

**DANILO DE OLIVEIRA ROCHA BHERING
SANTORO**

**EFEITO DA DIETA DE TRANSIÇÃO SOBRE
A MUCOSA DO OMASO DE VACAS
LEITEIRAS**

LAVRAS – MG

2011

DANILO DE OLIVEIRA ROCHA BHERING SANTORO

**EFEITO DA DIETA DE TRANSIÇÃO SOBRE A MUCOSA DO
OMASO DE VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Veterinárias, área de concentração em Medicina na Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Dr. João Chrysostomo de Resende Júnior

Coorientadoras

Dra. Suely de Fátima Costa

Dra. Cristina Delarete Drummond

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Santoro, Danilo de Oliveira Rocha Bhering.

Efeito da dieta de transição sobre a mucosa do omaso de vacas
leiteiras / Danilo de Oliveira Rocha Bhering Santoro. – Lavras :
UFLA, 2011.

77 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: João Chrysóstomo de Resende Júnior.

Bibliografia.

1. Espessura de mucosa. 2. Projeções da mucosa. 3. Período de
transição. 4. Índice mitótico. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 636.089133

DANILO DE OLIVEIRA ROCHA BHERING SANTORO

**EFEITO DA DIETA DE TRANSIÇÃO SOBRE A MUCOSA DO
OMASO DE VACAS LEITEIRAS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Veterinárias, área de concentração em Medicina na Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2011.

Dra. Suely de Fátima Costa	UFLA
Dra. Cristina Delarete Drummond	UFLA
Dr. Gregório Corrêa Guimarães	UFLA

Dr. João Chrysostomo de Resende Júnior
Orientador

LAVRAS - MG

2011

**Aos meus pais, Dalma e Ângelo; aos meus irmãos, Sarah e José
Ângelo e a minha namorada, Raquel, dedico.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida.

Aos meus pais, por tudo que me proporcionaram até hoje.

Aos meus irmãos, avós e toda a minha família, por todo o apoio oferecido.

A minha namorada, pelo incentivo, apoio e companheirismo.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao professor Dr. João Chrysostomo de Resende Júnior, pela orientação, confiança depositada em mim e por aceitar ser meu orientador.

À professora Dra. Suely de Fátima, pelos ensinamentos, amizade, valiosas sugestões e todo o apoio para a realização deste trabalho.

Aos professores Doutores Gregório Guimarães e Cristina Delarete, por aceitarem participar da banca e pelas valiosas sugestões.

Ao professor Márcio, por aceitar o convite de membro suplente da banca.

Aos funcionários da UFLA que ajudaram na confecção de partes do trabalho.

Ao secretário da Pós-Graduação em Veterinária e amigo Berim, por sanar minhas dúvidas no decorrer do curso.

Aos amigos que fiz, pelo convívio de nosso trabalho: Ronaldo de Lima, Tiago Teófilo, Amália Saturnino, Leandra Queiros, Tiago Del Valle, Pedro Paulo, Matheus Moreira, Gustavo Lenzi, Luiz Sérgio, Lucas Parreira, Pedro Henrique, David Miranda, Pâmela, Fernanda, Daniel Dutra e Jéssica.

Aos demais amigos que fiz na casa onde residi em Lavras: Francisco, Liliano Nigel, Leandro, Gustavo Bacelar, Estênio, Diego e Eduardo.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“Não diga que isto é obvio ou que já sabe tudo isto, porque os planos do bem devem ser infinitamente repetidos e a construção mais simples é sempre a mais difícil de se fazer”

“Não interrompa os seus passos, no serviço do bem, porque justamente na execução dos seus próprios encargos é que os Mensageiros de Deus encontrarão os meios de trazerem a você o socorro preciso”

(André Luiz)

RESUMO

A dieta de alta energia no pré-parto é capaz de induzir a proliferação do epitélio ruminal. No entanto, nada se sabe sobre a resposta morfológica do omaso de vacas leiteiras que consomem dietas energéticas no pré-parto. Este trabalho foi realizado com o objetivo de averiguar se a dieta de transição, com alto teor de grãos, é capaz de induzir modificações na morfologia do omaso. Quatro vacas Holandesas, com cânula no saco dorsal do rúmen, foram alocadas em dois tratamentos em dois blocos de duas vacas, definidos por data prevista de parto. Seis semanas antes do parto esperado, as vacas foram submetidas a uma dieta de padronização e quatro semanas antes do parto foram submetidas às dietas com alto (ATG) ou baixo (BTG) teor de grãos. Após o parto, todas as vacas receberam dieta lactacional de alta energia. Os animais que receberam a ATG apresentaram maior ingestão de matéria seca (IMS), maior ingestão de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura e minerais, além de maior produção de leite, proteína e gordura láctea. O índice mitótico (IM) do omaso tendeu a ser mais alto na dieta ATG e foi mais alto do que o IM do rúmen, mas altamente correlacionado. As projeções da mucosa do omaso (PMO) das vacas que receberam ATG tiveram maior altura e maior área, entre uma semana antes do parto e duas semanas depois do parto, fato demonstrado pela tendência de interação entre o tratamento e o dia de coleta. As vacas que receberam ATG tiveram menor espessura da camada queratinizada (ECQ) e também das camadas não queratinizadas (ECNQ) do epitélio do omaso, demonstrando que dieta mais grosseira estimula a espessura do epitélio. Conclui-se que a mucosa do omaso de vacas leiteiras responde positivamente à dieta com alto teor de grãos no pré-parto, fato demonstrado pela maior altura e área das PMO e pelo maior IM.

Palavras-chave: Período de transição. Índice mitótico. Projeções da mucosa.
Espessura de mucosa.

ABSTRACT

The high-energy diet before parturition is able to induce the proliferation of ruminal epithelium. However, nothing is known about the morphological response of the omasum of dairy cows that consume high-energy diet pre-partum. The aim of this study was to investigate whether the transition diet, with high grain content, is able to induce changes in omasum morphology. Four Holstein cows with cannula in the dorsal sac of the rumen, were allocated to two treatments in two blocks of two cows, defined by the date of the expected parturition. Six weeks before the expected calving, cows were fed a standardization diet and four weeks before delivery were subjected to diets with high (HGC) or low (LGC) grain content. After delivery, all cows were fed a high energy lactation diet. The animals that received HGC had higher DMI, greater intake of CP, NDF, fat and minerals and higher milk production, milk fat and protein. The mitotic index (MI) of the omasum epithelium tended to be higher in HGC and was higher than the MI in the rumen, but it was highly correlated. The omasum mucosa projections (OMP) in the cows that received HGC had greater height and larger area, between one week before and two weeks after delivery, a fact demonstrated by the tendency of interaction between treatment and collection day. Cows that received HGC had lower thickness of the keratin layer and not keratinized layers of the omasum epithelium, showing that the coarser diet stimulates thick epithelium. We conclude that the mucosa of the omasum of dairy cows responding positively to the diet high in grains before parturition, a fact demonstrated by the higher height and larger area of the OMP and by the higher epithelium MI.

Keywords: transition period. Mitotic index. Mucosa projections. Mucosa thickness.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Morfologia das papilas Unguiculiformes e demais projeções da mucosa do omaso da região próxima ao sulco reticular, fotografada em microscopia eletrônica de varredura.....36
- Figura 2 Morfologia das papilas Unguiculiformes e demais projeções da mucosa na região média do omaso, fotografada em microscopia eletrônica de varredura.....37
- Figura 3 Morfologia das papilas Unguiculiformes na região distal em relação ao sulco reticular, fotografada em microscopia eletrônica de varredura.....38
- Figura 4 Instrumento utilizado para realização das biópsias de lâminas do omaso.....44
- Figura 5 Corte histológico corado em HE de uma lâmina do omaso com suas projeções da mucosa apontadas para baixo. Foto realizada com auxílio de microscópio de luz em objetiva de 4 vezes.....45
- Figura 6 Corte histológico do epitélio ruminal. A linha preta indica o limite entre a camada basal do epitélio e o tecido conjuntivo. Foto realizada com auxílio de microscópio de luz em objetiva de 40 vezes.....46
- Figura 7 Corte histológico do epitélio omasal corado por Tricômico de Masson, onde a porção avermelhada representa a camada de

- queratina. Foto realizada com auxílio de microscópio de luz em objetiva de 40 vezes.....47
- Figura 8 Ingestão de matéria seca (IMS) de vacas leiteiras periparturientes submetidas a dieta com alto (■) e baixo (◆) teor de energia no pré-parto. ($P < 0,01$, para efeito de tratamento e para efeito do dia de coleta; $P = 0,95$ para interação entre tratamento e dia de coleta)...51
- Figura 9 Índice mitótico da camada basal do epitélio ruminal de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. ($P = 0,35$ para efeito de tratamento; $P=0,31$ para efeito do dia de coleta; $P=0,23$ para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).....56
- Figura 10 Índice mitótico da camada basal do epitélio omasal de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. ($P = 0,11$ para efeito de tratamento; $P=0,59$ para efeito do dia de coleta; $P=0,14$ para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).....57
- Figura 11 Índice mitótico da camada basal do epitélio ruminal (■) e omasal (◆) de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto ou baixo teor de grãos. ($P<0,001$ para efeito de compartimento; $P=0,84$ para efeito do dia de coleta; $P=0,14$ para efeito da interação entre compartimento e dia de coleta).....59
- Figura 12 Altura das projeções da mucosa do omaso de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. ($P = 0,27$ para efeito de tratamento; $P=0,30$ para efeito do dia de coleta; $P=0,07$ para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).....61

Figura 13 Área das projeções da mucosa do omaso de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. (P = 0,83 para efeito de tratamento; P=0,75 para efeito do dia de coleta; P=0,09 para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).....62

Figura 14 Espessura da camada de queratina da mucosa do omaso de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. (P < 0,01 para efeito de tratamento; P=0,34 para efeito do dia de coleta; P=0,77 para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).....64

Figura 15 Espessura das camadas não queratinizadas da mucosa do omaso de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. (P = 0,03 para efeito de tratamento; P=0,44 para efeito do dia de coleta; P=0,24 para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).....65

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Composição das dietas de padronização, alto teor de grãos (ATG), baixo teor de grãos (BTG) e lactação fornecidas ao longo do período experimental de vacas Holandesas.....42
- Tabela 2 Parâmetros alimentares e produtivos de vacas Holandesas alimentadas no pré-parto com dieta de alto (ATG) ou baixo (BTG) teor de grãos e no pós parto com dieta lactacional de alta energia.....50
- Tabela 3 Parâmetros morfológicos do rúmen e omaso de vacas Holandesas alimentadas no pré-parto com dieta de alto (ATG) ou baixo (BTG) teor de grãos e no pós parto com dieta lactacional de alta energia.....55
- Tabela 4 Coeficiente de correlação entre as variáveis morfológicas do omaso e a ingestão de matéria seca (IMS) de vacas leiteiras periparturientes submetidas a duas dietas no pré-parto.....58

LISTA DE SIGLAS

AGNE	Ácido graxo não esterificado
AGV	Ácido graxo volátil
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
ARSA	Acidose ruminal subaguda
ATG	Alto teor de grãos
ATP	Adenosina trifosfato
BE	Balanço energético
BTG	Baixo teor de grãos
CNF	Carboidrato não-fibroso
ECNQ	Espessura das camadas não queratinizadas
ECQ	Espessura da camada de queratina
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
IEL	Ingestão de energia líquida
IM	Índice mitótico
IMO	Índice mitótico do omaso
IMR	Índice mitótico do rúmen
IMS	Ingestão de matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NRC	Nutrient Requirements Council
PB	Proteína bruta
PMO	Projeções da mucosa do omaso
TMR	Ração misturada total
TGI	Trato gastrintestinal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Ácidos graxos voláteis	19
2.2 Formação de AGV	20
2.3 Clearance de AGV no ruminorretículo	23
2.4 Dieta de transição	26
2.5 Efeito da dieta sobre a proliferação celular	29
2.6 Morfofisiologia do omaso.....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1 Animais, dietas e instalações.....	40
3.2 Mensurações da produção e composição láctea.....	43
3.3 Mensurações morfológicas.....	43
3.4 Análises estatísticas	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

O período de transição de uma vaca compreende as três semanas antes do parto e as três semanas após o parto. Esse período é caracterizado por ajustes metabólicos e endócrinos para viabilizar a adaptação orgânica ao parto e à lactação. Distúrbios metabólicos são comuns nesse período e podem dificultar a expressão do potencial produtivo do animal durante a lactação (GRUMMER, 1995).

Há mais de oitenta anos recomenda-se aumentar o fornecimento de concentrado nas últimas três semanas de gestação de vacas leiteiras de alto potencial produtivo, como forma de prepará-las para a lactação (BOUTFLOUR, 1928). Vacas leiteiras de alta produção recebem dietas altamente energéticas após o parto. Essas dietas, ricas em carboidratos rapidamente fermentáveis no ruminorretículo¹, levam à produção de ácidos graxos voláteis em alta velocidade, podendo ocasionar acidose ruminal subaguda (ARSA), caso o epitélio dos compartimentos do proventrículo não esteja preparado para remover os ácidos graxos voláteis (AGV) do ambiente na mesma velocidade em que são produzidos.

A dieta de alta energia no pré-parto é capaz de induzir a proliferação do epitélio ruminal, o que pode prepará-lo para maior capacidade de absorção de AGV no pós-parto, contribuindo assim com o controle da

¹ Não existe barreira anatômica consistente entre o rúmen e o retículo, as duas primeiras câmaras do estômago de ruminantes (NICKEL; SCHUMMER; SEIFERLE, 1981). Sendo assim, a digesta está constantemente circulando entre esses dois compartimentos devido à motilidade visceral e é razoável que sejam considerados como uma só câmara, denominada ruminorretículo.

acidose ruminal (DIRKSEN et al., 1984; TEÓFILO, 2010). No entanto, nada se sabe sobre a resposta morfológica do omaso no pós-parto de vacas leiteiras que consomem dieta de transição com alto teor de grãos, apesar de esse órgão receber, aproximadamente, de 40% a 45% dos AGV produzidos no rúmen. Provavelmente, a extensão da superfície absorptiva do omaso tem importância na absorção de AGV, podendo evitar que esses passem com a fase fluida para o abomaso. O excesso de AGV absorvido no abomaso é correlacionado com a diminuição da motilidade do órgão, a qual é precursora de distúrbios digestivos, como deslocamento e torção (BOLTON et al., 1976; SVENDSEN, 1969).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de averiguar se a dieta de transição com alto teor de grãos, fornecida nas últimas semanas antes do parto, é capaz de induzir modificações na morfologia da mucosa do omaso que poderiam resultar em menor ocorrência de distúrbios digestivos no pós-parto de vacas leiteiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ARSA pode ocorrer em rebanhos leiteiros (GARRETT et al., 1999), sem sinais clínicos muito evidentes, como ocorre no caso da acidose ruminal aguda. No caso desta última, frequentemente chamada de acidose láctica, ocorre um processo mais avançado (NOCEK, 1997) que envolve, além do acúmulo de AGV, a seleção de microrganismos produtores de ácido láctico e a inibição (ALLEN, 1997; RUSSEL; ALLEN, 1983) dos microrganismos que metabolizam (COUNOTTE; PRINS, 1981) esse ácido láctico, convertendo-o, principalmente, a acetato, propionato e butirato (GILL et al., 1986).

2.1 Ácidos graxos voláteis

Os maiores determinantes do pH do ambiente ruminal são os próprios AGV, devido à sua natureza ácida, com pK_a em torno de 4,7. Sendo assim, à medida que são produzidos pelo processo de fermentação, devem ser removidos do ambiente ruminal e esse processo de remoção é denominado *clearance*. O acúmulo de AGV no ambiente ruminal pode levar a um processo conhecido como acidose ruminal (BARKER; DREUMEL; PALMER, 1995) que tem efeitos negativos sobre o consumo de alimentos (ELLIOT et al., 1995), a degradação ruminal da fibra (GRANT; MERTENS, 1992), a motilidade do rúmen (CRICHLOW; CHAPLIN, 1985; LEEK; HARDING, 1975) e a morfologia da parede ruminal (GABEL; ASCHENBACH; MULLER, 2002). A remoção de AGV do ruminorretículo,

seja por absorção pela parede do órgão ou por passagem com a fase fluida para o omaso, resulta em aumento do pH do ambiente ruminal (RESENDE JÚNIOR et al., 2006a).

Os AGVs, principalmente acetato, propionato e butirato, mas também em menor quantidade, valerato, caproato, isobutirato, metilbutirato, 2-metilbutirato e traços de outros ácidos de cadeia mais longa, são produzidos no ruminorretículo como alguns dos produtos resultantes da atividade microbiana sobre a matéria orgânica (FRANCE; SIDDON, 1993). Durante o processo de fermentação, a energia é conservada na forma de trifosfato de adenosina (ATP) e subsequentemente utilizada para manutenção e crescimento da população microbiana do rúmen. Para os microrganismos ruminais, os AGVs são substâncias de descarte, mas, para o hospedeiro, eles representam a maior fonte de energia absorvida. Na maioria das dietas, 80% da energia utilizada no rúmen propicia a produção de AGV, sendo o restante perdido como calor e metano. Além disso, os AGVs produzidos no trato gastrointestinal (TGI) podem representar até 80% da energia metabolizável disponível para o ruminante (BERGMAN, 1990).

2.2 Formação de AGV

Os carboidratos dietéticos, isto é, celulose, hemicelulose, pectina, amido e açúcares solúveis são os principais substratos da fermentação. Eles são degradados para seus constituintes de hexoses e pentoses antes de serem fermentados para AGV, via piruvato. As pentoses são convertidas para hexoses e trioses fosfato pelas reações das transcetolases e transaldolases do ciclo das pentoses, propiciando, então, que a maioria do metabolismo de

carboidratos ocorra via hexoses, as quais são metabolizadas até piruvato, quase exclusivamente pela via glicolítica de Embden-Meyerhof-Parnas.

A acetil CoA é um intermediário na formação de acetato e butirato a partir de piruvato, enquanto a formação de propionato ocorre principalmente via succinato, embora haja uma rota alternativa envolvendo acrilato. A sobra energética gerada durante a conversão de hexose para acetato ou butirato é utilizada, em parte, durante a formação de propionato, mas, principalmente, é convertida a metano. Resumidamente, as principais reações são as seguintes: uma molécula de hexose é transformada em duas moléculas de piruvato, liberando quatro H^+ no processo. Para gerar uma molécula de acetato, a molécula de piruvato libera um CO_2 e dois H^+ . Para formar butirato, são necessárias duas moléculas de piruvato e dois CO_2 são liberados no processo. Quando uma molécula de piruvato reage com quatro H^+ , ocorre a formação de uma molécula de propionato e uma de H_2O . Uma molécula de CO_2 reagindo com oito H^+ forma uma molécula de metano e duas de H_2O (FRANCE; SIDONS, 1993; LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

Além dos carboidratos dietéticos, as proteínas e, parcialmente, os lipídios podem gerar AGV no rúmen. A contribuição de lipídios é muito pequena porque somente a porção carboidrato, isto é, glicerol e galactose gerados a partir da hidrólise de lipídios, é fermentada, o que não ocorre com os ácidos graxos de cadeia longa. As proteínas, entretanto, podem ser uma fonte significativa de AGV, quando as dietas têm alto teor de proteína degradável no rúmen. As proteínas são hidrolisadas para aminoácidos, os quais são desaminados antes da conversão para AGV. A partir dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, são formados os AGV isobutírico, 3-metilbutírico e 2-metilbutírico, respectivamente. Esses AGV de cadeia ramificada representam fatores de crescimento essenciais para certas espécies de bactérias no rúmen (COTTA; HESPELL, 1986).

A concentração de AGV no rúmen, a qualquer tempo, reflete o balanço entre a taxa de produção e a taxa de desaparecimento (*clearance*). Após a alimentação, a produção excede o desaparecimento e a concentração aumenta, porém, subseqüentemente, a situação é revertida e a concentração diminui. A concentração total de AGV pode cair abaixo de 30mM ou estar acima de 200 mM, mas está normalmente entre 70 e 130 mM (FRANCE; SIDDON, 1993). O pico de concentração ocorre, geralmente, entre 10 e 14 horas após a primeira alimentação do dia, em vacas leiteiras alimentadas com dieta completa de alto conteúdo energético (PEREIRA; ARMENTANO, 2000).

O padrão de fermentação é determinado pela composição da população microbiana, a qual é determinada pela dieta basal, particularmente pelo tipo de carboidrato dietético. Dietas baseadas em forragem, apresentando altos teores de fibra, estimulam o crescimento de espécies de bactérias produtoras de acetato e a proporção molar entre acetato/propionato/butirato estará em torno de 70/20/10, enquanto dietas com concentrados, ricas em amido, propiciam o desenvolvimento de bactérias produtoras de propionato e estão associadas com um aumento na proporção de propionato em detrimento do acetato que giram em torno de 60/30/10, embora acetato seja sempre o mais abundante dos AGV (RABELO et al., 2003). Sob certas condições, dietas concentradas podem estimular o desenvolvimento de uma grande população microbiana acompanhado de aumento na proporção de butirato em vez de propionato. Outros fatores podem também afetar o padrão de fermentação, como a forma física da dieta, o nível de consumo, a frequência de alimentação e o uso de aditivos químicos (FRANCE; SIDDON, 1993).

2.3 Clearance de AGV no rúmen

A concentração total de AGV no rúmen é relacionada com a taxa de fermentação, mas reflete também outros fatores, como a remoção por absorção e por passagem, bem como a utilização dos AGV pelos microrganismos ruminais (WHEATON et al., 1970).

Os AGV produzidos no rúmen desaparecem por absorção pela parede do órgão ou por passagem, juntamente com a fase fluida, para os compartimentos distais. Como citado anteriormente, esse processo de desaparecimento envolvendo absorção e passagem é denominado *clearance* ruminal de AGV. A absorção através da parede do rúmen ocorre tanto por difusão simples dos ácidos na forma protonada (DIJKSTRA, 1993; SEHESTED et al., 1999) quanto por absorção na forma aniônica, provavelmente devido a um mecanismo de troca iônica envolvendo Cl^- e HCO_3^- (GABEL et al., 2001; KRAMER et al., 1996).

Segundo Gäbel, Aschenbach e Muller (2002), a transferência transepitelial de AGV na forma protonada, do fluido ruminal para o sangue, contribui diretamente para manter mais elevado o pH intrarruminal, já que prótons são absorvidos junto com os AGV. Por outro lado, a absorção de AGV na forma aniônica poderia induzir uma queda no pH do fluido ruminal, pois prótons ficam no rúmen e os AGV não protonados, que são bases fracas, são absorvidos. No entanto, juntamente com a absorção de AGV na forma aniônica, ocorre liberação de bicarbonato para o lúmen ruminal, evitando uma possível queda no pH (GABEL; ASCHENBACH; MULLER, 2002; KRAMER et al., 1996). Os fatores que influenciam o *clearance* por absorção são a concentração ruminal de AGV (DIJKSTRA, 1993; GABEL,

1995), o pH do ambiente ruminal (DIJKSTRA, 1993; MELO, 2007), o volume de fluido ruminal (DIJKSTRA, 1993; RESENDE JÚNIOR et al., 2006b) e a extensão da superfície absorptiva, a qual reflete diretamente o tamanho das papilas do rúmen (DIRKSEN et al., 1984; MELO, 2007). Já o *clearance* por passagem com a fase fluida para o omaso é influenciado, principalmente, pela motilidade (CRICHLLOW; CHAPLIN, 1985) e pelo volume de líquido ruminal (RESENDE JÚNIOR et al., 2006b).

Como a absorção é um processo dependente de concentração, é normalmente mais alta para acetato do que para propionato, e mais baixa para butirato, mas por unidade de concentração, as taxas de absorção são similares em pH fisiológico do rúmen (DIJKSTRA, 1993). Como os valores do pK_a dos ácidos são mais baixos do que o pH do conteúdo ruminal (FUKUSHIMA, 1995), eles estão presentes majoritariamente na forma aniônica. A queda no pH ruminal é associada a um aumento na proporção das formas protonadas e na taxa de absorção.

Dijkstra (1993), trabalhando com a técnica do rúmen evacuado e lavado, não observaram correlação positiva entre o tamanho da cadeia de carbono e a velocidade de absorção de cada AGV em valores de pH acima de 5,4. Em pH 6,3, a taxa de acetato foi de $33\% h^{-1}$, enquanto a taxa do butirato foi de $46\% h^{-1}$, inferiores, portanto, ao valor do propionato ($51\% h^{-1}$). Resende Júnior et al. (2006b), comparando técnicas de mensuração de *clearance* de AGV em vacas leiteiras, relataram que, em pH entre 6 e 6,1, o propionato também teve a maior taxa fracional de absorção pela parede ruminal, dentre os AGV estudados. Como valores de pH ruminal acima de 5,4 são prevalentes em vacas leiteiras (GARRETT et al., 1999), pode ser que propionato seja o AGV mais rapidamente absorvido *in vivo*.

A passagem de AGV para os compartimentos distais está relacionada à passagem da fase líquida ruminal, uma vez que os AGV estão dispersos no fluido¹. A taxa de passagem de fluido é positivamente relacionada à motilidade do ruminorretículo. Da quantidade total de AGV que sai do ruminorretículo por passagem, a maioria parece ser absorvida no omaso (RUPP et al., 1994). Cerca de 50% a 60% do *clearance* ruminal de AGV acontece por absorção pela parede do ruminorretículo e os outros 40% a 50% passam para o omaso (PETERS; SHEN; CHESTER, 1990; RESENDE JÚNIOR et al., 2006b; VOELKER; ALLEN, 2003), que parece absorver a maioria dos AGV que a ele chega. Uma quantidade razoável desses ácidos atinge o abomaso (RUPP et al., 1994) provavelmente incorporada ao fluido que não atingiu os recessos interlaminares do omaso. As áreas das superfícies epiteliais do ruminorretículo (DIRKSEN et al., 1984) e, provavelmente, do omaso estão diretamente relacionadas com a capacidade de absorção de AGV.

Na mesma unidade de área existe diferença entre a velocidade de absorção de AGV pela parede do rúmen e pela parede do omaso (DANIEL et al., 2007), demonstrando que os fatores determinantes da absorção de AGV variam conforme as características morfofisiológicas dos diferentes segmentos do trato gastrintestinal (TGI). Existem indícios de que a morfologia do epitélio do omaso também seja influenciada pela dieta (COSTA, 2003; DANIEL et al., 2007). Pode, então, haver mais fatores relacionados aos diversos compartimentos anatômicos do TGI dos bovinos

¹ Os AGV, apesar da denominação, não se encontram volatilizados no ambiente ruminal e sim incorporados à fase fluida. A palavra volátil foi usada porque esses ácidos eram medidos por destilação, após acidificação do conteúdo intestinal. Como essa técnica de mensuração foi substituída pela cromatografia gás-líquida, alguns autores estão substituindo essa terminologia por ácidos graxos de cadeia curta (WRONG, 1995).

que podem ser importantes no controle da ARSA e o estudo destes fatores deve ser aprofundado.

Os AGV não absorvidos no omaso podem passar ao abomaso (RUPP et al., 1994) e o excesso de AGV na digesta abomasal pode causar hipomotilidade do órgão (BOLTON et al., 1976; SVENDSEN, 1969), a qual consiste em um dos fatores predisponentes do deslocamento de abomaso em bovinos. Entretanto, não está claro, na literatura, o potencial de absorção de AGV do abomaso, nem tampouco se conhece a magnitude de concentração de AGV que, atingindo o abomaso, possa resultar em disfunções do órgão.

Diante do exposto, o controle do pH ruminal está primariamente relacionado ao sincronismo entre a produção e o *clearance* de AGV no ruminorretículo, mas maiores informações a respeito dos outros compartimentos são necessárias, especialmente do omaso cuja proliferação da superfície absorptiva pode contribuir para a diminuição da ocorrência de distúrbios digestivos, especialmente o deslocamento de abomaso no pós-parto de vacas leiteiras de alta produção.

2.4 Dieta de transição

Vacas leiteiras passam por inúmeras mudanças fisiológicas na transição do final da gestação para o início da lactação (GRUMMER, 1995). A importância desse período é determinada por sua interferência na saúde, na produtividade, na prolificidade e tem sido ressaltada pelos pesquisadores que buscam melhorias na nutrição e no manejo desses animais.

No período de transição, que compreende as três semanas que antecedem o parto e as três semanas após o parto, ocorrem grandes alterações na demanda energética da vaca leiteira. Sua exigência de glicose no pré-parto é de, aproximadamente, 1.000g/dia e passa para 2.500g/dia, aos 21 dias de lactação (OVERTON, 1998). Segundo Drackley et al. (2005), as exigências de energia líquida se dobram do dia -2, em relação ao parto, para o dia 2 de lactação. É exatamente neste momento crítico que ocorre uma grande queda na ingestão de matéria seca (IMS) do animal (HAYIRLI et al., 2002). É justamente quando o animal entra em balanço energético negativo que ocorre a mobilização de tecido adiposo e a liberação de ácidos graxos não esterificados (AGNE) no sangue. As vacas leiteiras dependem muito da gliconeogênese hepática para atender às demandas energéticas de glicose. A produção de propionato, devido ao baixo consumo, é insuficiente para atender às demandas sistêmicas de glicose (DRACKLEY; OVERTON; DOUGLAS, 2001). Os aminoácidos da dieta e aqueles oriundos da mobilização de músculos esqueléticos, e o glicerol, oriundo da mobilização de gordura corporal, fornecem o restante da glicose necessária (REYNOLDS et al., 2003).

A dieta de transição se caracteriza pelo aumento no teor energético da dieta durante as três últimas semanas de gestação. Grummer et al. (1995) trabalharam com o interesse de averiguar se a dieta de alta energia no pré-parto com 69,3% de nutrientes digestíveis totais (NDT) era capaz de influenciar a produtividade de vacas primíparas, quando comparada com uma dieta de 59,7% de NDT. O aumento da densidade energética não aumentou a produção e a composição láctea, porém, a suplementação com 2,8% de gordura aumentou a produção, após a sétima semana de lactação, em 1,5 kg de leite. As novilhas alimentadas com a dieta de baixa densidade energética no pré-parto e nenhuma suplementação de gordura no pós-parto

foram as que apresentaram maiores ingestões de matéria seca. Esses dados discordam dos trabalhos mais recentes, nos quais a fonte energética para aumento da densidade dietética não veio de gordura e, sim, do carboidrato não-fibroso (CNF). Rabelo et al. (2001) encontraram maior ingestão de matéria seca no período de transição e maior concentração de insulina sanguínea no pós-parto, em vacas que receberam dieta de maior densidade energética no pré-parto.

Guo, Peters e Kohn (2007) avaliaram o efeito da dieta de transição na performance produtiva de vacas leiteiras. Eles utilizaram uma dieta de transição com 39% de CNF com base na matéria seca contra uma dieta de padronização de 25,7% de CNF. Foi identificado aumento nos níveis de glicose sanguínea nos últimos 17 dias de gestação e nenhuma diferença nesses níveis nos primeiros 21 dias de lactação. As vacas apresentaram maior ingestão de matéria seca no pré-parto e não diferenciaram suas ingestões no pós-parto. Eles também encontraram menores valores de corpos cetônicos no sangue das vacas alimentadas com dieta de transição, o que representa melhor balanço energético.

Durante os últimos 20 anos, dietas de alta densidade energética têm sido preconizadas durante o pré-parto, geralmente a partir de três semanas antes do parto. A recomendação baseava-se em pesquisas que demonstraram as vantagens da adaptação da microbiota ruminal e das papilas ruminais às dietas de alta densidade típicas do pós-parto, diminuição da mobilização de gordura e deposição de gordura no fígado (RABELO et al., 2001; TEÓFILO, 2010). No entanto, dietas mais densas antes do parto foram ineficazes em melhorar o desempenho produtivo pós-parto, a condição corporal, a reprodução e a saúde de vacas no início de lactação (RABELO et al., 2003).

2.5 Efeito da dieta sobre a proliferação celular

O maior determinante da extensão da superfície absorptiva ruminal é o tamanho das papilas ruminais (BEHARKA et al., 1998; DANIEL et al., 2006), que pode ser diretamente influenciado pela dieta (SUTTON; MCGILLIARD; JACOBSON, 1963), uma vez que se sabe que os próprios AGV são estimuladores de proliferação celular do epitélio ruminal (SAKATA; TAMATE, 1978, 1979).

O efeito direto no epitélio varia conforme o tipo de AGV (GÁLFI; NEOGRADY; KUTAS, 1986) e ao menos um mediador, a insulina (RESENDE JÚNIOR et al., 2006b; SAKATA et al., 1980), está envolvido no processo de estimulação da proliferação celular. Como existe um efeito estimulador direto dos AGV na proliferação celular, as papilas ruminais são mais desenvolvidas onde a fase fluida permanece mais tempo em contato com a parede, uma vez que esses ácidos encontram-se incorporados ao líquido ruminal. Devido a este, e provavelmente também a outros fatores, o tamanho e a forma das papilas ruminais variam de acordo com a região do rúmen (BEHARKA et al., 1998; DANIEL et al., 2006). A resposta morfológica das papilas às variações da dieta também é diferente conforme a região, estando já estabelecido que as papilas localizadas no saco cranial do rúmen são as que menos respondem às variações dietéticas em bovinos (BEHARKA et al., 1998; MCGAVIN; MORRIL, 1976).

Experimentos não foram capazes de detectar resposta papilar às variações nutricionais sutis (ANDERSEN; SEHASTED; INVARTSEN,

1999; REYNOLDS, 2004), certamente por terem sido utilizadas papilas oriundas do saco cranial do rúmen. Entretanto, Resende Júnior et al. (2006b), mesmo trabalhando com papilas do saco cranial, conseguiram encontrar diferença no índice mitótico ((IM)) da camada basal do epitélio, que foi mais alto em papilas de vacas alimentadas com concentrado uma vez ao dia do que em papilas de vacas alimentadas com concentrado quatro vezes ao dia. No mesmo experimento, os autores puderam também detectar que, na transição de uma dieta de padronização, baseada em feno, para uma dieta com concentrado e feno, as papilas ruminiais tenderam a crescer rapidamente, atingindo o seu tamanho máximo doze dias após a introdução do concentrado. Por outro lado, se a presença de AGV estimula a proliferação epitelial, sua ausência ou menor quantidade podem levar à involução do epitélio (SAKATA; TAMATE, 1974). Jejum de dois dias teve efeito agudo na diminuição do tamanho papilar e índice mitótico e no aumento do índice apoptótico em papilas coletadas no saco cranial do rúmen de vacas (RESENDE JÚNIOR et al., 2006a).

Rabelo et al. (2001), comparando dietas com baixo e alto teor de CNF, encontraram tendência de maior comprimento das papilas do saco ventral nas vacas que receberam dietas com maior teor de CNF. Há, então, indícios de resposta morfológica da parede do rúmen quando se aumenta quantidade de grãos na dieta, até em um tempo mais curto do que as três semanas pré-parto preconizadas tradicionalmente para a utilização da dieta de transição. Entretanto, o local mais indicado para amostragem da mucosa do rúmen é o saco ventral, devido à melhor resposta às variações da dieta. A amostragem de um fragmento da mucosa do saco ventral, na região do recesso do rúmen, também possibilita a estimativa da superfície absorptiva total do ruminorretículo, utilizando-se a equação de regressão proposta por Daniel et al. (2006).

Apesar dos indícios de que a superfície absorptiva é diretamente proporcional à capacidade de absorção do ruminorretículo, como constatado em bezerros, por Sutton, McGilliard e Jacobson (1963) e em vacas, por Melo (2007), o único experimento realizado com vacas, em período de transição, para justificar essa afirmativa é o de Dirksen et al. (1984). Esse experimento é frequentemente citado na literatura que aborda o período de transição em vacas leiteiras. Apesar do pioneirismo do trabalho, alguns detalhes metodológicos impedem que esse experimento possa apresentar uma informação realmente confiável. O experimento foi realizado com apenas duas vacas, a ingestão de matéria seca não é relatada e a técnica de mensuração da capacidade de absorção utilizada foi a do ruminorretículo evacuado e lavado, o que não representa uma situação fisiológica.

Melo (2007), avaliando a capacidade de absorção de ácido valérico pelo epitélio ruminal, detectou modificações na superfície absorptiva em resposta a dietas com diferentes níveis energéticos, analisando fragmentos da mucosa do saco ventral do rúmen. Essa autora detectou que a maior superfície absorptiva foi correlacionada à maior velocidade de absorção de ácido valérico, a qual é representativa da absorção de outros AGV, conforme constatado por Resende Júnior et al. (2006a).

2.6 Morfologia do omaso

O estômago dos ruminantes é composto por quatro compartimentos, sendo três aglandulares, o rúmen, o retículo e o omaso, e um glandular, o abomaso. O epitélio dos compartimentos aglandulares é estratificado, pavimentoso e queratinizado. Ele tem várias camadas, sendo elas da base para o lúmen do órgão: basal, espinhosa, granulosa e córnea.

O omaso é um órgão situado no lado direito da cavidade abdominal, de formato ovoide, encostado cranialmente no diafragma e no fígado. Esse compartimento tem lâminas de quatro ordens de tamanho, sendo as maiores denominadas primárias ou de primeira ordem e as menores, denominadas de quarta ordem. As lâminas tendem a ser pedunculadas e se originam da porção dorsal do órgão. Elas ocluem a entrada da digesta quando contraídas e são responsáveis por permitir a entrada de partículas finas. Nas proximidades do óstio retículo-omasal, as lâminas de primeira ordem são mais pronunciadas do que no restante do órgão (BECKER; MARSHALL; ARNOLD, 1963). As lâminas do omaso possuem projeções da mucosa de formato e tamanho variados. As maiores projeções são denominadas papilas unguiculiformes.

Desde a década de 1930, o omaso é reconhecido como um compartimento responsável pela redução do tamanho de partícula da forragem que passam por ele (BECKER, 1937). Estudo realizado em bezerros que tiveram o omaso retirado cirurgicamente demonstrou que a digesta atingindo o abomaso naqueles animais era bem mais grosseira (TRAUTMANN; SCHMITT, 1935). Ahvenjarvi et al. (2000) identificaram que a extensão de digestão da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) no omaso pareceu ser maior do que a do intestino.

Na década de 1950 ainda se alegava que o papel do omaso na digestão dos ruminantes não estava claro. Johnston, Kesler e McCarthy (1960) estudaram o omaso tentando averiguar sua capacidade de absorção em relação aos AGV produzidos pela fermentação ruminal. Eles utilizaram bezerros de aproximadamente cinco meses de idade, em duas metodologias de estudo. Em uma foi analisado o conteúdo dos líquidos ruminal, omasal e abomasal para a concentração dos ácidos em relação ao óxido crômico que foi administrado quatro horas antes do sacrifício dos animais. Os autores

observaram diminuição de 51% na razão de AGV para o óxido crômico do retículo para o omaso e diminuição de 83% do omaso para o abomaso. Na segunda metodologia foi injetado butirato de sódio marcado com C¹⁴ no omaso exteriorizado dos bezerros. Os níveis do butirato sanguíneo foram determinados por amostragens da veia omasal, durante uma hora. Foi indentificada a absorção de butirato pela concentração na veia omasal e um pico de butirato entre 5 a 10 minutos após sua injeção no lúmen do omaso.

Joyner, Kesler e Holter (1963) também estudaram a capacidade absorptiva do órgão, após sais de sódio marcados de acetato e butirato terem sido injetados no omaso exteriorizado de bezerros. Mudanças e subsequente uso desses ácidos pela parede omasal também foram estudados. Os ácidos desapareceram da luz do órgão. A maior porção do C¹⁴ oriundo do butirato apareceu no sangue na forma de beta-hidroxi-butilato. Ali et al. (2006) avaliaram a cinética de absorção de acetato pelo omaso. Eles identificaram que a taxa de absorção de acetato aumentou linearmente junto com a concentração luminal desse ácido ($r^2=0,99$) e que seu transporte pelo epitélio é feito por difusão simples.

Além da absorção de AGV, o epitélio omasal também é capaz de absorver aminoácidos (MCCOLLUM; WEBB, 1998). Realizou-se um trabalho no qual epitélio de cordeiros foi coletado para determinar a absorção de glicil-L-sarcosina e interações absorptivas na presença de AGV. O movimento da glicil-L-sarcosina através do epitélio omasal foi maior quando esta estava sozinha do que na presença de AGV. A presença dos AGV diminuiu o movimento através do epitélio em 84%, mostrando que a absorção paracelular de aminoácidos não é representativa, mas acontece.

O ciclo de motilidade do omaso e seu controle foram pesquisados por Bueno e Ruckebusch (1974), em um trabalho com ovelhas. Eles

identificaram que os animais alimentados com pelets apresentaram diminuição significativa de frequência de motilidade em descanso e na alimentação, se comparado ao momento de ruminação. O mesmo não ocorreu quando as ovelhas foram alimentadas com gramíneas. Nesse estudo foi infundida na luz do órgão uma solução de AGV e foi encontrado um efeito de estimulação prolongado desses ácidos na diminuição dos intervalos de contração.

Um estudo comparativo do omaso em diferentes espécies domésticas foi feito por McSweeney (1988), em que foram avaliados omasos de búfalos, bovinos, caprinos e ovinos. O pesquisador encontrou que o peso e a área laminar do órgão dos bovinos da raça Brahman foram menores que os de búfalos e de bovinos de raças britânicas. Também foi achado que o peso do omaso em relação ao peso corporal em bovinos e búfalos foi maior que em caprinos e ovinos, além de o órgão apresentar maior número de lâminas (33 a 35 para ovinos e caprinos contra 122 a 169 para búfalo e bovino).

Além da função absorptiva de AGV e aminoácidos, o omaso apresenta grande capacidade de absorção de água e eletrólitos (SCHULTHEISS; MARTENS, 1999). Ahvenjarvi et al. (2000) notaram grande absorção de minerais no omaso e liberação de matéria orgânica para ser absorvida no abomaso. Clauss et al. (2006) estudaram diversas espécies de ruminantes domésticos e selvagens e encontraram correlação positiva entre a massa corporal e a porcentagem de gramínea na dieta natural com a área de superfície absorptiva laminar do omaso. Uma possível explicação dos autores é que os ruminantes maiores são os que ingerem mais gramíneas ou alimentos grosseiros e possuem um omaso mais desenvolvido. Isto se deve ao fato de que aqueles ruminantes que ingerem mais gramíneas necessitam de maior reabsorção de água distalmente ao ruminorretículo. Daniel et al. (2006) encontraram dados significativos, mostrando que, apesar de o rúmen

apresentar maior área de superfície absorviva ($7,7 \text{ m}^2$) em relação ao omaso ($2,1 \text{ m}^2$), a relação entre superfície absorviva/digesta no omaso ($0,22 \text{ m}^2/\text{kg}$) foi maior do que no ruminorretículo ($0,12 \text{ m}^2/\text{kg}$).

Segundo Teixeira et al. (2009), o omaso de um bovino adulto apresenta as papilas unguiculiformes de diversa formas e tamanhos, de acordo com a sua localização dentro do órgão. Nas proximidades de sulco reticular elas apresentaram altura média de 1,5 mm (Figura 1), diferentemente das papilas encontradas na porção média do omaso, que apresentaram 4 mm de altura e afiadas bordas cobertas por queratina (Figura 2). Em sentido distal do sulco reticular, as papilas aumentam de tamanho e atingem de 3 a 11 mm de altura, com formas de setas, ganchos ou de espinhos (Figura 3).

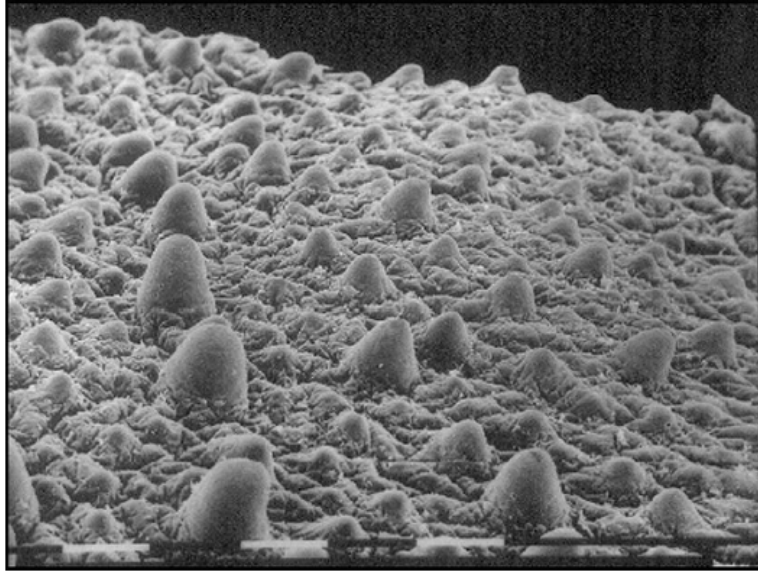


Figura 1 Morfologia das papilas Unguiculiformes e demais projeções da mucosa do omo da região próxima ao sulco reticular, fotografada em microscopia eletrônica de varredura.

Fonte Teixeira et al. (2009)

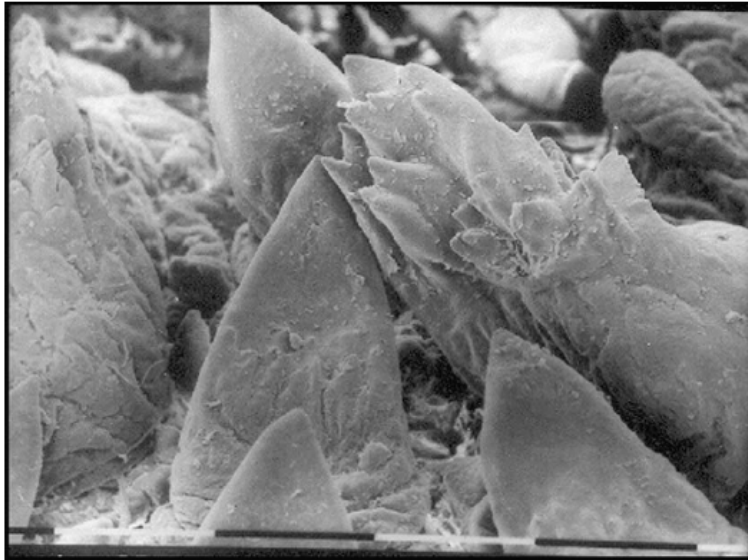


Figura 2 Morfologia das papilas Unguiculiformes e demais projeções da mucosa na região média do omaso, fotografada em microscopia eletrônica de varredura.

Fonte Teixeira et al. (2009)

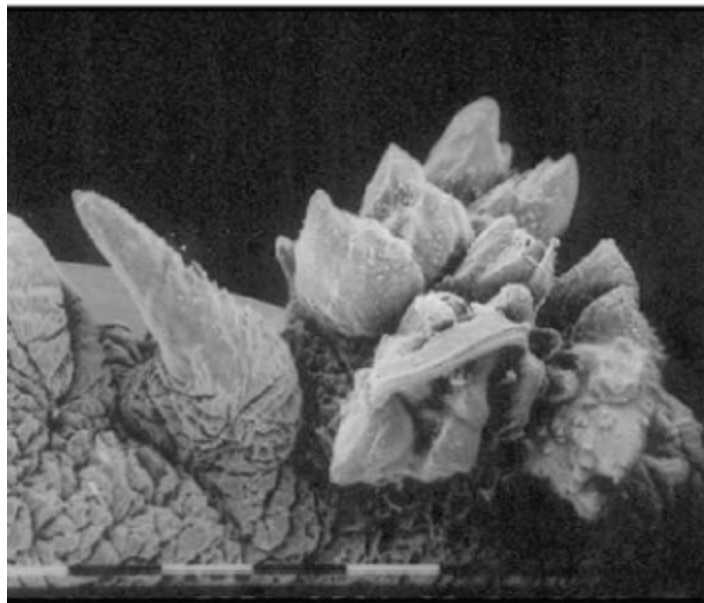


Figura 3 Morfologia das papilas Unguiculiformes na região distal em relação ao sulco reticular, fotografada em microscopia eletrônica de varredura.

Fonte Teixeira et al. (2009)

Com o passar dos anos, alguns pesquisadores abordaram a grande função absorptiva do omaso, porém, Teixeira et al. (2009) justificaram que a função das papilas unguiculiformes é a de evitar a passagem de partículas alimentares grosseiras, porém, seu estudo foi apenas descritivo e não apresentou dados estatísticos. Avaliando a superfície da mucosa do omaso de caprinos, bovinos e ovinos, Yamamoto et al. (1994) identificaram grandes variações dentro e entre espécies. As papilas omasais variaram muito em forma e diminuíram de tamanho da porção cranial para caudal das lâminas. A superfície da mucosa omasal dos bovinos pareceu ser bem mais desenvolvida do que os de caprinos e ovinos.

Na literatura são apresentados dados que mostram certo desenvolvimento do omaso em relação à dieta fornecida. Costa et al. (2008), trabalhando com bezerros leiteiros que receberam infusões intrarruminais de acetato, propionato, butirato e salina, encontraram aumento de peso significativo no omaso daqueles bezerros que receberam infusões de AGV. Dentre os AGV, o butirato foi o ácido que mais proporcionou aumento de peso no omaso.

Daniel et al. (2007) realizaram um estudo complexo analisando o comportamento do órgão em relação ao rúmen em bovinos mestiços adultos. Um fragmento de mucosa isolada foi montado em uma câmara de difusão tecidual, em que ácido valérico e CrEDTA foram adicionados ao fluido ruminal no lado representativo da luz do órgão. Foi identificado que o omaso apresentou maior taxa fracional de absorção em relação ao rúmen. A área de superfície absorptiva no omaso (4,91 cm²) foi bem menor que a área do rúmen (57,58 cm²). Porém, quando se levaram em consideração as duas variáveis juntas, o omaso apresentou maior potencial de absorção de AGV. O órgão também apresentou maior índice mitótico (0,52%) que o epitélio ruminal (0,28%). Houve alta correlação positiva, mostrando que o comportamento desse índice em resposta à dieta foi semelhante, em ambos os compartimentos.

Dados morfológicos mais detalhados do omaso em resposta às variações dietéticas ainda são um tanto escassos, se comparados com dados morfológicos do rúmen (BEHARKA et al., 1998; MACGAVIN; MORRIL, 1976; TEÓFILO, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram analisados e aprovados pela Comissão de Bioética na Utilização de Animais da Universidade Federal de Lavras (Protocolo N° 042/2009).

3.1 Animais, dietas e instalações

Quatro vacas Holandesas, com cânula no saco dorsal do rúmen, foram alocadas em dois tratamentos, em um delineamento em blocos casualizados. Foram dois blocos de duas vacas, definidos por data prevista de parto. Seis semanas antes do parto esperado, as vacas tiveram sua lactação anterior encerrada e foram alojadas em um *tie stall* com cama de areia e submetidas a uma dieta de padronização, de acordo com as necessidades previstas pelo National Research Council - NRC (2001), de acordo com a Tabela 1. Quatro semanas antes do parto esperado, as vacas foram submetidas aos tratamentos que consistiram de variação do teor de grãos da dieta (Tabela 1). Após o parto, todas as vacas receberam a mesma dieta, formulada conforme preconização do NRC (2001), para suportar alta lactação (Tabela 1).

As dietas foram oferecidas, diariamente, duas vezes ao dia (às 7 e às 16 horas), como ração total (TMR), *ad libitum*, em quantidade suficiente para obter, no mínimo, 15% do oferecido como sobra diária. O consumo foi aferido diariamente por pesagem do que foi oferecido e da sobra. Amostras de forragem, concentrado, dieta oferecida e sobras foram obtidas semanalmente e secas para a determinação de matéria seca. Os resultados

foram utilizados para ajustar a dieta, semanalmente. A ingestão de matéria seca (IMS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), FDN, CNF e cinzas foram calculadas pela multiplicação do consumo pelo teor de cada nutriente na dieta.

O teor de PB e o EE foram determinados de acordo com a Association of Official Agricultural Chemists. As cinzas foram determinadas por incineração em mufla; a FDN determinada pelo método de Soest (1994).

Tabela 1 Composição das dietas de padronização, alto teor de grãos (ATG), baixo teor de grãos (BTG) e lactação fornecidas ao longo do período experimental.

Alimento (% da MS)	Padronização	ATG	BTG	Lactação
Silagem de milho	98,2	58,2	98,2	40,3
Farelo de soja	-	13,3	-	18,1
Milho maduro moído fino	-	26,7	-	20,1
Uréia	1,0	1,0	1,0	0,3
<i>Premix</i> mineral vitamínico	0,8	0,8	0,8	1,0
Polpa cítrica	-	-	-	5,9
Caroço de algodão	-	-	-	14,3
Princípios nutritivos (% da MS)				
Proteína bruta (PB)	8,8	16,0	8,8	18,7
Fibra em detergente neutro (FDN)	58,9	38,9	58,9	36,6
Extrato etéreo (EE)	3,1	3,2	3,1	5,4
Cinzas (C)	5,1	4,6	5,1	5,2
Carboidratos não-fibrosos (CNF) ¹	24,1	37,3	24,1	34,1
FDN de forragem	58,9	34,9	58,9	24,12
Relação forragem:concentrado	100:0	61:39	100:0	40:60
Energia líquida (Mcal/kg MS) ²	1,33	1,59	1,33	1,71
Nutrientes digestíveis totais (NDT) ³ (%)	58,9	67,6	58,9	71,1

¹CNF = 100 - (PB+FDN+EE+C). ²Energia líquida = ELI/IMS. ³NDT= (((ELI/kg MS+0,12)/0,0245)/100) x 1,1.

3.2 Mensurações da produção e composição láctea

Após o parto, as vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia, às 6 horas e às 16 horas, e a produção de leite foi monitorada a cada ordenha. Amostras de leite foram obtidas a cada sete dias de quatro ordenhas consecutivas e analisadas para gordura e proteína (Laboratório de Análises de Leite do DCA-UFLA). A produção diária de leite corrigida para 3,5% de gordura foi calculada pela equação (GRAVERT, 1987): Leite 3,5% (kg) = $(0,432 \times \text{produção diária de leite em kg}) + (16,23 \times \text{produção diária de gordura em kg})$. A produção de gordura e de proteína foi obtida por multiplicação do teor de cada componente pela produção diária de leite.

3.3 Mensurações morfológicas

Nos dias -42, -28, -14, -7, 2, 14, 28, 42 e 56 em relação ao parto, o ruminorretículo foi evacuado manualmente e biópsias de aproximadamente 1cm^2 da parede do saco ventral do rúmen (recesso do rúmen) e de uma lâmina do omaso foram realizadas. As biópsias de rúmen foram efetuadas com auxílio de uma tesoura cirúrgica, após a exteriorização da mucosa do órgão através da cânula. A biópsia da lâmina do omaso foi realizada com auxílio de um instrumento, semelhante a um alicate, confeccionado para este fim (Figura 4). As lâminas do omaso foram alcançadas através do óstio retículo-omasal pela introdução da mão do experimentador via da cânula

ruminal. Os fragmentos do rúmen e do omaso foram fixados em líquido Bouin, por 22 horas.¹

Após a fixação, os tecidos foram mantidos em álcool 70°GL até o processamento histológico.



Figura 4 Instrumento utilizado para a realização das biópsias de lâminas do omaso

Todo o material fixado foi processado rotineiramente para inclusão em parafina e os blocos foram seccionados em micrótomo manual, obtendo-se secções de 5 μ m de espessura. Para a determinação da altura e da área das projeções da mucosa (PM) do omaso e do índice mitótico (IM) da camada basal do epitélio do rúmen e do omaso, foi utilizada a coloração de hematoxilina-eosina, segundo Luna (1968).

¹Composição do Bouin: 75 ml de solução aquosa de ácido pícrico (6,5 g de ácido pícrico diluído em 500 mL de água destilada), 25 mL de formaldeído a 37% e 5 ml de ácido acético glacial.

As variáveis altura e área das PM do omaso, a ECQ e a ECNQ foram determinadas por imagem capturada (fotografia) de uma câmera digital acoplada a um microscópio de luz. Para determinar a altura e a área, as fotografias foram realizadas acopladas no microscópio em objetiva de quatro vezes (Figura 5) e para determinar a ECQ e a ECNQ, a objetiva utilizada foi a de quarenta vezes. Todas as variáveis morfométricas foram analisadas pelo programa computacional de análises morfométricas *Cell B* (Olympus).

A altura foi obtida pela função *Arbitrary distance* do programa *Cell B*, em que foi traçada uma reta da base ao ápice de 30 PM de cada lâmina. Naquelas que se apresentavam curvas, foram feitos dois ou mais traços seguindo a direção do ápice da PM. A área foi medida pela função *Perimeter*, em que as papilas eram circundadas fechando o contorno com um traço na base.

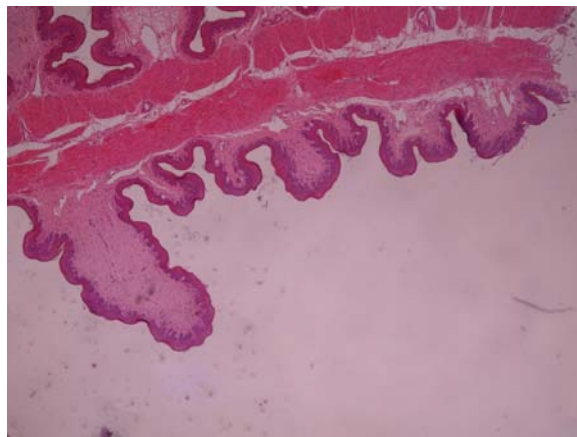


Figura 5 Corte histológico corado em HE de uma lâmina do omaso com suas projeções da mucosa apontadas para baixo. Foto realizada com auxílio de microscópio de luz em objetiva de 4 vezes.

Com o auxílio de um microscópio de luz, em objetiva de 40 vezes, foram contados os núcleos de 2.000 células da camada basal do epitélio de revestimento do rúmen (Figura 6) e do omaso, em todas as áreas em que este se apresentou bem definido, além de todas as células com núcleo apresentando figuras mitóticas. Esse procedimento foi executado por três avaliadores e o valor médio entre os avaliadores calculado. O IM foi calculado dividindo-se o número de células apresentando figuras mitóticas pelo número total de núcleos contados.

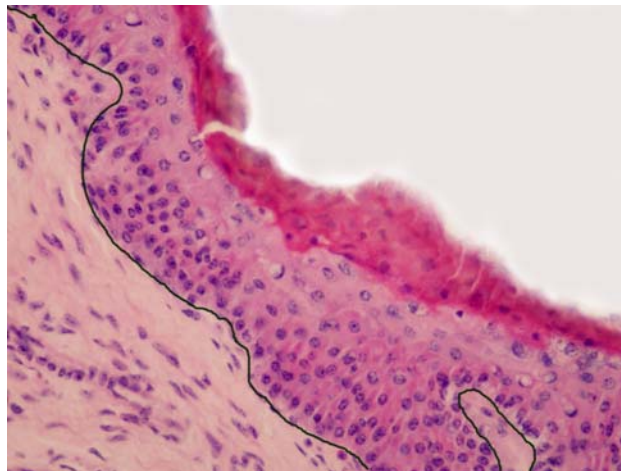


Figura 6 Corte histológico do epitélio ruminal. A linha preta indica o limite entre a camada basal do epitélio e o tecido conjuntivo. Foto realizada com auxílio de microscópio de luz em objetiva de 40 vezes.

A espessura total do epitélio, ECNQ e a ECQ foram determinadas em cortes corados pelo tricrômico de Masson, conforme a Figura 7. As mensurações foram realizadas por fotografias com câmera digital acoplada em um microscópio de luz em objetiva de 40 vezes. Realizaram-se quatro medidas por lâmina (LIMA, 2010), em pontos aleatórios da mucosa do omaso. Obteve-se a área do epitélio total de um determinado ponto do

epitélio, a área de queratina desse local e, por subtração, a área das camadas não queratinizadas. Para a obtenção da espessura total do epitélio, da ECQ e da ECNQ foi feita uma divisão dos valores dessas áreas pelo valor do comprimento da área de epitélio utilizada. As medidas de áreas foram obtidas pela função *Perimeter* do programa *Cell B*, em que uma porção do epitélio era totalmente cicundada. O comprimento foi medido pela função *Arbitrary Distance* do mesmo programa.

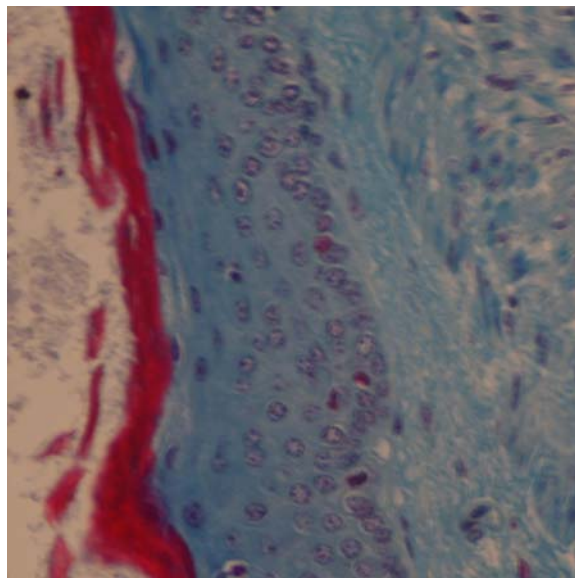


Figura 7 Corte histológico do epitélio omasal corado por tricômico de Masson, em que a porção avermelhada representa a camada de queratina. Foto realizada com auxílio de microscópio de luz em objetiva de 40 vezes.

3.4 Análises estatísticas

Os dados de IMS e dos princípios nutritivos, os IM do rúmen e do omaso, a altura, a largura, a área, a ECNQ e a ECQ do epitélio omasal e a produção de leite, gordura e proteína foram analisados usando o

procedimento GLM do pacote estatístico SAS. O modelo utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + T_j + D_k + TD_{(jk)} + e_{2ijk}$$

em que Y_{ijk} : variável dependente; μ : média geral da população; B_i : efeito de bloco ($i = 2$); T_j : efeito do teor de energia da dieta pré-parto ($j = 2$); D_k : efeito de dia relativo ao parto ($k = 9$); $TD_{(JK)}$: efeito da interação entre dia relativo ao parto e teor de CNF na dieta e e_{ijk} : erro experimental.

Para as análises de produção de leite, produção de leite corrigida para 3,5% de gordura e componentes do leite, apenas os dias pós-parto foram considerados, portanto, $k=5$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vacas que receberam a dieta com ATG no pré-parto tiveram maior ingestão de matéria seca do que as que ingeriram a dieta com menor teor de grãos (Tabela 2). A diferença mais marcante de IMS ocorreu nas primeiras quatro semanas após o parto (Figura 5), tendo as vacas que consumiram dieta ATG antes do parto aumentado mais agudamente a IMS após o parto do que as que ingeriram a dieta com menor teor de grãos antes do parto. Isso indica que a dieta mais concentrada e a maior IMS no pré-parto propiciaram maior sincronismo entre as necessidades nutricionais e o

suprimento da dieta no pós-parto, podendo ter minimizado o balanço energético negativo. Doepel, Lapierre e Kennelly (2002) também constataram que as vacas que receberam dieta com maior densidade energética no pré-parto apresentaram maior IMS após o parto. No entanto, no pré-parto, os animais não diferiram em IMS, diferentemente do que ocorreu no presente experimento, no qual a IMS no pré-parto foi mais alta (Tabela 2) nas vacas alimentadas com a dieta ATG.

Tabela 2 Parâmetros alimentares e produtivos de vacas Holandesas alimentadas no pré-parto com dieta de alto (ATG) ou baixo (BTG) teor de grãos e no pós-parto com dieta lactacional de alta energia.

Variável	Tratamento			P		
	ATG	BTG	EPM ¹	T ²	D ³	T x D ⁴
Parâmetros alimentares período total						
Peso corporal (kg)	493	481	16	0,59	0,89	0,99
IMS ⁵ (kg/dia)	15,26	10,25	1,00	<0,01	<0,01	0,95
IMS/kg de peso corporal	0,03	0,02	0,001	<0,001	<0,001	0,48
Ingestão de proteína bruta - PB (kg/dia)	2,52	1,73	0,18	<0,01	<0,001	0,95
Ingestão de FDN ⁶ (kg/dia)	5,84	4,22	0,39	<0,01	0,26	0,86
Ingestão de matéria mineral - MM (kg/dia)	0,83	0,50	0,06	<0,001	<0,001	0,99
Ingestão de extrato etéreo - EE (kg/dia)	0,47	0,31	0,03	<0,01	<0,01	0,98

Ingestão de CNF ⁷ (kg/dia)	5,61	3,49	0,39	<0,01	<0,001	0,19
Parâmetros alimentares antes do parto						
Peso corporal (kg)	521	492	27	0,48	0,94	0,96
IMS ⁵ (kg/dia)	10,49	7,24	0,95	0,05	0,99	0,99
IMS/kg de peso corporal	0,020	0,014	0,001	<0,01	0,85	0,99
Ingestão de proteína bruta - PB (kg/dia)	1,34	0,81	0,12	0,02	0,99	0,99
Ingestão de FDN ⁶ (kg/dia)	5,60	3,36	0,38	<0,01	0,72	0,75
Ingestão de matéria mineral - MM (kg/dia)	0,53	0,24	0,04	<0,01	0,97	0,99
Ingestão de extrato etéreo - EE (kg/dia)	0,34	0,21	0,03	0,02	0,99	0,99
Ingestão de CNF ⁷ (kg/dia)	2,67	2,61	0,41	0,91	0,87	0,96
Parâmetros alimentares e produtivos após o parto						
Peso corporal (kg)	471	472	19	0,97	0,97	0,99
IMS ⁵ (kg/dia)	19,08	12,65	1,67	0,02	0,24	0,94
IMS/kg de peso corporal	0,040	0,026	0,002	<0,01	0,08	0,75
Ingestão de proteína bruta - PB (kg/dia)	3,46	2,46	0,30	0,04	0,19	0,89
Ingestão de FDN ⁶ (kg/dia)	6,03	4,90	1,38	0,03	0,26	0,97
Ingestão de matéria mineral - MM (kg/dia)	1,06	0,71	0,14	0,82	0,98	0,99
Ingestão de extrato etéreo - EE (kg/dia)	0,57	0,38	0,05	0,02	0,24	0,94
Ingestão de CNF ⁷ (kg/dia)	7,96	4,20	1,34	<0,01	0,20	0,86
Produção de leite corrigido 3,5% gordura (kg/dia)	26,24	18,96	2,10	0,04	0,14	0,99
Produção de proteína láctea (kg/dia)	1,05	0,76	0,06	<0,01	0,04	0,97
Produção de gordura láctea (kg/dia)	0,93	0,69	0,08	0,07	0,20	0,98

¹Erro padrão da média; ²Efeito estatístico de tratamento; ³Efeito estatístico do dia de coleta; ⁴Efeito estatístico da interação entre tratamento e dia de coleta; ⁵Ingestão de matéria seca; ⁶Fibra em detergente neutro; ⁷Carboidratos não fibrosos, em que CNF = 100 - (PB+FDN+MM+EE).

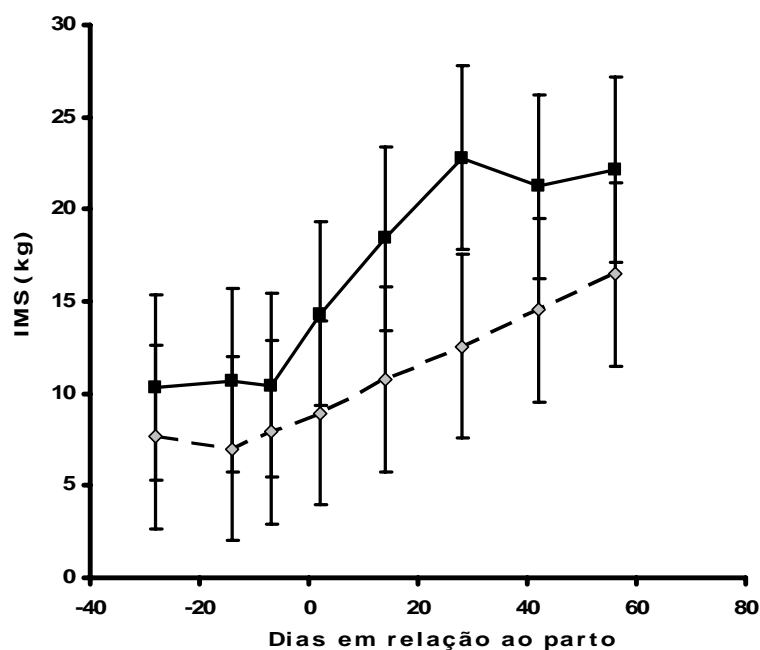


Figura 8 Ingestão de matéria seca (IMS) de vacas leiteiras periparturientes submetidas à dieta com alto (■) e baixo (◆) teor de energia no pré-parto. ($P < 0,01$, para efeito de tratamento e para efeito do dia de coleta; $P = 0,95$ para interação entre tratamento e dia de coleta).

Uma possível explicação para o efeito da dieta de transição na IMS do pós-parto seria a adaptação do epitélio ruminal (MELO, 2007; TEÓFILO, 2010). Essa adaptação pode ter ocasionado maior sincronismo entre a produção e a remoção do AGV do ruminorretículo, proporcionando um maior equilíbrio no ambiente ruminal com pH mais estável e mais próximo da normalidade. Isso reflete em melhor saúde e desempenho produtivo dos animais, uma vez que a acidose ruminal subaguda tem efeito negativo sobre a ingestão de alimentos (ELLIOT et al., 1995).

Guo, Peters e Kohn (2007) não encontraram efeito significativo da dieta de transição na IMS no período de transição. Porém, seus dados foram obtidos em vacas que receberam a dieta de maior densidade energética somente aos 14 dias antes do parto previsto, diferentemente do presente estudo (28 dias) e do de Doepel, Lapierre e Kennelly (2002), que iniciaram o fornecimento da dieta diferenciada, 21 dias antes do parto previsto. O tempo de fornecimento da dieta pode não ter sido suficiente para uma eficiente adaptação do epitélio ruminal e minimização dos efeitos da acidose ruminal subaguda no pós-parto.

A maior IMS levou à maior ingestão de todos os princípios nutritivos pelas vacas que ingeriram dieta ATG no pré-parto do que daquelas que ingeriram a dieta BTG, reforçando, assim, a melhor saúde dos animais. Sendo assim, com a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, a produção de gordura e de proteína lácteas foram maiores nas vacas que receberam a dieta com ATG e tiveram maior IMS no pré-parto (Tabela 2). O melhor desempenho desses animais certamente está associado às melhores condições fisiológicas do ruminorretículo. Além dos efeitos negativos da acidose ruminal sobre a ingestão de alimentos (ELLIOT et al., 1995), ela também interfere negativamente na degradação ruminal da fibra (GRANT; MERTENS, 1992), na motilidade do rúmen (CRICHLOW; CHAPLIN, 1985; LEEK; HARDING, 1975) e na morfologia da parede ruminal (GABEL; ASCHENBACH; MULLER, 2002).

Além disso, Blaxter (1944) sugeriu que o aumento da produção leiteira em vacas suplementadas no final da gestação é atribuído aos efeitos da disponibilidade de nutrientes sobre o desenvolvimento mamário antes do parto, mas as mudanças nas necessidades de nutrientes de outros tecidos e muitos outros fatores também estão envolvidos no processo (NRC, 2001). No entanto, Guo et al. (2007), comparando dietas com diferentes teores

energéticos no pré-parto, semelhantemente ao ocorrido com a IMS, já discutido anteriormente, não observaram diferenças na produção e na composição do leite, na variação de peso e na condição corporal, durante o período pós-parto.

Apesar de a dieta ATG ter sido formulada com menor porcentagem de FDN e maior porcentagem de CNF do que a dieta com baixo teor de grãos (Tabela 1), a ingestão de FDN foi maior nos animais que consumiram a dieta ATG, devido à maior IMS (Tabela 2). A melhor palatabilidade da dieta ATG certamente levou ao maior consumo de FDN. Da mesma forma, apesar de a porcentagem de CNF ter sido maior na formulação da dieta com maior teor de grãos (Tabela 1), o maior consumo de FDN e dos outros princípios nutritivos diluiu o CNF, propiciando semelhante ingestão de carboidratos não fibrosos no pré-parto, pelas vacas dos dois tratamentos (Tabela 2). No presente experimento, a maior IMS no pré-parto para o tratamento com a dieta ATG foi mais determinante das respostas obtidas no pós-parto do que a composição química das dietas fornecidas. Há também que se considerar que a ingestão de proteína bruta (PB) foi mais alta no tratamento com a dieta ATG, o que poderia resultar em maior disponibilidade de substrato para dar suporte à maior proliferação do epitélio ruminal e do tecido mamário.

As diferentes dietas fornecidas antes do parto não induziram diferença no IM ruminal (Tabela 3; Figura 6). Goodlad (1981) relatou que os valores do IM ruminal aumentam aproximadamente quatro dias após a introdução de concentrado. Após esse pico há uma queda, voltando a um nível pouco superior ao anterior. Lima (2010) também encontrou pico de IM no quarto dia após o início da alimentação concentrada. Esse comportamento pode explicar por que não foi detectada diferença entre os tratamentos do presente experimento, uma vez que foram analisados os valores de todo o

período de transição. Numericamente (Figura 6), parece ter havido recuperação mais rápida do IM do rúmen, após a introdução da dieta de lactação, nas vacas que receberam dieta ATG, no pré-parto, do que naquelas que receberam a dieta BTG. Entretanto, a ausência de interação entre tratamento e dia de coleta demonstra que a similaridade entre os tratamentos se manteve durante todo o período experimental.

Houve tendência de IM mais alto no epitélio do omaso das vacas que receberam a dieta ATG no pré-parto do que no daquelas que receberam a dieta BTG (Tabela 3; Figura 7). Apesar de a correlação entre o IM do rúmen e o IM do omaso ter sido alta (Tabela 4), indicando que os dois compartimentos respondem simultaneamente aos estímulos proliferativos do epitélio, parece que este efeito foi mais marcante no omaso. No entanto, o pequeno número de animais deste experimento não permitiu que essa afirmativa pudesse ser feita de forma segura. Lima (2010) relatou que o IM do omaso responde à introdução de alimento concentrado, atingindo o pico ao quarto dia. Como o comportamento parece ser semelhante ao do rúmen, o longo período de avaliação pode ter levado à estabilização do IM em patamares próximos aos iniciais, impedindo, assim, que se encontrassem diferenças. No presente estudo, pôde-se notar o pico de IM aos sete dias antes do parto (Figura 7), no omaso das vacas que receberam a dieta mais densa, mas trata-se de uma avaliação numérica.

Tabela 3 Parâmetros morfológicos do rúmen e omaso de vacas Holandesas alimentadas no pré-parto com dieta de alto (ATG) ou baixo (BTG) teor de grãos e no pós-parto com dieta lactacional de alta energia.

Variável morfológica	Tratamento			P		
	ATG	BTG	EPM ¹	T ²	D ³	T x D ⁴
Índice mitótico do rúmen (% dos núcleos basais)	0,48	0,50	0,11	0,35	0,31	0,23
Índice mitótico do omaso (% dos núcleos basais)	0,68	0,56	0,05	0,11	0,59	0,14
Altura das papilas unguiculiformes do omaso (mm)	0,50	0,45	0,03	0,27	0,30	0,07
Área das papilas unguiculiformes do omaso(mm ²)	0,20	0,19	0,02	0,83	0,75	0,09
Espessura total do epitélio do omaso (µm)	68,50	81,99	3,44	0,01	0,38	0,24
Espessura da camada queratinizada (µm)	7,42	9,90	0,58	<0,01	0,34	0,77
Espessura das camadas não queratinizadas (µm)	61,08	72,09	3,20	0,03	0,44	0,24

¹Erro padrão da média; ²Efeito estatístico de tratamento; ³Efeito estatístico do dia de coleta; ⁴Efeito estatístico da interação entre tratamento e dia de coleta.

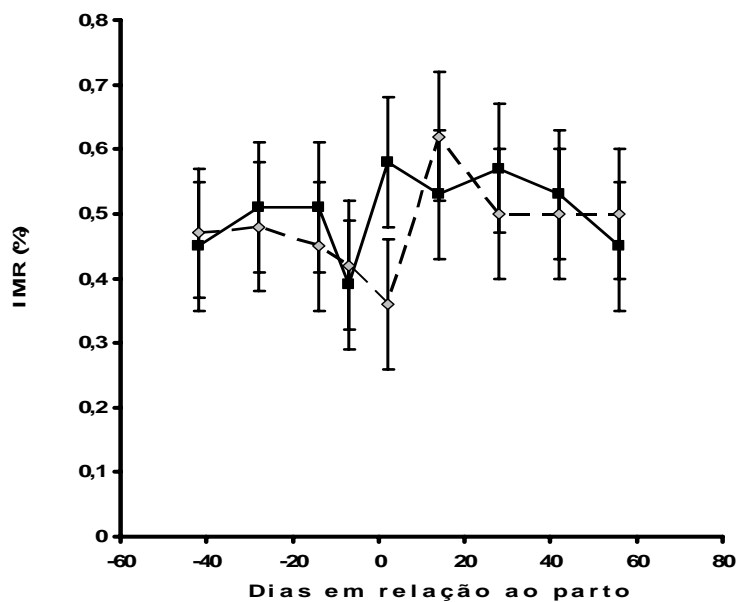


Figura 9 Índice mitótico da camada basal do epitélio ruminal (IMR) de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. ($P = 0,35$ para efeito de tratamento; $P = 0,31$ para efeito do dia de coleta; $P = 0,23$ para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).

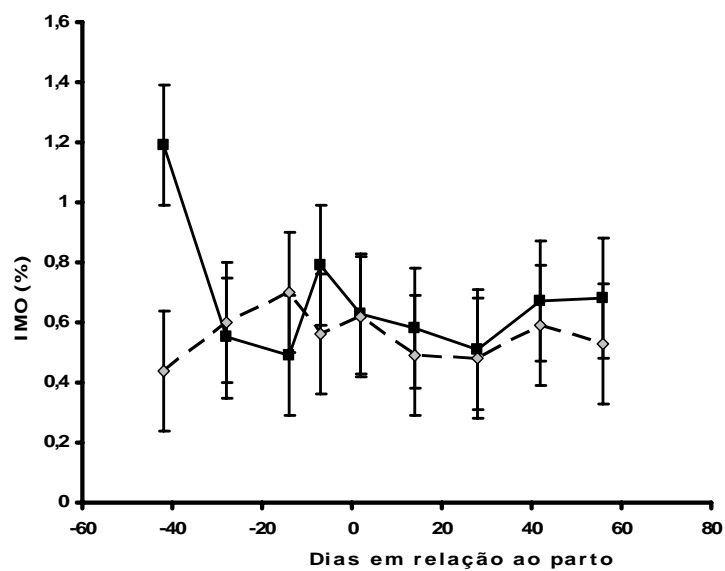


Figura 10 Índice mitótico da camada basal do epitélio omasal (IMO) de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. (P = 0,11 para efeito de tratamento; P = 0,59 para efeito do dia de coleta; P = 0,14 para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).

Tabela 4 Coeficiente de correlação entre as variáveis morfológicas do omaso e a ingestão de matéria seca (IMS) de vacas leiteiras periparturientes submetidas a duas dietas no pré-parto.

Variáveis	IMR ¹	IMO	Altura	Área	Largura	ECQ	ECNQ
IMO ²	0,80 (P=0,01)	-	-	-	-	-	-
Altura	-	0,06 (P=0,80)	-	-	-	-	-
Área	-	0,08 (P=0,75)	0,90 (P<0,001)	-	-	-	-
Largura	-	0,22 (P=0,38)	0,20 (P=0,44)	0,61 (P<0,01)	-	-	-
ECQ ³	-	0,09 (P=0,72)	0,11 (P=0,66)	0,05 (P=0,85)	0,13 (P=0,61)	-	-
ECNQ ⁴	-	0,09 (P=0,72)	0,35 (P=0,16)	0,45 (P=0,07)	0,36 (P=0,16)	0,68 (P=0,002)	-
IMS ⁵	0,13 (P=0,62)	0,04 (P=0,89)	0,17 (P=0,55)	0,11 (P=0,70)	0,06 (P=0,82)	0,02 (P=0,94)	0,07 (P=0,80)

¹Índice mitótico do rúmen; ²Índice mitótico do omaso; ³Espessura da camada de queratina; ⁴Espessura das camadas não queratinizadas; ⁵Ingestão de matéria seca.

O IM do omaso foi mais alto do que o IM do rúmen (Figura 8), demonstrando que a renovação do epitélio omasal é mais rápida do que a do rúmen. Daniel et al. (2007) também encontraram IM mais alto no omaso de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes dietas, contrariando Lima (2010), que observou IM mais alto no rúmen do que no omaso de vacas mestiças não lactantes e não gestantes.

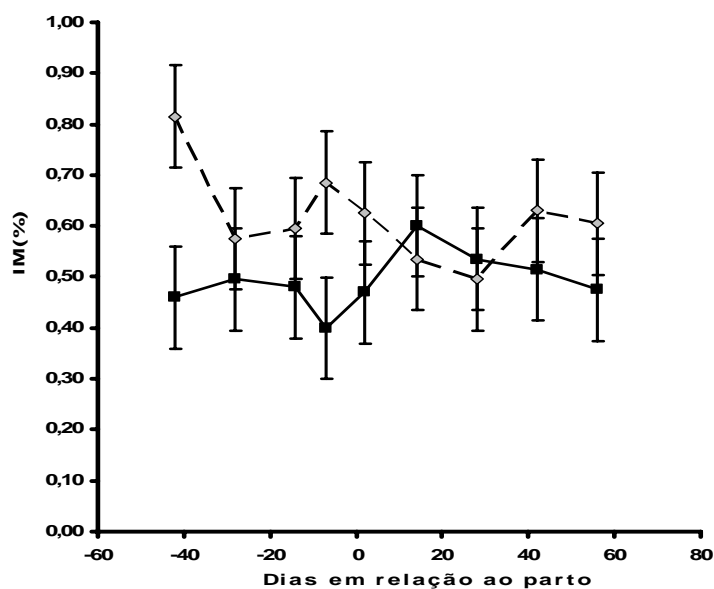


Figura 11 Índice mitótico da camada basal do epitélio ruminal (■) e omasal (◆) de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto ou baixo teor de grãos. ($P < 0,001$ para efeito de compartimento; $P = 0,84$ para efeito do dia de coleta; $P = 0,14$ para efeito da interação entre compartimento e dia de coleta).

Em ambos os trabalhos, Daniel et al. (2007) e Lima (2010) foram encontradas altas correlações entre o IM omasal e ruminal, o que também ocorreu no presente experimento (Tabela 4). Estes dados indicam que os estímulos que interferem na proliferação do epitélio omasal são os mesmos que interferem na proliferação do epitélio ruminal.

As PMO das vacas que receberam a dieta ATG tiveram maior altura (Tabela 3; Figura 9) e maior área (Tabela 3; Figura 10), entre uma semana antes do parto e duas semanas depois do parto, quando comparadas com as das vacas que receberam a dieta com menor teor de grãos, fato demonstrado

pela tendência de interação significativa entre o tratamento e o dia de coleta. Essas variáveis foram também altamente correlacionadas (Tabela 4). O maior desenvolvimento das PMO nesse período reflete a resposta omasal à dieta ATG, já demonstrada pela tendência de maior índice mitótico encontrada no epitélio do omaso. Teixeira et al. (2009) relataram que a função das papilas unguiculiformes é ajudar na retenção de partículas grosseiras, em seu estudo apenas descritivo e sem estatística. O achado do presente experimento está condizente com a provável maior capacidade de *clearance* de AGV das vacas submetidas à dieta com maior teor de grãos no pré-parto, culminando com maior IMS e maior desempenho produtivo após o parto. Apesar de experimentos que mensuraram a altura e a área das PMO do omaso não terem sido encontrados na literatura, é vastamente conhecido que a área e a altura das papilas do rúmen respondem positivamente ao teor de energia da dieta, propiciando maior superfície absorptiva para o AGV (BEHARKA et al., 1998; DIRKSEN et al., 1984; SHEN et al., 2004; TEÓFILO, 2010).

A altura e a área das PMO parecem ser bons indicadores do desenvolvimento do omaso em resposta à dieta, talvez superando o IM como marcador morfológico. No rúmen, o IM tem se mostrado mais eficiente como marcador morfológico do que a medição da altura e da área das papilas ruminais (RESENDE JÚNIOR et al., 2006a), mas não quando comparado ao cálculo da superfície absorptiva inteira do rúmen (DANIEL et al., 2006; TEÓFILO, 2010).

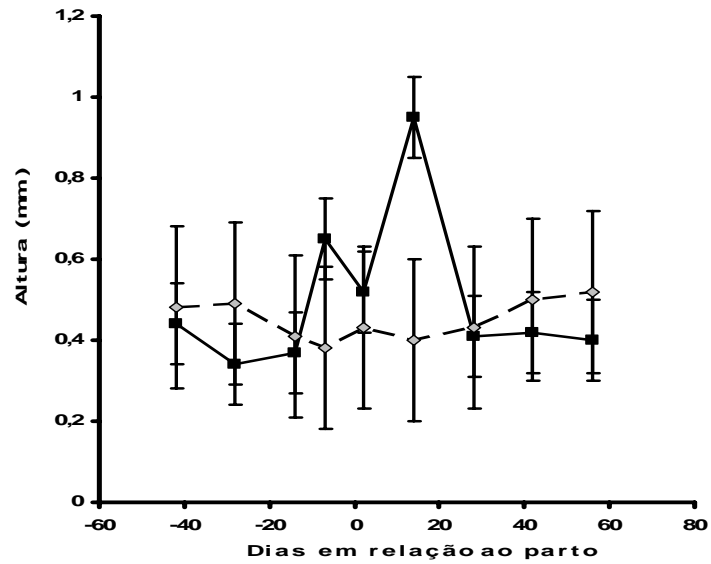


Figura 12 Altura das projeções da mucosa do omaso (PMO) de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. (P = 0,27 para efeito de tratamento; P = 0,30 para efeito do dia de coleta; P = 0,07 para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).

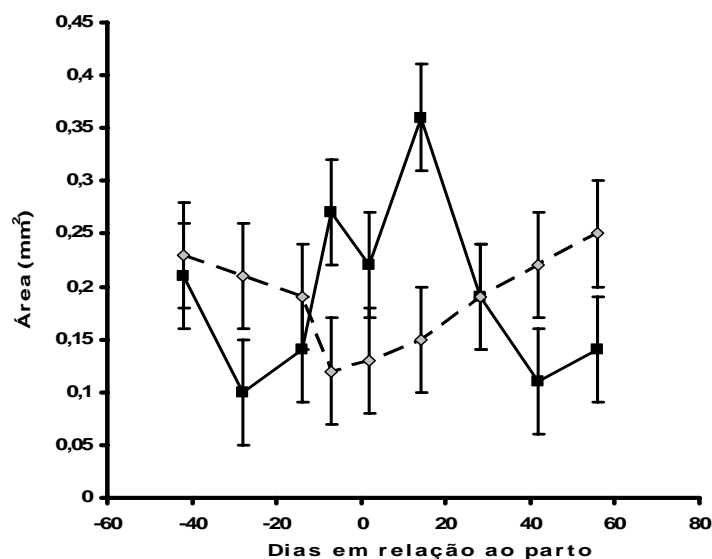


Figura 13 Área das projeções da mucosa do omaso (PMO) de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. (P = 0,83 para efeito de tratamento; P = 0,75 para efeito do dia de coleta; P = 0,09 para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).

A espessura do epitélio total (Tabela 3), a espessura da camada de queratina (Tabela 3; Figura 11) e a espessura das camadas não queratinizadas (Tabela 3; Figura 12) foram maiores na mucosa do omaso das vacas que receberam, no pré-parto, a dieta BTG do que naquelas que receberam a dieta ATG. A altura e a área das PM foram maiores na dieta em que se espera menor abrasividade, ou seja, naquela com maior teor de grãos finamente moídos (ATG). Os dados indicam que a maior altura e área das papilas do omaso não foram devido à maior espessura das camadas do epitélio. Outros fatores, como o fluxo sanguíneo, podem estar envolvidos no tamanho das PM, assim como ocorre no rúmen. É sabido que a função da

camada queratinizada é a proteger o epitélio contra as injúrias provocadas pela abrasividade da dieta. Sendo assim, na dieta em que se esperava maior abrasividade, a BTG, houve maior espessura da camada queratinizada e das demais camadas do epitélio do omaso, provavelmente em resposta à necessidade de maior proteção. A necessidade de maior queratina levou à maior espessura das camadas não queratinizadas, provavelmente para conseguir suprir a necessidade de células em processo de queratinização para manter a renovação necessária mediante a descamação. Diante disso, a correlação entre as espessuras das camadas queratinizadas e não queratinizadas foi positiva e alta (Tabela 4).

Segundo Greenwood, Morrill e Titgemeyer (1997), a camada de queratina do epitélio ruminal tendeu a ser mais espessa e representou maior porção do epitélio no tratamento em que forneceram uma dieta de baixa abrasividade, indicando que a extensão da queratinização das papilas e a abrasividade da dieta foram inversamente relacionadas, contrariando o encontrado no presente experimento para o omaso. Lima (2010) encontrou camada de queratina do epitélio ruminal mais espessa do que a do epitélio omasal. Porém, a espessura da camada de queratina do epitélio omasal do trabalho de Lima (2010) foi bem superior à encontrada no presente estudo. No entanto, os animais utilizados no trabalho de Lima não estavam em condições reais de produção e apresentaram menor IMS do que os animais deste estudo.

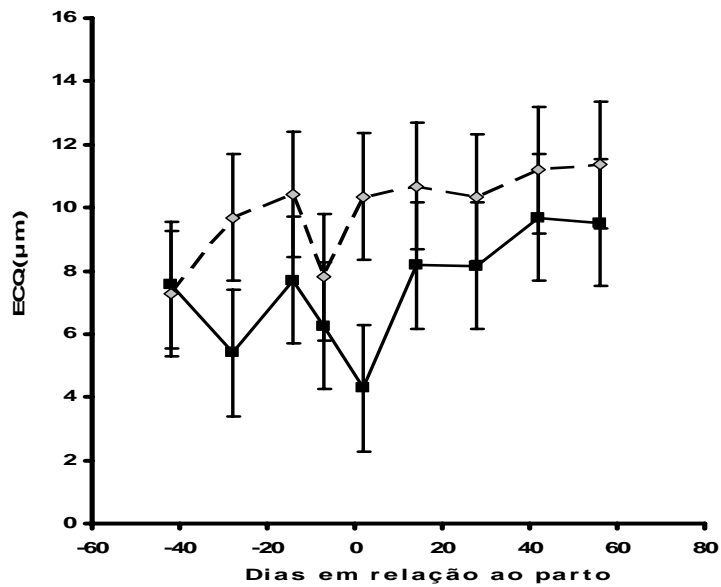


Figura 14 Espessura da camada de queratina da mucosa do omaso de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. ($P < 0,01$ para efeito de tratamento; $P = 0,34$ para efeito do dia de coleta; $P = 0,77$ para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).

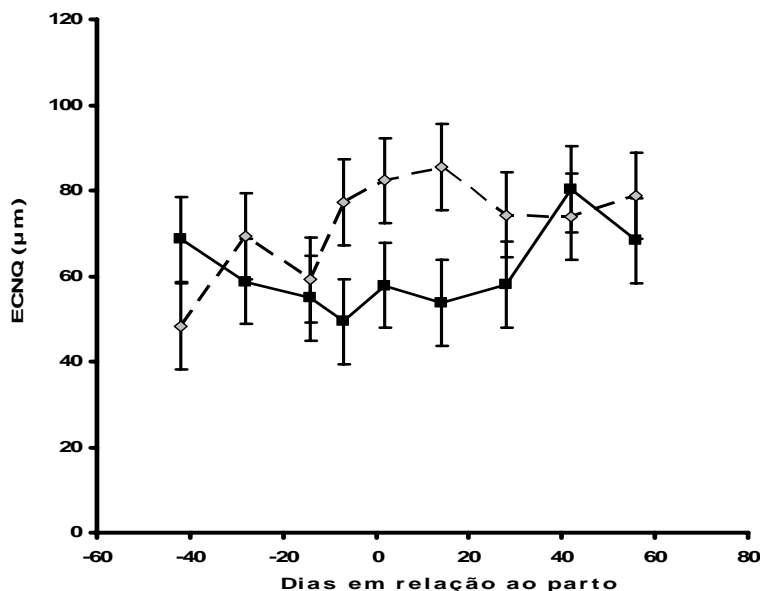


Figura 15 Espessura das camadas não queratinizadas da mucosa do omaso de vacas leiteiras periparturientes alimentadas, no pré-parto, com dieta com alto (■) ou baixo (◆) teor de grãos. ($P = 0,03$ para efeito de tratamento; $P = 0,44$ para efeito do dia de coleta; $P = 0,24$ para efeito da interação entre tratamento e dia de coleta).

Segundo Sairanen et al. (2005), os animais que apresentaram maior IMS apresentaram maior passagem de FDN para o omaso. Cozzi et al. (2002) obtiveram menores ECQ em bezerras alimentados com alimentos farelados mais substituto de leite do que aqueles que receberam apenas leite, mostrando relação entre o teor de FDN dietético e a camada queratinizada. Outra possibilidade de explicação é que esses fatores poderiam estar relacionados com a menor ECQ, uma vez que as vacas que receberam dieta com maior teor de grãos no pré-parto tiveram maior IMS e menor ECQ.

Suárez et al. (2006) variaram a fonte de carboidrato das dietas. A dieta com carboidratos oriundos de alimentos concentrados (amido ou

pectina) ocasionou maior espessura de mucosa ruminal do que a que tinha como fonte de carboidrato o FDN, contrariando o encontrado no omaso das vacas do presente experimento.

Cozzi et al. (2002) encontraram menor espessura de mucosa ruminal em bezerros que foram alimentados com a dieta de maior teor de FDN. Estes dados demonstram relação entre o teor de FDN da dieta e espessura da mucosa. Se esta relação for inversa, ou seja, maior ingestão de FDN leva à menor espessura do epitélio, isso explicaria o resultado encontrado no presente trabalho, uma vez que as vacas que foram alimentadas no pré-parto com a dieta ATG tiveram maior ingestão de FDN. Além disso, de acordo com Sairanen et al. (2005), a dieta com maior teor de concentrado proporciona maior passagem de FDN para o omaso. Porém, dados dessas variáveis no omaso não foram encontrados na literatura e outros experimentos devem tentar elucidar o fenômeno.

5 CONCLUSÕES

A mucosa do omaso de vacas leiteiras responde positivamente à dieta com alto teor de grãos, demonstrado pela maior altura e área das PMO e pelo IM mais alto.

Os valores de IM do omaso, apesar de terem alta correlação positiva, são mais altos do que do rúmen.

A dieta com baixo teor de grãos estimulou mais a espessura das camadas do epitélio do omaso do que a dieta com baixo teor de grãos.

As vacas que receberam no pré-parto a dieta com maior teor de grãos tiveram maior ingestão de matéria seca e dos outros princípios nutritivos, culminando em maior produção de leite e componentes lácteos, provavelmente refletindo a melhor adaptação do rúmen e do omaso às maiores taxas de produção de AGV.

REFERÊNCIAS

- AHVENJARVI, S. et al. Determination of reticulo-rumen and whole-stomach digestion in lactating cows by omasal canal or duodenal sampling. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 83, n. 1, p. 67-77, Mar. 2000.
- ALI, O. et al. Transport of acetate and sodium in sheep omasum: mutual, but asymmetric interactions. **Journal of Comparative Physiology B**, Berlin, v. 176, n. 5, p. 477-487, June 2006.
- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, July 1997.
- ANDERSEN, J. B.; SEHASTED, J.; INVARTSEN, K. L. Effect of dry cow feeding strategy on rumen pH, concentration of volatile fatty acids and rumen epithelium development. **Acta Agriculturae Scandinavica**, London, v. 49, n. 3, p. 149-155, Aug. 1999.
- BARKER, I. K.; DREUMEL, A. A. van; PALMER, N. The alimentary system. In: JUBB, K. V. F.; KENNEDY, P. C. (Ed.). **Pathology of domestic animals**. San Diego: Academic, 1995. v. 2, p. 1-6.
- BECKER, R. B. Certain points in the physiological processes of the cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 20, p. 408-413, 1937.
- BECKER, R. B.; MARSHALL, S. P.; ARNOLD, P. T. D. Anatomy, development, and functions of the bovine omasum. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 46, p. 835-839, 1963.
- BEHARKA, A. A. et al. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, n. 7, p. 1946-1955, July 1998.
- BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, Bethesda, v. 70, n. 2, p. 567-590, Apr. 1990.
- BLAXTER, K. L. Experiments on the use of home grown foods for milk production: II., the effect of feeding concentrated and bulky foods before calving on subsequent milk production. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 34, n. 1, p. 27-28, Jan. 1944.

BOLTON, J. R. et al. Normal abomasal electromyography and emptying in sheep and the effects of intraabomasal volatile fatty acid infusion. **American Veterinary Research**, Shaumburg, v. 37, n. 12, p. 1387-1388, Dec. 1976.

BOUTFLOUR, R. B. Limiting factors in the feeding and management of milk cows. In: WORLD'S DAIRY CONGRESS, 8., 1928, London. **Proceedings...** London: International Dairy Federation, 1928. p. 15-20.

BUENO, L.; RUCKEBUSCH, Y. The cyclic motility of the omasum and its control in sheep. **The Journal of Physiological**, Tokyo, v. 238, p. 295-312, 1974.

CLAUSS, M. et al. Macroscopic anatomy of the omasum of free-ranging moose (*Alces alces*) and muskoxen (*Ovibos moschatus*) and a comparison of the omasal laminal surface area in 34 ruminant species. **Journal of Zoology**, London, v. 270, n. 2, p. 346-358, June 2006.

COSTA, S. F. **Alterações morfológicas induzidas por lactato, propionato e butirato sobre a mucosa ruminal e epiderme de bezerros**. 2003. 90 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

COSTA, S. F. et al. Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerros: I., aspectos histológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 1-9, jan./fev. 2008.

COTTA, M. A.; HESPEL, R. B. Protein and amino acid metabolism of rumen bacteria. In: MILLIGAN, L. P.; GROVUM, W. L.; DOBSON, A. (Ed.). **Control of digestion and metabolism in ruminants**. New Jersey: Prentice Hall, 1986. p. 122-136.

COUNOTTE, G. M. H.; PRINS, R. A. Regulation of lactate metabolism in the rumen. **Veterinary Research Community**, Pretoria, v. 5, n. 2, p. 101-115, Dec. 1981.

COZZI, G. et al. The provision of solid feeds to veal calves: I., growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 2, p. 357-366, Feb. 2002.

CRICHLLOW, E. C.; CHAPLIN, R. K. Ruminant lact acidosis: relationship of forestomach motility to nondissociated volatile fatty acids levels. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 46, n. 4, p. 1908-1911, Sept. 1985.

DANIEL, J. L. P. et al. Funcionalidade do sulco do retículo em bovinos adultos e avaliação de técnicas alternativas para preparação, infusão e coleta de marcadores da fase fluida ruminal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1850-1856, nov./dez. 2007.

DANIEL, J. L. P.; RESENDE JÚNIOR, J. C.; CRUZ, F. J. Participação do ruminoretículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, n. 5, p. 688-694, 2006.

DIJKSTRA, J. Absorption of volatile fatty acids from the rumen of lactating dairy cows as influenced by volatile fatty acid concentration, pH and rumen liquid volume. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 69, n. 2, p. 385-396, Apr. 1993.

DIRKSEN, G. et al. Morphologie der pansenschleimhaut und fettsäureresorption beim rind: bedeutende faktoren für gesundheit und leistung. **Zentralblatt für Veterinar Medizin**, Berlin, v. 31, p. 414-430, July 1984.

DOEPEL, L.; LAPIERRE, H.; KENNELLY, J. J. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 9, p. 2315-2334, Sept. 2002.

DRACKLEY, J. K. et al. Physiological and pathological adaptations in dairy cows that may increase susceptibility to periparturient diseases and disorders. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 4, n. 4, p. 323-344, Aug. 2005.

DRACKLEY, J. K.; OVERTON, T. R.; DOUGLAS, G. N. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, p. E100-E112, 2001. Supplement.

ELLIOT, J. P. et al. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 7, p. 1512-1525, July 1995.

FRANCE, J.; SIDDON, R. C. Volatile fatty acid production. In: FORBES, J. M. (Ed.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: CAB International, 1993. p. 107-121.

FUKUSHIMA, M. Chemistry of short-chain fatty acids. In: CUMMINGS, J. H.; ROMBEAU, J. L.; SAKATA, T. (Ed.). **Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 15-34.

GABEL, G. Transport of short-chain fatty acids in the ruminant forestomach. In: CUMMINGS, J. H.; ROMBEAU, L.; SAKATA, T. (Ed.). **Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 133-147.

GABEL, G.; ASCHENBACH, J. R.; MULLER, F. Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitations. **Animal Health Research Reviews**, Wallingford, v. 3, n. 1, p. 15-30, June 2002.

GABEL, G. et al. Influence of isoform and DNP on butyrate transport across the sheep ruminal epithelium. **Journal of Comparative Physiology B, Biochemical, Systemic and Environmental Physiology**, Berlin, v. 171, n. 3, p. 215-221, Apr. 2001.

GÁLFI, P.; NEOGRÁDY, S.; KUTAS, F. Dissimilar ruminal epithelial response to short-term and continuous intraruminal infusion of sodium *n*-butyrate. **Zentralblatt für Veterinärmedizin A**, Berlin, v. 33, n. 1, p. 47-52, Feb. 1986.

GARRETT, E. F. et al. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 6, p. 1170-1178, June 1999.

GILL, M. R. C. et al. Metabolism of lactic acid isomers in the rumen of silage-fed sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 55, n. 2, p. 399, Mar. 1986.

GOODLAD, R. A. Some effects of diet on the mitotic index and the cell cycle of the ruminal epithelium of sheep. **Journal of Experimental Physiology**, Cambridge, v. 66, n. 4, p. 487-499, Oct. 1981.

GRANT, R. J.; MERTENS, D. R. Influence of buffer pH and raw cornstarch addition on in vitro fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2762-2768, Oct. 1992.

GRAVERT, H. O. Breeding of dairy cattle. In: _____. **Dairy cattle production**. New York: Elsevier Science, 1987. p. 35-76.

GREENWOOD, R. H.; MORRILL, J. L.; TITGEMEYER, E. C. A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 10, p. 2534-2541, Oct. 1997.

GRUMMER, R. R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2820-2833, Sept. 1995.

GRUMMER, R. R. et al. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 1, p. 172-180, Jan. 1995.

GUO, J.; PETERS, R. R.; KOHN, R. A. Effect of a transition diet on production performance and metabolism in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 11, p. 5247-5258, Nov. 2007.

HAYIRLI, A. et al. Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 12, p. 3430-3443, Dec. 2002.

JOHNSTON, R. P.; KESLER, E. M.; MCCARTHY, R. D. Absorption of organic acids from the omasum. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 44, p. 331-339, 1961.

JOYNER, A. E.; KESLER, E. M.; HOLTER, J. B. Absorption from the omasum and subsequent metabolism of butyrate and acetate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 46, p. 1108-1113, 1963.

KRAMER, T. et al. Absorption of short-chain fatty acids across ruminal epithelium of sheep. **Journal of Comparative Physiology B, Biochemical, Systemic and Environmental Physiology**, Berlin, v. 166, n. 4, p. 262-269, Apr. 1996.

LEEK, B. F.; HARDING, R. H. Sensory nervous receptors in the ruminant stomach and the reflex control of reticuloruminal motility. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF RUMINANT PHYSIOLOGY, DIGESTION AND METABOLISM IN THE RUMINANT**, 4., 1975, Sydney. **Proceedings...** Melbourne: ISRP, 1975. p. 60.

LEHNINGER, L. A.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.

LIMA, R. F. **Resposta morfológica das mucosas ruminal e omasal à variação alimentar**. 2010. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

LUNA, L. G. **Manual of histology staining methods of the Armed Forces Institute Pathology**. New York: McGraw Hill, 1968. 258 p.

MCCOLLUM, M. Q.; WEBB, K. E. Glycyl-L-sarcosine absorption across ovine omasal epithelium during incubation with other peptide substrates and volatile fatty acids. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 10, p. 2706-2711, Oct. 1998.

MCGAVIN, M. D.; MORRIL, J. L. Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v. 37, n. 5, p. 497-508, 1976.

MCSWEENEY, C. S. A comparative study of the anatomy of the omasum in domesticated ruminants. **Australian Veterinary Journal**, Melbourne, v. 65, n. 7, p. 205-207, July 1988.

MELO, L. Q. **Morfometria ruminal e o efeito do pH e do volume da digesta sobre a absorção de ácidos graxos voláteis**. 2007. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: National Academy, 2001. 731 p.

NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. **The anatomy of the domestic animals: the circulatory system, the skin, and the cutaneous organs of the domestic mammals**. Berlin: V. P. Parey, 1981. v. 3, 610 p.

NOCEK, J. E. Bovine acidosis: implications on laminitis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 5, p. 1005-1028, May 1997.

OVERTON, T. R. Substrate utilization for hepatic gluconeogenesis in the transition dairy cow. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 4., 1998, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1998. p. 237-246.

PEREIRA, M. N.; ARMENTANTO, L. E. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets: II., digestion and rumen function. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, n. 12, p. 2876-2887, Dec. 2000.

PETERS, J. P.; SHEN, R. Y. W.; CHESTER, S. T. Propionic acid disappearance from the foregut and small intestine of the beef steer. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 3905-3913, Nov. 1990.

RABELO, E. et al. Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 3, p. 916-925, Mar. 2003.

_____. Strategies for increasing energy density of dry cow diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 2240-2249, Oct. 2001.

RESENDE JÚNIOR, J. C. et al. Comparison of techniques to determine the clearance of ruminal volatile fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 8, p. 3096-3106, Aug. 2006a.

_____. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Brazilian Journal of Veterinarian Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 526-536, 2006b.

REYNOLDS, C. K. et al. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 1201-1217, Apr. 2003.

_____. Visceral tissue mass and rumen volume in dairy cows during the transition from late gestation to early lactation. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 87, n. 4, p. 961-971, Apr. 2004.

RUPP, G. P. et al. Measurement of volatile fatty acid disappearance and fluid flux across the abomasum of cattle, using an improved omasal cannulation technique. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 55, n. 4, p. 522-529, Oct. 1994.

RUSSELL, J. B.; ALLEN, M. S. Physiological basis for interactions among rumen bacteria: streptococcus bovis and megasphaera elsdenii as a model. In: KLUG, M. J.; REDDY, C. A. (Ed.). **Current perspectives in microbial ecology**. Washington: American Society Microbiology, 1983. p. 239-250.

SAIRANEN, A. et al. The effect of concentrate supplementation on nutrient flow to the omasum in dairy cows receiving freshly cut grass. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 4, p. 1443-1453, Apr. 2005.

SAKATA, T. et al. Stimulatory effect of insulin on ruminal epithelium cell mitosis in adult sheep. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 44, n. 3, p. 325-331, May 1980.

SAKATA, T.; TAMATE, H. Effect of the intermittent feeding on the mitotic index and the ultrastructure of basal cells of the ruminal epithelium in sheep. **Tohoku Journal of Agricultural Research**, Sendai, v. 25, n. 3/4, p. 156-163, 1974.

_____. Rumen epithelium cell proliferation accelerated by propionate and acetate. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 62, n. 1, p. 49-52, Jan. 1979.

_____. Rumen epithelial cell proliferation accelerated by rapid increase in intraruminal butyrate. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 61, n. 8, p. 1109-1113, Aug. 1978.

SCHULTHEISS, G.; MARTENS, H. Ca-sensitive Na transport in sheep omasum. **Gastrointestinal and Liver Physiology**, Bethesda, v. 276, n. 6, p. 1331-1344, June 1999.

SEHESTED, J. et al. Ruminal transport and metabolism of short-chain fatty acids (SCFA) in vitro: effect of SCFA chain length and pH. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, Molecular and Integrative Physiology**, New York, v. 123, n. 4, p. 359-368, Aug. 1999.

SHEN, Z. et al. An energy-rich diet causes rumen papillae proliferation associated with more IGF type 1 receptors and increased plasma IGF-1 concentrations in young. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 134, n. 1, p. 11-17, Jan. 2004.

SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 488 p.

SUÁREZ, B. J. et al. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II., rumen development. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 11, p. 4376-4386, Nov. 2006.

SUTTON, J. D.; MCGILLIARD, A. D.; JACOBSON, N. L. Functional development of rumen mucosa: I., absorptive ability. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 46, n. 6, p. 426-436, June 1963.

SVENDSEN, P. Etiology and pathogenesis of abomasal displacement in cattle. **Nordisk Veterinaermedicin**, Copenhagen, v. 21, n. 1, p. 1-4, 1969. Supplement.

TEIXEIRA, A. F. et al. Functional morphology of unguiculiform papillae of the reticular groove in the ruminant stomach. **Annals of Anatomy**, Jena, v. 191, n. 5, p. 469-476, Nov. 2009.

TEÓFILO, T. S. **Morfofisiologia ruminal de vacas leiteiras alimentadas no préparto com dietas de diferentes teores energéticos**. 2010. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

TRAUTMANN, A.; SCHMITT, J. Experimentelle untersuchungen zur frage der psalterfunktion. **Deutsche Tierarztliche Wochenschrift**, Hannover, v. 12, p. 177-179, 1935.

VOELKER, J. A.; ALLEN, M. S. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 3., effects on ruminal fermentation, ph, and microbial protein efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 11, p. 3562-3570, Nov. 2003.

WHEATON, H. N. et al. Distribution of volatile fatty acids in rumen ingesta of steers fed concentrate and roughage diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 30, p. 601-604, 1970.

WRONG, O. M. et al. Definitions and history. In: _____. **Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 1-14.

YAMAMOTO, Y. et al. Morphological study of the surface structure of the omasal laminae in cattle, sheep and goats. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, Berlin, v. 23, n. 2, p. 166-176, June 1994.