

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
CAMPUS DE LAGES**



**UTILIZAÇÃO DE CEVADA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO
EM DIETAS PARA VACAS HOLANDEASAS DE ALTA
PRODUÇÃO**

**HELDER DE ARRUDA CÓRDOVA
MÉDICO VETERINÁRIO**

**LAGES
ESTADO DE SANTA CATARINA
DEZEMBRO DE 2004**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC)

Córdova, Helder de Arruda

Utilização de cevada em substituição ao
milho em dietas para vacas holandesas de alta
produção / Helder de Arruda Córdova – Lages,
2004.

99 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UEDESC.

1.Cevada. 2.Nível de substituição. 3.Laminação 4.

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
CAMPUS DE LAGES**



**UTILIZAÇÃO DE CEVADA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO EM DIETAS PARA
VACAS HOLANDEASAS DE ALTA PRODUÇÃO**

Helder de Arruda Córdova
Médico Veterinário

Orientador: Prof. Dr. André Thaler Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Ivan Pedro de Oliveira Gomes

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias, Campus III, Universidade do Estado de Santa Catarina, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.”

**LAGES
ESTADO DE SANTA CATARINA
DEZEMBRO DE 2004**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
CAMPUS DE LAGES**



**UTILIZAÇÃO DE CEVADA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO EM DIETAS PARA
VACAS HOLANDEASAS DE ALTA PRODUÇÃO**

HELDER DE ARRUDA CÓRDOVA

Orientador: Prof. Dr. André Thaler Neto

Data de aprovação:

Banca examinadora:

Prof. Dr. André Thaler Neto – CAV/UDESC

Prof. Dr. Ivan Pedro De Oliveira Gomes – CAV/UDESC

Prof. Dr. Paulo Roberto Frenzel Mühlbach – UFRGS

Prof. Dr. João Ricardo Alves Pereira - UEPG

Prof. Dr. André Thaler Neto

DEDICATÓRIAS

Aos meus pais, Sebastião Vieira de Córdova (*in memoriam*) e Maria Benta, pelo apoio sempre que necessário e pelos ensinamentos como o respeito, a admiração e a dedicação em prol do bem estar dos animais.

À Katia, pelo amor, carinho, incentivo, ajuda e compreensão quando da minha ausência em vários momentos durante estes dois últimos anos.

Aos meus familiares e amigos pelo amor, apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV/UEDESC – Lages, por esta nova oportunidade e ter possibilitado a realização deste curso.

A Fundação ABC para Assistência Técnica e Divulgação Técnica em Agropecuária, Castro, PR, por ter gentilmente cedido os animais, as instalações e os equipamentos necessários à realização deste trabalho.

A Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda. (Cooperativa Agrária), de Entre Rios, Guarapuava, PR, pela doação do milho e da cevada utilizados na composição das dietas experimentais.

Ao Eng. Agr. Acelino Bueno Netto, da Cooperativa Agrária, e ao Téc. Agrop. Ivo Rodrigues dos Santos, Gerente da Granja Experimental Fazenda Capão Alto, da Fundação ABC, pela parceria, confiança e apoio técnico.

Ao Prof. André Thaler Neto pela orientação, amizade e convivência harmoniosa e sadia durante todo o curso.

Ao Prof. Ivan Pedro de Oliveira Gomes pela amizade e pela sempre oportuna e valiosa co-orientação.

Ao Prof. João Ricardo Alves Pereira, da UEPG, pelo apoio e por ter despertado o interesse pelo tema de pesquisa.

A todos os professores do curso em especial ao Prof. Alceu Mezzalira pela amizade e ensinamentos.

Aos Profs. Henrique M. N. Filho e Cláudio Eduard Neves Semmelmann, pela amizade, companheirismo e sugestões.

Ao Eng. Agr. Cláudio Pereira de Jesus pela amizade de mais de 3 décadas e pelo apoio durante o primeiro ano de curso.

Ao Téc. Agr. Adriano Carvalho Bueno e aos funcionários da Granja Experimental Fazenda Capão Alto pelo apoio na condução do experimento.

Às minhas irmãs Maria e Iolita e seus familiares pelo carinho, amizade e apoio.

Aos familiares da Katia: Sonia, Antonio Carlos, Eliane, Anna Paula em especial a Nathalia pelo carinho e pela amizade.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho.

À Deus por ter me iluminado e dado espírito de moderação, dedicação e coragem.

Muito obrigado !!!

SUMÁRIO

DEDICATÓRIAS.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTAS DE ABREVIATURAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Descrição da cultura da cevada	4
2.2 Composição dos grãos de cevada	5
2.3 Processamento dos grãos de cevada e de milho	8
2.4 Características químicas e físicas do amido	10
2.4.1 Fontes de amido.....	10
2.4.2 Caracterização da molécula de amido	11
2.4.3 Fermentação ruminal do amido	13
2.4.4 Digestão intestinal do amido	16
2.5 Síntese de proteína microbiana no rúmen	20
2.6 Fermentação ruminal e digestibilidade de dietas contendo cevada e milho.....	24
2.7 Utilização da cevada na alimentação de bovinos leiteiros	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35

3.1 Considerações gerais	35
3.2 Animais, instalações e equipamentos	35
3.3 Tratamentos	36
3.4 Período experimental e colheita de dados	37
3.5 Delineamento experimental e análise estatística	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 Composição química das dietas.....	43
4.2 Ingestão de matéria seca e nutrientes	43
4.3 Produção de leite	47
4.4 Composição do leite	52
4.5 Qualidade do leite.....	59
4.6 Eficiência alimentar.....	60
4.7 Escore de condição corporal.....	60
4.8 Implicações econômicas	61
5 CONCLUSÕES.....	63
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
A P Ê N D I C E S	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas (% na MS; média dos quatro períodos experimentais).	39
Tabela 2. Composição bromatológica média do milho triturado e da cevada laminada (% na matéria seca).....	40
Tabela 3. Estágio de lactação, produção de leite e sólidos, escore da condição corporal e peso vivo médio de cada grupo no início do período experimental.	42
Tabela 4. Valores médios, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e equação de regressão com os correspondentes níveis de significância para ingestão de matéria seca (IMS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em neutro (FDN), escore de condição corporal (ECC) e eficiência alimentar (EA) de acordo com o nível de substituição de milho por cevada.	46
Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e equação de regressão com os correspondentes níveis de significância para produção de leite, leite corrigido para 4% (LCG4%), gordura e proteína de acordo com o nível de substituição de milho por cevada.....	48
Tabela 6. Valores médios, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e equação de regressão com os correspondentes níveis de significância para percentagem de gordura e de proteína, extrato seco total, escore de células somáticas (ESC) e nitrogênio uréico no leite (NUL) de acordo com o nível de substituição de milho por cevada.	54
Tabela 7. Avaliação econômica da substituição do milho por cevada.	62

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Ingestão de matéria seca (IMS) em função do nível de substituição de milho por cevada. 44
- Figura 2. Produção de leite e de leite corrigido para 4,0% de gordura (LCG4%) em função do nível de substituição de milho por cevada. 49
- Figura 3. Percentagem de gordura e de proteína do leite em função do nível de substituição de milho por cevada. 53
- Figura 4. Produção de gordura em função do nível de substituição de milho por cevada. 55

LISTAS DE ABREVIATURAS

AAE – Aminoácido essencial

AA - Aminoácido

AGV – Ácido graxo volátil

APCBRH – Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa

ATP – Adenosina-trifosfato

CCS – Contagem de células somáticas

CNPT – Centro Nacional de Pesquisa do Trigo

DBC – Dieta a base de cevada

DBM – Dieta a base de milho

DGL – Depressão da gordura do leite

DTM – Dieta totalmente misturada

EA – Eficiência alimentar

ECC – Escore de condição corporal

ECS – Escore de células somáticas

EE – Extrato etéreo

EL₁ – Energia líquida para lactação

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPM – Erro padrão da média

EST – Extrato seco total

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN - Fibra em detergente neutro

ID – Intestino delgado

IMS – Ingestão de matéria seca

LCG – Leite corrigido para gordura

MM – Matéria mineral

MO – Matéria orgânica

MS – Matéria seca

NUL – Nitrogênio uréico no leite

NDT – Nutrientes digestíveis totais

NNP – Nitrogênio não protéico

NRC – National Research Council

PB – Proteína bruta

PDR – Proteína degradável no rúmen

PH – Peso por hectolitro

PM – Proteína microbiana

PNDR - Proteína não degradável no rúmen

T1 – Tratamento 1 – 100% milho

T2 – Tratamento 2 – 33% cevada

T3 – Tratamento 3 – 67% cevada

T4 – Tratamento 4 – 100% cevada

UTILIZAÇÃO DE CEVADA EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO EM DIETAS PARA VACAS HOLANDESAS DE ALTA PRODUÇÃO

Autor: HELDER DE ARRUDA CÓRDOVA

Orientador: ANDRÉ THALER NETO

Co-Orientador: IVAN PEDRO DE OLIVEIRA GOMES

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da substituição total e parcial de grãos de milho moídos por grãos de cevada laminados sobre a produção e composição do leite, bem como, verificar quais os níveis de substituição são mais adequados. Foram utilizadas 28 vacas Holandesas, primíparas e múltiparas, com média de 125 dias de lactação ao início do experimento, em um delineamento do tipo Quadrado Latino 4x4, sendo cada quadrado repetido 7 vezes. A dieta foi fornecida na forma de dieta totalmente misturada (DTM), 1 vez ao dia. Foram testados 4 níveis de substituição de milho por cevada, com base na matéria seca do concentrado (T1 – 0% cevada; T2 – 33 % cevada; T3 – 66% cevada; e T4 - 100% cevada). As dietas foram balanceadas com base na análise bromatológica dos alimentos utilizados. A relação volumoso:concentrado, baseada na ingestão de matéria seca (IMS), foi de 55%:45%. O experimento teve uma duração total de 105 dias, constituído de um período de adaptação de 21 dias e 4 períodos de 21 dias por tratamento, sendo os 14 primeiros dias de cada período para adaptação à nova dieta e os 7 dias restantes para a coleta de dados. As ordenhas foram

feitas 2 vezes ao dia (05:00 e 16:00 hs), em sala de ordenha 4x4, sendo que a medição do leite foi feita eletronicamente. A percentagem de gordura, proteína e extrato seco total do leite, bem como a contagem de células somáticas foram determinadas 2 vezes nos dias 18 e 21 de cada período e a determinação do nitrogênio ureíco no leite (NUL) foi efetuada ao final de cada período. A avaliação do escore da condição corporal (ECC) foi feita no início e no fim de cada período. Os valores médios de IMS, produção de leite, produção de leite corrigido para 4% (LCG), e percentagens de gordura e proteína, bem como seus erros-padrão foram de $19,64 \pm 0,18$ kg, $26,95 \pm 0,12$ kg, $25,76 \pm 0,13$ kg, $3,72 \pm 0,02\%$ e $3,23 \pm 0,01\%$, respectivamente. A IMS decresceu linearmente quando a cevada substituiu o milho na dieta. Porém a ingestão de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) não foram afetadas pela substituição do milho pela cevada. Foi observada redução linear na produção de leite, LCG, produção e na percentagem de gordura do leite em função do nível de substituição de milho por cevada, enquanto a percentagem de proteína aumentou linearmente. Não houve efeito do nível de substituição sobre a produção de proteína, extrato seco total (EST), contagem de células somáticas (CCS), NUL e na eficiência alimentar (EA).

**UTILIZATION OF BARLEY IN SUBSTITUTION TO CORN IN
DIETS FOR HIGH YIELDING HOLSTEIN COWS**

Author: HELDER DE ARRUDA CÓRDOVA

Adviser: ANDRÉ THALER NETO

Co-Adviser: IVAN PEDRO DE OLIVEIRA GOMES

ABSTRACT

In this work the effects of the total and partial substitution of ground corn for dry rolled barley on the production and composition of milk was evaluated. Twenty-eight primiparous and multiparous Holsteins cows were used, with an average of 125 days in milk at the beginning of the experiment. The design of the experiment was a 4x4 latin square, each square being repeated seven times. Once a day, the diet was supplied in a totally mixed ration (TMR). Four levels of barley substitution for corn were tested, based on the dry matter of the concentrate (T1 - 0% barley; T2 - 33 % barley; T3 - 67% barley; and T4 - 100% barley). Diets were balanced according to the results of nutrient analysis of the feedstuffs. The ratio forage-concentrate, based on the dry matter intake (DMI), was of 55% to 45%. The experiment had a total duration of 105 days, including an initial adaptation period of 21 days and four periods of 21 days for treatment. The first 14 days of each treatment period were destined to the adaptation to the diet and the seven remaining days for data collection. The cows were milked twice a day (05:00 and 16:00 h), in a 4x4 milking parlour. The milk production was registred

electronically measured. The contents of fat, protein, total solids of the milk, as well as the somatic cell count (SCC) were obtained on the 18th and 21st day of each treatment period and the milk urea nitrogen (MUN) was determined at the end of each period. The body condition score (BCS) was evaluated at the beginning and end of each period. The mean values of dry matter intake (DMI), milk yield, production of 4% fat-corrected milk (FCM), and fat and protein contents, as well as their standard error of the mean were of 19.64 ± 0.18 kg, $26,95 \pm 0.12$ kg, 25.76 ± 0.13 kg, $3.72 \pm 0.02\%$ and $3.23 \pm 0.01\%$, respectively. DMI decreased in a linear fashion when barley substituted for corn in the diet. The intake of crude protein (CP), neutral fiber detergent (NDF) and acid fiber detergent (ADF) however were not affected when substituting corn by barley. Linear reduction was observed in milk yield, FCM production and fat and protein contents of the milk as a function of the level of corn substitution by barley, while the protein percentages increased in a linear manner. No effect was registered concerning the levels of substitution on the protein production, total solids of the milk, SCC, MUN and on the conversion efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira vem passando por alterações substanciais nos últimos anos. Uma parcela significativa dessas alterações resultou das pressões econômicas decorrentes do custo elevado dos insumos aumentando o custo de produção. A alimentação é o item que mais pesa no custo de produção do leite variando de 40% a 60% do custo total, influenciando destacadamente a margem de lucro do produtor. A evolução tecnológica da pecuária leiteira, principalmente na região dos Campos Gerais no Estado do Paraná, fez com que surgisse a demanda por novas tecnologias de produção, visando o aumento de produtividade e principalmente a redução dos custos de produção do leite.

O mercado consumidor do leite e derivados tem-se mostrado cada vez mais exigente em relação aos preços e à qualidade dos produtos que consome. Isso fez com que as indústrias de laticínios operem com uma filosofia mais adequada ao mercado, tornando o pagamento do leite por qualidade uma realidade. Essa evolução tem exigido do produtor a procura de alimentos alternativos que possam melhorar as características qualitativas do leite a preços compatíveis do produto final, de tal forma que um dos grandes desafios da atividade leiteira, atualmente, é a eficiente produção de leite saudável, através de um sistema de produção calcado na conciliação de alguns fatores como bons índices zootécnicos com rentabilidade econômica, que remunere o capital investido e que possibilite ao produtor expandir seu negócio.

Cereais como o sorgo e o milho apresentam alta proporção de amido, representando parcela significativa do custo de alimentação. O milho corresponde à fonte mais comum de amido para os ruminantes (LÓPEZ e LÓPEZ, 1999).

Segundo Imaizumi et al. (2002) a substituição de ingredientes tradicionais, como o milho, por outros de menor custo deve ser considerada, caso haja benefícios em termos econômicos e nutricionais. Azevedo (1998) afirmou que a utilização, na dieta dos animais, de resíduos agro-industriais como fontes protéicas e/ou energéticas não convencionais, torna-se um grande aliado ao pecuarista brasileiro, no esforço para reduzir custos.

Trabalhos de pesquisas sobre a utilização de subprodutos da indústria alimentícia em substituição ao milho e alguns em substituição ao farelo de soja em gado de leite e de corte, têm sido realizados especialmente com subprodutos industriais, tais como a casca de soja, polpa cítrica, resíduos de cervejaria, como alimentos alternativos para gado leiteiro. A avaliação de subprodutos de cereais de inverno, que não são utilizados pela indústria, como resíduos de trigo, pó de malte, cevada, entre outros, constitui-se numa alternativa para redução do custo do leite.

No Brasil, especialmente na região sul, existem perspectivas favoráveis à produção de grãos que podem ser utilizados como alimentos alternativos na alimentação animal, principalmente grãos produzidos no inverno, como o triticale, o trigo, a aveia e a cevada. Kennelly et al. (1996) observaram que dietas baseadas em cevada podem suportar produções de leite similares ao milho e podem ser mais eficazes em termos de custos que aquelas baseadas no mesmo.

O grão de cevada (*Hordeum vulgare*) é um dos cereais indicados para substituir o milho, inclusive com redução de custo em épocas em que o preço do milho está muito alto ou quando os estoques ao nível de propriedade ou região estão baixos (HUTJENS, 1996). A cevada apresenta um custo de produção competitivo e é uma opção para produção de fontes

protéica e energética no inverno quando muitas áreas agrícolas estão ociosas, necessitando apenas de pesquisas visando substituir o milho no total ou em parte (KOSSOSKI, 1992b). A cevada (grãos) que apresenta mais de 12% PB é classificada como forrageira e não é aceita pela indústria cervejeira, podendo ser usada por fabricantes de ração para os animais domésticos (BOYLES et. al, 1990). Parte desta é encaminhada para fábricas de ração e algumas cargas são devolvidas para os produtores para serem utilizadas no arraçamento de animais (SATTLER et al., 1999). A falta de mercado e rentabilidade da cevada que não atinge o padrão cervejeiro continua sendo um dos principais entraves ao aumento de produção da safra nacional (MINELLA, 1998).

Na bacia leiteira de Castro, no Paraná, tanto a silagem de cevada como o grão úmido ou seco deste cereal vem sendo utilizado pelos produtores de leite como alternativas de produção de grãos no inverno e utilização na alimentação de gado leiteiro em substituição ao milho (KOSSOSKI, 1992a).

As pesquisas que utilizam subprodutos, principalmente cevada, nas dietas de vacas em produção têm mostrado resultados contraditórios e são poucos os trabalhos no Brasil, o que fez despertar o interesse por este estudo. A possibilidade de substituir o milho ou parte do mesmo por cevada necessita de avaliações mais precisas quanto à sua viabilidade econômica e no desempenho animal. Portanto, no Brasil, existe demanda de pesquisa sobre o uso alternativo da cevada na alimentação animal.

Este trabalho tem por objetivos avaliar os efeitos da substituição total e/ou parcial de grãos de milho moídos por grãos de cevada laminados na dieta sobre o consumo de matéria seca, condição corporal, produção e composição do leite, teor de uréia no leite e na sanidade de vacas Holandesas de alta produção, bem como, estimar os níveis de substituição mais adequados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição da cultura da cevada

A cevada é uma planta de clima frio e foi adaptada para produzir em regiões de clima temperado através do desenvolvimento de cultivares específicos para essas condições locais. Milho, cevada e sorgo na América do Norte, cevada no Canadá, e cevada, sorgo e trigo em outras partes do mundo são tradicionalmente usados para alimentação humana e de animais (HUNTINGTON, 1997). Nos Estados Unidos a cevada é usada como o principal cereal que compõe a dieta de gado de leite e corte em várias regiões do país como a região dos grandes lagos, das planícies do norte, estados da região montanhosa, da costa noroeste e Alaska (BOYLES et al., 1990). Ainda nos Estados Unidos e Canadá a cevada é um substituto mais econômico que o milho em rações para gado leiteiro (CHRISTEN et al., 1996). Outros importantes produtores de cevada são a China, a União Européia, a Rússia, a Índia e o Brasil (KENNELLY et al., 1996).

No Brasil as principais regiões produtoras estão situadas nos estados do Rio Grande do Sul (Planalto Médio e Sul do Estado), Santa Catarina (Campos de Lages, Campos de Curitibanos, Colonial do Rio do Peixe e Planalto Norte) e no Paraná (Sul do Estado e municípios de altitude do Sudoeste) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO TRIGO: EMBRAPA - CNPT, 1993). Na safra de 2002 a produção nacional de cevada alcançou a quantia de 224.403

toneladas (MINELLA, 2003). Esse autor relatou que das 224.403 toneladas produzidas na safra de 2002 cerca de 28% foram produzidas no Paraná, sendo que 37% desta foi recebido para malte, 8% foi reservado para semente e 55% que não atingiram o padrão cervejeiro, devido ao excesso de chuvas, as quais foram comercializadas para outras finalidades, principalmente para ração animal.

No Brasil, os principais problemas em relação à cultura da cevada, descritos por Minella (1998, 1999 e 2003) são: falta de chuvas (antes e depois do plantio), excesso de chuvas (período de enchimento de grão e colheita), granizo e tempestades acompanhadas de vento (acamamento), geadas tardias (setembro), pragas (pulgões, corós e lagartas) e doenças como oídio (*Blumeria graminis*), ferrugem (*Puccinia hordei*) e giberela (*Gibberella zeae*). Outros problemas destacados estão relacionados com a infra-estrutura de recebimento e secagem e à falta de mão-de-obra qualificada em unidades receptoras de grãos. Canto (1998) destaca outros problemas que dependem de resultados de pesquisa como o desenvolvimento de novos materiais genéticos com resistência a intempéries climáticas e doenças fúngicas como oídio e giberela.

2.2 Composição dos grãos de cevada

Condições climáticas extremas podem alterar a composição nutritiva da cevada, mas com manejo cuidadoso toda a produção pode ser usada para a alimentação dos animais (HOPNNER et al., 1968, citados por BOYLES et al., 1990). As diferentes variedades esclarecem algumas das diferenças observadas na composição de nutrientes (BOYLES et al., 1990). Grings et al. (1992) reportaram consideráveis diferenças no teor de matéria seca (MS) e degradabilidade do amido dentro do mesmo cultivar de cevada devido à variação na

densidade dos grãos. Alguma oscilação no valor nutritivo da cevada pode ocorrer devido à variedade, ao clima, e à fertilidade do solo, mas geralmente a cevada fornece níveis adequados de proteína, energia e fibra (ANDERSON e SCHROEDER, 1999). Condições geográficas podem afetar a composição da cevada, incluindo a percentagem de proteína, lisina, metionina, amido, fibra em detergente ácido (FDA), gordura, minerais (cálcio, fósforo e magnésio) na MS e o grau de enchimento do grão (BULL e BRADSHAW, 1995). Grings et al. (1992) relataram que os níveis de proteína e fibra decrescem, e o carboidrato não estrutural (CNE) aumenta conforme o aumento da densidade do grão. Existe uma relação negativa entre a concentração de proteína e energia na cevada, ou seja, quando a concentração de proteína na MS aumenta a concentração de energia diminui.

Conforme artigo publicado no boletim técnico Bovi News (2002) a cevada apresenta 95% da energia do milho (84% versus 88% de nutrientes digestíveis totais na MS – NDT - do milho), em função da menor quantidade de amido no grão (56% versus 70%) e maior nível de fibra (6,0% versus 3,5%), o qual é explicado pela presença da casca que recobre o grão (15 a 20% do peso do grão). Em relação ao nível protéico, que varia conforme a variedade, a cevada apresenta níveis significativamente superiores ao milho (13,5% versus 10% de proteína bruta – PB – na MS). Porém, o milho contém aproximadamente duas vezes mais proteína não degradável no rúmen (PNDR) do que a cevada (National Research Council - NRC, 1989). Boyles et al. (1990) numa revisão bibliográfica sobre a utilização da cevada na alimentação de bovinos, comparando a mesma com o milho, encontraram níveis nutricionais semelhantes aos acima citados, como descrito a seguir: a cevada tem mais proteína e fibra e menos NDT; a cevada possui 90,3% da energia líquida do milho, sendo que a maioria desta energia é fornecida pelo seu principal constituinte, o amido; quanto à proteína a cevada possui 7,5 a 18% PB (75% é digestível) e um valor em NDT em torno de 80-84%. Assim como o amido, a proteína da cevada apresenta rápida degradação ruminal, o que contribui para a

síntese de proteína microbiana. Em outro estudo, Kennelly et al. (2001) citaram que em 60 cultivares de cevada analisados na Universidade de Alberta, no Canadá, a média do conteúdo de amido encontrada foi de aproximadamente de 55,2% na MS variando de 48,3 a 62,5% . Já a concentração média de PB foi de 13,3% com variação entre 10,8 a 16,2%. De acordo com o NRC (1989) os níveis de energia líquida para lactação variam de 1,94-1,99 megacaloria por kilograma de MS (Mcal/kg). Hunt (1995), sugere níveis de energia líquida para lactação de 1,77 a 1,94 Mcal/kg de MS de cevada. Esses níveis de energia podem variar de acordo com a época e o local de cultivo da cevada e os níveis de proteína variam de acordo os níveis de nitrogênio no solo (BOYLES et al., 1990).

A cevada contém alta concentração de aminoácidos essenciais (AAE), exceto metionina (McCARTHY et al., 1989; SPICER et al., 1986). Os autores anteriormente citados afirmam que dietas contendo cevada resultam em grande quantidade de lisina e N bacteriano passando ao abomaso. Kennelly et al. (1995) relataram que AA como a lisina, metionina, cisteína e triptofano estão presentes em maior concentração na cevada do que no milho. Bull e Bradshaw (1995) descreveram que a cevada contém, respectivamente, AAE como lisina, treonina, metionina e cisteína nas concentrações médias e limites como segue: 0,45% (0,33 a 0,59%), 0,41% (0,29 a 0,56%), 0,23% (0,13 a 0,36%) e 0,21% (0,12 a 0,37%).

Kennelly et al. (1995) descreveram que, em relação ao milho a cevada contém PB, fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) significativamente mais alta. A fibra bruta, a FDN e a FDA, variam de 5,7 a 7,1 %, 19 a 21 % e 7 a 9 % da MS, respectivamente (NRC, 1989). Esses níveis geralmente são maiores que os níveis dos grãos de sorgo e milho. Essa quantidade maior de fibra poderá ser benéfica em dietas com quantidades baixas de volumoso.

O balanceamento de dietas contendo cevada necessita de cuidados em função dos baixos níveis de vitaminas A, D, E e cálcio (BOVI NEWS, 2002). Os níveis de fósforo são

mais altos na cevada que no milho (0,37 % contra 0,30% do milho), sendo biologicamente mais disponível que o fósforo contido no milho (BOYLES et al., 1990). Bull e Bradshaw (1995) reportaram concentrações médias de magnésio, cálcio e fósforo de 0,174%, 0,065%, 0,402%, respectivamente. A qualidade dos grãos da cevada é avaliada pela densidade dos mesmos, ou seja, pelo peso por hectolitro. Para alcançar melhores resultados em termos de produção animal a cevada deve ter um peso por hectolitro igual ou superior a 68 kg/hl. (BOYLES et al., 1990).

2.3 Processamento dos grãos de cevada e de milho

O efeito do local de digestão do amido na produção de leite é o maior indicador da necessidade de processar os grãos de cereais. O processamento dos grãos de cereais altera o local de digestão do amido do intestino para o rúmen, com aumento na percentagem digerida no trato digestivo total dos ruminantes. Para Stokes (1991) o processamento afeta o local e a taxa de digestão e também a taxa de passagem. A redução do tamanho da partícula dos grãos de cevada e do milho aumenta a digestão do amido (McCALLISTER et al., 1993). Os grãos podem ser processados pela aplicação de combinações de calor, umidade, tempo, e ação mecânica. Quando apenas a ação mecânica é aplicada no processamento (moagem e laminação), o grão sofre apenas alteração física e sua estrutura permanece inalterada (SIMAS, 1997).

Grãos de cevada com o pericarpo intacto são muito resistentes ao ataque bacteriano e a digestão no rúmen (BEAUCHEMIN et al., 1994a; McCALLISTER et al., 1994). O processamento do grão da cevada é utilizado para abrir a casca que envolve o pericarpo, a qual é de baixa digestibilidade (YANG et al., 2000), para que o endosperma possa ser

digerido. Yang et al. (2000) reportaram que o aumento da extensão do processamento do grão de cevada favorece a digestão ruminal e intestinal e diminuiu a proporção de grãos inteiros nas fezes. A laminação é comumente utilizada pela indústria de alimentos para processar a cevada (BEAUCHEMIN et al., 2001).

O endosperma do milho contém amido firmemente acumulado dentro de uma matriz protéica e o objetivo do processamento é liberar o amido da matriz protéica para que a digestão possa ocorrer (BEAUCHEMIN e RODE, 1998).

A determinação do peso por hectolitro (PH) é o método utilizado para avaliar o índice de processamento (IP) dos grãos de cevada laminados. O IP é mensurado através da determinação do volume por peso (PH) depois de processado (laminado) expresso como a percentagem em relação ao PH antes do processamento (grão inteiro) (BEAUCHEMIN et al., 2001). Os autores anteriormente citados reportaram que existem consideráveis debates com respeito ao grau de processamento ideal da cevada. Se o conteúdo da fibra efetiva na dieta é alto pode ser benéfico o processamento do grão mais extensivamente para maximizar a digestibilidade e a utilização do N (BEAUCHEMIN et al., 2001). Yang et al. (2000) relataram que digestibilidade pós-ruminal do amido em vacas em lactação, expressa em percentagem que passa ao duodeno aumentou linearmente de 39,2% em dietas com cevada grosseiramente laminada para 78,8% em dieta contendo cevada laminada com partículas de tamanho médio a fino (PI 65%). Esses autores concluíram que o IP de 64% é o grau de processamento ótimo para cevada laminada utilizada na alimentação de vacas leiteiras quando a dieta é adequada em fibra efetiva.

Hristov et al. (2001) observaram redução no pH e amônia e aumento na concentração de propionato no fluido ruminal, quando a dieta continha alta concentração de uma fonte rica em amido degradável como o grão de cevada moído, indicando elevada taxa de fermentação ruminal e maior síntese microbiana. O processamento extensivo maximiza a digestibilidade e

a síntese de proteína microbiana (PM), mas também aumenta a incidência de timpanismo, acidose, laminite, abscesso no fígado e pode causar variação na ingestão de alimentos devido a esses transtornos digestivos (BEAUCHEMIN et al., 2001). Esses mesmos autores relataram que minimizando a extensão do processamento maximiza a mastigação e diminui a taxa de fermentação ruminal, a qual pode prevenir acidose e desordens digestivas. Vacas alimentadas com cevada laminada com IP médio-fino ou fino tiveram maior tempo com pH ruminal abaixo de 5,8 quando comparadas com vacas alimentadas com cevada com IP grosseiro ou médio (YANG et al., 2000).

Enfim, o processamento controlado dos grãos de cevada e de milho é benéfico porque remove barreiras físicas à digestão microbiana no rúmen e aumenta a superfície das partículas do alimento, a qual é necessária para aumentar digestão e absorção pós-ruminal.

2.4 Características químicas e físicas do amido

2.4.1 Fontes de amido

O amido é o polissacarídeo de reserva da maioria das plantas e representa aproximadamente 70% a 80% da matéria seca da maioria dos cereais como milho, sorgo, cevada, trigo e aveia (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986; NOCEK e TAMINGA, 1991). Os cereais são os maiores componentes energéticos das dietas usadas para produção intensiva de leite. O principal nutriente dos cereais é o amido e freqüentemente é a fonte primária de energia em dietas de ruminantes usadas para promover alta produção de leite (SANTOS et al., 1997). As médias e os limites de concentração de amido na MS nas diferentes espécies de grãos são os seguintes: milho 71,9% (63,7 a 78,4%); sorgo 70,2% (60,4 a 76,6%); trigo 63,8%

(54,2 a 71,1%); aveia 44,7% (34,4 a 70,0%) e cevada 64,6% (52,2 a 71,7%) (WALDO, 1973). Santos et al.(1997) descreveram que aproximadamente 25 a 35% da matéria seca das dietas para vacas leiteiras de alta produção são compostas por amido e a utilização adequada deste nutriente é fundamental para se maximizar a eficiência alimentar destes animais. Além dos cereais o amido é encontrado em raízes e tubérculos.

2.4.2 Caracterização da molécula de amido

Nos cereais o pericarpo envolve o embrião ou germe bem como o endosperma, que contém a maior parte do amido (KOTARSKI et al., 1992). O amido é um polissacarídeo heterogêneo encapsulado numa matriz protéica dentro do endosperma do cereal (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986), composto por dois principais tipos de moléculas ou polímeros: amilose e amilopectina (KOTARSKI et al., 1992; OKINE e KENNELLY, 1994; VAN SOEST, 1994). A amilose é um polímero linear de unidades de D-glucose de amido unidos por ligações tipo α -1,4, sendo que a proporção de amilose no grânulo de amido pode variar de 14 a 34%. Segundo estes autores essa variação na proporção de amilose vai depender da espécie do grão de cereal e das variações genéticas dentro das espécies. Já a amilopectina é um polímero ramificado, consistindo de uma cadeia linear de resíduos de glucose (α -1,4), com pontos de ramificações α -1,6 a cada 20 a 25 unidades, portanto, bem maior que a amilose, correspondendo a cerca de 70 a 80% da maioria do amido contido nos grãos de milho e sorgo (Kotarski et al., 1992).

Segundo Nocek e Taminga (1991) o amido existe na forma de grânulos altamente organizados, nos quais a amilose e a amilopectina estão ligadas por pontes de hidrogênio. Os grânulos de amido são pseudocristais que possuem regiões organizadas (cristalina) e não

organizadas (amorfa). A região cristalina ou micelar é primariamente composta de amilopectina, resistente a entrada de água e ao ataque enzimático e responsável pela birrefringência do grânulo de amido. A região amorfa (fase gel) do amido é rica em amilose e menos densa que a cristalina, permitindo um movimento livre de água (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). O ataque das amilases aos grãos de amido é iniciado na região amorfa enquanto que a hidrólise da região cristalina ocorre mais vagorosamente (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

A influência de relação amilose: amilopectina na degradabilidade do amido foi observada por Guibot e Mercier (1985) que demonstram que o amido “ceroso”, de baixa amilose, é mais degradável que o amido de milho comum. A menor digestibilidade das variedades de alta amilose pode estar relacionada com a capacidade da amilose de limitar a incubação e/ou devido à orientação das moléculas de amilose em direção ao interior dos cristais de amilopectina, causando um aumento nas ligações de hidrogênio, o que limitaria o inchaço e a hidrólise enzimática. A outra teoria que explica a menor digestibilidade da amilose reside no fato de que a mesma está localizada principalmente na região amorfa onde é complexada com lipídeos (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). Outro fator que afeta a utilização do amido de cereais pelos animais é a presença de uma matriz protéica ao redor do grânulo, a qual dificulta a ação das enzimas digestivas (KOTARSKI et al., 1992). A presença dessa matriz protéica é mais significativa nos grãos de sorgo e milho que nos demais cereais (SNIFFEN, 1980). Os principais motivos do aumento da digestibilidade do amido de milho e sorgo quando processados intensamente, são o aumento da área superficial e o rompimento da matriz protéica (HUNTINGTON, 1997; THEURER et al., 1999).

2.4.3 Fermentação ruminal do amido

A fermentação ruminal é o resultado de atividades físicas e microbiológicas as quais convertem componentes da dieta em produtos que são utilizados (Ácidos graxos voláteis, proteína microbiana, vitaminas do complexo B), ou não (metano e gás carbônico) pelo hospedeiro. Alguns desses produtos, todavia, podem ser tóxicos, como é o caso do nitrogênio amoniacal e nitratos (OWENS, 1988; VAN SOEST, 1982 e 1994).

Nos ruminantes o amido pode ser fermentado no rúmen e no intestino grosso por microorganismos, ou digerido enzimaticamente no intestino delgado. Entretanto, o rúmen é o principal local de digestão (SIMAS, 1997). A fermentação ruminal do amido é determinada pela taxa de fermentação e do tempo de retenção no rúmen, as quais variam com a espécie e “status” fisiológico do animal, tipo e variedade de grão, condições de crescimento da cultura e método de processamento (HERRERA-SALDAÑA et al, 1990b; HUNTINGTON, 1997).

A digestão microbiana de amido no rúmen resulta, principalmente, em acetato, propionato e butirato, os quais são denominados de ácidos graxos voláteis (AGVs). As proporções molares normalmente produzidas são de 45 a 75% de acetato, 15 a 45% de propionato e 11 a 13% de butirato (KOZLOSKI e CIOCCA, 1999). O subsequente metabolismo dos AGVs se constitui na maior fonte de energia para os ruminantes, podendo representar até 75 % dos requerimentos energéticos diários dos animais (BERGMAN, 1990; VAN SOEST, 1994). Além de geração de energia, a fermentação ruminal de carboidratos é essencial para a nutrição protéica do ruminante, devido à importância quantitativa e qualitativa da proteína microbiana. (SANTOS et al., 1998).

Quase a totalidade dos AGVs produzidos pelo processo fermentativo ruminal são absorvidos passivamente através do epitélio do rúmen-retículo e omaso, sendo o rúmen-

retículo, responsável por 88% dos AGVs absorvidos (BERGMAN, 1990). Reynolds e Huntington (1988b) reportaram que em animais alimentados com concentrado peletizado com grão de milho, 85 a 100% do fluxo de AGVs na veia porta, era proveniente da fermentação ruminal. Parte dos AGVs, durante o processo de absorção, são metabolizados pelo epitélio ruminal e o percentual de AGVs a ser metabolizado, aumenta com o tamanho da cadeia e com a atividade das enzimas CoA sintetase nos diferentes tecidos. Portanto, 90% do butirato produzido é metabolizado pelo epitélio ruminal sendo oxidado a CO₂, e corpos cetônicos (β -hidroxibutirato, acetona e acetoacetato) , ou seja, somente 10% do butirato produzido no rúmen chega ao fígado. Isto demonstra uma alta atividade da enzima butiril CoA sintetase no epitélio ruminal. Já o propionato é bem menos metabolizado pelo epitélio ruminal de vacas leiteiras, cerca de 3 a 15%, sendo oxidado a CO₂, lactato e alanina; e o restante (> 80% do que é produzido) chega ao fígado. Ao redor de 95% do fluxo líquido de propionato na veia porta, é convertido em glucose no fígado, indicando uma alta atividade hepática da enzima propionil CoA sintetase. O propionato, como relatado anteriormente, é o maior precursor gluconeogênico em ruminantes. Já o acetato, é pouco metabolizado tanto pelo epitélio ruminal como pelo fígado. Isso explica o fato de cerca de 90 a 98% dos AGVs encontrados na circulação arterial e venosa periférica ser acetato, demonstrando uma baixíssima atividade da enzima acetil CoA sintetase no epitélio ruminal e hepático. Somente 3% do “turnover” é utilizado pelo fígado, sendo metabolizado principalmente pelos tecidos periféricos (adiposo e muscular) onde a atividade da enzima Acetil CoA Sintetase é muito alta (BERGMAN, 1990). O sistema visceral, então, metaboliza praticamente todo o butirato e propionato e, dos AGVs produzidos no trato gastrointestinal, somente o acetato é tornado disponível aos tecidos periféricos.

Vários gêneros de bactérias ruminais têm sido identificados como sendo amilolíticas: *Bactirioídes*, *Eubacterium*, *Streptococcus*, *Butyrivibrio*, *Ruminobacter*, *Selenomonas*,

Succinovibrio, *Succinomas* e *Lactobacillus* (KOTARSKI et al., 1992; VAN SOEST, 1994). As espécies amilolíticas mais importantes são *Bacterioídes amylophilus*, *Streptococcus bovis*, *Succinomas succinogenes*. Essas bactérias tendem a predominar no rúmen de animais alimentados com dietas ricas em grãos (YOKOYAMA e JOHNSON, 1988). Após o amido ser degradado a maltose e glucose, as bactérias sacarolíticas irão fermentar esses substratos rapidamente até piruvato. Dois moles de piruvato são produzidos para o crescimento e manutenção das bactérias ruminais. O piruvato é o caminho intermediário pelo qual todos os carboidratos têm que passar antes de serem convertidos a AGVs, CO₂ e metano. A proporção molar de AGVs, bem como, a proporção molar de acetato, propionato e butirato produzidos no rúmen dependem do tipo de carboidrato fermentado no rúmen, tempo e extensão da degradação, espécie de bactéria e ambiente ruminal (BERGMAN, 1990; VAN SOEST, 1994). Dietas ricas em grãos tendem a produzir maior proporção molar de ácido propiônico em relação a dietas ricas em carboidratos estruturais.

O rúmen também contém uma população de protozoários, os quais podem proporcionar certo impacto na digestão de carboidratos através da ingestão de grânulos de amido, açúcares solúveis e pequenas partículas de plantas as quais são digeridas internamente. Esta ingestão pelos protozoários pode alterar a taxa e a extensão da fermentação do amido pela diminuição da disponibilidade desse substrato para o rápido crescimento bacteriano (KOTARSKI et al., 1992). Outro fator seria a ingestão de bactérias pelos protozoários em número suficiente para diminuir a taxa de fermentação ruminal. Entretanto, dietas ricas em grãos freqüentemente levam a uma queda brusca de pH e como os protozoários são muito sensíveis a pH abaixo de 6,0, não estão fortemente envolvidos em alguma apreciável extensão na modulação da taxa de fermentação de amido em ruminantes alimentados com dietas ricas em grãos. Por último os fungos parecem dispor de uma escassa atividade amilolítica (BLAS et al., 1995).

2.4.4 Digestão intestinal do amido

O advento de alimentar os animais com dietas contendo grandes quantidades de grãos despertou interesse em determinar a capacidade dos ruminantes em digerir amido no intestino, devido à absorção e metabolismo da glicose ser aparentemente mais eficiente energeticamente que a absorção e fermentação de ácidos orgânicos no rúmen (OWENS et al., 1986). Tipicamente, rações para vacas leiteiras provêm grandes quantidades de amido dietético, das quais uma parte pode escapar da degradação ruminal e tornar-se disponível para digestão no trato pós-ruminal (STOKES, 1991). A digestibilidade intestinal do amido é inversamente proporcional a digestibilidade ruminal, de modo que a digestibilidade total do amido dos cereais no trato digestivo geralmente é superior a 90% (BLAS et al, 1995). O amido não degradável no rúmen, passa para o intestino delgado (ID) onde será enzimaticamente digerido da mesma forma como ocorre em outras espécies animais (HUNTINGTON, 1997; SIMAS, 1997). Posteriormente o amido não digerido no ID chega ao intestino grosso (ceco e colo), onde pode ser fermentado pela flora microbiana ali existente (BLAS et al, 1995).

A digestão do amido intestinal requer enzimas capazes de quebrar ligações glicosídicas α 1-4 e α 1-6 (amilose e amilopectina). O pâncreas secreta a enzima α -amilase, a qual irá hidrolisar amilose e amilopectina em oligossacarídeos de duas (maltose) e três (maltotriose) unidades de glicose e α -dextrina e uma pequena quantidade de glicose. Como os enterócitos não absorvem moléculas de carboidrato maiores que glicose (monossacarídeo) o processo de hidrólise continua nas bordas em escova das microvilosidades intestinais através das oligossacarídeses: 1) glucoamilase (maltase-glucoamilases, amiloglucosidase); 2) α -dextrinase (isomaltase). Os ruminantes não têm atividade da sacarose mensurável e desta forma dependem da atividade da maltase e isomaltase para produzir unidades de glicose para

absorção (HUNTINGTON, 1997). A glucose originária desta segunda hidrólise é absorvida através de transporte ativo com sódio (GRAY, 1992).

Existe uma controvérsia entre vários autores no que tange à capacidade de digestão intestinal do amido. Tem-se observado que quando a quantidade de amido a ser digerido no intestino aumenta ocorre redução na digestibilidade. Entretanto, tem havido discordâncias na literatura quanto às prováveis causas desta limitação (OWENS et al., 1986; NOCEK e TAMINGA, 1991; HUNTINGTON, 1997). McAlliester et al. (1992) sugerem que aumentando o suprimento pós-ruminal de amido para o ID pode aumentar a eficiência alimentar reduzindo a perdas de energia que ocorrem no rúmen através do metano e calor. Firkins et al. (2001) em extensa revisão sobre o processamento de grãos e utilização por vacas leiteiras descreve que a digestibilidade do amido no ID é teoricamente mais eficiente metabolicamente que a gluconeogênese do propionato que é produzido durante a fermentação ruminal. Em uma revisão de literatura sobre digestão de amido no intestino delgado, Owens et al. (1986) informaram que a digestão de amido no rúmen é aproximadamente 70% menos eficiente que digestão de amido no intestino delgado de bois. Isto justificaria a sugestão de que é vantajoso aumentar a disponibilidade de amido presente no intestino delgado para vacas de alta produção.

Pesquisas anteriores mostraram que a infusão abomasal de amido não foi capaz de elevar a concentração plasmática de glucose aos mesmos níveis quando infundi-se quantidades similares de glucose, lactose e maltose. É possível que o intestino delgado não tenha sido capaz de digerir a quantidade de amido que veio do abomaso, o que denotaria uma limitação na capacidade de hidrólise do amido neste compartimento. Por outro lado, é possível que as vísceras drenadas pelo sistema portal hepático tenham usado glucose de forma mais intensa quando o amido e não glucose foi suprido via infusão.

Orskov (1986) reportou que a digestão do amido no intestino delgado pode ser

limitada por falta de enzimas envolvidas com a hidrólise (α -amilase e isomaltase) e que também existe uma capacidade limitada de absorção de glucose. Theurer (1986) também sugeriu uma limitação enzimática e que o processamento beneficia o aumento da digestibilidade intestinal, pois ocorre um decréscimo na quantidade de amido que chega ao intestino delgado.

Owens et al. (1986) sugeriram não haver limitação enzimática para a digestão intestinal do amido, visto que não se atingiu um platô ou limite de quantidade de amido que desaparecera do intestino delgado. Eles propuseram que a limitação de digestão se devia à forma de como este amido chegava ao intestino delgado (processamento, com alteração da matriz protéica e área superficial) e o tempo de permanência (aumenta a extensão da digestão). Nesta mesma revisão, através de uma equação de regressão múltipla dos dados de 40 experimentos com novilhos de corte, os autores postularam que alterando o local de digestão do amido do rúmen para o intestino delgado, resultaria em aumento na absorção de glucose e seria 42% mais eficiente energeticamente que a fermentação ruminal. Para vacas em lactação, Huntington (1997) descreveu que 28% do total do suprimento de glucose vem da glucose absorvida no intestino, 67% vem de ácidos orgânicos do amido fermentado no rúmen e 5% de outras fontes.

Croom e Bull (1992) propuseram que a digestão incompleta do amido que chega ao intestino delgado está relacionada com uma assincronia entre o fluxo de amido que chega ao duodeno e a secreção pancreática de α -amilase. Eles concluíram que em virtude dos ruminantes serem fermentadores pré-gástricos, os mesmos possuem um fluxo constante de bolo alimentar para o duodeno, o que impede a implementação de alguns dos controladores neuro-endócrinos da secreção pancreática como observado em outras espécies.

Harmon (1992) propôs que alguns fatores de dieta poderiam estar influenciando a atividade das carboidrases na capacidade de digestão do amido no intestino delgado. Foi

observado que a concentração de α -amilase pancreática aumentou com a ingestão de energia metabolizável e não com a ingestão de amido, mas os efeitos nas dissacaridases intestinais (glucoamilase e α -dextrinase) foram mínimos.

Mais recentemente, Huntington (1997) em sua extensa revisão de literatura propôs que a absorção de glucose não é limitante, para a digestão de amido, mas que existe limitação enzimática (α -amilase). Segundo este autor, os estudos realizados confirmam os primeiros trabalhos que identificaram a falta de adequada atividade α -amilase pancreática como sendo a causa primária de não haver 100% de digestão de amido no intestino delgado. Apesar da limitação enzimática, trabalhos com novilhos de corte, demonstraram alta capacidade de digestão de amido no intestino delgado quando quantidades de 2,0 kg de milho grão ou 2,5 kg de sorgo laminado a seco foram digeridas nesse órgão (HUNTINGTON, 1997).

Apesar de Owens et al. (1986) postularem que a digestão intestinal beneficiaria o animal em termos energéticos, trabalhos posteriores (REYNOLDS e HUNTINGTON, 1988a, b; HUNTINGTON, 1997) demonstraram que o fluxo líquido de glucose no sistema porta-hepático é nulo ou negativo, o que significa que toda a glucose que chega na glândula mamária para a síntese de lactose é proveniente da gluconeogênese hepática. Entretanto, segundo Nocek e Tamminga (1991) existem evidências que sugerem que o amido digerido pós-ruminal pode ser usado mais eficientemente para síntese do leite que o amido digerido no rúmen.

No intestino grosso, especificamente no ceco e cólon, o amido que escapar da fermentação ruminal e da digestão enzimática no intestino delgado, pode ser fermentado por microrganismos ali existentes. A fermentação do amido no intestino grosso é similar ao rúmen, resulta na produção de AGVs, metano e CO₂ e síntese de proteína microbiana. Entretanto, a proteína microbiana sintetizada não é absorvida, sendo completamente excretado através das fezes (KNOWLTON, 1998). Já, os AGVs produzidos podem ser absorvidos e

utilizados pelos ruminantes (ARMENTANO, 1992). Theurer (1986) concluiu que o processamento do milho ou sorgo aumenta a degradabilidade do amido no rúmen e intestino delgado, diminuindo o fluxo de amido e a reciclagem de N para o intestino grosso. Este processo provavelmente aumenta a economia de energia e N para o animal. Oliveira et al. (1995), em seu experimento com vacas leiteiras, observaram que as vacas alimentadas com sorgo laminado a seco tinham mais amido e proteína nas fezes e um menor pH fecal quando comparadas com vacas alimentadas com sorgo floculado, sugerindo que uma quantidade significativa de amido fermentou no intestino grosso.

2.5 Síntese de proteína microbiana no rúmen

Os ruminantes se caracterizam pela presença de uma população microbiana ativa, principalmente no rúmen, a qual degrada grande parte da proteína e outros compostos nitrogenados dos alimentos, e também utiliza compostos nitrogenados não protéicos (amônia), para síntese de suas próprias proteínas, como consequência dá origem à síntese de proteína microbiana (PM) no rúmen.

A proteína microbiana sintetizada no rúmen é uma fonte excelente de aminoácidos (AA), bem balanceada e de baixo custo, sendo superior em valor biológico a qualquer suplemento protéico comumente usado em dietas para vacas leiteiras. Portanto, o aumento na síntese de proteína microbiana pode melhorar a quantidade e o perfil de aminoácidos essenciais (AAE) que chegam ao duodeno para serem absorvidos, resultando especialmente em mais lisina e metionina para síntese de leite (SANTOS et al., 1998). Estudos têm indicado que a produção de leite e de proteína do leite são aumentadas quando lisina e metionina estão em proporções adequadas, 7,2% e 2,4% respectivamente, na proteína metabolizável no

intestino delgado de vacas em lactação (SCHWAB, 1994; NRC, 2001). A metionina pode ser mais limitante que a lisina para a síntese de leite (OVERTON et al., 1995).

A proteína ingerida pelo ruminante pode passar para o abomaso sem sofrer ação dos microrganismos ou ser degradada no rúmen, onde as ligações peptídicas são hidrolisadas (proteólise) e os peptídeos e AA liberados são utilizados para a síntese de proteína microbiana (PM) ou deaminados, produzindo amônia e AGVs (SANTOS et al., 1998).

A extensão de degradação da proteína é variável entre os ingredientes da dieta e depende do tempo de retenção no rúmen, o qual diminui com a redução do tamanho da partícula. A taxa de degradação intrínseca a cada alimento também pode ser alterada pelos métodos de processamento, tais como peletização, extrusão, laminação, floculação e tostagem (CLARK et al., 1992).

A produção de proteína microbiana é resultado da eficiência microbiana (g de nitrogênio de origem bacteriana/kg de matéria orgânica verdadeiramente digerida no rúmen) multiplicada pela quantidade (kg) de matéria orgânica verdadeiramente digerida no rúmen (MOVD)) (SNIFFEN et al. 1992). Pelo simples fato de que a proteína e os lipídios estão contidos na matéria orgânica e os mesmos contribuem com pouca energia (ATP) para os microrganismos, vários estudos têm sugerido que o mais apropriado seria expressar a eficiência microbiana como função da digestão de carboidratos no rúmen. Desta forma, a produção microbiana (g de nitrogênio - gN) passa a ser resultado da quantidade de substrato fermentado no rúmen (carboidrato) e da eficiência microbiana (gN/kg de carboidrato fermentado) (RUSSEL et al. 1992).

No rúmen as bactérias requerem fontes de N, energia, minerais, vitaminas, esqueletos de carbono e outros nutrientes para crescer. Contudo, N e energia são requeridos em quantidades maiores e exercem maior influência no crescimento bacteriano. Quando a proteína é degradada mais rapidamente do que a fonte de energia, ocorre um desacoplamento

da fermentação, aumentando a concentração de amônia ruminal, que é absorvida pela parede do rúmen e é convertida em uréia no fígado. O excesso de uréia pode ser reciclado via saliva ou parede do rúmen, mas a maior proporção é excretada na urina. Contrariamente, quando grande quantidade de energia é degradada, ultrapassando a velocidade de degradação da proteína, o crescimento microbiano e a eficiência digestiva decrescem. Isto é caracterizado pela fermentação incompleta, onde os microrganismos, deficientes em N, desviam ATP para o acúmulo de carboidrato e não para a síntese de proteína microbiana (NOCEK e RUSSEL, 1988).

Cameron et al. (1991) observaram que a síntese de proteína microbiana e o crescimento microbiano dependem de uma adequada quantidade de energia e N para a síntese e assimilação de aminoácidos. Um sincronismo entre a degradação ruminal da proteína e de carboidratos da dieta é necessário para um ótimo crescimento microbiano e síntese protéica (RUSSEL e HESPELL, 1981). A deficiência em fontes de N (amônia, AA e peptídeos) pode limitar o crescimento microbiano e a síntese de proteína microbiana, principalmente quando dietas contendo uma alta concentração de proteína não degradável no rúmen (PNDR) são fornecidas (NOCEK e RUSSEL, 1988).

Os principais fatores que afetam o crescimento e a eficiência das bactérias ruminais são energia e proteína (fonte de AA e N). Entretanto, existem fatores que afetam a fermentação ruminal como: 1) pH ruminal, o qual estando abaixo de 6,2 pode deprimir o crescimento de microrganismos ruminais, principalmente bactérias celulolíticas e metanogênicas; 2) taxa de passagem, pois a eficiência de crescimento de células microbianas aumenta à medida que aumenta a taxa de diluição e as altas taxas de renovação selecionam espécies bacterianas com taxas mais rápidas de crescimento e provocam a lavagem das espécies com taxas menores de crescimento, aumentando a eficiência microbiana e, podendo até diminuir a extensão da digestão ruminal. Esses fatores são determinados pelo nível de

consumo do animal, sistema de alimentação, tamanho de partícula, qualidade e proporção da forragem e tipo de processamento dos carboidratos dos alimentos.

As bactérias ruminais requerem amônia, aminoácidos e peptídeos para o máximo crescimento. A amônia é a principal fonte de nitrogênio para os microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais, enquanto os aminoácidos e peptídeos constituem a maior fonte de nitrogênio para os fermentadores de carboidratos não estruturais. A concentração ruminal de N-amoniaco necessária para maximizar a síntese de proteína microbiana ainda é motivo de controvérsia. Clark et al. (1992) sugeriram 2-5 mg/dl, enquanto que Odle e Schaefer (1987) sugeriram 12,5 mg/dl (tratamento com cevada laminada) e 6,1 mg/dl (tratamento milho quebrado). O que parece existir de fato é que o nível de nitrogênio amoniaco ruminal varia de acordo com a disponibilidade de carboidratos fermentáveis no rúmen (SANTOS et al., 1998).

A relação concentrado:volumoso pode afetar tanto a eficiência quanto a produção microbiana devido aos efeitos na disponibilidade de substrato, taxa de passagem e pH ruminal (RUSSEL et al. 1992). Segundo, Rode et al. (1985), citados por Gabarra (2001) a eficiência microbiana foi maior quando a proporção volumoso:concentrado foi de 80:20 (feno de alfafa:milho+farelo de soja), mas a produção microbiana foi maior nas dietas que continham maior proporção de concentrado (38:62).

Hoover e Stockes (1991) observaram grande síntese de proteína microbiana quando as vacas de leite se alimentaram com dietas contendo altas proporções de carboidratos não estruturais e proteína degradável no rúmen (38 e 13,2 ou 31 e 11, 8%, respectivamente, na matéria seca da dieta) comparado com dietas contendo baixos teores de carboidratos não estruturais e proteína degradável no rúmen (4 e 9%, respectivamente).

Aldrich et al. (1993) observaram alto fluxo de proteína microbiana para o duodeno quando as vacas em lactação se alimentaram com dieta alta em amido degradável no rúmen

(milho alta umidade) combinada com fontes de proteína de alta degradabilidade ruminal (farelo de soja). Desta forma, acredita-se que nitrogênio e energia são requeridos em grandes quantidades, mas precisam estar disponíveis de maneira balanceada com suas degradabilidades sincronizadas para maximizar o crescimento bacteriano.

Herrera-Saldana et al. (1990b) observaram efeito positivo da sincronização de fontes de proteína e amido na fermentação ruminal, síntese microbiana e desempenho de vacas em lactação.

Hoover e Stockes (1991) compilaram informações de vários estudos em curvas de estimativa com o objetivo de quantificar os requerimentos e a degradabilidade de carboidratos em relação ao nível de degradabilidade da proteína e sugeriram que o sincronismo foi importante na eficiência produtiva de ruminantes.

Em alguns trabalhos publicados, foram observados efeitos positivos quando se procurou aliar a alta degradabilidade ruminal de fontes de amido e de proteína nas dietas de vacas leiteiras. Nestes estudos, os efeitos positivos foram uma maior produção de leite (HERRERA-SALDANA e HUBER, 1989), estímulos à produção de proteína microbiana no rúmen (HERRERA-SALDANA et al., 1990b) e maior eficiência de utilização do N para a síntese microbiana (MOORE et al., 1992).

2.6 Fermentação ruminal e digestibilidade de dietas contendo cevada e milho

Em relação ao milho, a cevada é considerada um alimento rapidamente degradável no rúmen de vacas leiteiras. Estudos de metabolismo têm comparado diferentes fontes de grãos com diferente degradabilidade ruminal. A digestibilidade do conteúdo energético da cevada é

4% inferior ao milho, devido à cevada conter mais fibra e menos amido (BEAUCHEMIN e RODE, 1998). O milho e sorgo contêm 72% de amido na matéria seca (MS) e a cevada e aveia contêm 57 a 58% (HUNTINGTON, 1997). Knowlton (1998) relatou que em vacas em lactação a digestão do amido da cevada no rúmen é maior do que o amido do milho. Overton et al. (1995) relataram que a digestibilidade ruminal aparente do amido aumentou quando a cevada substituiu o milho. Esses mesmos autores encontraram valores de 41,9% de digestibilidade ruminal aparente do amido em dietas contendo 100% milho e 74,4% em dietas contendo 75 ou 100% de cevada. Herrera-Saldana et al. (1990a) estabeleceram o seguinte “ranking” para cinco cereais quanto à degradação do amido *in vitro*: aveia, trigo, cevada, milho e por último sorgo.

McAllister et al. (1993) sugeriram que a matriz protéica poder ser importante na determinação da taxa e extensão na fermentação da cevada. Os mesmos autores relataram que a matriz protéica da cevada é rapidamente digerida pelos microorganismos do rúmen. Para Yang et al. (2000) o amido da cevada é mais rapidamente degradado do que o amido do milho devido à matriz protéica na cevada ser rapidamente solubilizada e degradada por bactérias proteolíticas. Em contraste, a matriz protéica do endosperma do milho é extremamente resistente à digestão ruminal (McALLISTER et al., 1990). Já Beauchemin e Rode (1998) descreveram que o amido da cevada está contido dentro de uma matriz protéica amorfa no interior do endosperma e em virtude disso, a digestão do amido da cevada no rúmen ocorre mais rapidamente que o amido do milho. Estes dados sugerem que os componentes estruturais dentro do endosperma, em lugar das propriedades do próprio grânulo de amido, são responsáveis pelas diferenças na digestão ruminal do milho e da cevada (McALLISTER et al., 1993). Estes compostos estruturais parecem ter maior influência na fermentação do amido do milho do que da cevada.

Vacas alimentadas com dietas contendo cevada tendem a ter pH ruminal mais baixo que vacas alimentadas com milho, quando são formuladas dietas para conter a mesma quantidade de fibra da forragem (BEAUCHEMIN e RODE, 1998). Em relação à concentração ruminal de ácidos graxos voláteis (AGVs) Casper et al. (1999) encontraram maior diferença em vacas alimentadas com dietas contendo milho em comparação à cevada. Os mesmos autores acima citados reafirmaram que vacas alimentadas com milho tem consistentemente maior concentração de AGVs do que vacas alimentadas com cevada. Isto significa que a maior taxa de degradabilidade do carboidrato não estrutural (CNE) da cevada não resultou em maior concentração de AGVs. McCarthy et al. (1989) reportaram aumento na concentração molar de propionato e diminuição na concentração de acetato devido um aumento na digestão ruminal do amido da cevada. Overton et al. (1995) ao substituir 25% do amido do milho por amido de cevada constataram um aumento na percentagem molar de propionato e um grande decréscimo na percentagem molar de acetato no fluido ruminal. Resultado de estudos metabólicos efetuados por Khorasani et al. (2001) em vacas em lactação alimentadas com cevada ou milho indicaram que a concentração total de AGVs e de acetato decresceu linearmente, butirato aumentou linearmente, o pH ruminal e a concentração de ácido lático não foram afetados pelo aumento do nível de milho na dieta. A concentração ruminal de propionato decresceu quando a proporção de milho na dieta aumentou.

Weiss et al (1989) relataram que vacas em lactação alimentadas com silagem de alfafa e cevada laminada tiveram menor percentagem molar de acetato (A), menor relação A:P e maior percentagem molar de propionato (P) do que vacas alimentadas com silagem de alfafa e milho triturado. A mudança na relação A:P foi atribuída à diferença na fermentação do amido da cevada e do milho. Em estudo realizado com vacas em lactação primíparas e múltíparas alimentadas com cevada ou milho, DePeters e Taylor (1985) constataram uma relação A:P

maior nas primíparas. Esses mesmos autores reportaram similar concentração molar de AGVs quando vacas foram alimentadas com dieta contendo cevada ou milho.

Para vacas em lactação, a produção de leite, fluxo de N bacteriano e síntese de proteína microbiana tem sido alterada através da variação da fonte de CNE e através da relação CNE : PDR (proteína degradável no rúmen) (HOOVER e STOKES, 1991; NOCEK e TAMMINGA, 1991). Com milho, a digestão que não ocorre no rúmen é compensada freqüentemente através da digestão no intestino delgado. Porém, com cevada, a digestão pós-ruminal é baixa se o grão não é processado extensivamente porque as enzimas digestivas do intestino não podem penetrar a casca melhor que as bactérias ruminais (BEAUCHEMIN e RODE, 1998). McCarthy et al. (1989) compararam milho moído e cevada laminada a vapor, e observaram que a cevada laminada tendeu a aumentar a síntese microbiana no rúmen, porém sem nenhum efeito na eficiência microbiana. A síntese de proteína microbiana é mais alta para dietas contendo cevada do que para dietas contendo milho (YANG et al, 1997), devido a maior fermentação ruminal da matéria orgânica da cevada (BEAUCHEMIN e RODE, 1998).

Overton et al. (1995) reportaram um efeito quadrático decrescente no fluxo do N microbiano para o duodeno quando o amido da cevada substituiu o amido do milho, coincidindo com o decréscimo da digestibilidade da FDN e da ingestão de matéria seca. Orozco-Hernandez et al. (1997) encontraram resultados semelhantes e relataram que a adição de cevada à dieta reduz a digestibilidade total de todas as frações do alimento. Contudo, a síntese de proteína microbiana, a passagem de AA e amido para o duodeno é maior em dietas baseadas em milho do que em cevada, devido a maior ingestão de matéria seca (IMS) e a menor degradabilidade ruminal do milho (McCARTHY et al., 1989; CASPER et al., 1999). Já Overton et al. (1995) observaram uma relação positiva entre a passagem de AA microbiano e de N microbiano para o duodeno e esta relação foi maior para dietas com 100% de cevada, intermediária para dietas com 100% de milho e menor para dietas contendo mistura de cevada

com milho. Esta diferença pode ser atribuída a variação de IMS, a fonte de amido em relação à degradação ruminal e o tipo de animal utilizado no experimento.

2.7 Utilização da cevada na alimentação de bovinos leiteiros

A cevada é um grão versátil na alimentação, usado em todo o mundo para uma grande variedade de espécies de animais domésticos, incluindo todas as categorias de animais de gado leiteiro (ANDERSON e SCHROEDER, 1999). Grant (1996) ressaltou que a cevada é um componente importante na ração de vacas em lactação em muitas partes do mundo, apesar de sua rápida taxa de digestão no rúmen. A digestão rápida do amido pode abaixar o pH ruminal drasticamente, causar problemas digestivos e redução da gordura do leite. Devido a estes fatores, as dietas têm que conter fibra adequada para possibilitar o uso de quantias significativas de cevada. Em onze comparações entre cevada e milho, todas mostraram nenhuma evidência de uma influência de fonte de grão na porcentagem de proteína de leite. Alguns estudos, em outros países, indicam que a cevada pode ser usada como substituto do milho sem alterações na produção e composição do leite ou na IMS (DePETERS e TAYLOR, 1985; GRINGS et al., 1992). Cevada é uma fonte econômica de nutrientes que pode ser considerada na formulação de rações para gado leiteiro.

A cevada pode ser fornecida em grandes quantidades (25 a 50% do concentrado) e até 35% da ingestão da matéria seca (BOVI NEWS, 2002). Pesquisas indicam que os níveis de inclusão podem variar de 1,0% a 1,7% do peso vivo com base na matéria seca (BOYLES et al., 1990).

Em vários trabalhos realizados em países de pecuária leiteira desenvolvida comparando a cevada com o milho, a aveia, ou o trigo, nenhuma diferença significativa na

produção de leite foi observada (KENNELLY et al., 1996). Esses mesmos autores citam que em dez estudos que incluíram somente a cevada ou milho nos tratamentos, a produção de leite foi similar em oito estudos.

Kossoski (1992b) num experimento realizado na Granja Experimental de Bovinos de Leite, em Castro, PR, comparando a utilização de silagem de grão úmido de cevada com silagem de grão úmido de milho em vacas Holandesas concluiu que a cevada pode ser um substituto parcial do milho. Korhasani et al. (1994) utilizando cevada em substituição ao milho em vacas Holandesas chegaram a resultado semelhante, ou seja, na substituição parcial do milho pela cevada as vacas apresentaram maior produção de leite. DePeters e Taylor (1985) avaliando os efeitos da alimentação de vacas leiteiras com cevada ou com milho, divididas em dois lotes, não encontraram diferenças significativas quanto à composição do leite e sólidos, digestibilidade e ingestão da matéria seca e energia. Porém, a digestibilidade da fibra foi menor no lote com a dieta contendo cevada. Kennelly et al. (1996) estudaram os efeitos da substituição do grão de milho pelo grão de cevada em relação ao metabolismo do rúmen, a digestibilidade da dieta e desempenho produtivo e concluíram que essa substituição alterou o local da digestão da dieta e a composição dos nutrientes absorvidos pelo rúmen. Entretanto, essas alterações não influenciaram significativamente a ingestão de matéria seca, a produção e a composição do leite.

Kennelly et al. (2001) relataram que a substituição do milho pela cevada na dieta de vacas em lactação pode resultar na queda do pH ruminal, redução da digestão da fibra, da IMS e depressão da gordura do leite.

Quando a proporção de amido de cevada na dieta aumenta, a ingestão de MS, matéria orgânica (MO) e amido decrescem linearmente (OVERTON et al., 1995; McCARTHY et al., 1989). Casper et al. (1999) relataram que a produção de leite e a IMS baseada no peso vivo foi maior para vacas alimentadas com dieta contendo milho do que em vacas alimentadas com

dieta baseada em cevada. Segundo Knowlton (1998) a redução na IMS deve-se ao baixo pH do rúmen o que reduz a digestibilidade da fibra, a qual poderá aumentar o tempo de retenção da fibra no rúmen, limitando a ingestão de alimentos associada com o enchimento ruminal. A passagem de amido para o duodeno decresce linearmente quando a cevada substituiu o milho na dieta devido ao fato do amido do milho ser menos degradável no rúmen do que o amido da cevada (NOCEK e TAMMINGA, 1991) e porque as vacas consomem mais MS quando alimentadas com dieta contendo grandes proporções de milho (OVERTON et al., 1995). Estes autores relataram que a passagem de AA para o duodeno foi maior quando o amido do milho e da cevada foram utilizados na relação 100:0% e 0:100% devido a influência da IMS e a síntese de PM.

A rápida fermentação da cevada no rúmen aumenta a acidez ruminal, a qual reduz as bactérias que digerem fibra (YANG et al., 1997). Quando mais de 25% de amido dos grãos de cereais é adicionado à dieta como a cevada, a degradação da fibra no rúmen decresce (HUNT, 1995; OVERTON et al, 1995) e o maior decréscimo ocorre quando a relação do amido do milho para o amido de cevada na dieta é de 0:100% (OVERTON et al., 1995).

O NRC (1989, 2001) não especifica a concentração ótima de FDN na dieta, mas recomenda um mínimo de 25 a 28%, devendo 75% de FDN ser suprida pelas forragens para manter a função ruminal e evitar a depressão de gordura. O NRC (2001) ao citar Beauchemin (1991) recomenda 34% de FDN na MS em dietas baseada em cevada. A recomendação do NRC (1989) para FDN pode não ser adequada para dietas contendo cevada (WEISS et a., 1989; BEAUCHEMIN e RODE, 1997). Os dois últimos autores concluíram que a concentração de FDN necessária para manter a gordura do leite em 3,5% em dietas baseadas em cevada é mais alta que em dietas baseada em milho. DePeters e Taylor (1985) sugeriram 34% de FDN na MS para dietas contendo cevada. Beauchemin e Rode (1998) propuseram 32% de FND na MS. Beauchemin et al. (1994b) não encontraram diferença significativa no

volume de leite corrigido para gordura (LCG) em dietas que continham entre 32 a 40% de FDN, enquanto que o teor de gordura aumentou de forma linear à medida que a percentagem de FDN da dieta foi elevada.

Geralmente a adição de cevada à dieta reduz a digestibilidade total de todas as frações dos alimentos (OVERTON et al, 1995; OROZCO-HERNÁNDEZ et al., 1997). A cevada tem um impacto negativo na digestibilidade da dieta (1 a 2% menos que o milho) devido ao seu maior conteúdo em fibra e um menor conteúdo de amido em relação aos outros grãos utilizados na alimentação animal (HUNT, 1995).

Casper et al. (1990) reportaram que a percentagem de gordura no leite foi menor para vacas alimentadas com cevada do que vacas alimentadas com milho. A percentagem de proteína no leite pode aumentar linearmente com o aumento da proporção de cevada na dieta, embora a percentagem de proteína no leite seja menor em dietas contendo milho e cevada na proporção 75:25% e 100:0% (OVERTON et al., 1995). Entretanto, os resultados encontrados em outras pesquisas divergem daqueles acima citados. Yang et al. (1997) reportaram que inclusão de cevada na dieta de vacas leiteiras não afetou a composição do leite. Casper et al. (1990) não encontraram diferença significativa na produção e composição do leite para vacas alimentadas com cevada ou milho.

A rápida fermentação ruminal da cevada pode aumentar a incidência de timpanismo, acidose, laminite, abscesso hepático e outros problemas na ingestão de alimentos relacionados com transtornos digestivos (ORSKOV, 1986; KENNELLY et al, 1995; YANG et al., 1997). López e López (1999) definem a acidose como uma das principais desordens nutricionais que ocorre em animais confinados. Segundo esses autores ela pode ser dividida em aguda e subaguda. Na acidose aguda, a vida animal ou no mínimo algumas funções fisiológicas poderão ser comprometidas, como a absorção de alimentos. No segundo tipo, o principal

sintoma observado é redução no consumo do alimento com a concomitante redução no desempenho produtivo (STOCK et al., 1987a, citados por LÓPEZ e LÓPEZ, 1999).

A acidose aguda está associada principalmente com o acúmulo de lactato no rúmen e é mais comumente observada em gado de corte alimentado com dieta contendo 80-90% de grãos, em países como Estados Unidos e Canadá, do que em vacas em lactação (KNOWLTON, 1998). Esse mesmo autor citou que em vacas em lactação a acidose subaguda é mais comum do que a acidose aguda e está primeiramente associada com a produção de AGVs além da capacidade de absorção e tamponamento do rúmen. Blás et al. (1995) apontaram uso de dietas contendo altos níveis de concentrado como causa de acidose ruminal devido o desequilíbrio entre as bactérias que produzem e utilizam o ácido láctico. Khorasani et al. (2001) descreveram que o amido da cevada é digerido mais rapidamente que o amido de milho. Assim, deveria resultar em elevada concentração de ácido láctico. Contudo, a fonte de grão não influenciou a concentração ruminal de ácido láctico. Porém, o elevado nível de ácido láctico provavelmente não é um problema em animais alimentados com dietas totalmente misturadas (DTM) similares baseadas em cevada (KHORASANI et al., 2001).

Vários estudos têm demonstrado a incidência de acidose ruminal em vacas leiteiras causada pela cevada. Hunt (1995) reportou que o principal problema com a inclusão de altos níveis de cevada na dieta geralmente é a acidose ruminal devido à rápida precipitação do pH do rúmen o qual é prejudicial ao epitélio ruminal. Overton et al. (1995) relataram um decréscimo linear no pH ruminal à medida que a proporção de amido da cevada aumenta em substituição ao milho na dieta de vacas leiteiras. O pH ruminal foi reduzido de 5,91 para 5,82 quando 25% do amido do milho foi substituído pelo amido da cevada e foi reduzido para 5,79 quando o amido do milho foi completamente substituído pelo amido da cevada. Conseqüentemente IMS e a produção de leite declinaram linearmente quando a cevada providenciou 75 a 100% do amido da dieta. Dietas baixas em FDA têm sido associadas com

acidose ruminal e redução da digestão da fibra. A variação da resposta no pH ruminal quando da substituição de milho por cevada ocorre devido a inúmeros fatores como variedade do grão, extensão do processamento do grão e interação com a fonte de forragem (KHORASANI et al., 2001). O extensivo processamento da cevada causa a rápida digestão do amido no rúmen e leva a acidose ruminal aguda, abscesso hepático e outras desordens metabólicas (HUNT, 1995; BEAUCHEMIN e RODE, 1997).

Alguns estudos avaliaram a interação entre o tipo de cereal e a fonte de forragem. Dietas com uma alta proporção de silagem de milho tendem a aumentar os problemas de acidose quando se utilizam altos níveis de grãos de cereais facilmente fermentáveis no rúmen (BLAS et al, 1995). Orozco-Hernández et al. (1997) ao avaliarem os efeitos da suplementação com cevada de vacas no meio da lactação alimentadas com silagem de alfafa ou silagem de *Phleum pratense L.* (timothy) não encontraram diferença significativa na produção e composição do leite.

Os efeitos da rápida fermentação ruminal da cevada e a conseqüente redução do pH ruminal, devido a reduzida digestibilidade da fibra, podem ser minimizados pela adição de bicarbonato de sódio à dieta (HUNT, 1995; KENNELLY et al., 1995). Stock et al. (1987b) descreveram que tem sido observados benefícios com a combinação de grãos de alta fermentabilidade com grãos de baixa fermentabilidade na ração de bois em terminação. Kennelly et al. (2001) concluíram que os efeitos prejudiciais da inclusão de altos níveis de cevada na dieta pode ser superado através do uso de forragens com alta capacidade tamponante como a alfafa, pela adoção de DTM, pelo balanceamento de dietas com adequada fibra efetiva e pelo uso de tamponante e alcalinizante ruminal.

A produção de micotoxinas pode ocorrer no campo antes da colheita ou após a colheita, durante o armazenamento, no processamento ou ainda na alimentação dos animais.

Algumas doenças como a giberella (*Fusarium sp.*) podem reduzir a produtividade e comprometer a qualidade dos grãos de cevada (MINELLA, 1998).

Whitlow (1996) reportou que o fungo *Fusarium sp.* produz vários tipos de toxinas como deoxynivalenol, zearalenona, toxina T-2 e fumonisina. Esse mesmo autor descreve que as toxinas exercem seus efeitos através de três mecanismos: alteração no índice de absorção e no metabolismo dos nutrientes; mudanças nas funções endócrinas e neuroendócrina, e imunossupressão. As micotoxinas podem aumentar a incidência de doenças e reduzir a produtividade no gado. Os sintomas podem ser inespecíficos e bastante variados, dificultando o diagnóstico, como intoxicação, diarreia, alterações reprodutivas (aborto, cios irregulares, morte embrionária e cio em vacas prenhes), etc. O diagnóstico definitivo pode ser feito através de análise do alimento suspeito de conter toxinas. A primeira medida a ser tomada, em caso de suspeita de intoxicação por micotoxinas, é a remoção do alimento contaminado da dieta dos animais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Considerações gerais

O trabalho foi conduzido na Granja Experimental Fazenda Capão Alto, situada em Castro, PR, de propriedade da Fundação ABC para Assistência Técnica e Divulgação Técnica em Agropecuária, no período de junho a setembro de 2004. As análises do leite (gordura, proteína, extrato seco total e contagem de células somáticas) foram realizadas na Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), situada em Curitiba, PR. A determinação do nitrogênio uréico no leite (NUL) foi efetuada pela Clínica do Leite, pertencente à Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz (ESALQ), localizada em Piracicaba, SP. Os alimentos foram analisados no laboratório de Bromatologia da Fundação ABC, Castro, PR.

3.2 Animais, instalações e equipamentos

Foram utilizadas 28 vacas Holandesas, 12 multíparas e 16 primíparas, com média de 125 dias de lactação (48 a 173 dias), com produção de leite média de 26,60 kg (19,4 a 38,2 kg/dia) e com peso vivo médio de 573 kg (476 a 730 kg) medidos com fita, ao início do experimento. Os dados de uma vaca foram desconsiderados devido à baixa persistência de

lactação. Os animais foram alojados em confinamento do tipo “free stall” em 4 lotes de 7 animais, sendo 3 multíparas e 4 primíparas. Cada lote dispunha de comedouro e bebedouro coletivo.

As vacas foram ordenhadas em sala de ordenha poligonal 4x4 (Westphalia Surge, Campinas, SP, Brasil), auto tandem, pneumática, com extrator automático. A quantidade de leite, para acompanhamento da produção, foi medida eletronicamente, durante cada ordenha, através de sensor acoplado a cada unidade de ordenha (Metatron, Westphalia Surge, Campinas, SP, Brasil) e os dados foram armazenados e processados em computador através de programa para gerenciamento técnico de propriedades leiteiras (Dairyplan 4, C 21, Westphalia Surge, Campinas, SP, Brasil). A dieta totalmente misturada (DTM) foi processada em carreta misturadora modelo vertical mixer (CASALE Piccola VM250, São Carlos, SP, Brasil), sem balança eletrônica, aclopada, tracionada e movida por trator. Os concentrados e os volumosos foram pesados individualmente em balança com capacidade para 300 Kg. Os minerais (núcleo, bicarbonato de sódio e cloreto de sódio) foram pesados em balança eletrônica.

3.3 Tratamentos

Foram testados 4 níveis de substituição de milho por cevada, com base na matéria seca do concentrado (T1 – 0% cevada; T2 – 33% cevada; T3 - 66% cevada e T4 – 100% cevada). As dietas foram balanceadas no início do primeiro período experimental com base nas características de todos os lotes (peso vivo estimado, escore da condição corporal, produção de leite e sólidos e tempo de lactação) e mantidas para os demais períodos (NRC, 1989). As dietas eram compostas por concentrados (milho moído (784g/l) e/ou cevada laminada (42

kg/hectolitro) e farelo de soja), volumosos (silagem de milho e silagem pré-secada de azevém originária de primeiro e segundo corte), núcleo mineral (macro, microminerais e vitaminas A, D, e E) e uma substância tamponante (bicarbonato de sódio). A relação volumoso: concentrado, baseada na ingestão diária de matéria seca (MS), foi ajustada para 55%:45%. A dieta era fornecida 1 vez por dia (manhã) na forma de DTM. No primeiro e segundo períodos experimentais foi utilizada silagem pré-secada de azevém de segundo corte, sendo substituída por silagem pré-secada de azevém de primeiro corte no terceiro e quarto períodos experimentais, devido ao delineamento experimental adotado (quadrado latino), a substituição foi possível, visto que todos os tratamentos foram avaliados em cada período.

As dietas foram formuladas com o objetivo de comparação entre os diferentes tratamentos e para serem isoprotéicas e tivessem pelo menos 10% de sobra na manhã seguinte. Foram formuladas utilizando o programa Spartan Ration Evaluator/Balancer for dairy cattle, versão 2.01 (Michigan University, 1992). A composição centesimal e química das dietas para cada tratamento encontra-se na Tabela 1.

3.4 Período experimental e colheita de dados

O experimento teve uma duração total de 105 dias, constituído de um período de adaptação de 21 dias e 4 períodos de 21 dias para cada tratamento. Os primeiros 5 dias de cada período serviram para adaptação gradativa à nova dieta (50% cevada e 50% milho), os 9 dias seguintes para adaptação a dieta definitiva e para eliminar a influência de possíveis efeitos residuais do período anterior e os 7 últimos dias restantes para a coleta de amostras e dados. Os animais foram ordenhados 2 vezes ao dia (05:00 e 16:00 hs) e as produções individuais de leite registradas duas vezes durante a semana de coleta de dados (dia 18 e 21 de

cada período), através de medidores eletrônicos (Metatron). O leite para análises de gordura, proteína, extrato seco total e contagem de células somáticas foi coletado em cada ordenha (2 vezes ao dia), nos dias 18 e 21 de cada período, em frasco esterilizado com conservante a base de 2-bromo-2-nitropropano-1,3diol (bronopol). O leite para a determinação do NUL foi coletado uma vez em cada período experimental (dia 21) em frasco esterilizado com conservante (bronopol).

A avaliação do escore de condição corporal (ECC) foi feita no início e ao término de cada período experimental, sempre pelo mesmo técnico, utilizando-se a escala de 1 a 5, de acordo com metodologia descrita por Ferguson et al. (1994).

Todos os alimentos foram analisados no início do experimento e sempre que havia abertura de novo silo ou recepção de novo carregamento de concentrados. As sobras foram coletadas e pesadas todas as manhãs durante cada semana de coleta de dados e armazenadas no congelador à temperatura aproximada de -4°C , sendo analisadas ao final de cada período experimental.

Todos os alimentos, inclusive as sobras (APÊNDICE A), foram analisados quanto à matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). O milho triturado e a cevada além dos nutrientes anteriormente citados foram analisados para determinar a concentração de amido e a presença de micotoxinas (TABELA 2).

Para determinação dos teores de MS, foi utilizada a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 60°C , durante 72 horas, e a secagem definitiva em estufa a 105°C por 4 horas (SILVA, 1990). Para a determinação dos teores de FDA e FDN foi utilizado o analisador de fibras ANKOM F 200 (Ankom Technology Corporation, Fairport, NY), como descrito por Berchielli et al. (2001).

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas (% na MS; média dos quatro períodos experimentais).

Item	Níveis de substituição ¹			
	0%	33%	67%	100%
Ingredientes				
Silagem de milho	30,15	30,93	31,19	32,16
Silagem pré-secada				
de azevém	26,09	26,37	26,74	26,71
Cevada laminada	00,0	9,04	18,11	27,28
Milho moído fino	27,52	18,38	9,20	0,00
Farelo de soja	13,84	12,87	12,34	11,42
Bicarbonato de sódio	0,75	0,76	0,76	0,76
Cloreto de sódio	0,24	0,24	0,24	0,24
Núcleo mineral ²	1,41	1,42	1,42	1,43
Composição química				
MS	49,85	49,13	48,83	48,85
PB	13,52	13,19	13,94	13,26
FDA	19,81	20,72	21,14	21,86
FDN	35,71	37,46	38,82	40,57
Extrato etéreo	3,41	3,14	2,86	2,60
Amido	29,26	27,16	26,68	25,07
CNF ³	40,92	39,95	38,84	37,80
EL ₁ Mcal/kg ⁴	1,64	1,63	1,62	1,60

¹Níveis de substituição de milho por cevada.

²Composição (por kg): Vitamina A 200.00 UI; vitamina D3 66.700 UI; vitamina E 500 mg; cálcio 230 g; fósforo 80 g; magnésio 10 g; enxofre 12 g; sódio 68 g; ferro 3.000 mg; cobre 680 mg; manganês 1.700 mg; zinco 3.000 mg; iodo 80 mg; selênio 22 mg; cobalto 15 mg; flúor 15 mg; antioxidante 100 mg.

³CNF (Carboidratos não fibrosos): 100 - (PB+FDN+EE+MM).

⁴EL₁ - Energia líquida para lactação dos concentrados foi obtida do NRC (1989); EL₁ dos volumosos foi estimada como segue: Mcal/kg = 2,863 - 0,0262% FDN (MERTENS, 1992).

Tabela 2. Composição bromatológica média do milho triturado e da cevada laminada (% na matéria seca).

	Milho triturado			Cevada laminada		
	Amostra 1	Amostra 2	Média	Amostra 1	Amostra 2	Média
MS	88,2	86,95	87,57	89,30	84,70	87,00
PB	7,13	7,67	7,40	10,81	11,82	11,31
Extrato etéreo	4,35	5,71	5,03	2,88	1,93	2,40
Cinzas	1,08	1,16	1,12	2,03	2,25	2,14
FDA	2,60	3,15	2,87	3,53	5,77	4,65
FDN	9,51	9,97	9,74	19,90	19,32	19,61
Amido	65,33	63,92	64,62	53,22	57,70	55,46
CNF ¹	78,10	75,50	76,80	63,60	64,70	64,15
Aflatoxina	ND ²	ND		ND	ND	
Zearalenona	ND	ND		ND	ND	

¹CNF (Carboidratos não fibrosos): 100- (PB+FDN+EE+MM).

²ND - Não detectado.

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado um esquema em "Changeover" (COCHRAN e COX, 1992), com delineamento estatístico em quadrado latino 4x4 balanceado (SAMPAIO, 1998), sendo que cada quadrado foi repetido 7 vezes. Os animais foram agrupados nos lotes de acordo com o número de lactações, estágio de lactação, peso vivo e produção de leite e sólidos de cada vaca, medidos durante o período pré-experimental. Foram formados 4 grupos com 7 vacas cada, compostos por 4 vacas primíparas e 3 multíparas, sendo cada grupo submetido a um tratamento diferente em cada período experimental. A tabela 3 apresenta a descrição de cada grupo em valores médios de estágio de lactação, parâmetros produtivos e escore de condição corporal ao início do experimento.

Para avaliação de ingestão de matéria seca (IMS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) cada grupo de 7 vacas submetidos a um tratamento, dentro de cada período, foi considerado uma única unidade experimental e a análise foi conduzida como um único quadrado latino 4x4, uma vez que as instalações não permitiram obtenção de dados individuais de consumo, mas somente por lote. Para produção e composição de leite cada vaca foi considerada como uma unidade experimental.

Foram analisadas a produção de leite, produção de leite corrigida para 4% de gordura (LCG 4%), os percentuais e produção de proteína e gordura, extrato seco total (EST), escore de células somáticas (ECS), NUL, ECC, IMS, PB, FDA, FDN e eficiência alimentar (EA).

O escore de células somáticas foi obtido a partir da contagem de células somáticas (CCS) através da seguinte fórmula (RIBAS, 2002):

$$ECS = \text{logaritmo de base 2 (CCS(em milhares/100))} + 3 \quad (1)$$

Onde:

CCS (em milhares) = Contagem de células somáticas por ml leite x 1000.

Para corrigir o leite para 4% de gordura, utilizou-se a fórmula constante do NRC (1989):

$$PLC_{4\%} = PL \times [0,4 + (\%G_{\text{leite}} \times 0,15)] \quad (2)$$

Onde:

$PLC_{4\%}$ = Produção de leite corrigida para 4% de gordura.

PL = Produção de leite em Kg/dia.

$\%G_{\text{leite}}$ = Produção de gordura em percentagem/dia.

Tabela 3. Estágio de lactação, produção de leite e sólidos, escore da condição corporal e peso vivo médio de cada grupo no início do período experimental.

Item	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
DIM	129,57	125,86	128,57	126,71
Produção de leite, kg/d	27,97	27,01	27,80	27,54
Gordura, %	3,60	3,55	3,40	3,41
Proteína, %	2,96	3,06	2,98	2,96
Extrato seco total, %	11,80	12,35	11,75	11,95
CCS, x1000/ml	168,29	152,71	99,57	120,86
ECC	2,79	2,62	3,07	2,87
Peso vivo ¹ , kg	568,57	569,43	573,43	583,86

DIM – Dias médios de lactação.

CCS – Contagem de células somáticas.

ECC= Escore de condição corporal.

¹Peso vivo estimado através de fita.

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se a PROC GLM (General Linear Model) do pacote estatístico SAS Institute (1988) (SAS Institute, Inc., Cary, NC), sendo que a influência dos tratamentos foi submetida à análise de regressão.

O modelo estatístico utilizado para o experimento foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = u + T_i + C_j + P_k + E_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} - Variável observada para o animal j , no período k , quando recebeu o tratamento i .

u – média geral do experimento.

T_i -efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, 4$;

C_j -efeito do animal j , sendo $j = 1, 2, \dots, 27$;

P_k -efeito do período k , sendo $k = 1, 2, 3, 4$;

E_{ijk} -erro experimental ($\sim NID; 0, \sigma_e^2$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição química das dietas

Conforme a Tabela 1 a proteína bruta (PB) das dietas fornecidas aos animais oscilou entre 13,19 a 13,94% na matéria seca (MS) nos 4 níveis de substituição de milho por cevada.

As percentagens de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) das dietas aumentaram (TABELA 1) à medida em que a proporção de cevada aumentou na dieta devido a maior concentração destas na cevada em relação ao milho (TABELA 2). Ao contrário, os níveis de amido e, conseqüentemente, de carboidratos não fibrosos (CNF) e de energia líquida para lactação (EL₁), diminuíram à medida que a inclusão de cevada na dieta aumentou em função da menor concentração de amido na cevada em relação ao milho. A percentagem de MS nos 4 níveis de substituição foi similar.

4.2 Ingestão de matéria seca e nutrientes

À medida que o nível de cevada na dieta aumentou, a ingestão de matéria seca (IMS) decresceu linearmente ($P < 0,05$) (FIGURA 1) na proporção de 0,01259 kg para cada 1% de substituição de milho por cevada (TABELA 4). A análise de variância para as características relacionadas à ingestão de nutrientes encontra-se no APÊNDICE B.

Estes dados estão de acordo com trabalhos anteriores onde a substituição de milho por cevada na dieta reduziu a IMS de 24,2 para 20,9 (McCARTHY et al., 1989), de 20,4 para 19,8 (CASPER et al., 1990), de 22,7 para 21,2 (KHORASANI et al., 1994) e de 22,8 para 19,5 (OVERTON et al., 1995). Estes estudos mostraram evidências de acidose ruminal subclínica em dietas a base de cevada (DBC). Overton et al. (1995) reportaram que em vacas alimentadas com dieta totalmente misturada (DTM) contendo 33% de silagem de alfafa, 15% de silagem de milho e 33% de amido na MS, a IMS declinou acentuadamente quando a cevada providenciou 75 a 100% do amido. Ao contrário, outros pesquisadores reportaram que a ingestão de MS não foi afetada quando a cevada substituiu o milho (DePETERS e TAYLOR, 1985; GRINGS et al., 1992; BEAUCHEMIN e RODE, 1997; YANG et al., 1997; CASPER et al., 1999; KHORASANI et al., 2001).

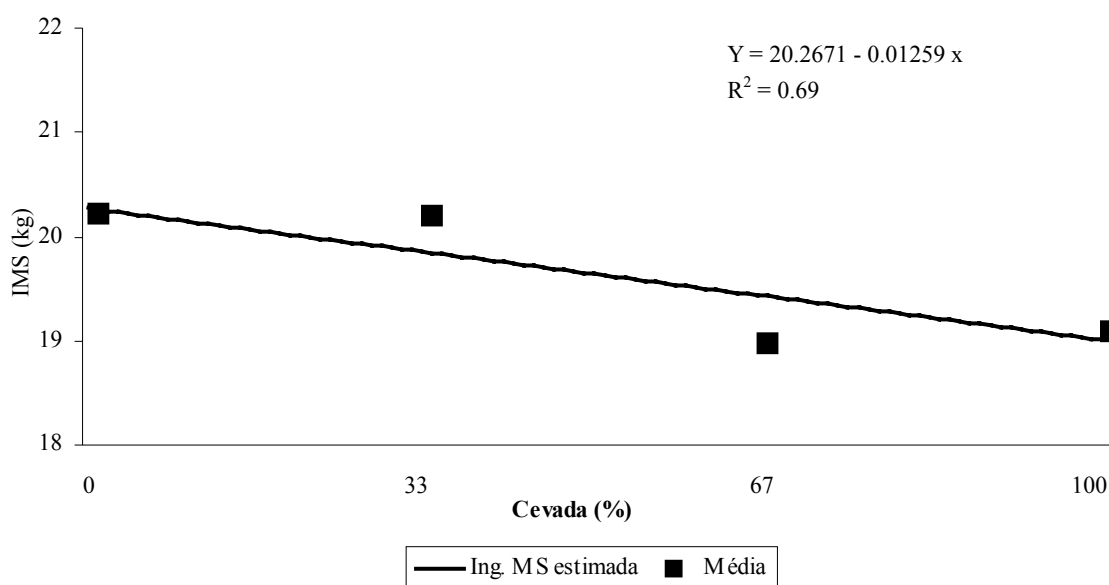


Figura 1. Ingestão de matéria seca (IMS) em função do nível de substituição de milho por cevada.

Vários autores atribuíram como causa da variação da IMS à diferença do pH ruminal e a maior concentração de ácido propiônico e ácido lático no rúmen em dietas contendo cevada. A menor IMS em dietas contendo níveis mais altos de cevada também pode ser atribuída a

maior concentração de FDN na MS. Beauchemin et al. (1994b) ao avaliar o efeito do aumento da concentração de FDN em dietas contendo cevada, silagem de milho e feno de alfafa em vacas leiteiras observaram resultados semelhantes, ou seja, houve redução linear na IMS à medida que a concentração de FDN na dieta aumentou de 32% para 36% e desta para 40% na MS. A variação no efeito da substituição do milho por cevada sobre a IMS das vacas nos diferentes experimentos acima citados pode ser atribuída à diferença na composição das dietas quanto à concentração de amido, fibra (FDA, FDN e fibra efetiva), ao tamanho das partículas dos volumosos e ao grau de processamento da cevada, os quais podem ter alterado a fermentação ruminal. O período de lactação das vacas também pode ter efeito sobre a IMS. Sobre essa afirmação Eisenbeisz et al. (1997) relataram menor IMS em vacas alimentadas com cevada no início de lactação, não tendo encontrado diferença significativa em vacas no meio e no período final de lactação.

A utilização de dietas com alto nível de amido, no caso do presente experimento, 25 a 30% do total da MS (TABELA 1), incluindo fontes com diferentes degradabilidades deste carboidrato, sugerem a possibilidade de diferenças na ingestão da MS. Dietas contendo alimentos com alta taxa de degradação ruminal do amido (cevada), podem favorecer um quadro de acidose subclínica, diminuindo a IMS (MOURO, 2001).

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) quanto à ingestão de PB nas diferentes dietas (TABELA 4). Resultados semelhantes foram relatados por Weiss et al. (1989). McCarthy et al. (1989) verificaram menor ingestão da MS, matéria orgânica (MO) e de amido em animais que consumiram carboidratos de rápida degradação ruminal (20,9, 19,5 e 8,6 kg/dia), respectivamente.

A ingestão de FDN e FDA também não foi afetada ($P>0,05$) pelo nível de substituição (TABELA 4). Dados semelhantes foram obtidos por McCarthy et al. (1989) e por Yang et al.

Tabela 4. Valores médios, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e equação de regressão com os correspondentes níveis de significância para ingestão de matéria seca (IMS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em neutro (FDN), escore de condição corporal (ECC) e eficiência alimentar (EA) de acordo com o nível de substituição de milho por cevada.

Ítem	Níveis de substituição ¹				EPM	CV%	Regressão		
	0%	33%	67%	100%			Linear	Quadrática	Equação
Ingestão									
IMS, kg/d	20,22	20,20	18,97	19,10	0,315	3,71	0,0298	NS ²	Y = 20,2671 – 0,01259x
PB, kg/d	2,78	2,70	2,73	2,61	0,005	6,41	NS	NS	
FDA, kg/d	3,82	3,98	3,78	4,08	0,008	5,41	NS	NS	
FDN, kg/d	6,91	7,16	7,07	7,28	0,027	5,29	NS	NS	
Eficiência alimentar									
EA, kg leite	1,306	1,286	1,349	1,307	0,026	4,66	NS	NS	
Condição corporal									
ECC ³	2,83	2,96	2,87	2,89	1,893	3,41	NS	NS	Y = 2,8278+0,01074x-0,00025x ² +0,00000149x ³

¹Níveis de substituição de milho por cevada.

²P > 0,05

EA = Produção de leite corrigida para 4% de gordura/IMS

³Regressão cúbica (P=0,002)

(1997). Weiss et al. (1989) não observaram diferença significativa no consumo de FDN ao comparar os efeitos de dietas a base de milho (DBM) com DBC na performance de vacas leiteiras. Contudo, o consumo de FDA foi maior em vacas alimentadas com DBC. Overton et al. (1995) descreveram que a ingestão de FDA e FDN decresce linearmente quando a cevada substituiu o milho na dieta devido ao decréscimo de IMS. Porém, o decréscimo em FDN não foi maior que o de FDA porque o FDN da dieta aumentou quando a cevada substituiu o milho. Esses mesmos autores relataram que vacas alimentadas com milho e cevada na relação 75:25% maximizaram a proporção de FDA e FDN digerida no rúmen. Quando o amido da cevada substituiu totalmente o amido do milho na dieta, a digestibilidade da FDA decresce de 44,0 para 32,6%, similarmente, a digestibilidade da FDN decresce de 51,6 para 45,6% (OVERTON et al., 1995).

O consumo de FDN em relação ao peso vivo foi de 1,21%, 1,26%, 1,23%, 1,24%, respectivamente, para os níveis 0%, 33%, 67% e 100% de substituição de milho por cevada. Beauchemin et al. (1994b) ao avaliar os efeitos da concentração de FDN em dietas contendo cevada laminada a vapor, feno de alfafa e silagem de milho obtiveram resultado semelhante, ou seja, o consumo de FDN em relação ao peso vivo variou de 0,99% a 1,28%. Vários autores têm reportado que a ingestão de FDN em vacas leiteiras varia de 1,1% a 1,2% do peso vivo.

4.3 Produção de leite

A produção de leite apresentou uma média geral de 26,95 ±0,12 kg/dia. A mesma decresceu linearmente ($P < 0,05$) à proporção que o nível de cevada na dieta aumentou (TABELA 5).

Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e equação de regressão com os correspondentes níveis de significância para produção de leite, leite corrigido para 4% (LCG4%), gordura e proteína de acordo com o nível de substituição de milho por cevada.

Ítem	Níveis de substituição ¹				EPM	CV%	Regressão		
	0%	33%	67%	100%			Linear	Quadrática	Equação
Produção leite									
Leite, kg/d	27,43	27,07	26,64	26,66	0,238	4,60	0,0125	NS ²	$Y = 27,359 - 0,00818x$
LCG 4%, kg/d	26,41	25,94	25,56	25,11	0,257	5,20	0,0004	NS	$Y = 26,398 - 0,01276x$
Gordura, kg/d	1,029	1,007	0,993	0,963	0,011	6,23	0,0002	NS	$Y = 1,0286 - 0,0006x$
Proteína, kg/d	0,878	0,863	0,863	0,865	0,008	5,24	NS	NS	

¹Níveis de substituição de milho por cevada.

²P > 0,05

Observou-se um decréscimo de 0,008 kg de leite para cada 1% de acréscimo na substituição de milho por cevada (FIGURA 2). Análise de variância para a produção de leite e leite corrigido para 4% (LCG) encontra-se no APÊNDICE C.

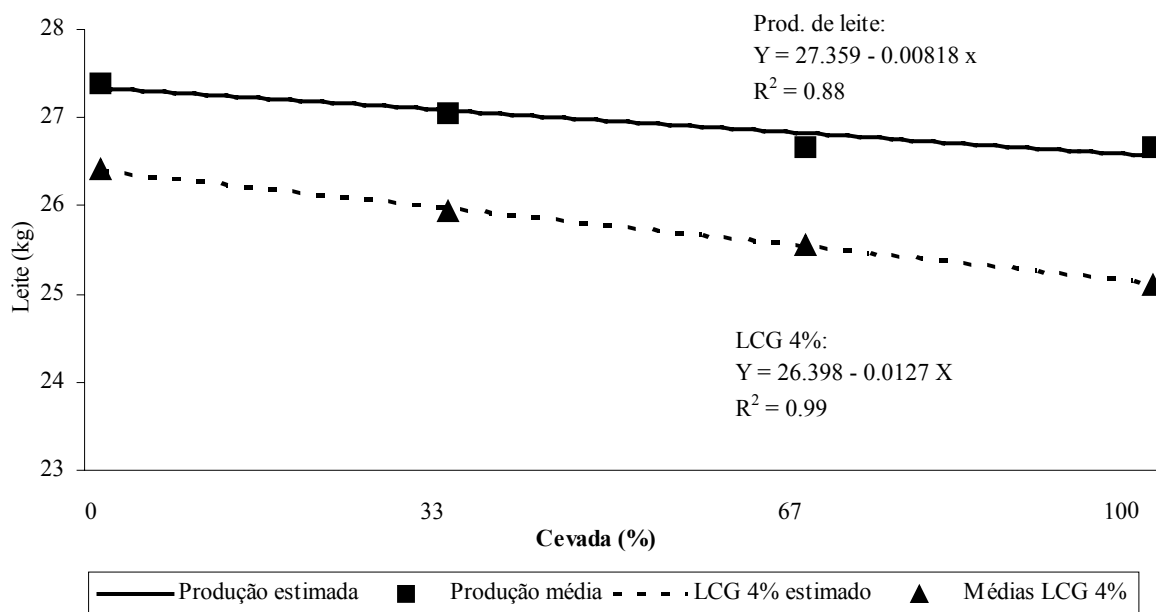


Figura 2. Produção de leite e de leite corrigido para 4,0% de gordura (LCG4%) em função do nível de substituição de milho por cevada.

A produção de LCG teve comportamento similar à produção de leite, ou seja, decresceu linearmente ($P < 0,01$) quando a cevada substituiu o milho na dieta (TABELA 5). O decréscimo estimado pela equação de regressão foi da ordem de 0,012 kg de leite para cada 1% de acréscimo de cevada laminada em substituição ao milho triturado (FIGURA 2). Observou-se que a diminuição na produção de LCG foi mais acentuada do que a produção de leite, devido o decréscimo no teor de gordura nos níveis mais altos de substituição de milho por cevada, o qual será discutido no item 4.4.

A maior concentração de FDN, neste trabalho, não foi suficiente para evitar a redução da produção de LCG. Beauchemin et al. (1994b) propuseram que para elevar a produção de LCG, a concentração ótima de FDN deveria maximizar a ingestão de FDN e energia em DBC.

Geralmente o aumento da concentração de FDN na dieta altera a relação concentrado: volumoso diminuindo a concentração de energia e conseqüente a ingestão diária de energia e a produção de leite. O decréscimo da concentração de FDN na MS em dietas contendo cevada aumentou linearmente a produção de leite em estudos anteriores, nos quais vários tipos de forragens foram utilizados com cevada (BEAUCHEMIN et al., 1994a; OROZCO-HERNÁNDEZ et al., 1997). Overton et al. (1995) relataram que quando mais de 25% de amido da cevada é adicionado à dieta a degradação ruminal da fração fibrosa diminui, e o maior decréscimo ocorreu quando a relação milho:cevada era de 0:100.

Considerando que a eficiência alimentar foi similar entre as dietas (item 4.6), a diminuição da IMS pode ter sido a causa responsável pela menor produção de leite em DBC. Resultado semelhante ao obtido neste trabalho foi observado por autores nos Estados Unidos (McCARTHY et al., 1989; CASPER et al., 1990; OVERTON et al., 1995), os quais descreveram um decréscimo linear na IMS, produção de leite e LCG quando a cevada substituiu o milho na dieta de vacas leiteiras. Casper et al. (1999) e Eisenbaisz et al. (1990) observaram uma maior produção de leite (25,1 x 23,8 e 29,7 x 29,1 kg/dia) e LCG (20,6 x 19,0 e 27,3 x 25,9 kg/dia) em vacas alimentadas com dietas contendo milho quando comparada com dietas à base de cevada, respectivamente, porém não houve diferença significativa quanto a IMS.

Weiss et al. (1989), Casper et al. (1990) e Khorasani et al. (1994) relataram que a produção de leite foi similar para vacas alimentadas com DBM e DBC. Contudo a produção de LCG foi menor para vacas alimentadas com cevada. Orozco-Hernández et al. (1997) relataram que houve queda na produção de leite (25,4, 24,5, 22,6 kg/dia) quando a percentagem de cevada na dieta foi elevada (0%, 17%, 34%), respectivamente.

Outros autores (DePETERS e TAYLOR, 1985; GRINGS et al., 1992; BEAUCHEMIN e RODE, 1997; YANG et al., 1997) reportaram que em vacas alimentadas

com milho e/ou cevada não houve diferença significativa na produção de LCG, na produção e composição do leite e na IMS. Khorasani et al. (1994) não encontraram diferença significativa na produção de leite, proteína, gordura e lactose.

Khorasani et al. (2001) ao alimentarem vacas leiteiras com dietas contendo 61,2% de milho ou 61,2% de cevada na MS ou com uma mistura de ambos na proporção de 50:50% reportaram que a substituição de cevada por milho resultou numa resposta quadrática na produção de leite, LCG e na percentagem de proteína. Esses autores concluíram que a performance de vacas alimentadas com dieta contendo milho e cevada na proporção de 50:50% foi melhor do que em vacas alimentadas somente com milho ou cevada. Kossoski (1992b) num experimento realizado na Granja Experimental Fazenda Capão Alto, em Castro, PR, comparando a utilização de silagem de grão úmido de cevada com silagem de grão úmido de milho em vacas Holandesas obteve resultado semelhante, ou seja, concluiu que a cevada pode substituir 50% do milho.

Uma das possíveis causas responsáveis pela maior produção de leite em DBM poderia estar relacionada com o local de digestão do amido. McCarthy et al. (1989) sugeriram que em dietas baseadas em milho, a troca de local de digestão do amido do rúmen para o ID, provavelmente aumenta a disponibilidade de glicose para a síntese de lactose, a qual pode ter sido responsável pelo o aumento da produção de leite em vacas alimentadas com dietas contendo milho. A glicose absorvida no intestino delgado é utilizada com maior eficiência pelo metabolismo do ruminante para a produção de leite, do que os ácidos graxos voláteis (AGVs) produzidos na fermentação ruminal e a disponibilidade de energia possui direta relação com a produção de leite (NOCEK e TAMMINGA, 1991). Ao contrário, Taniguchi et al. (1995) concluíram que a digestão do amido no rúmen é mais eficiente porque a digestão no intestino delgado (ID) requer mais energia para manter as funções metabólicas associadas com o transporte e metabolismo visceral da glicose através dos tecidos.

Outra possível causa responsável pela redução na produção de leite em DBC poderia ser a menor ingestão de amido e conseqüentemente de EL₁. Casper et al. (1999) especularam que o maior conteúdo de amido do milho em relação à cevada pode contribuir para uma produção maior de leite em DBM.

4.4 Composição do leite

A percentagem (TABELA 6) e a produção de gordura do leite (kg/dia) (TABELA 5) decresceram linearmente ($P < 0,01$) quando a inclusão da cevada na dieta aumentou (FIGURA 3 e 4, respectivamente). Apesar do baixo coeficiente de determinação de regressão linear para percentagem de gordura ($R^2 = 0,66$), o componente quadrático da mesma não foi significativo ($P = 0,12$). Este fato pode ser explicado pela variabilidade mais elevada observada no tratamento com 67% de substituição de milho por cevada. Deve-se observar que nas condições deste experimento os teores de gordura para todos os níveis de substituição (TABELA 6 e FIGURA 3) podem ser considerados adequados para os padrões da raça Holandesa (média de $3,72 \pm 0,015$ %).

Em alguns estudos (WEISS et al., 1989; CASPER et al, 1990), os autores reportaram que vacas alimentadas com DBM têm tendência a produzir leite com maior percentagem de gordura do que vacas alimentadas com DBC. DePeters e Taylor (1985) e Casper et al. (1999) observaram que a percentagem de gordura do leite foi similar entre ambas fontes de amido.

Outros trabalhos (GRINGS et al., 1992; BEAUCHEMIN et al., 1997; KHORASANI et al., 2001) não observaram diferença significativa na percentagem e na produção de gordura do leite.

Orozco-Hernández et al. (1997) observaram um aumento linear na percentagem de gordura quando a suplementação com cevada na dieta foi aumentada.

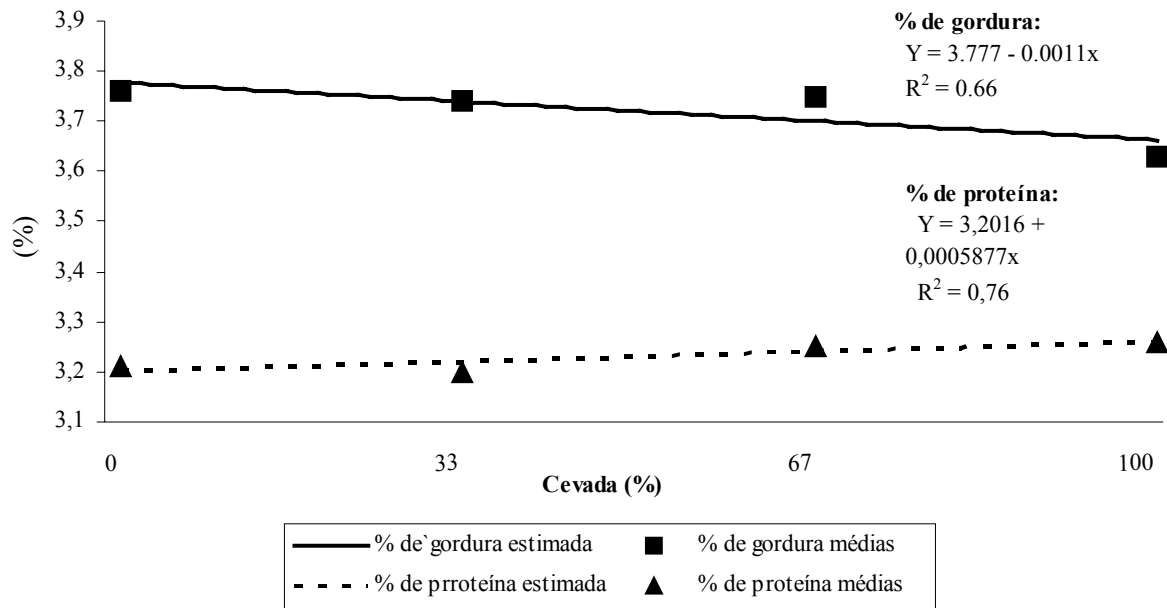


Figura 3. Percentagem de gordura e de proteína do leite em função do nível de substituição de milho por cevada.

Overton et al. (1995) relataram que a percentagem de gordura no leite foi quadraticamente afetada pela proporção de amido de milho e cevada na dieta de tal maneira que a percentagem de gordura foi mais alta quando a dieta continha milho e cevada na relação 100:0% e 0:100%. Segundo esses autores a produção de gordura aumentou linearmente à medida que a cevada substituiu o milho na dieta. Khorasani et al. (1994) reportaram que a percentagem de gordura não foi afetada pela fonte de amido, mas a produção de gordura foi mais alta em vacas alimentadas com DBM (0,79 kg/dia) do que em vacas alimentadas com DBC (0,77 kg/dia).

Khorasani et al. (2001) reportaram que o efeito de queda no teor de gordura no leite é mais pronunciado em dietas com alta inclusão de cevada. Overton et al. (1995) reportaram que este decréscimo na percentagem de gordura em DBC pode ser causada pela diminuição na relação acetato:propionato (A:P) no rúmen. Weiss et al. (1989) reportaram que vacas

Tabela 6. Valores médios, erro padrão da média (EPM), coeficiente de variação (CV) e equação de regressão com os correspondentes níveis de significância para percentagem de gordura e de proteína, extrato seco total, escore de células somáticas (ESC) e nitrogênio uréico no leite (NUL) de acordo com o nível de substituição de milho por cevada.

Ítem	Níveis de substituição ¹				EPM	CV%	Regressão		
	0%	33%	67%	100%			Linear	Quadrática	Equação
Composição do leite									
Gordura, %	3,76	3,73	3,75	3,63	0,030	4,21	0,0061	NS ²	$Y = 3,777 - 0,00114x$
Proteína, %	3,21	3,20	3,25	3,26	0,010	1,72	0,0001	NS	$Y = 3,260 + 0,0005877x$
Extrato seco total,%	12,68	12,61	12,67	12,58	0,039	1,63	NS	NS	
Qualidade do leite									
ECS	2,90	3,12	3,40	2,90	0,140	23,65	NS	NS	
NUL, mg/dl	11,40	10,98	10,88	11,09	0,273	12,77	NS	NS	

¹Níveis de substituição de milho por cevada.

²P > 0,05

alimentadas com DBC têm baixa concentração molar de acetato e alta concentração de propionato quando comparada com vacas alimentadas com DBM. A relação A:P, a concentração total de AGVs e pH ruminal foi similar para ambas dietas. DePeters e Taylor (1985) e Nocek e Tamminga (1991) reportaram similar concentração de AGVs entre milho e cevada. McCarthy et al. (1989) e Khorasani et al. (2001) relataram que a substituição de milho por cevada resultou em redução na concentração total de AGVs e acetato no rúmen e aumento na percentagem molar de propionato.

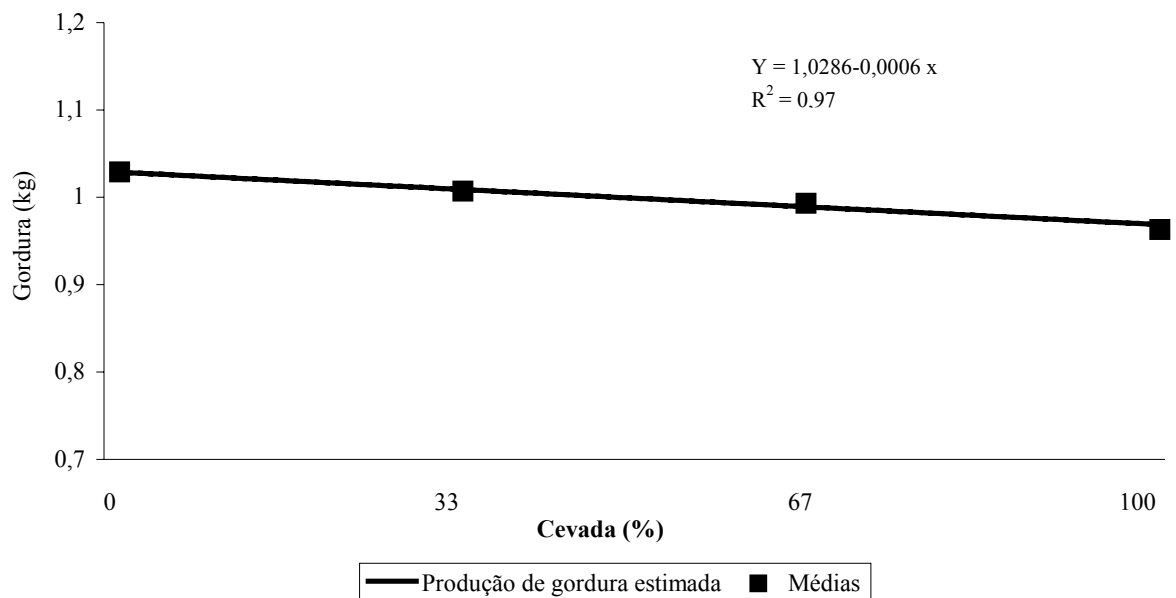


Figura 4. Produção de gordura em função do nível de substituição de milho por cevada.

Nocek e Tamminga (1991) reportaram que vacas alimentadas com grandes quantidades de cevada apresentaram menor teor de gordura no leite porque a cevada ao contrário do milho, é em grande parte fermentada no rúmen, o que resulta em menor pH ruminal e maior proporção molar de propionato. Overton et al. (1995) também observaram um decréscimo linear no pH ruminal à medida que o amido da cevada em substituição ao amido do milho aumentou na dieta de vacas leiteiras. Neste trabalho, os autores relataram que o pH do rúmen reduziu de 5,91 para 5,82 quando 25% do amido de milho foi substituído por

amido da cevada e reduziu para 5,79 quando o amido do milho foi completamente substituído pelo amido da cevada, ou seja, o decréscimo foi maior quando 25% do amido do milho foi substituído pelo da cevada. Khorasani e Kennelly (2001) sugeriram que em vacas leiteiras alimentadas com altos níveis de cevada o potencial efeito prejudicial sobre o pH ruminal pode ser superado através do uso de: forragens com alta capacidade de tamponamento como a alfafa; dieta totalmente misturada; balanceamento da dieta para providenciar adequada fibra efetiva; tamponantes e alcalinizantes e através do uso prudente de silagem de cereais muito ácida.

A digestão em ruminantes é um processo complexo que envolve interações dinâmicas entre a dieta, a população microbiana e o animal. Weiss et al. (1989) concluíram que vacas alimentadas com alfafa e cevada apresentaram menor percentagem molar de acetato, maior percentagem molar de propionato e, conseqüentemente, menor relação A:P, do que em vacas alimentada com alfafa e milho. Kung et al. (1992) citados por Blás et al. (1995) compararam a fermentação ruminal em vacas alimentadas com dois tipos de volumosos (feno de alfafa e silagem de milho com 36% de amido) e dois tipos de concentrados (cevada e milho triturado) em dietas com 50% de volumoso e 50% de concentrado. Os resultados da evolução do pH do rúmen depois do fornecimento das dietas mostraram que quando as vacas recebiam feno de alfafa, a queda do pH ruminal não dependia do tipo de grão utilizado, porém quando consumiam silagem de milho, ocorria um descenso no pH ruminal nas vacas alimentadas com DBC. Os resultados acima citados demonstraram que existe interação entre a cevada e o tipo de volumoso, ou seja, a fibra do feno de alfafa (leguminosa) tem maior capacidade de tamponamento do que a fibra da silagem de milho (gramínea).

Os mecanismos envolvendo a depressão da gordura no leite (DGL) não estão completamente elucidados. Várias teorias têm sido propostas. A teoria mais recente e com maior aceitação sobre os mecanismos que afetam o teor de gordura no leite, é a da produção e

absorção de ácidos graxos de cadeia *trans* pelo trato digestivo de vacas leiteiras (“Teoria dos ácidos graxos *trans*”), e seu efeito inibitório sobre a síntese de ácidos graxos de cadeia curta pela glândula mamária (NRC, 2001). Grinari et al. (1998) levantaram duas hipóteses para que ocorra DGL: a presença de ácidos graxos insaturados e uma alteração no ambiente ruminal que leve a incompleta hidrogenação e produção de ácido octadecenoico *trans*.

Overton et al. (1995), Grinari et al. (1998) e Khorasani e Kennelly (2001) atribuem à depressão da percentagem de gordura no leite ao aumento de AGVs de cadeia longa no rúmen, principalmente *trans* C18:1, o qual é um potente inibidor da síntese de gordura do leite, quando os níveis de cevada na dieta são elevados devido a queda do pH ruminal. Kennelly et al. (1999) e Khorasani e Kennelly (2001) relataram que a inclusão de bicarbonato de sódio na dieta evitou a depressão de gordura associada à elevação do ácido graxo *trans* C18:1 no leite em DBC. A suplementação com tamponante resultou em maior concentração ruminal de acetato, mas não afetou a concentração de propionato (KHORASANI e KENNELLY, 2001). A produção de ácidos graxos de cadeia *trans* no rúmen é intensificada em condições de pH desfavorável a biohidrogenação de ácidos graxos insaturados realizada pelos microorganismos ruminais (GRINARI et al., 1998).

A percentagem de proteína no leite foi afetada de forma linear ($P < 0,01$) pelo aumento da concentração de cevada na dieta (FIGURA 3 e TABELA 6), sendo os valores mais altos observados para os níveis mais elevados de substituição. O aumento da percentagem de proteína do leite ocorreu na ordem de 0,0005877 kg para cada 1% de acréscimo de cevada em substituição ao milho. Esses dados são semelhantes aos reportados por Beauchemin et al. (1997).

O amido do trigo e da cevada caracteriza-se por uma fermentação mais rápida e completa no rúmen do que os grãos de sorgo e milho. Como consequência proporciona mais energia disponível para os microorganismos do rúmen, favorecendo a síntese de proteína

microbiana (BLÁS et al., 1995; SANTOS et al., 1998). Beauchemin et al. (1997) também atribuem ao aumento do teor de proteína em DBC a maior síntese de proteína microbiana (PM) causada pela alta disponibilidade ruminal de carboidratos. Alguns autores não encontraram diferença significativa na percentagem de proteína quando a cevada substituiu o milho (DePETERS e TAYLOR., 1985; McCARTHY et al., 1989; WEISS et al., 1989; GRINGS et al., 1992; KHORASANI et al., 1994; YANG et al. 1997; CASPER et al., 1990, 1999).

A produção de proteína do leite (kg/dia) foi similar entre os tratamentos, ou seja, não houve efeito do nível de substituição ($P>0,05$) (TABELA 5). Neste estudo houve uma diminuição linear na produção de leite com aumento no teor de proteína, fazendo com que a produção de proteína ficasse inalterada.

Khorasani et al. (2001) não observaram efeitos do aumento dos níveis de cevada na dieta sobre a percentagem e a produção de proteína do leite. Beauchemin et al. (1997), observaram aumento da produção de proteína de 0,81 para 0,87 kg/dia em vacas primíparas e de 0,73 para 0,86 kg/dia em vacas múltiparas, quando o amido do milho foi substituído pelo amido da cevada, respectivamente. Khorasani et al. (1994) e McCarthy et al. (1989) observaram maior produção de proteína em DBM do que em DBC (0,90 x 0,84 kg/dia e 1,10 x 1,03 kg/dia), respectivamente.

Overton et al. (1995) relataram que a percentagem de proteína no leite aumentou linearmente à proporção que o amido da cevada aumentou. Porém, a produção de proteína do leite declinou quadraticamente à medida que o nível de inclusão da cevada na dieta aumentou.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) no extrato seco total (EST) do leite entre os tratamentos (TABELA 6). Ao contrário, Orozco-Hernández et al (1997) observaram um aumento linear no EST quando a percentagem de cevada na dieta aumentou.

Eisenbeisz et al. (1990) não encontraram diferença significativa na percentagem de gordura, proteína, lactose e sólidos totais em dietas contendo cevada em substituição ao milho. Khorasani et al. (2001) reportaram que a substituição de cevada por milho não alterou a composição do leite. As análises de variância para a composição do leite encontram-se nos APÊNDICES C e D.

4.5 Qualidade do leite

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) nos níveis de nitrogênio uréico no leite (NUL) e na contagem de células somáticas (CCS) entre os diferentes níveis de substituição (TABELA 6). A CCS média observada neste estudo (175.000 ± 3.480 ccs/ml), situou-se bem abaixo da média do núcleo de criadores de bovinos da raça Holandesa da Cooperativa Castrolanda (367.000 ccs/ml) referente aos meses de junho a setembro de 2004 (APCBRH, 2004). A análise de variância para a qualidade de leite encontra-se no APÊNDICE E.

Eisenbaisz et al. (1990) também não encontraram diferença significativa na CCS em dietas onde foi utilizada a cevada em substituição ao milho. Conforme tabela elaborada por Harris (1996), citado por Frosi e Mühlbach (1999), para interpretar e avaliar o status protéico e energético da dieta, baseada na percentagem de proteína no leite, o NUL pode ser considerado normal nas dietas experimentais, neste estudo (média de $11,08 \pm 0,14$ mg/dl). Esses valores também situam-se dentro dos limites normais (10 – 14 mg/dl) estabelecidos por Ferguson (1999). Santos et al. (1997) ao comparar sorgo floculado a vapor com cevada laminada observou um aumento no NUL em DBC de 16,7 para 19,4 mg/dl, respectivamente.

4.6 Eficiência alimentar

A eficiência alimentar (EA), expressa pelo $LCG4\%/IMS$, não foi afetada ($P>0,05$) pelo nível de substituição de milho por cevada (média de $1,31 \pm 0,02$ kg de leite/kg de MS) (TABELA 4). Esses valores situam-se dentro dos limites preconizados por Britt et al. (2003). Esses autores ao coletarem dados, durante 14 meses, de 13 rebanhos compostos por vacas Holandesas confinadas e alimentadas com DTM, localizados nos Estados de Kentucky e Tennessee (Estados Unidos) e Queretaro (México), encontraram valores que variaram de 1,12 a 1,79 kg de leite corrigido para 3,5% de gordura para cada kg de matéria seca ingerida (médias de 1,4 em ambiente com temperatura $< 21^{\circ} C$ e 1,31 em temperatura $> 21^{\circ} C$). Corrigindo a média de produção de leite observada neste experimento para 3,5% de gordura (27,87 kg), para comparar com os dados acima citados, a EA se elevou para 1,42 kg de leite/Kg MS ingerida, valores similares aos reportados pelos autores anteriormente citados, para temperatura ambiente inferior a $21^{\circ} C$. Yang et al. (1997) e Eisenbaisz et al. (1990) ao compararem vacas alimentadas com DBM e/ou DBC não encontraram diferença significativa quanto a EA. A análise de variância para a AE encontra-se no APÊNDICE F.

4.7 Escore de condição corporal

O escore de condição corporal (ECC) teve como resultado uma regressão de função cúbica ($P<0,05$) (TABELA 4). Entretanto fica difícil, nas condições do presente estudo, estabelecer uma relação causal entre o ECC e o nível de substituição de milho por cevada, especialmente considerando a curta duração dos períodos experimentais (21 dias). Santos et al. (1997) ao compararem a cevada laminada com sorgo floculado a vapor não observaram

diferença significativa no ECC. A análise de variância para o ECC encontra-se no APÊNDICE F.

4.8 Implicações econômicas

Na tabela 7 é apresentada uma avaliação econômica da substituição do milho por cevada, em função dos resultados do presente experimento. Foram considerados para fins de cálculo a produção de leite e os teores de gordura e proteína estimados a partir de equações de regressão da produção e composição do leite em função do nível de substituição de milho por cevada (TABELAS 5 e 6). Para a formação dos preços do leite considerou-se um rebanho com produção diária de 740 litro/dia, com os teores de gordura e proteína apresentados na tabela 7 (preços pagos ao produtor pelo Pool ABC de comercialização de leite – Castro/PR em dezembro/2004).

O custo de alimentação ficou mais baixo nos níveis mais altos de inclusão da cevada na dieta. Esse custo menor pode ser atribuído em parte ao preço da cevada que não atinge padrão cervejeiro, a qual apresenta um preço de aproximadamente 75% do preço de mercado do milho (valores de dezembro de 2004). Outro fator que contribuiu para o menor custo de alimentação com a inclusão da cevada, foi a menor participação do farelo de soja na dieta (TABELA 1), devido à maior concentração de PB na cevada em relação ao milho (TABELA 2).

Apesar da diminuição da produção de leite na ordem de 0,008kg para cada 1% de inclusão de cevada na dieta observou-se maior retorno sobre custo de alimentação/vaca e menor custo de alimentação por litro de leite com a substituição do milho por cevada, devido

Tabela 7. Avaliação econômica da substituição do milho por cevada.

Item	Níveis de substituição ¹			
	0%	33%	67%	100%
Preço/litro leite ² , R\$	0,5674	0,5668	0,5663	0,5657
Produção diária/vaca ³ , litro	27,36	27,09	26,81	26,54
Gordura ⁴ , %	3,78	3,74	3,70	3,66
Proteína ⁵ , %	3,26	3,28	3,30	3,32
Receita bruta diária/vaca, R\$	15,52	15,35	15,18	15,01
Custo alimentação/vaca/dia ⁶ , R\$	7,06	6,72	6,48	6,18
Retorno sobre custo de alimentação/vaca/dia ⁷ , R\$	8,46	8,63	8,70	8,83
Custo de alimentação/litro de leite, R\$	0,258	0,248	0,242	0,233

¹Níveis de substituição de milho por cevada.

²Preço ao produtor (Pool ABC – Castro/PR) – dezembro/2004.

³Estimada a partir da equação $Y = 27,359 - 0,00818x$ (Tabela 5).

⁴Estimada a partir da equação $Y = 3,777 - 0,00114x$ (Tabela 6).

⁵Estimada a partir da equação $Y = 3,260 + 0,0005877x$ (Tabela 6).

⁶Estimado a partir do custo dos alimentos – dez/2004, sendo silagem de milho R\$ 0,12/kg MS; silagem pré-secada de azevém R\$ 0,25/kg MS; farelo de soja R\$ 560,00/T; milho triturado R\$ 350,00/T; cevada laminada R\$ 262,50/T; bicarbonato de sódio R\$ 1,35/kg; núcleo mineral R\$ 1,48/kg; cloreto de sódio R\$ 0,26/kg.

⁷Receita bruta menos o custo com alimentação.

à redução no custo de alimentação. A substituição completa do milho pela cevada resultou em um incremento no retorno sobre custo de alimentação de R\$0,37/vaca/dia e uma redução no custo de alimentação de R\$ 0,025/litro de leite produzido (TABELA 7).

Em mercados que valorizam a composição do leite, o menor teor de gordura observado com a inclusão de cevada pode ser compensado, em termos de composição do preço do leite, pela percentagem mais alta de proteína do leite (TABELAS 6 e 7).

5 CONCLUSÕES

A substituição do milho pela cevada influenciou a ingestão de matéria seca (IMS), a produção e a composição do leite, sem afetar a eficiência alimentar.

A IMS decresceu linearmente com a inclusão de cevada na dieta, sem afetar a ingestão de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN).

As produções de leite e de leite corrigido para 4% de gordura (LCG) decresceram linearmente, na ordem de 0,008 e 0,0122 kg para cada 1% de acréscimo de cevada em substituição ao milho, respectivamente. Enquanto o teor de gordura do leite reduziu com a inclusão de cevada na dieta, o teor de proteína aumentou e o teor de extrato seco total (EST), bem como a concentração de nitrogênio uréico no leite (MUN) não sofreram alteração.

De forma geral, neste estudo foi observada menor IMS, produção de leite, LCG, produção e percentagem de gordura e maior percentagem de proteína do leite.

Mesmo considerando a redução da produção de leite, os custos dos diferentes ingredientes das dietas, principalmente a relação entre os preços da cevada que não atinge padrão cervejeiro e do milho, bem como o preço do farelo de soja, podem determinar vantagem na utilização da cevada na alimentação de vacas em produção. A relação entre os preços dos componentes da dieta irá influenciar o nível mais adequado de substituição.

Deve-se considerar que, alguns requisitos são fundamentais para minimizar os efeitos da substituição do milho por cevada na dieta de vacas em lactação sobre a produção e a

composição do leite (depressão da gordura) e a sanidade (acidose, laminite, etc.). Destacam-se a utilização de cevada adequadamente processada (IP de 64%) e de dieta totalmente misturada com o tamanho das partículas adequado, o balanceamento da dieta para providenciar níveis adequados de fibra efetiva, FDN e carboidratos não fibrosos, a utilização de aditivos tamponantes e de forragem com alta capacidade de tamponamento e, limitação na quantidade de silagem de cereais muito ácida, especialmente com alta percentagem de grãos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRICH, J. M.; MULLER, L. D.; VARGA, G. A.; GRIEL, L. C. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1091-1100, 1993.

ANDERSON, V.; SCHROEDER, J. W. Feeding barley to dairy cattle. 1999. Disponível em: <<http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/dairy/1998-07/ryefeed.htm>>. Acesso em: 15 maio 2003.

ARMENTANO, L. E. Ruminant hepatic metabolism of volatile acids, lactate e pyruvate. **Journal of Nutrition**, v, 122, p. 838-842, 1992.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE CRIADORES DE BOVINOS DA RAÇA HOLANDESA. **Sumário de rebanho: relatório 4**. Curitiba: APCBRH, 2004.

AZEVEDO, P. S. A casca do grão de soja em substituição ao feno de gramínea nas rações com diferentes fontes protéicas para bovinos. 1998. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 1998.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCALLISTER, T. A.; DONG, Y.; FARR, B. I.; CHENG, K.-J.. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 236–246, 1994a.

BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. M.; SCHAALJE, G. B. Optimal neutral detergent fiber concentration of barley-based diets for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 4, p. 1013-1029, 1994b.

BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. M. Minimum versus optimum concentrations of fiber in dairy cow based on barley silage and concentrates of barley or corn. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1629-1639, 1997.

BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z.; RODE, L. M. Effects of nonstructural carbohydrates and source of cereal grain in high concentrate diets of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1640-1650, 1997.

BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. Effective fiber in barley-based diets, 1998. Disponível em: <<http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/1998/ch14.htm>>. Acesso em: 20 maio 2004.

BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z.; RODE, L. M.; SCHAALJE, G. B. Effects of barley processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1925-1936, 2001.

BERCHIELLI, T. T.; SADER, A. P. O.; TONANI, F. L. et al. Avaliação da determinação da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido pelo Sistema ANKOM. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.5, p. 1572-1578, 2001.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, n.2, p.567-590, 1990.

BLÁS, C.; REBOLLAR, P. G.; MÉNDEZ, J. Utilización de cereales en dietas de vacuno lechero. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 11., 1995, Barcelona. **Resumos...** Barcelona: FEDNA, 1995. Disponível em: <www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/95CAP_III.pdf>. Acesso em: 20 maio 2004.

BOYLES, S. L.; ANDERSON, V. L.; KOCH, K. B. Feeding barley to cattle, [ca.1990]. Disponível em: <<http://beef.osu.edu/library/barley.html>>. Acesso em: 15 mai. 2003.

BRITT, J. S.; THOMAS, R. C.; SPEER, N. C.; HALL, M. B. Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in holstein herds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 11, p. 3796-3801, 2003.

BULL, R. C.; BRADSHAW, L. Barley: general consideration. In: BULL, R. C (Ed.) **A nutritional guide to feeding pacific northwest barley to ruminants**. Moscow: University of Idaho, 1995. p. 1-6. Disponível em: <<http://info.ag.uidaho.edu/Resources/PDFs/EXP0776.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2003.

CAMERON, M. R.; KLUSMEYER, T. H.; LYNCH, G. L.; CLARK, J. H.; NELSON, D. R. Effects of urea and starch or rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74. n. 4, p. 1321-1331, 1991.

CANTO, S. G. Avaliação de safra de cevada. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 18., 1998, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-TRIGO, 1998. p.12-16.

CASPER, D. P.; SCHINGOETHE, D. J.; EISENBEISZ, W. A. Response of early lactation dairy cows fed diets varying in source of nonstructural carbohydrate and crude protein. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 4, p. 1039-1050, 1990.

CASPER, D. P.; MAIGA, H. A.; BROUK, M. J.; SCHINGOETHE, D. J. A. Synchronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rates in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 1779-1790, 1999.

CEVADA. **Bovi News**, n. 12, p. 3, jul-ago-set. 2002.

CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Symposium: nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p.2304-2323, 1992.

CHRISTEN, S. D.; HILL, T. M.; WILLIAMS, M. S. Effects of tempered barley on milk yield, intake, and digestion kinetics of lactating holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 1394-1399, 1996.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. Experimental designs, 2 ed. New York: John Weley. 1992. 611 p.

CROOM, W. J.; BULL, L. S. Review: regulation of pancreatic exocrine secretion in ruminants. **Journal of nutrition**, v. 122, p. 191-202, 1992.

DePETERS, E. J.; TAYLOR, S. J. Effects of feeding corn or barley on composition of milk and diet digestibility. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 8, p. 2027-2032, 1985.

EISENBEISZ, W. A.; SCHINGOETHE, D. J.; CASPER, D. P. Lactational evaluation of recombinant bovine somatotropin with corn and barley diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 5, p. 1269-1279, 1990.

FERGUSON, J. D.; GALLIGAN, D. T.; THOMSEN, N. Principal descriptors of body score in holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 9, p. 2695-2703, 1994.

FERGUSON, J. D. Milk urea nitrogen, 1999. Disponível em: <<http://www.agrogea.com/search/mun.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2004.

FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L.; St-PIERRE, N. R.; NOFTSGER, S. M. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. E218-E238, 2001. Especial supplement.

FROSI, R. A. M.; MÜHLBACH, P. R. F. Nitrogênio uréico no sangue (BUN) e nitrogênio uréico no leite (MUN) como ferramentas para monitorar o status protéico e energético da dieta de ruminantes. In: RIBEIRO, A. M. L. et al. **Tópicos em produção animal I**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 97-123

GABARRA, P. R. Digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos de novilhos nelore alimentados com fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais, 2001. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

GRANT, R. Importance of grain quality, nutrient composition and processing for dairy cattle, 1996. Disponível em: <<http://www.ianr.unl.edu/pubs/dairy/g1229.htm>>. Acesso em: 15 maio 2003.

GRAY, G. M. Starch digestion and absorption in nonruminants. *Journal of Nutrition*, v. 122, p. 172, 1992.

GRINGS, E. E., ROFFLER, R. E.; DEITELHOFF, D. P. Evaluation of corn and barley as energy sources for cows in early lactation fed alfalfa-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 1, p. 193–200, 1992.

GRIINARDI, J.M.; DWYER, D. A.; McGUIRE, M. A.; BAUMAN, D. E.; PALMQUIST, D. L.; NURMELA, K. V. V. Trans-Octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1251-1261, 1998.

GUILBOT, A.; MERCIER, C. In: ASPINALL, G. D. The polysaccharides. New York: Academic Press, 1985. v. 3, p. 229-285.

HARMON, D. L. Dietary influence on carbohydrates and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 122, p. 203-210, 1992.

HERRERA-SALDANA, R. E.; HUBER, J. T. Influence of varying protein and starch degradability on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, p. 1477-1486, 1989.

HERRERA-SALDANA, R. E, HUBER, R. E. J. T.; POORE, M. H. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2386-2393, 1990a.

HERRERA-SALDANA, R.; GOMES-ALARCON, R.; TORABI, M.; HUBER, J.T. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 1, p. 142-151, 1990b.

HOOVER, W. H.; STOKES, S. R. Balancing carbohydrates and protein for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3630-3644, 1991.

HOPNER, K. H.; OWEN, B. D.; SOSULSKI, F. W. [Composition of barley]. **Canadian Journal Science**, v. 31, p. 232, 1968.

HRISTOV, A.N.; IVAN, M.; RODE, L.; McALLISTER, T. A. Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 2, p. 515-524, 2001.

HUBER, J.T.; HERRERA-SALDANHA, R. Synchrony of protein and energy supply to enhance fermentaton. In: ASPULND, J.M. **Principes of protein nutrition of ruminants**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.113.

HUNT, C. W. Feeding value of barley grain for beef and dairy cattle. In: BULL, R. C (Ed.) **A nutritional guide to feeding pacific northwest barley to ruminants**. Moscow: University of Idaho, 1995. p. 7-18. Disponível em: <<http://info.ag.uidaho.edu/Resources/PDFs/EXP0776.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2003.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, n. 3, p.852-867, 1997.

HUTJENS, M. Estratégias para los precios elevados que tiene atualmente el maíz. **Hoard's Dairyman en español.**, n. 7, p. 668, ago. 1996.

IMAIZUMI, H. et al. Utilização do farelo de algodão como substituto do farelo de soja em dietas para vacas holandesas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, XXXIX., 2002, Recife. **Anais eletrônicos**...Recife: UFRPE, 2002. CD-ROM 6.

KENNELLY, J.; OKINE, E.; KHORAZANI, R. Barley as a grain and forage source for ruminants, 1995. Disponível em: < <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/1995/wcd95259.htm>>. Acesso em: 03 ago. 2004.

KENNELLY, J. et al. Barley grain for dairy cattle. Alberta, [1996?]. Disponível em: <<http://www.western dairyscience.com/html>>. Acesso em 09 maio 2003.

KENNELLY, J.; OKINE, E.; KHORAZANI, R.; CORBETT, R. Barley grain for dairy cattle, 2001. Disponível em: < http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Hosted/DRTC/Articles/Barley_Dairy.asp>. Acesso em: 25 abr. 2004.

KNOWLTON, K. F. High grain diets for dairy cattle, [1998?]. Disponível em: <<http://www.dasc.vt.edu/knowlton/HighGrainDietsforDairyCattle.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2004.

KOZLOSKI, G. V.; CIOCCA, M. L. S. Efeito do metabolismo do trato gastrointestinal e do fígado sobre a disponibilidade de nutrientes para o ruminante. In: RIBEIRO, A. M. L. et al. **Tópicos em produção animal I**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 9- 40.

KHORASANI, G. R.; BOER, G.; ROBINSON, B.; KENNELLY, J.J. Influence of dietary protein and starch on production and metabolic responses of dairy cows. **Journal Dairy Science**. Champaign, v. 77, n. 3, p. 813-824, 1994.

KHORASANI, G. R.; KENNELLY, J.J. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in late-lactation holstein cows. **Journal Dairy Science**. Champaign, v. 84, n. 7, p. 1707-1716, 2001.

KHORAZANI, G. R.; OKINE, E. K.; KENNELLY, J.J. Effects of substituting barley grain with corn on ruminal fermentation characteristics, milk yield, and milk composition of holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.84, n. 12, p. 2760-2769, 2001.

KOSSOSKI, A. Resultados do teste com silagem de grãos de triticales úmido para vacas leiteiras. **Rev. Batavo**, Castro, v. 1, n. 8, p. 11-13, jun. 1992a.

KOSSOSKI, A. Mais uma opção para a alimentação das vacas leiteiras. **Rev. Batavo**, Castro, v. 1, n. 14, p. 2-3, dez. 1992b.

KOTARSKI, S.F.; WANISHA, R. D.; THURN, K. K. Starch hidrólisis by the ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, v.122, p.178-190, 1992.

LÓPEZ, S.; LÓPEZ, J. Efeito do processamento de grãos nas características físicas e de mistura e no valor nutritivo das dietas para ruminantes. In: RIBEIRO, A. M. L. et al. **Tópicos em produção animal I**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 97-123.

McALLISTER, T. A.; RODE, L. M.; MAJOR, D. J.; CHENG, K.-J.; BUCHANAN-SMITH, J. G. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. **Canadian Journal Animal Science**, v. 70, p. 571, 1990.

McALLISTER, T. A.; RODE, L. M.; CHENG, K. -J.; BUCHANAN-SMITH, J. G. Effect of formaldehyde-treated barley or escape protein on the ruminal environment and digestion in steers. **Canadian Journal Animal Science**, v. 72, p. 317–328, 1992.

McALLISTER, T. A.; RODE, L. M.; CHENG, K. J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n. 1, p.205-212, 1993.

McALLISTER, T. A.; BAE, H. D.; JONES, G. A; CHENG, K.-J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 3004–3018, 1994.

McCARTHY, R. D. JR.; KLUSMEYER, T. H; VICINI, J. L; CLARK, J. H.; NELSON, D. R. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 8, p. 2002-2016, 1989.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, Lavras, 1992. Anais... Lavras, SBZ, 1992. p. 188 – 219.

MICHIGAN STATE UNIVERSITY, EAST LANSING, MI. **Spartan Ration Evaluator version 2.01**: balancer for dairy cattle. (disquete). Lansing, May 1992.

MINELLA, E. Safra brasileira de cevada: resultados finais de 1997. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 18., 1998, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-TRIGO, 1998. p.23-25.

MINELLA, E. Safra brasileira de cevada - 1998. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 19., 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-TRIGO, 1999. p.21-23.

MINELLA, E. Avaliação da safra 2002 de cevada no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 23., 2003, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-TRIGO, 2003. p.53-56.

MOORE, J. A.; POORE, M. H.; ECK, T. P.; SWINGLE, R. S.; HUBER, J. T.; ARANA, M. J. Sorghum grain processing and buffer additions for early lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 12, p. 3465-3477, 1992.

MOURO, G. F. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura na alimentação de cabras Saanen em lactação, 2001. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6th ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381 p.

NOCEK, J. E.; RUSSEL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 2070, 1988.

NOCEK, J.E.; TAMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk and composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

ODLE, J.; SCHAEFER, O. M. Influence of rumen ammonia concentration on the rumen degradation rates of barley and maize. **British Journal of Nutrition**, v.57, p.127, 1987.

OKINE, E. K.; KENNELLY, J.J. From fiber to starch: the evolution of the cow, 1994. Disponível em: <[http:// www.afns.ualberta.ca/courses/ansc472/dp472-5p.htm](http://www.afns.ualberta.ca/courses/ansc472/dp472-5p.htm)>. Acesso em: 17 abril 2004.

OLIVEIRA, J. S.; HUBER, J. T.; SIMAS, J. M. et al. Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n.6, p. 1318-1335, 1995.

OROZCO-HERNÁNDEZ, J. R.; BRISSON, G. J.; GIRARD, V. Timothy grass or alfafa silage for cows in midlactation: effect of supplementary barley. . **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n. 11, p. 2876-2882, 1997.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63,p.1624, 1986.

OVERTON, T. R., CAMERON, M. R.; ELLIOTT, J. P.; CLARK, J. H.; NELSON, D. R. 1995. Ruminal fermentation and passage of nutrients to the duodenum of lactating cows fed mixtures of corn and barley. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 9, p. 1981-1998, 1995.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 63, p.1634, 1986.

OWENS, F. N. Protein metabolism of ruminant animals. CHURCH, D. C. (Ed). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewoog Cliffs: Prentice Hall, 1988. p. 227-249.

REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 13., 1993, Porto Alegre. Recomendação de pesquisa de cevada para o cultivo de cevada cervejeira em 1993-1994. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 63 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).

REYNOLDS, C.K.; HUNTINGTON, G.B.; TYRREL, H.F. et al. Net metabolism of volatile fatty acids, D- β -hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids, and blood gases by portal-drained viscera and liver of lactating holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.9, p. 2395:2405, 1988b.

REYNOLDS, C. .K.; HUNTINGTON, G. H. Net portal absorption of volatile fatty acids and L (+) lactate by lactating holstein cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 71, n. 1, p. 124-136, 1988a.

RIBAS, N. P.; PAULA, M. C.; ANDRADE, U. V. C. Somatic cell count and somatic cell score in bulk milk samples. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE QUALIDADE DE LEITE E CONTROLE DE MASTITE, 2, 2002. São Paulo. Anais...São Paulo: Instituto Fernando Costa, 2002. p.55.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 1607, . 1986.

RUSSEL, J. B.; HESPELL, R. B. Microbial rumen fermentation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, p. 1153-1161, 1981.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FAX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n. 12, p. 3551-3561, 1992.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221p.

SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Comparison of barley and sorghum grain processed at different densities for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 9, p. 2098-2103, 1997.

SANTOS, F.A.P.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded concentration of ruminally degradable proteins. **Journal of Dairy Science**, v.81, p. 215-220, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: version 6.4. ed. Cary, 1991.

SATTLER, R.; ALMEIDA, J. L.; DENGLER, R. U. Relatório da avaliação da safra 1998 da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 19., 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-TRIGO, 1999. p.17-19.

SCHWAB, C. G. Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein. In: SOUTHWEST NUTRITION MANAGEMENT, Tucson,1994. **Proceedings**. Tucson: University Arizona, 1994. p. 114.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1990. 166p.

SIMAS, J.M. Processamento de grãos para rações de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9., Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.7-32.

SNIFFEN, C. J. The use of by-pass protein in ration formulation. In: AMERICAN FEED MANUFACT, 40, 1980. **Proceedings**, p. 40.

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**, Champaign, v. 70, n. 12, p.3562-3577, 1992.

SPICER, L. A.; THEURER, C. B; SOWE, I.; NOON, T. H. Ruminant and post-ruminant utilization of nitrogen and starch from sorghum grain, corn and barley-based diets by beef steer. *J. h i m . Sci.* 62521, 1986.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Users guide**: statistics: version 6.03. Cary, NC, 1988. v.2, 956 p.

STOCK, R. A.; BRINK, D. R.; R. A., BRITTON et al. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, p. 290-302, 1987b.

STOCK, R. A.; BRINK, D. R.; BRANDT, R. T.; J.; MERRILL, K.; SMITH, K. K. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, p. 282, 1987a.

STOKES, S. R. Balancing carbohydrates for optimal rumen function and animal health, 1991. Disponível em: < <http://stephenville.tamu.edu/~sstokes/carbohydrates.htm> >. Acesso em: 17 abril 2004.

TANIGUCHI, K.; HUNTINGTON, G. B.; GLENN, B. P. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusions of casein and starch. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 1, p. 236-249, 1995.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p.1649, 1986.

THEURER, C.B.; HUBER, J. T.; DELGADO, E. et al. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 7, p. 1950-1959, 1999.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Corvallis: O & Books, 1982. 373 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 467 p.

WALDO, D. R. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 37, n. 4, p. 1062-1074, 1973.

WEISS, W. P.; FISHER, G. R.; ERICKSON, G. M. Effect of source of neutral detergent fiber on starch utilization by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.72, n. 9, p. 2308-2315, 1989.

WHITLOW, L. W. Mycotoxin concerns in dairy cattle, 1996. Disponível em: <<http://www.moormans.com/dairy/DairyFF/dairydec96/mycotoxi.htm>>. Acesso em: 15 maio 2003.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; KOENIG, K.M; RODE, L. M. Comparison of hull-less barley, barley, corn for lactating cows: effects on extent of digestion and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 10, p. 2475-2486, 1997.

YANG, W.Z., BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, M. Effects of barley grain processing on extent of digestion and milk production of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 3, p. 554-568, 2000.

YOKOYAMA M. T.; JOHNSON, K. A. Microbiology of the rumen and intestine. In: CHURCH, D.L **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. p. 125.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Composição química das sobras (% na MS; média dos quatro períodos experimentais).

Ítem	Níveis de substituição ¹			
	0%	33%	67%	100%
MS	45,55	48,27	45,16	45,63
PB	12,15	11,50	12,02	11,90
FDA	25,41	27,28	28,01	27,79
FDN	44,87	45,12	46,54	48,55
Extrato etéreo	2,90	2,96	2,49	2,46
Cinzas	8,31	8,16	7,87	8,08

APÊNDICE B - Análise de variância para a ingestão de matéria seca (IMS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN).

Fonte de variação	GL	IMS			PB			FDA			FDN		
		QM	Valor F	Pr > F	QM	Valor F	Pr > F	QM	Valor F	Pr > F	QM	Valor F	Pr > F
Período	3	1.7580	3.304	0.0714	0.2925	9.680	0.0035	0.9885	21.700	0.0002	3.3717	23.430	0.0001
Níveis													
• Linear	1	3.5381	6.649	0.0298	0.0160	0.530	0.4852	0.1026	2.250	0.1676	0.1052	0.740	0.4110
• Quadrática	1	0.1260	0.237	0.6381	0.0141	0.470	0.5105	0.1269	2.790	0.1294	0.0808	0.570	0.4693
• Cúbica	1	1.4256	2.679	0.1361	0.0172	0.520	0.4890	0.1465	3.220	0.1065	0.0796	0.560	0.4724
Resíduo	9	0.5321			0.0302			0.0455			0.1416		
CV, %			3.71			6.41			5.45			5.29	

GL – Grau de liberdade: cada grupo de 7 vacas foi considerado uma única unidade experimental

QM – Quadrado médio

CV – Coeficiente de variação

APÊNDICE C - Análise de variância para a produção de leite, leite corrigido para 4% (LCG4%), gordura e proteína.

Fonte de variação	GL	Produção de leite			LCG 4%			Gordura (Kg)			Proteína (Kg)		
		QM	Valor	Pr > F	QM	Valor	Pr > F	QM	Valor	Pr > F	QM	Valor	Pr > F
		F			F			F			F		
Período	3	11.1784	7.272	0.0003	11.0629	6.171	0.0009	0.0228	5.899	0.0012	0.0165	7.995	0.0001
Níveis													
• Linear	1	10.0640	6.547	0.0125	24.4828	13.656	0.0004	0.0601	15.534	0.0002	0.0020	0.977	0.3260
• Quadrática	1	0.9744	0.634	0.6332	0.0022	0.001	0.9720	0.0005	0.139	0.7105	0.0020	1.010	0.3181
• Cúbica	1	0.3529	0.230	0.6332	0.0439	0.025	0.8760	0.0008	0.230	0.6332	0.0003	0.170	0.6814
Vaca	26	43.5704	28.346	0.0001	31.1838	17.39	0.0001	0.0497	12.848	0.0001	0.0367	17.723	0.0001
Resíduo	75	1.5370			1.7928			0.0038			0.0020		
CV, %			4.60			5.20			6.23			5.24	

GL – Grau de liberdade

QM – Quadrado médio

CV – Coeficiente de variação

APÊNDICE D - Análise de variância para a percentagem de gordura e de proteína do leite e extrato seco total (EST).

Fonte de variação	GL	Gordura (%)			Proteína (%)			EST (%)		
		QM	Valor F	Pr > F	QM	Valor F	Pr > F	QM	Valor F	Pr > F
Período	3	0.1733	7.059	0.0004	0.3549	114.586	0.0001	0.8002	18.953	0.0001
Níveis										
• Linear	1	0.1953	7.955	0.0061	0.0519	16.773	0.0001	0.0921	2.183	0.1438
• Quadrática	1	0.0608	2.477	0.1197	0.0033	1.070	0.3044	0.0008	0.021	0.8850
• Cúbica	1	0.0385	1.569	0.2142	0.0132	4.267	0.0423	0.1357	3.214	0.0770
Vaca	26	0.3457	14.079	0.0001	0.1307	42.211	0.0001	0.7991	18.926	0.0001
Resíduo	75	0.0245			0.0030			0.0422		
CV, %			4.21			1.72			1.63	

GL – Grau de liberdade

QM – Quadrado médio

CV – Coeficiente de variação

APÊNDICE E - Análise de variância para o escore de células somáticas (ECS) e nitrogênio uréico no leite (MUN).

Fonte de variação	GL	ECS			GL ¹	MUN		
		QM	Valor F	Pr > F		QM	Valor F	Pr > F
Período	3	1.4536	2.729	0.0499	3	138.8013	68.957	0.0001
Níveis								
• Linear	1	0.0969	0.182	0.6708	1	1.2913	0.642	0.4257
• Quadrática	1	3.4401	6.457	0.1031	1	2.1269	1.057	0.3073
• Cúbica	1	0.9188	1.725	0.1931	1	0.0629	0.031	0.8601
Vaca	26	5.4788	10.284	0.0001	25	9.400	4.670	0.0001
Resíduo	75	0.5327			75	2.0128		
CV, %			23.65				12.77	

¹Devido a perda de amostra do leite de uma vaca no último período experimental a análise do MUN ficou com um grau de liberdade a menos.

GL – Grau de liberdade

QM – Quadrado médio

CV – Coeficiente de variação

APÊNDICE F - Análise de variância para o escore de condição corporal (ECC) e eficiência alimentar (EA).

Fonte de variação	GL	ECC			GL ¹		EA	
		QM	Valor F	Pr > F			QM	Valor F
Período	3	646.1304	6.678	0.0005	3	0.0024	0.646	0.6047
Níveis								
• Linear	1	123.2020	1.273	0.2627	1	0.0009	0.245	0.6322
• Quadrática	1	851.0429	8.796	0.0040	1	0.0005	0.141	0.7156
• Cúbica	1	1445.2575	14.937	0.0002	1	0.0072	1.933	0.1979
Vaca	26	1935.5641	20.005	0.0001				
Resíduo	75	96.7552			9	0.0037		
CV, %			3.41				4.66	

¹GL – Grau de liberdade: cada grupo de 7 vacas foi considerado uma única unidade experimental

QM – Quadrado médio

CV – Coeficiente de variação

EA – LCG4%/IMS