18,72
Ac. Miristoléico <i>Miristoleic ac.</i>	14:1(9) ω 5	0,45	0,86	0,53	0,48	⁹	14,06
Ac. Pentadecílico <i>Pentadeilic ac.</i>	15:00	0,85	0,95	0,94	0,64	¹⁰	14,08
Cis-10-pentadecanoico <i>Cis-10-pentadecanoic</i>	15:1 n5	0,95	0,54	0,70	0,70	Y= 0,72	37,21
Ác. Palmítico <i>Palmitic ac.</i>	16:00	27,96	27,16	26,09	25,84	Y= 26,76	6,27
Ac. Palmitoléico <i>Palmitoleic ac.</i>	16:1(9) ω 7	1,35	1,45	1,34	1,32	Y= 1,37	10,58
Ác. Margárico <i>Margaric ac.</i>	17:00	0,48	0,61	0,44	0,50	Y= 0,51	16,38
Ac. Esteárico <i>Stearic ac.</i>	18:00	10,70	9,14	9,02	8,06	¹¹	14,35
Ác. oléico-Elaídico <i>Oleic elaidic ac</i>	18:1n9	25,22	24,72	23,78	23,60	Y= 24,33	6,79
Ác. Vacênico <i>Vacenic ac.</i>	18:1n7	2,60	2,28	2,32	2,76	Y= 2,49	21,48
Ac. Linoléico <i>Linoleic ac.</i>	18:2n6	0,43	0,44	0,49	0,52	Y= 0,47	14,27
Ác. linolênico <i>Linolenic ac.</i>	18:3n3	0,58	0,62	0,63	0,64	Y= 0,62	26,41
Ác. γ Linolênico <i>γLinolenic ac.</i>	18:3n6	0,36	0,38	0,38	0,43	Y= 0,39	22,11
Ác. Araquídico <i>Araquidic ac.</i>	20:00	0,37	0,38	0,34	0,37	Y= 0,36	16,32
Ac. Gondóico <i>Gondoic ac.</i>	20:1n9	0,57	0,44	0,32	0,49	Y= 0,45	26,65
Ac. Araquidônico <i>Araquidonic ac</i>	20:4n6	0,09	0,09	0,09	0,11	Y= 0,09	44,13
Ac. Decosanóico <i>Decosanoic ac.</i>	C22:0	0,19	0,16	0,18	0,27	¹²	4,64
AG identificados <i>FA identified</i>		94,60	94,92	95,60	94,85	Y= 94,99	1,27
Outros <i>Other</i>		5,40	5,02	4,40	5,15	Y= 5,01	23,92
Total <i>Total</i>		100,0	100,0	100,0	100,0		

¹(Y= 65,385 + 0,3899X - 0,017X²; R² = 0,35); ²(Y= 34,615 - 0,3899X + 0,017X²; R² = 0,35); ³(Y= 0,5301 - 0,0089X + 0,0004X²; R² = 0,35); ⁴(Y= 2,2221 + 0,7511X; R² = 0,87); ⁵(Y= 1,2778 - 0,0679X + 0,0039X²; R² = 0,38); ⁶(Y= 1,3470 - 0,1331X + 0,0068X²; R² = 0,51); ⁷(Y= 2,9011 - 0,0531X; R² = 0,54); ⁸(Y= 3,2591 - 0,0389X; R² = 0,27); ⁹(Y= 0,4991 + 0,0655X - 0,0047X²; R² = 0,41); ¹⁰(Y= 0,839 + 0,0473X - 0,0040X²; R² = 0,53); ¹¹(Y= 10,4327 - 0,1603X; R² = 0,27); ¹²(Y= 0,1642 + 0,0049X; R² = 0,29).

A inclusão do RCF nas rações influenciou de forma linear crescente ($P < 0,05$) a concentração do ácido butírico, o que resultou no aumento dos ácidos graxos saturados no leite. Para a ração com 15% de RCF em relação à ração com 0% de RCF o aumento na quantidade de ácido butírico na gordura do leite foi de 86%. Aumento na produção de ácido butírico no rúmen está relacionado a dietas ricas em proteína (Van Soest, 1994). A ração com 15% de RCF apresentou uma unidade percentual a mais no teor de proteína (16,1%) do que a ração com 0% de RCF (15,3%).

Com a inclusão dos teores de RCF foi observado aumento linear ($P < 0,05$) para o ácido decosanóico do leite e reduções lineares ($P < 0,05$) para as concentrações dos ácidos cáprico, láurico e esteárico do leite (Tabela 7). A concentração dos ácidos capríco e caprílico foi alterada de forma quadrática negativa ($P < 0,05$) com a inclusão do RCF nas rações.

A alta concentração do ácido linoléico do RCF (50,84 g/100g de gordura) não alterou ($P > 0,05$) a concentração desse ácido na gordura do leite. Isto pode ser devido ao processo de biohidrogenação que a gordura insaturada da dieta sofreu ao passar pela fermentação ruminal o que pode explicar a ausência de efeito na concentração do ácido linoléico e dos demais AG insaturados na gordura do leite. Entretanto, observou-se que a concentração de ácido vacênico, precursor da síntese do CLA na glândula mamária (Bauman et al., 1999; Corl et al., 2001) e linoléico foram em média 13,0% e 12,8%, respectivamente, superiores para a ração com 15% de RCF em relação as demais rações.

De modo geral, observou-se que a inclusão de 15% do RCF nas rações elevou os teores dos ácidos linoléico e linolênico presente na gordura do leite o que propiciou uma razão 18:2 ω 6:18:3 ω 3, mais próxima de 1. A razão de AG essenciais ω 6/ ω 3 mais próximo de 1, dos alimentos em geral, está correlacionada com a prevenção de doenças

cardiovasculares, inflamatórias, asma e câncer do colo-retal e dos seios (Simopoulos, 2002).

Os indicadores econômicos de produção em função do custo operacional (Fundação ABC, 2003) das rações e renda bruta do leite, de acordo com os teores de inclusão do RCF nas rações estão demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8. Indicadores econômicos de produção em função do custo operacional da ração e renda bruta do leite de acordo com os teores de inclusão do resíduo de cervejaria fermentado (RCF) nas rações

Table 8. Economic production indicators in function of operational costs of diet, and gross income of milk in accordance with inclusion of fermented brewers grain (FBG) in rations

Alimentos Feeds		Teores de inclusão do RCF nas rações FBG inclusion levels in rations			
		0%	5%	10%	15%
Oferta média diária (kg MN/animal/dia) Daily offer (kg NM/animal/day)					
Sil. Azevém <i>Reygrass silage</i>		9,61	2,53	4,31	0,00
Sil. Milho <i>Corn silage</i>		18,16	26,71	18,81	26,51
RCF FBG		0,00	3,73	7,05	11,27
Conc. 15% PB <i>Conc. 15%CP</i>		0,00	0,00	13,25	12,62
Conc. 18% PB <i>Conc. 18%CP</i>		13,31	13,99	0,00	0,00
Custo Operacional das rações (CO) (R\$/animal/dia) Operational costs (OC) ration (R\$/animal/day)					
	Custo (R\$) kg/MN ¹ Cost (R\$) kg/NM	0%	5%	10%	15%
Sil. Azevém <i>Reygrass silage</i>	0,070	0,67	0,18	0,30	0,00
Sil. Milho <i>Corn silage</i>	0,031	0,56	0,82	0,58	0,82
RCF FBG	0,068	0,00	0,25	0,48	0,77
Conc.15% PB <i>Conc. 15%CP</i>	0,354	0,00	0,00	4,69	4,47
Conc.18% PB <i>Conc. 18%CP</i>	0,375	4,99	5,24	0,00	0,00
Total <i>Total</i>		6,22	6,49	6,05	6,05
Receita Bruta do Leite¹ (RB) (R\$/animal/dia) Gross income of milk (GI) (R\$/animal/day)					
		13,34	13,63	13,25	14,16
Razão RB/CO ratio GI/OC					
		2,15	2,10	2,19	2,34

¹ Custo da safra de 2004; ²R\$ 0,48/L valor de venda do leite; Custo operacional calculado de acordo com a Fundação ABC (2003).¹ Cost used at 2004 crop; ² R\$ 0.48/L value of milk sale ; Operational cost calculated according ABC (2003) Foundation.

Foi estabelecido um índice de avaliação econômica (razão entre renda bruta do leite e o custo operacional). Foi observado um aumento neste índice com a inclusão do RCF nas rações, porém a inclusão de 5% de RCF apresentou menor razão do que a ração com 0% de RCF. Para que a utilização do RCF na alimentação de vacas lactantes torne-se viável, deve-se trabalhar com teores acima de 10% em relação aos alimentos e na mesma proporção volumoso:concentrado demonstrado neste trabalho.

Para o custo com alimentação foi observada uma pequena diferença de 17 centavos por animal/dia, entre a ração com 0% e 15% de RCF. Desta maneira, se for considerada a propriedade onde foi realizado o presente estudo, com 300 vacas em lactação, isto poderia proporcionar uma diminuição no custo mensal da alimentação na ordem de R\$ 1.530,00 com a inclusão de 15% do RCF na ração.

Embora sem diferença ($P > 0,05$) na produção de leite (kg/dia) com a inclusão do RCF na ração (Tabela 6), foi observado um aumento na produção de leite de 1,7 kg/animal/dia para a ração com 15% do RCF em relação à ração com 0% do RCF. Se esse valor de produção de leite fosse extrapolado para o rebanho de 300 animais em lactação, ocorreria um aumento de 510 kg/dia na PL. Se fosse considerado o preço pago pelo litro de leite no período (junho a agosto de 2004) de R\$ 0,48/L, no final de um período de 30 dias seria obtida uma receita líquida de R\$ 7.344,00 somente para a produção de leite adicional observada com a inclusão de 15% do RCF. Somando-se a esse valor a economia no custo de alimentação de R\$ 1.530,00, poderia ser obtido um benefício de R\$ 8.874,00/mês para o produtor com a utilização da ração com 15% de RCF.

Conclusões

A adição de 15% de resíduo de cervejaria fermentado nas rações de vacas lactantes aumentou o teor de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e não alterou a produção e qualidade do leite e o consumo dos nutrientes e aumentou os coeficientes de digestibilidade total da MS, PB e EE e os valores de nutrientes digestíveis totais da ração.

A inclusão de 15% do resíduo de cervejaria fermentado nas rações de vacas de leite é viável pelas suas qualidades nutricionais e retorno econômico, com reflexos na melhoria da produção e qualidade do leite e na diminuição do custo com a alimentação.

Literatura Citada

- ABASIEKONG, S.F. Effects of fermentation on crude protein content of brewers dried grains and spent sorghum grains. **Bioresource Technology**, v.35, p.99-102, 1991.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS (A.O.A.C.). **Official methods of analysis**. 11 ed. Washington D. C., 1984, 1015p.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, Ithaca, 1999. **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1999. p.1-15.
- BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid and milk fat synthesis in dairy cows. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLA, 1, Alesund, 2001. **Proceedings...** Alesund: Natural ASA, 2001, p.24.
- BAUMGARD, L.H.; SANGSTER, J.K.; BAUMAN, D.E. et al. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). **Journal of Nutrition**, v.131, n.6, p.1764-1769, 2001.
- BELIBSAKIS, 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 Technology**, n.57, p.175-181, 1996.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canada Journal Biochemical Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- BOVOLENTA, S.; PIASSENTIER, E.; PERESSON, C. et al. The utilization of diets containing increasing levels of dried brewers' grains by growing lambs. **Animal Science**, v.66, p.689-695, 1998.
- BRODERICK, G.A., CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.11, p.2964-2971, 1997
- BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levelson the A production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.86, p.1370-1381, 2003.
- CABRAL FILHO, S.L.S. **Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas**. Piracicaba, 1999. 68p. Dissertação (Mestrado) – Univesidade de São Paulo.
- CARDOSO. R.M.; SILVA, J.F.C.; MOTTA, V.A. et al. Produção de leite de vacas alimentadas com silagem de sorgo suplementada com polpa úmida de cevada. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v11, n.1, p.38-45, 1982.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; MANSBRIDGE, R.M. et al. Ruminant milk plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. **Annales Zootechnia**, v.49, p.182-205, 2000.
- CHIOU, P.W.S.; CHEN, C.R.; CHEN, K.J. et al. Wet brewers' grains or bean curd pomance as partial replacement of soybean meal for lactating cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.74, p. 123-134, 1998.
- CLARK, J.H. Lactational responses to post ruminal administration of protein and amino acids. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.1488-1495, 1975.

- CLARK, J.H.; MURPHY, M.R.; CROOKER, B.A. Supplying the protein needs of diary cattle from by-product feeds. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.1092-1109, 1987.
- CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A. et al. The role of delta-9-desaturase in the production of cis-6, trans-11. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.12, p.622-630, 2001.
- FERNANDES, S.A.A. **Levantamento exploratório da produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite de búfalas em cinco fazendas do estado de São Paulo**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, 2004. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 2004.
- FUJITA, A.H.; FIGUEROA, M.O.R. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. **Ciência Tecnologia dos Alimentos**. v.23, n.2, p.116-120, 2003.
- FUNDAÇÃO ABC. **Informativo para assistência e divulgação técnica agropecuário**. Castro, n.21, 2003.
- GERON, L.J.V. **Utilização do resíduo de cervejaria fermentado na alimentação de ruminantes**. Maringá, 2006. 106p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá (UEM), 2006.
- GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; McGUIRE, M.A. et al. Partially hydrogenated fatty acid and milk fat depression. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79 (supplement 1), p.177, 1996.
- HARTMAM, L.; LAGO, R. A raoid preparation of fatty acid ethy esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, n.8, p.475-476, 1973.
- IMAIZUMI, H.; SANTOS, F.A.P.; VOLTOLINI, T.V. et al. Utilização de farelo de algodão como substituto do farelo de soja em dietas de vacas holandesas em lactação. In: 39 REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.
- JOBIM, C.C., SANTOS, G.T. Influência da qualidade de forragens conservadas sobre a qualidade do leite de vacas. In: 2 Workshop sobre produção e qualidade do leite. 2000. Maringá. **Anais...** Maringá, PR, 2000. p. 1-9.
- JOHNSON, C.O.L.E., HUBER, J.T.; KING, K.J. Storage and utilization of brewers wet grains in diet for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.98-107, 1987.
- KEARL, L.C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. Logan, UT, International Feedstuffs Institute, 1982. 381p.
- KOLETZO, B.; LEHNER, F. Beer and breastfeeding. **Adv. Exp. Med. Biol.**, v.8, p.478-423, 2000
- 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.
- MÜLLER, E.E., Qualidade do leite, células somáticas e prevenção da mastite. In: 2 SIMPOSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL. 2002. Toledo. **Anais...** Toledo, PR, 2002. p. 206-217.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Committee on animal nutrition. Nutrient Requirements of Dairy cattle.** 7^a ed. revised, Washington: National Academy of sciences, 381p. 2001.
- PEREIRA, J.C.; GONZÁLEZ, 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, n.5, p. 1125-1132, 1999.
- PEREIRA, M.L.A. **Proteína nas dietas de vacas nos terços inicial e médio da lactação.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 105p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- POLAN, C.E.; HERRINGTON, W.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. et al. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers' grains. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.745-753, 1986.
- SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de Nutrição de Ruminantes.** Piracicaba, SP, Livroceres. 1979. 380p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos).** 3^a ed., Viçosa, MG: UFV. 2002, 178p.
- SIMOPOULOS, A.P. Polyunsaturated fatty acids in biology and diseases: The importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother**, v.56, p.365-379, 2002.
- 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.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG.** Viçosa: UFV. 150p. 1997. (Manual do usuário).
- VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**. v.83, p.106-114, 2000.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.12, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed., London: Constock Publishing Associates. 1994. 476p.
- VAN KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as a marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Dairy Science**, v.44, n.2, p.283-287, 1977.
- WEST, J.W.; ELY, L.O.; MARTIN, S.A. Wet brewers grain for lactin dairy cows during hot, umid weather. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.196-204, 1994.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de fermentação anaeróbia do resíduo de cervejaria úmido pode ser utilizado para sua conservação, uma vez que este processo propiciou poucas modificações na composição química do resíduo de cervejaria.

O resíduo de cervejaria fermentado é um alimento com alto teor protéico, rico em PNDR de boa digestibilidade intestinal, e a sua inclusão em até 24% nas rações de novilhos não alterou as variáveis ruminais e coeficiente de digestibilidade total dos nutrientes, podendo ser recomendado para utilização em rações de ruminantes.

O resíduo de cervejaria úmido conservado pelo processo de fermentação anaeróbia é uma alternativa para produtores de leite, principalmente nos meses de escassez de volumosos para a manutenção da produção leiteira e redução nos custos de produção.