

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE GRÃOS DE
MILHO RECONSTITUÍDOS PELA POLPA CÍTRICA EM
DIETAS PARA CORDEIROS**

NATHÁLIE FERREIRA NEVES

Dourados, MS

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIENCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE GRÃOS DE
MILHO RECONSTITUÍDOS PELA POLPA CÍTRICA EM
DIETAS PARA CORDEIROS**

NATHÁLIE FERREIRA NEVES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Euclides Reuter de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Jefferson Rodrigues Gandra

Dourados, MS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

N513e Neves, Nathalie Ferreira
EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE GRÃOS
DE MILHO RECONSTITUÍDOS
PELA POLPA CÍTRICA EM DIETAS PARA CORDEIROS
[recurso eletrônico] / Nathalie Ferreira Neves. -- 2021.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Euclides Reuter de
Oliveira. Coorientador: Jefferson
Rodrigues Gandra.
Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal
da Grande Dourados, 2021. Disponível no Repositório

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

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE GRÃOS DE MILHO RECONSTITUÍDOS PELA POLPA CÍTRICA EM DIETAS PARA CORDEIROS

por

NATHÁLIE FERREIRA NEVES

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA

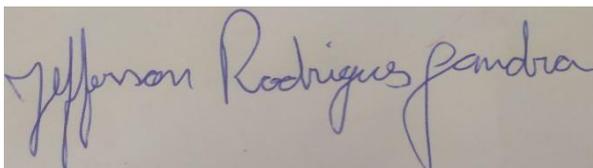
Aprovado em: 06/03/2021



Dr. Euclides Reuter de Oliveira
Orientador – UFGD



Dr. Flávio Pinto Monção
UNIMONTES



Dr. Jefferson Rodrigues Gandra
UNIFESSPA

BIOGRAFIA DO AUTOR

Nathálie Ferreira Neves, filha de Giovane dos Santos Neves e Lucila Back Ferreira, nascida em 16 de maio de 1994 em São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul. Concluiu o ensino médio e curso de técnico Agropecuária em 2011 e em 2012 ingressou no curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, campus de Uruguaiana-RS, concluindo a graduação em 2017. Em fevereiro de 2019 ingressou como aluna no curso de Mestrado no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal da Grande Dourados, onde foi bolsista CAPES durante dois anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida e pela perseverança para lutar em busca da realização de meus sonhos. Reconhecendo em todo meu percurso, Tua mão grandiosa, me iluminando e guardando em todo caminho percorrido.

A meu esposo Thiago Paludo, por sonhar junto a mim todos os meus sonhos.

À minha família, por me apoiar em todas os momentos difíceis, por todo encorajamento e amor. Em especial minha vó materna (*in memorian*) que me ensinou o quão importante é a busca incessável pelo conhecimento.

A todos mestres que tive ao longo da vida, responsáveis por grande parte do meu crescimento pessoal e profissional e por serem inspiração como profissionais. Em especial ao meu orientador professor Euclides Reuter de Oliveira pelos seus conselhos, dedicação, compreensão, exemplo e muitos ensinamentos passados. Também de maneira especial ao meu co-orientador professor Jefferson Rodrigues Gandra, por toda dedicação e atenção. Agradeço-os infinitamente por tão grandioso trabalho dedicado não somente a mim, mas a todos os seus alunos.

Aos demais professores, funcionários e colegas do Departamento de Zootecnia da FCA - UFGD pela prestatividade, convivência agradável e pela contribuição direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Agradeço em especial meus colegas Janaina Tayna, Orlando Marques, Hellen Felicidade e aos bolsistas que nos auxiliam em todos experimentos, Jessica Castilho, Brasilino e Willian.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

E por último, agradeço infinitamente aos animais. À vocês, dedico minha vida, e expresso minha gratidão por terem participado dos meus sonhos de infância, da minha determinação do presente e, certamente, da minha realização do futuro.

“A ciência é, portanto, uma perversão de si mesma, a menos que tenha como fim último, melhorar a humanidade. ”

Nikola Tesla

RESUMO

Objetivou-se avaliar a inclusão da polpa cítrica como fonte energética na dieta de cordeiros. Desta forma, um experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, utilizando 12 cordeiros sem raça definida, inteiros ($44,25 \pm 8$ kg de peso corporal inicial, $7 \pm 0,5$ meses de idade), distribuídos em um delineamento experimental em quadrado latino 3×3 , constituindo períodos de 14 dias de adaptação e cinco dias de coletas de dados. Os tratamentos avaliados foram: 1) Dieta controle: principal fonte energética silagem de grão de milho reconstituído, sem adição de polpa cítrica peletizada; 2) Dieta 50: inclusão de 30% de polpa cítrica na matéria seca (MS) total da dieta, substituindo em 50% a silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) e 3) Dieta 100: inclusão de 54% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 100% a SGMR. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, e avaliou-se o consumo e a digestibilidade de matéria seca e nutrientes, bem como a fermentação ruminal, o balanço de nitrogênio e a síntese de proteína microbiana. A substituição da silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) por polpa cítrica (PC) ocasionou efeito quadrático ($p < 0,05$) no consumo de matéria seca (MS), observando um aumento no consumo quando se incluiu o nível 27% na MS (de 1,37kg/dia de MS no tratamento controle para 1,41kg/dia) e apresentando diminuição ao nível de substituição total da silagem (dieta 100 com 54% de PC na MS 1,28kg/dia). O coeficiente de digestibilidade do FDN aumentou de forma linear com a inclusão de polpa cítrica, a dieta controle apresentou 69,40%, a dieta com 27% de PC na MS exibiu 72,37% e dieta com 54% de PC na MS mostrou 75,55%. As três dietas oferecidas aos cordeiros não ocasionaram diferença no N-consumido, porém, a perda de nitrogênio nas fezes foi maior para as dietas com polpa cítrica em relação ao controle, enquanto a perda de nitrogênio na urina foi maior para a dieta controle (18,68g/dia). A eficiência na síntese de proteína microbiana foi maior para as dietas contendo a polpa cítrica, observada pelo aumento linear do N-microbiano e PB-microbiano (74,44 g/dia de proteína microbiana na dieta controle para 98,17 g/dia na dieta com 27% de PC na MS e para 105,33 g/dia na dieta com 54% de PC na MS). Pode-se observar ainda o aumento linear do pH ruminal (5,72; 5,92 e 3,32) à medida que se aumentou a substituição da silagem pelo coproduto. Concluiu-se que o coproduto pode ser utilizado em associação ou substituição a silagem de grão de milho reconstituído na dieta de cordeiros.

Palavras-chave: pectina, proteína microbiana, coprodutos

ABSTRACT

The aim was to evaluate the inclusion of citrus pulp as an energy source in the diet of lambs. Thus, an experiment was conducted at the Animal Science Department of the Faculty of Agricultural Sciences at UFGD, using 12 whole-breed lambs (44.25 ± 8 kg of initial body weight, 7 ± 0.5 months of age), distributed in a 3x3 Latin square experimental design, comprising periods of 14 days of adaptation and five days of data collection. The treatments evaluated were: 1) Control diet: main energy source of reconstituted corn grain silage, without the addition of pelleted citrus pulp; 2) Diet 50: inclusion of 30% citrus pulp in the total dry matter (MS) of the diet, replacing the reconstituted corn grain silage (SGMR) by 50% and 3) Diet 100: inclusion of 54% citrus pulp in the Total DM of the diet, replacing the SGMR by 100%. The animals were housed in metabolic cages, and the consumption and digestibility of dry matter and nutrients, as well as rumen fermentation, nitrogen balance and microbial protein synthesis were evaluated. The replacement of reconstituted corn grain silage (SGMR) by citrus pulp (PC) caused a quadratic effect ($p < 0.05$) on dry matter consumption (MS) observing an increase in consumption when the 27% level was included in the MS (from 1.37 kg/day of MS in the control treatment to 1.41 kg/day) and presenting a decrease in the level of total silage replacement (diet 100 with 54% of PC in MS 1.28 kg / day). The FDN digestibility coefficient increased linearly with the inclusion of citrus pulp, the control diet showed 69.40%, the diet with 27% PC in MS showed 72.37% and the diet with 54% PC in MS showed 75.55%. The three diets offered to the lambs did not cause a difference in the N-consumed, however, the loss of nitrogen in the feces was greater for the diets with citrus pulp compared to the control, while the loss of nitrogen in the urine was greater for the control diet (18.68g/day). The efficiency in the microbial protein synthesis was higher for the diets containing the citrus pulp, observed by the linear increase of the N-microbial and PB-microbial (74.44 g/day of microbial protein in the control diet to 98.17g/day in the diet with 27% PC in MS and to 105.33 g/day in the diet with 54% PC in MS). It is also possible to observe the linear increase in ruminal pH (5.72; 5.92 and 3.32) as the substitution of silage for the co-product increases. It was concluded that the co-product can be used in association or substitution to corn grain silage reconstituted in the lambs diet.

Keywords: pectin, microbial protein, co-products

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição das dietas experimentadas fornecidas aos cordeiros.....	30
Tabela 2: Composição bromatológica dos ingredientes alimentares durante período experimental e desvio padrão.....	31
Tabela 3: Efeito dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na dieta de cordeiros sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes.....	34
Tabela 4: Índice de separação de particular por peneiras, conforme dieta e respectivas sobras.....	35
Tabela 5: Efeito dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na dieta de cordeiros sobre os compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana.....	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
CAPITULO 1.....	13
1. REVISAO BIBLIOGRAFICA.....	13
1.1 Poupa cítrica na nutrição de ruminantes.....	13
1.2 Digestibilidade do amido em dietas para ruminantes.....	16
1.3 Implicações da redução do amido em dietas para ruminantes.....	20
2. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	22
CAPITULO 2.....	28
1. INTRODUÇÃO.....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Animais, tratamentos e dieta.....	29
2.2 Composição bromatológica dos alimentos.....	30
2.3 Consumo e digestibilidade da matéria seca e nutrientes.....	31
2.4 Síntese de proteína microbiana e balanço de nitrogênio.....	32
2.5 Fermentação Ruminal.....	33
2.6 Análises estatísticas.....	33
3. RESULTADOS.....	33
4. DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÃO.....	40
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma preocupação em relação à utilização de alimentos na dieta de animais que são também utilizados na alimentação humana, e ao longo dos últimos anos, profissionais da área buscam por fontes de alimentos alternativos para substituição destes. Neste cenário, o uso de coprodutos gerados pelas indústrias são alvo de pesquisas, e nesse contexto inclui-se a polpa cítrica, coproduto da indústria de produção de suco de laranja qual tem sido estudada como fonte de energia na alimentação de ruminantes.

O uso de coprodutos na nutrição animal é interessante sob vários aspectos, desde de questões como diminuição do impacto ambiental devido ao aproveitamento na alimentação animal do que poderia vir a ser um poluente (ZEMA et al., 2018; SATARI e KARIMI, 2018), tanto como na diminuição da utilização de ingredientes na alimentação animal que competem diretamente com a alimentação humana, como é o caso dos grãos e cereais. O uso de coprodutos industriais produzidos localmente, possibilita ainda diminuição de custos com alimentação dos rebanhos, devido aumento dos preços dos grãos e cereais quais são os principais ingredientes do concentrado da dieta e a fração mais onerosa na produção animal.

A polpa cítrica peletizada apresenta alto teor de pectina, 223g/kg de MS (BAMPIDIS e ROBINSO, 2006), substância que confere elevado valor energético ao alimento devida sua alta taxa de degradação ruminal, valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) são relatados superiores à 80% (PORCIONATO et al., 2004), variando conforme as variedades cítricas utilizadas na indústria e também pelos processos que o coproduto é exposto. Ainda, as características gerais da polpa cítrica peletizada, como suas quantidades de fibras e padrão de fermentação ruminal semelhante aos carboidratos fibrosos, proporciona um ambiente ruminal mais adequado à degradação da porção fibrosa da dieta e ocasiona uma relação acetato: propionato maior (VAN SOEST, 1982; FEGEROS et al., 1995).

CAPÍTULO 1

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Polpa cítrica: Processamento, composição química e uso na nutrição de ruminantes

O Brasil é o principal processador de citros no mundo, responsável por cerca de 47% das frutas cítricas produzidas no mundo, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, qual juntamente ao estado de Minas Gerais são responsáveis por uma safra de aproximadamente 11.738,16 kg de diferentes variedades de laranja (FUNDECITRUS, 2020). A produção de frutas cítricas tem aumentando ano a ano devido a demanda pelo consumidor, sendo também observado aumento na produção fora da principal região produtora do país, como região Centro-oeste e Sul. Todavia, as indústrias de citros geram enormes quantidades de resíduos, sendo estimados valores acima de 40 milhões de toneladas em todo mundo, correspondendo a cerca de 50% da massa total da fruta.

A polpa cítrica e os resíduos produzidos pela indústria de cítricos, possuem pH ácido (3-4) e alta matéria orgânica (95% de sólidos totais) com alto potencial de fermentação, o que impossibilita seu descarte direto, devido ao impacto que traria a flora microbiana do solo, corpos d'água e ao ar (SATARI e KARIMI, 2018, ZEMA et al., 2018).

A indústria de processamento de cítricos gera resíduos líquidos, sólidos e semissólidos, porém, a preocupação maior se dá no gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos do processo de extração do suco, onde as estratégias convencionais, como incineração ou aterro, não são capazes de reduzir o impacto ambiental devido as características do produto (SATARI e KARIMI, 2018). Os resíduos gerados pelo processamento de cítricos variam em composição e qualidade conforme a técnica usada na extração do suco, mas no geral, a polpa cítrica constitui 50 a 70% da fruta, composta por aproximadamente 60 a 65% de casca, 30 a 35% tecidos internos e 10% de sementes, e varia conforme as espécies cítricas suas variedades e épocas de colheita (MARÍN et al., 2007).

A polpa oriunda do processamento das frutas cítricas têm pH baixo e alta umidade (~82%) (SATARI e KARIMI, 2018), por isso no processamento após a moagem, adiciona-se o óxido ou hidróxido de cálcio (cal) para neutralização dos ácidos livres, e à medida que o material é moído e misturado ao cal forma-se a o pectato de cálcio (formado pela pectina dos resíduos com o cálcio adicionado), este processo leva a perda do potencial hidrofílico da poupa, liberando água e levando a correção do pH para 6,4 a 6,9 (ZEMA et al., 2018b).

Depois destes processos, a poupa cítrica passa por secagem, finalizando o processo com umidade próxima a 14% para ser então encaminhada a unidade de peletização, onde objetiva-se reduzir a umidade à aproximadamente 8%, e o volume e aumenta-se a densidade, levando a diminuição do custo de transporte devido aumento no teor de matéria seca por unidade de volume, possibilitando ampliar a área de distribuição do subproduto (ZEMA et al., 2018b BRADDOCK, 1995; WING, 1975).

A poupa cítrica é considerada um coproduto com alto potencial para uso na nutrição animal, pois é rica em flavonóides (herperidina), fibra alimentar (celulose e pectina), açúcares (glicose, frutose e sacarose), polifenóis, ácidos graxos (oleico, linoleico, linolênico, palmítico, ácido esteárico, glicerol, fitoesterol), vitaminas (ácido ascórbico, vitamina B, carotenoides) e minerais (principalmente Ca e K), todavia, apresenta baixa quantidade de proteína (BARROS et al., 2012, BAMPIDIS e ROBINSON, 2006).

Bampidis e Robinson (2006), compilaram dados referentes à composição química da poupa cítrica desidratada, onde encontraram valores médios de matéria seca (MS) 897 g/kg, matéria orgânica (MO) 937 g/kg MS, proteína bruta 69 g/kg MS, gordura bruta 23 g/kg MS, fibra em detergente neutro (FDN) 220g/kg MS, fibra em detergente ácido 197 g/kg MS, lignina 21 g/kg MS, açúcar 241 g/kg MS, fibra solúvel 345 g/kg MS, pectina 223 g/kg MS, amido 23 g/kg MS, Ca 16,0 g/kg MS, P 1,1 g/kg MS, K 8,2 g/kg MS, Na 5,8 g/kg MS. Valores semelhantes foram descritos pelo NRC (2001), diferindo na lignina 9 g/kg MS.

No Brasil, a disponibilidade da polpa cítrica peletizada ocorre nas épocas de safra das variedades de laranjas destinadas a extração do suco, que compreende meados de maio indo até dezembro, concentrando maior volume nos meses de outubro e novembro (FUNDECITRUS, 2020). Apesar de haver baixa oferta entre Janeiro a Abril, os meses em que há boa oferta deste coproduto são estratégicos para o produtor, pois ocorre na entressafra do milho, período onde há aumento dos preços deste insumo.

Dentro deste contexto, a polpa cítrica é um dos coprodutos mais difundidos e é usada principalmente na alimentação de ruminantes, sendo de grande importância que existam cada vez mais pesquisas referentes à sua inclusão nas dietas dos animais, visto que o Brasil é o principal processador de cítricos no mundo. Na alimentação de ruminantes, a polpa cítrica é utilizada como fonte energética, principalmente em substituição total ou parcial de fontes de amido, devido seu alto teor de carboidratos e fibras solúveis, qual maior parte é a pectina (BARRIOS-URDANETA et al., 2003).

Ao avaliar a substituição em diferentes porcentagens do concentrado pela polpa cítrica na dieta de cordeiros, Sharif et al. (2018) observou que a inclusão do coproduto não alterou o consumo

e a digestibilidade dos nutrientes, não alterou a glicemia e uremia, observando também que a eficiência alimentar não foi comprometida pela inclusão da polpa cítrica, e ainda, pode-se reduzir o custo por kg de peso corporal produzido.

Caparra et al. (2007) também avaliaram a inclusão da polpa cítrica como fonte alternativa de energia na dieta de cordeiros, em substituição parcial (0, 30 e 45%) a grãos de cereais (mistura de milho, cevada e trigo). Os autores não observaram diferenças no desempenho zootécnico e na qualidade da carcaça dos animais no nível de 30% de inclusão. Ainda, verificaram maior viabilidade econômica, devido diminuição de 18% dos custos por quilograma de ganho de peso corporal, nas condições experimentais.

Dessa forma, estudos que avaliam de forma completa a inclusão de um ingrediente na alimentação animal, principalmente se atentando na viabilidade econômica da inclusão deste, são de extrema importância para o produtor rural. O fator econômico é um dos principais pontos a favor da inclusão de coprodutos na alimentação animal, quando aliados a bons índices zootécnicos e segurança à saúde e metabolismo animal e sua aceitação.

Rego et al. (2019), ao mensurar o desempenho e características da carcaça de cordeiros terminados com diferentes níveis de bagaço da laranja (0, 33, 66 e 100%) em substituição ao farelo de milho, observaram que o ganho médio diário dos animais não diferiu, assim como o consumo, desempenho e o rendimento de carcaça dos animais não foram alterados quando houve substituição total ou parcial pelo subproduto. Os autores ainda puderam constatar aumento na margem de lucro na faixa de 26% quando usado o bagaço de laranja, apresentando ótima viabilidade econômica, uma das principais vantagens procuradas no uso de subprodutos. Deve-se apontar a partir deste trabalho que houve boa aceitação por parte dos animais, observado pelo consumo, qual é uma das preocupações frente ao uso desses subprodutos, especialmente em ovinos, devido seu hábito de seleção alimentar.

Quando se utiliza um subproduto, uma preocupação frequente é sobre a presença de “fatores anti-nutricionais”, compostos que reduzem o valor nutritivo do alimento pela interferência na digestibilidade, absorção ou utilização de outros nutrientes. No caso dos subprodutos cítricos, os compostos ativos são os taninos (0,433-0,523%), saponinas (0,030-0,043%), fitatos (0,062-0,082%), oxalatos (0,033 a 0,048%) e flavonóides (0,025-0,045%) (OLUREMI et al., 2007).

No entanto, estes compostos precisam ser interpretados de maneiras diferentes para monogástricos e ruminantes. Nos ruminantes os teores de taninos encontrados não representam concentrações capazes de causar efeito indesejáveis, sendo inferiores ao de cereais e leguminosas (1-20%), Makkar (2003) sugere ainda que os taninos em baixas concentrações são

capazes de modular a fermentação ruminal de forma a maximizar a síntese de proteína microbiana. No caso das saponinas, responsáveis por diminuir a palatabilidade, as mesmas também se encontram em concentração inferior ao necessário para provocar efeito significativo sobre a palatabilidade. O fitato encontrado nos subprodutos cítricos é baixo quando comparado com de outros alimentos como milho e sorgo. Todavia, são raros os estudos sobre a quantificação e qualificação das propriedades químicas destes compostos na poupa cítrica peletizada, processo capaz de inativar alguns compostos devido à alta temperatura empregada (MAKKAR e SINGH, 1991), sendo a maioria das informações comparados com concentração dos compostos provenientes de outros resíduos com nenhum tratamento ou distintos a peletização.

1.2- Carboidratos não estruturais

Os carboidratos não estruturais (CNE) são assim classificados por encontrarem-se no conteúdo celular e serem fontes de energia ou reserva para planta, são eles os açúcares e o amido, enquanto os carboidratos estruturais compõem a parede celular dos vegetais, sendo representados pela celulose e a hemicelulose. Todavia, entre essas classificações existe a pectina, um polissacarídeo que por ser totalmente solúvel em detergente neutro, classifica-se como carboidrato não fibroso apesar de estar contido em uma região específica da parede celular (VAN SOEST, 1994). Ainda, temos a classificação da pectina, amido e açúcares como carboidratos não fibrosos (CNF).

A pectina é um polissacarídeo amorfo, que se localiza na região de lamela média da parede celular, encontrada principalmente na polpa cítrica, polpa de beterraba, alfafa e trevo. Tem como característica importante a rápida e extensa taxa de degradação ruminal, sendo completamente solúvel em detergente neutro, e para fins analíticos não é recuperada na fibra em detergente neutro (FDN) (VAN SOEST, 1994).

O amido é um polissacarídeo não estrutural com alto peso molecular produzido pelas plantas com objetivo de reserva de energia durante períodos de dormência, germinação, crescimento e rebrota, sendo armazenado nas raízes, caules, tubérculos e grão. O amido é formado por glicose, amilose e amilopectina, esses polímeros e suas configurações variam conforme a fonte e influenciam as propriedades funcionais do amido, como a susceptibilidade às amilases, capacidade de hidratação, viscosidade e sobretudo na digestibilidade (VAN

SOEST, 1994). Os amidos são as principais fontes de energia na alimentação animal, sendo as mais utilizadas são o milho, sorgo, cevada, trigo e o arroz.

Os grãos de cereais, principais fontes de amido na alimentação animal (HUNTINGTON, 1997), são constituídos por pericarpo, embrião e endosperma. A amilose e amilopectina encontram-se dentro do endosperma e são interligadas por pontes de hidrogênio, formando estruturas semelhantes a grânulos que têm como característica a baixa habilidade de absorção de água. A digestão do amido nos ruminantes, depende do acesso dos microrganismos ruminais aos grânulos e é determinado principalmente pela degradação da matriz proteica e das subunidades da proteína zeína (FERRARETTO, FREDIN e SHAVER, 2015), que reticulam os grânulos e são parte estrutural do grão concentrada no endosperma vítreo, se apresentando no sorgo e no milho com forte interação de forma que torna essas fontes menos digestíveis no rúmen quando comparados ao amido presente no trigo, aveia e cevada (GOZHO e MUTSVANGWA, 2008). Sendo assim, no caso do milho e do sorgo, em especial, os processos químicos ou físicos que lhes são aplicados tem possibilidade de favorecer a exposição dos grânulos de amido (RAHIMI et al., 2020).

Logo, as características individuais das diferentes fontes de amido interferem na disponibilidade do amido, a exemplo disto, o milho que é produzido no Brasil tem como característica alta vitreosidade (maior proporção de endosperma duro ou vítreo em comparação ao total) e alta densidade, desta forma, os tipos de processamento que os grãos recebem são importantes (SCHAWANDT et al., 2017; CORONA, OWENS e ZINN, 2006), pois essas propriedades diminuem a degradabilidade ruminal do amido, e quando emprega-se um tipo de processamento adequado pode-se favorecer o rompimento das pontes de hidrogênio, melhorando a hidratação, fermentação ruminal e a digestão enzimática (RAHIMI et al., 2020; KARAMI, PALIZDAR e ALMASI, 2018; FIRKINS et al., 2001).

Nos ruminantes, a digestão dos carboidratos no rúmen, entre eles o amido e a pectina, como carboidratos não fibrosos, fornecem como produtos de fermentação os ácidos graxos voláteis (AGVs). Os principais microrganismos envolvidos na fermentação da pectina são bactérias *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Lachnospira multiparas* e *Succinivibrio dextrinosolvens*, enquanto as bactérias envolvidas na digestão do amido e dos açúcares são *Streptococcus bovis*, *Ruminobacter amilophylus*, *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens* entre outras (RUSSEL e RYCHLIK, 2001).

Nocek e Tamminga (1991) relataram que a síntese de proteína microbiana a partir de carboidratos não fibrosos ocorre em função do aumento de amônia-N. Porém, o aumento do

amido e, conseqüente, diminuição da fibra na dieta dificulta a capacidade tampão devido a menor mastigação, causa excesso de fermentação propiônica e rápida degradação microbiana levando à altas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (principalmente propionato) que possuem prótons que induzem a diminuição do pH ruminal (MEISSNER et al., 2017), qual traz inúmeras implicações sobre a saúde ruminal e do animal como todo (Oetzel, 2017; KRAUSE e OETZEL, 2006). Importante ressaltar que essa cascata de eventos não é uma via de regra, podendo ser evitada com uma minuciosa formulação da dieta e/ou com uso de aditivos alimentares que auxiliam no adequado equilíbrio nutricional e metabólico.

Diferentemente, a pectina possui alta degradação ruminal, mas possui um perfil fermentativo distinto do amido, por produzir quantidades diminutas ou nulas de lactato o que leva a um menor declínio do pH e melhor relação acetato/propionato do que quando se utiliza fontes ricas em amido, diminuindo os riscos de acidose ruminal (BARRIOS-URDANETA et al., 2003, HALL et al., 1998).

Contrário da pectina, qual tem sua degradação quase exclusiva no rúmen (quantidades que escapam da fermentação ruminal podem ser digeridas pelos microrganismos no intestino grosso) e não ser degradada por enzimas produzidas pelos animais, o amido possui digestão enzimática e compensatória que ocorre no intestino delgado e grosso. No entanto, o local de digestão do amido implica diretamente no perfil de seus substratos absorvidos e seus destinos (HUHTANEN e SVEINBJORNSSON, 2006). Alguns autores, consideram que a eficiência da utilização do amido como energia metabolizável, seria maior quando o amido fosse digerido no intestino delgado mediante absorção de glicose, no lugar de ser digerido no rúmen em AGVs, qual apenas a fração de propionato é convertido em glicose no fígado pela neoglicogênese. Todavia, a digestão do amido no intestino delgado é menor nos ruminantes, relacionados à baixa secreção de α -amilase pancreática, sendo cada vez mais frequentes estudos para melhorar a digestibilidade total do amido, como com o uso de suplementação de leucinas que permitem aumentar a secreção da α -amilase (REN et al., 2020) ou ainda pela incorporação de enzimas aminolíticas no processamento dos grãos (OLIVEIRA et al., 2019).

Como já revisamos, o alto teor de amido na dieta de ruminantes pode limitar o consumo e digestibilidade de outros nutrientes, desta forma, estudos que visam estratégias para aumentar a digestibilidade total do amido e permitam minimizar esses efeitos das dietas com alto amido são crescentes, neste contexto. Oliveira et al. (2019) analisaram a incorporação de enzimas aminolíticas na silagem de milho reidratado na dieta de cordeiros, observando que houve aumento no consumo e digestibilidade da MS, PB e ingestão de amido, comparado aos animais que receberam a dieta sem as enzimas (controle), entre os tratamentos os autores

puderam concluir que a adição de alfa-amilase foi melhor do que de glicoamilase na silagem de grão reidratado de milho.

Outra forma de buscar o aumento da digestibilidade do amido em ruminantes que vem sendo estudada, é pela adição de proteases exógenas que visam a quebra da matriz proteica e acesso aos grânulos de amido. Ferraretto, Fredin e Shaver (2015) pesquisaram a influência da adição de proteases na silagem de grão reidratado de milho sobre a digestibilidade ruminal do amido *in vitro*, sob a hipótese que a enzima auxiliaria na proteólise da zeína, proteína primária da matriz amido-proteína, aumentando a digestibilidade do amido. Deste modo, os autores realizaram uma série de experimentos e puderam concluir que a adição de protease aumentou a digestibilidade *in vitro* do amido.

Ambos experimentos revisados anteriormente utilizaram enzimas exógenas em materiais ensilados, a ensilagem por si só, já permite aumentar a degradabilidade ruminal do amido em grãos de milho em cerca de 22% segundo Jurjanz e Monteils (2005). Porém, a busca pela otimização da digestão do amido nesses alimentos deve ser aprofundada a fim de que não haja perdas substanciais de energia, ruins sob o ponto de vista econômico e também ambiental. Dessa forma, dentro das tecnologias aplicadas nos processamentos dos grãos de cereais que buscam o aumento da digestibilidade do amido, a reidratação do milho para ensilagem é uma opção interessante para o produtor. Hoffman et al. (2011) nota que o milho úmido possui maior degradação ruminal do amido, quando comparado ao milho laminado, relacionado a solubilização da zeína durante a fermentação da silagem, sugerindo que as zeínas foram degradadas pela atividade proteolítica do processo de ensilagem (FERRARETTO et al., 2014).

1.3 – Implicações da redução do amido em dietas para ruminantes

O amido é uma importante fonte de energia em dieta para animais de alta exigência energética, como vacas em lactação, ou ainda para bovinos e ovinos em fase de engorda, sendo que o milho é o grão mais utilizado devido sua alta concentração de amido. No entanto, os altos preços dos grãos, principalmente do milho, levaram o produtor a buscar alternativas para redução do teor de amido na dieta. Dessa forma, a substituição do milho na dieta de ruminantes ocorre principalmente por outras fontes de carboidratos não fibrosos, tais como a poupa cítrica, ração com glúten de milho, casca de soja ou farelo de trigo, ou ainda com fontes forrageiras como silagem de milho, feno ou silagem de cevada.

Fredin et al. (2015), estudaram os efeitos da substituição parcial do grão de milho por fontes de fibra não forrageira (casca de soja ou silagem de milho) na dieta de vacas leiteiras, qual reduziu-se a quantidade de amido da dieta em 28,5, 22,7, 23,8 e 22%, respectivamente, observando que a digestibilidade da dieta e o desempenho das vacas alimentadas com níveis reduzidos de amido foi semelhante ou melhor quando alimentadas com dieta com níveis normais.

Corroborando com os resultados, Gencoglu et al. (2010), avaliaram uma dieta em vacas leiteiras com baixo amido formulada pela substituição parcial de grão de milho por casca de soja, em comparação a uma dieta com teor normal de amido, os resultados foram maior ingestão de matéria seca, fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) e maior digestibilidade de nutrientes do trato total e sem alteração sobre a produção de leite. Em contrapartida, Ipharraguerre et al. (2002), ao avaliar os efeitos da substituição do grão de milho por casca de soja na fermentação ruminal e digestão de nutrientes de vacas leiteiras, concluiu que o nível de até 30% de substituição é o limite para não haver diminuição de energia, proteínas ou aminoácidos para produção de leite.

Ranathunga et al. (2010) avaliou a inclusão de fibra não forrageira (grãos de destilaria com solúveis conhecidos como-DDGS e casca de soja) como fonte de energia em substituição do amido do milho, observando que a diminuição do teor de amido da dieta e incorporação do subproduto da produção de etanol, não afetou a produção ou a composição do leite de vacas (gordura, proteína, lactose e sólidos totais) mas reduziu o consumo. Todavia, observou-se aumento da lucratividade, em detrimento de melhor eficiência alimentar e diminuição dos custos com a dieta. É preciso fazer nota que o subproduto adicionado aumentou a concentração de gordura na dieta de 4,35% em uma dieta normal em amido, para 5,48% quando incluído o DDGS, e mesmo na sua menor inclusão (7% de DDGS + 3,1% de casca de soja) possuía concentração de FDN alto, ambos teores próximos ao limiar que afeta o consumo de matéria seca (CMS; NRC, 2001).

Santos-Silva et al. (2020), avaliaram os efeitos da redução do amido em novilhos na fase de terminação, que receberam dietas controle (ração concentrada convencional alto amido) e dieta com alto teor de fibra e lipídeos e baixo amido, pela substituição de 35% dos cereais por subprodutos industriais (polpa cítrica desidratada, polpa de beterraba e casca de soja) e 6% de óleo de soja. Os resultados obtidos mostraram que não houve perda da qualidade da carcaça ou do desempenho produtivo quando se reduziu o amido, a estabilidade oxidativa da carne foi melhor e apresentou um perfil de ácidos graxos mais saudáveis em comparação a dieta controle. Quando se utiliza fontes com alto teor de FDN, aumenta-se o preenchimento ruminal

e reduz-se a taxa de passagem de ração, conseqüentemente reduzindo o CMS. Todavia, os autores relatam que não houve diminuição do consumo, atribuído à alta digestibilidade dos substitutos utilizados.

A composição da dieta influencia diretamente no padrão de biohidrogenação ruminal e o perfil de ácidos graxos de produtos de ruminantes, dietas com alto teor de amido implicam no padrão normal de biohidrogenação, mudando por exemplo o trans 11-18:1 (precursor do ácido rumênico ou CLA- ácido linoleico conjugado) por t10-18:1 como principal produto e que não pode ser convertido em CLA, o que pode ter efeitos indesejados na saúde dos consumidores (BESSA, ALVES e SANTOS-SILVA, 2015; MAPIYE et al., 2015), todavia, essa hipótese é controversa (COSTA et al., 2017). Essa mudança no padrão dos produtos da biohidrogenação ocorre frequentemente em bovinos e ovinos alimentados com dietas de alto amido, que possui carboidratos com alta taxa de fermentação e prejudicial tamponamento (DUGAN et al., 2019).

Dessa forma, Francisco et al. (2020), avaliaram os efeitos da substituição do amido em dietas para cordeiros em crescimento, por subprodutos (polpa cítrica, polpa de beterraba e casca de soja), a fonte de amido na dieta controle foi a cevada, foram avaliados os níveis de substituição de 0, 35, 65 e 100%. Os autores observaram redução com CMS à medida que diminui a concentração de cevada na dieta, ocasionando também diminuição do ganho médio diário. Os valores de pH foram aumentados linearmente a substituição da cevada, as razões de ácido acético/propiónico não foram alteradas. A diminuição do amido da dieta não afetou os intermediários da biohidrogenação, como o esperado, no entanto, a substituição parcial da cevada pelos subprodutos melhorou a maciez da carne e melhorou o valor nutricional da carne, pela redução da deposição do isômero octadecenóico nocivo t 10-18:1. É válido ressaltar, utilizou-se a fonte de fibra na dieta com cevada de alta qualidade (alfafa), qual segundo os autores aumentou a ingestão de MS, PB, amido, FDN e FDA quando ofertada na forma moída.

Diferentemente dos resultados observados por Francisco et al. (2020), Gobindram et al. (2015), também avaliando a substituição da cevada para cordeiros, por polpa cítrica em 24 e 35%, observando que a dieta com o nível máximo de substituição testado resultou em desempenho, eficiência alimentar e peso e rendimento de carcaça semelhante ao grupo controle (dieta padrão com cevada como fonte de amido), o perfil hematoquímico sérico mostrou que os animais estavam em bem-estar metabólico.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAMPIDIS, V.A.; ROBINSON, P.H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 128, Issues 3–4, 2006, Pages 175-217. 10.1016/j.anifeedsci.2005.12.002
- BARRIOS-URDANETA, A.; FONDEVILA, M.; CASTRILLO, C. Effect of supplementation with different proportions of barley grain or citrus pulp on the digestive utilization of ammonia-treated straw by sheep. **Animal Science**, Volume 76, Issue 2, pp. 309-317, 2003. 10.1017/s1357729800053558
- BARROS, H.R.M.; FERREIRA, T.A.P.C.; GENOVESE, M.I. Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. **Food Chemistry**, Volume 134, Issue 4, 15 October 2012, Pages 1892-1898. 10.1016/j.foodchem.2012.03.090
- BESSA, R.J.B.; ALVES, S.P.; SANTOS-SILVA, J. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, volume 117, issue 9, 2015, pages 1325-1344. 10.1002/ejlt.201400468
- BRADDOCK, R.J. By products of citrus fruit. In: **Food Technology**, 1995, p.74 – 77.
- CAPARRA, P.; FOTI, F.; SCERRA, M.; SINATRA, M.C.; SCERRA, V. Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, Volume 68, Issue 3, April 2007, Pages 303-311. 10.1016/j.smallrumres.2005.11.015
- CORONA, L.; OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Volume 84, Issue 11, November 2006, Pages 3020–3031. 10.2527/jas.2005-603
- COSTA, M.; ALVES, S.P.; FRANCISCO, A.; ALMEIDA, J.; ALFAIA, C.M.; MARTINS, S.V.; PRATES, J.A.M.; SANTOS-SILVA, J.; DORAN, O.; BESSA, R.J.B. The reduction of starch in finishing diets supplemented with oil does not prevent the accumulation of trans-10 18:1 in lamb meat. **Journal of Animal Science**, Volume 95, Issue 8, 2017, Pages 3745–3761. 10.2527/jas.2017.1578
- DUGAN, M.E.R.; SALAZAR, V.; ROLLAND, D.C.; VAHMANI, P.; AALHUS, J.L.; LÓPEZ-CAMPOS, O.; PRIETO, N.; JUAREZ, M. Retail lamb fat composition in western Canada. **Canadian Journal of Animal Science**, volume 99, issue 4, 2019, pages 971-974. 10.1139/cjas-2019-0003
- FEGEROS, K.; ZERVAS, G.; STAMOULI, S. et al. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.5, p.1116-1121, 1995.
- FERRARETTO, L.F.; FREDIN, S.M.; SHAVER, R.D. Influence of ensiling, exogenous protease addition, and bacterial inoculation on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated and high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, Volume 98, Issue 10, October 2015, Pages 7318-7327. 10.3168/jds.2015-9891
- FERRARETTO, L.F.; TAYSOM, K.; TAYSOM, D.M.; SHAVER, R.D.; HOFFMAN, P.C. Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. **Journal of Dairy Science**, Volume 97, Issue 5, May 2014, Pages 3221-3227. 10.3168/jds.2013-7680

- FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L.; ST-PIERRE, N.R.; NOFTSGER, S.M. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science**, Volume 79, Issue suppl_E, 2001, Pages E218–E238. 10.2527/jas2001.79E-SupplE218x
- FRANCISCO, A. E; JANICEK, M.; DENTINHO, T.; PORTUGAL, A.P.V; ALMEIDA, J.M.; ALVES, S.P.; FIALHO, L.; JERONIMO, E.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, J. Effects of alfalfa particle size and starch content in diets on feeding behaviour, intake, rumen parameters, animal performance and meat quality of growing lambs. **Meat Science**, Volume 161, March 2020. 10.1016/j.meatsci.2019.107964
- FREDIN, S.M.; AKINS, M.S.; FERRARETTO, L.F.; SHAVER, R.D. Effects of corn-based diet starch content and neutral detergent fiber source on lactation performance, digestibility, and bacterial protein flow in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Volume 98, Issue 1, 2015, Pages 554-565. 10.3168/jds.2014-8592
- FUNDECITRUS. Estimativa da safra de laranja 2020/2021 do Cinturão Citrícola de São Paulo e Triângulo/ Sudoeste Mineiro. 2020. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_05_11_Sumario-Executivo-daEstimativa-da-Safra-de-Laranja-2020-2021.pdf. Acesso em: 29 outubro 2020.
- GENCOGLU, H.; SHAVER, R.D.; STEINBERG, W.; ENSINK, J.; FERRARETTO, L.F.; BERTICS, S.J.; LOPES, J.C.; AKINS, M.S. Effect of feeding a reduced-starch diet with or without amylase addition on lactation performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Volume 93, Issue 2, 2010, Pages 723-732. 10.3168/jds.2009-2673
- GOBINDRAM, M.N.N.E.; BOGNANNO, M.; LUCIANO, G.; AVONDO, M.; PICCIONE, G.; BIONDI, L. The effects of barley replacement by dehydrated citrus pulp on feed intake, performance, feeding behaviour and serum metabolic indicators in lambs. **Animal Production Science**, volume 57, issue 1, pages 133-140, 2015. 10.1071/AN141010
- GOZHO, G.N.; MUTSVANGWA, T. Influence of Carbohydrate Source on Ruminal Fermentation Characteristics, Performance, and Microbial Protein Synthesis in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Volume 91, Issue 7, 2008, Pages 2726-2735. 10.3168/jds.2007-0809
- HALL, M.B.; PELL, A.N.; CHASE, L.E. Characteristics of neutral detergent-soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 70, Issues 1–2, 1998, Pages 23-39. 10.1016/S0377-8401(97)00068-0
- HOFFMAN, P.C.; ESSER, N.M.; SHAVER, R.D.; COBLENTZ, W.K.; SCOTT, M.P.; BODNAR, A.L.; SCHIMIDT, R.J.; CHARLEY, R.C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, Volume 94, Issue 5, 2011, Pages 2465-2474. 10.3168/jds.2010-3562
- HUHTANEN, P.; SVEINBJORNSSON, J. Evaluation of methods for estimating starch digestibility and digestion kinetics in ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 130, Issues 1–2, 2006, Pages 95-113. 10.1016/j.anifeeds.2006.01.021
- HUNTINGTON, G.H. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Volume 75, Issue 3, 1997, Pages 852–867. 10.2527/1997.753852x
- IPHARRAGUERRE, I.R.; SHABI, Z.; CLARK, J.H.; FREEMAN, D.E. Ruminal Fermentation and Nutrient Digestion by Dairy Cows Fed Varying Amounts of Soyhulls as a Replacement for

Corn Grain. **Journal of Dairy Science**, Volume 85, Issue 11, 2002, Pages 2890-2904. 10.3168/jds.S0022-0302(02)74377-4

JURJANZ, S.; MONTEILS, V. Ruminant degradability of corn forages depending on the processing method employed. **Animal Research**, Volume 54, issue 1, (2005), pages 3-15. 10.1051/animres:2004041

KARAMI, M.; PALIZDAR, M.H.; ALMASI, M.S. The effect of different processing of corn grain on gas production kinetics and in vitro digestibility in Taleshi cows. **Livestock Science**, volume 9, 2018, pages 101-106. <http://livestockscience.in/wp-content/uploads/corngasdigestioncow.pdf>

KOENIG, K.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. **Journal of Animal Science**, Volume 81, Issue 4, 2003, Pages 1057–1067. 10.2527/2003.8141057x

KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 126, Issues 3–4, 9 March 2006, Pages 215-236. 10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004

MAKKAR, H.P.S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, Volume 49, Issue 3, 2003, Pages 241-256. 10.1016/S0921-4488(03)00142-1

MAKKAR, H.P.S.; SINGH, B. Effect of drying conditions on tannin, fibre and lignin levels in mature oak (*Quercus incana*) leaves. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, volume 54, issue 3, pages 323-328, 1991. 10.1002/jsfa.2740540302

MAPIYE, C.; VAHMANI, P.; MLAMBO, V.; MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; HOFFMAN, L.C.; DUGAN, M.E.R. The trans-octadecenoic fatty acid profile of beef: Implications for global food and nutrition security. **Food Research International**, Volume 76, Part 4, 2015, Pages 992-1000. 10.1016/j.foodres.2015.05.001

MARÍN, F.R.; SOLER-RIVAS, C.; BENAVENTE-GARCÍA, O.; CASTILHO, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. **Food Chemistry**, Volume 100, Issue 2, 2007, Pages 736-741. 10.1016/j.foodchem.2005.04.040

MEISSNER, S.; HAGEN, F.; DEINER, C.; GUNZEL, D.; GRECO, G.; SHEN, Z.; ASCHENBACH, J.R. Key role of short-chain fatty acids in epithelial barrier failure during ruminal acidosis. **Journal of Dairy Science**, Volume 100, Issue 8, 2017, Pages 6662-6675. 10.3168/jds.2016-12262

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of Digestion of Starch in the Gastrointestinal Tract of Dairy Cows and Its Effect on Milk Yield and Composition. **Journal of Dairy Science**, Volume 74, Issue 10, 1991, Pages 3598-3629. 10.3168/jds.S0022-0302(91)78552-4

NRC, 2001. National Research Council (NRC) Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th rev. ed.), **National Academy Press**, Washington, DC, USA (2001), 408 páginas. ISBN: 0-309-51521-1.

OETZEL, G.R. Diagnosis and Management of Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Herds. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Volume 33, Issue 3, 2017, Pages 463-480. 10.1016/j.cvfa.2017.06.004

OLIVEIRA, E.R.; TAKIYA, C.S.; DEL VALLE, T.A.; RENNO, F.P.; VAI, R.H.T.B.; LEITE, R.S.R.; OLIVEIRA, K.M.P.; BASTISTA, J.D.O.; ARAKI, R.M.C.; DAMIANI, J.; DA SILVA, M.S.J.; GANDRA, E.R.S.; PEREIRA, T.L.; GANDRA, J.R. Effects of exogenous amylolytic enzymes on fermentation, nutritive value, and in vivo digestibility of rehydrated corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 251, 2019, Pages 86-95. 10.1016/j.anifeedsci.2019.03.001

OLUREMI, O.I.A.; NGI, J.; ANDREW, I.A. Phytonutrients in citrus fruit peel meal and nutritional implication for livestock production. **Livestock Research for Rural Development**, volume 19, issue 7, p.89, 2007. ISSN 0121-3784

RAHIMI, A.; NASERIAN, A.A.; VALIZADEH, R.; TAHMASEBI, A.M.; DEHGHANI, H.; SUNG, K.I.; NEJAD, J.G. Effect of different corn processing methods on starch gelatinization, granule structure alternation, rumen kinetic dynamics and starch digestion. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 268, 2020, 114572. 10.1016/j.anifeedsci.2020.114572

RANATHUNGA, S.D; KALSCHEUR, K.F.; HIPPEN, A.R.; SCHINGOETHE, D.J. Replacement of starch from corn with nonforage fiber from distillers grains and soyhulls in diets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Volume 93, Issue 3, 2010, Pages 1086-1097. 10.3168/jds.2009-2332

REGO, F.C.A.; DE LIMA, L.D.; GASPARINI, M.J.; ELEODORO, J.I.; DOS SANTOS, M.D.; ZUNDT, M. Performance, carcass and meat characteristics of lambs in feedlot fed diets with increasing levels of fresh orange pulp replacing corn. **Cienc. anim. bras.**, Goiânia, volume 20, issue 1-12, e-50159, 2019. 10.1590/1809-6891v20e-50159

REIS, W.; JOBIM, C.C.; MACEDO, F.A.F. et al. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, volume 30, issue 2, Viçosa, 2001.

REN, H.; BAI, H.; SU, X.; PANG, J.; LI, X.; WU, S.; CAO, Y.; CAI, C.; YAO, J. Decreased amylolytic microbes of the hindgut and increased blood glucose implied improved starch utilization in the small intestine by feeding rumen-protected leucine in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, Volume 103, Issue 5, 2020, Pages 4218-4235. 10.3168/jds.2019-17194

RUSSEL, J.B.; RYCHLIK, J.L. Factors that alter rumen microbial ecology. **Science**, volume 292, Issue 5519, pp. 1119-1122, 2001. 10.1126/science.1058830

SANTOS-SILVA, J.; ALVES, S.P.; FRANCISCO, A.; PORTUGAL, A.P.; ALMEIDA, J.; FIALHO, L.; JERÓNIMO, E.; BESSA, R.J.B. Effects of a high-fibre and low-starch diet in growth performance, carcass and meat quality of young Alentejana breed bulls. **Meat Science**, Volume 168, 2020, 108191. 10.1016/j.meatsci.2020.108191

SANTOS-SILVA, J.; DENTINHO, M.T.; FRANCISCO, A.; PORTUGAL, A.P.; BELO, A.T.; MARTINS, A.P.L.; ALVES, S.P.; BESSA, R.J.B. Replacing cereals with dehydrated citrus pulp in a soybean oil supplemented diet increases vaccenic and rumenic acids in ewe milk. **Journal of Dairy Science**, Volume 99, Issue 2, 2016, Pages 1173-1182. 10.3168/jds.2015-9966

SATARI, B; KARIMI, K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. **Resources, Conservation and Recycling**, volume 129, 2018, Pages 153-167. 10.1016/j.resconrec.2017.10.032

SCHALCH, F. J.; SCHALCH, E.; ZANETTI, M. A.; BRISOLA, M.L. Substitution of the Corn Grain Ground by Citric Pulp in the Early Weaning of Dairy Calves. **Rev. Bras. Zootec.** volume 30, issue1, Viçosa, 2001. 10.1590/S1516-35982001000100039

SCHAWANDT, E.F.; HUBBERT, M.E.; THOMSON, D.U.; VAHL, C.; BARTLE, S.J.; REINHARDT, C.D. Flake Density e Density, Roll Diameter, Roll Diameter, and Flak , and Flake Moistur e Moisture All Influence e All Influence Starch Availability of Steam-Flaked Corn. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, Volume 3, Issue 1, 2017, article 22, pages 1-5. 10.4148/2378-5977.1356

SHARIF, M.; ASHRAF, M.S.; MUSHTAQ, N.; NAWAZ, H.; MUSTAFA, M.I.; AHMAD, F.; YOUNAS, M.; JAVAID, A. Influence of varying levels of dried citrus pulp on nutrient intake, growth performance and economic efficiency in lambs. **Journal of Applied Animal Research**, Volume 46, 2018 - Issue 1, Pages 264-268. 10.1080/09712119.2017.1294540

PORCIONATO, M.A.F.; BERCHIELLI, T.T.; FRANCO, G.L.; ANDRADE, P.; SILVEIRA, R.N.; SOARES, W.V.B. Digestibility, degradability and concentration of ruminal ammonia in bovines fed diet with citrus pulp in pellets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, volume 33, issue 1, 2004. 10.1590/S1516-35982004000100030

Van SOEST, P. **Nutritional ecology of the ruminants**. Corvallis: OB Books Inc., 1982. 374p.

WING, J.M. Effect of Physical Form and Amount of Citrus Pulp on Utilization of Complete Feeds for Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, Volume 58, Issue 1, 1975, Pages 63-66. 10.3168/jds.S0022-0302(75)84518-8

WING, J.M.; VAN HORN, H.H.; SKLARE, S.D. et al. Effects of citrus molasses, distillers solubles and molasses on rumen parameters and lactation. **Journal of Dairy Science**, volume 71, issue 2, pages 414-420, 1988.

ZEMA, D.A.; FOLINO, A.; ZAPPIA, G.; CALABRO, P.S.; TAMBURINO, V.; ZIMBONE, S.M. Anaerobic digestion of orange peel in a semi-continuous pilot plant: An environmentally sound way of citrus waste management in agro-ecosystems. **Science of The Total Environment**, Volume 630, issue 15, 2018, Pages 401-408. 10.1016/j.scitotenv.2018.02.168

ZEMA, D.A.; CALABRO, P.S.; FOLINO, A.; TAMBURINO, V.; ZAPPIA, G.; ZIMBONE, S.M. Valorisation of citrus processing waste: A review. **Waste Management**, Volume 80, 2018, Pages 252-273. 10.1016/j.wasman.2018.09.024

CAPÍTULO 2

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DA SILAGEM DE GRÃOS DE MILHO RECONSTITUÍDOS PELA POLPA CÍTRICA EM DIETAS PARA CORDEIROS

1. INTRODUÇÃO

A polpa cítrica é considerada um coproduto com alto potencial para uso na nutrição de ruminantes, interessante sob vários aspectos, desde questões como diminuição do impacto ambiental do descarte dos resíduos industriais (NEGRO et al., 2017), na diminuição da utilização de ingredientes na alimentação animal que competem diretamente com a alimentação humana, e ainda diminuição de custos com alimentação dos rebanhos (ZEMA et al., 2018b).

Na alimentação de ruminantes a polpa cítrica é utilizada como fonte energética principalmente em substituição às fontes de amido, devido seu alto teor de carboidratos e fibras solúveis, cuja maior parte é a pectina (BARRIOS-URDANETA et al., 2003). A pectina possui alta degradação ruminal e tem fermentação diferente do amido, por produzir quantidades diminutas ou nulas de lactato o que leva a um menor declínio do pH e melhor relação acetato/propionato do que quando se utiliza fontes ricas em amido, com menor chance de acidose ruminal (VAN SOEST, 1994).

O milho, tanto nas variações de grão *in natura* quanto ensilado, é o cereal mais utilizado na alimentação animal como fonte energética, devido seu alto teor de amido. Todavia na dieta de ruminantes, seu uso pode tornar a produção onerosa em períodos de baixa oferta e altos preços. Desta forma, objetivou-se avaliar diferentes níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na dieta de ovinos em substituição a silagem de grão de milho reconstituído sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes e metabolismo de compostos nitrogenados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais, tratamentos e dieta

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil (latitude 22° 14'S, longitude 54° 49'W e 450m de altitude).

Foram utilizados 12 cordeiros, sem raça definida, inteiros ($44,25 \pm 8$ kg de peso corporal, $7 \pm 0,5$ meses de idade), distribuídos em um delineamento experimental em quadrado latino 3x3, triplo, com duração de três períodos de 14 dias de adaptação e 5 dias de coletas de dados. Os tratamentos avaliados foram: 1) Dieta controle: principal fonte energética silagem de grão de milho reconstituído, sem adição de polpa cítrica peletizada; 2) Dieta 50: inclusão de 30% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 50% a silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) e 3) Dieta 100: inclusão de 57% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 100% a SGRM.

As dietas foram balanceadas de acordo com o (NRC, 2007), para atender a ganhos de peso de 200 g/dia, utilizando o Small Ruminants Nutritional (SRNS). As dietas foram isonitrogenadas, foi utilizado como volumoso o feno de *Cynodon spp* (Tabela 1).

Tabela 1: Composição das dietas experimentadas fornecidas aos cordeiros

Ingredientes (% na MS)	Dieta sem inclusão de polpa cítrica peletizada	Dieta 50% substituição da SGMR por polpa cítrica peletizada	Dieta 100% substituição da SGMR polpa cítrica peletizada
Feno <i>Cynodon spp.</i>	20	20	20
Silagem de grão de milho reconstituído ¹	54,00	27,00	0,00
Polpa cítrica peletizada	0,00	27,00	54
Mistura proteica mineral ²	26,00	26	26
Composição nutricional(g/kg MS)			
Matéria seca	635,80	741,70	863,30
Matéria orgânica	918,00	903,80	877,10
Cinzas	70,60	93,80	121,30
Proteína bruta	182,40	178,30	171,90
Extrato etéreo	31,30	25,70	18,80
Fibra em detergente neutro	298,80	351,60	411,80
Fibra em detergente ácido	122,70	188,40	265,80
Carboidrato não fibroso	419,30	352,3	291,5
Lignina	38,2	53,0	70,6
Nutrientes digestíveis totais ³	793,0	746,6	692,3

¹Silagem de grão de milho reconstituído: reidratação do milho moído para atingir um teor de MS de 50-55%, com inoculação de enzima α -amilase (Kerazyme 3035 - 300 U mL⁻¹, Kera Nutrição Animal);²Composição proteica mineral: grão de soja moído (85,7%) e mineral comercial (14,3%) composto por: 111 g Ca, 72,0 g P, 174 g Na, 11,9 g S, 9,00 g Mg, 7200 mg Zn, 1500 mg Mn, 720 mg F, 75 mg I, 50 g Co, 13,5 mg Se e 4,42 mg I.³ Estimado % NDT = $87,84 - (0,70 \times \text{FDA})$, conforme Roth e Undersander (1995).

Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas e alimentados com dieta total duas vezes ao dia, às 07h00 e 13h00, visando sobras de 20%. As sobras foram coletadas diariamente para ajuste do consumo mediante a pesagem. Nos dias de amostragem as sobras foram coletadas para classificação de tamanhos de partículas e para análises químicas posteriormente

2.2 Composição químico-bromatológica dos alimentos

Os alimentos e sobras foram coletados a cada período de coleta do experimento, colocados em sacos de papel, pesados, identificados e posteriormente pré-secos em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. As amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário com peneira de malha de 1 mm e, em seguida, acondicionadas em embalagens plásticas identificados para as análises de composição química do alimento: matéria seca (MS, # 934.01), cinzas (MM/CZ; #924.05; AOAC, 1990), matéria orgânica (100-MM), proteína bruta foi obtida pela técnica micro Kjeldahl (PB #920.87, Nx6,25), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), os teores de lignina foram obtidos pela oxidação com permanganato de potássio (Van Soest e Wine, 1968) e amido conforme técnicas descritas por (AOAC 2002; VANSOEST et al. 1991). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado utilizando a seguinte fórmula $\%NDT = 87,84 - (0,70 \times FDA)$, segundo Roth e Undersander (1995).

Tabela 2: Composição químico-bromatológica dos ingredientes alimentares durante período experimental e desvio padrão

Nutrientes (%)	Feno de <i>Cynodon</i> spp.	Silagem de grão de milho reconstituído ¹	Polpa cítrica peletizada	Mistura proteico mineral ²
Matéria seca	85.43 ± 2.79	52.66 ± 1.92	87.43 ± 2.88	90.68 ± 1.27
Cinzas	6.21 ± 0.14	1.96 ± 0.16	9.70 ± 0.83	24.18 ± 2.12
Matéria orgânica	93.78 ± 0.14	98.03 ± 0.16	90.29 ± 0.83	75.82 ± 2.12
Proteína bruta	11.65 ± 1.28	9.05 ± 0.58	12.18 ± 0.55	34.61 ± 3.04
Extrato etéreo	0.35 ± 0.17	3.51 ± 0.30	1.55 ± 0.38	4.76 ± 0.15
FDN	70.46 ± 6.27	13.85 ± 1.26	34.49 ± 0.95	35.17 ± 0.80
FDA	44.99 ± 7.38	2.76 ± 0.65	23.89 ± 1.28	17.98 ± 0.64
CNF	11.33	64.96	42.08	1.29
Amido	2,32 ± 0.61	68.56 ± 2.46	5.85 ± 0.50	7.55 ± 0.43

¹Silagem de grão de milho reconstituído: reidratação do milho moído para atingir teor de MS de 50-55% com inoculação de enzima α -amilase (Kerazyme 3035 - 300 U mL⁻¹, Kera Nutrição Animal);²Composição proteico mineral: grão de soja moído (85,7%) e mineral comercial (14,3%) composto por: 111 g Ca, 72.0 g P, 174 g Na, 11.9 g S, 9.00 g Mg, 7200 mg Zn, 1500 mg Mn, 720 mg F, 75 mg I, 50 g Co, 13.5 mg Se e 4.42 mg I. MS: matéria seca, MO: matéria orgânica, PB: proteína bruta, EE: extrato etéreo, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, CNF: carboidrato não fibroso.

2.3 Consumo e digestibilidade da matéria seca e nutrientes

Para a avaliação do consumo, as sobras, foram pesadas diariamente e ajustando o fornecimento para um consumo *ad libitum*, sendo calculadas sobras em 20%. Foram mensurados o consumo de MS, PB, FDN e amido.

Para avaliação da digestibilidade do amido, amostras de fezes foram colhidas nos dias 15, 16 e 17 de cada período experimental, quatro horas após a primeira alimentação do dia, durante os dias de coleta foi realizada a pesagem total de fezes e coleta de um “pool” das amostras. O teor de amido foi determinado por degradação enzimática (Amyloglucosidade® AMG 300 L, Novozymes, Basal, Sweden) e a concentração de glicose avaliada em espectrofotômetro (SBA 200, CELM®), descrito por Hendrix (1993).

O consumo alimentar residual (CAR) foi calculado a partir da diferença entre o consumo de matéria seca estimado (CMS_{est}) e o consumo observado (CMS_{obs}), conforme proposto por Koch et al. (1963). O CMS_{obs} foi obtido pela média da subtração da quantidade de alimento diário fornecida pela quantidade de sobras (ajustados na MS). Já o CMS_{est} foi calculado a 3% do peso metabólico (peso vivo^{0,75}).

Amostras da dieta e das sobras foram utilizadas para as análises de tamanho médio de partículas (TMP) coletadas durante o período de coletas, pelo método de estratificação de partículas em peneiras utilizando o modelo da *Penn State Particle Size Separator*, conforme proposto por Lammers; Buckmaster; Heinrichs (1996). O separador de partículas utilizado apresentava quatro peneiras com diferentes tamanhos de orifícios. As peneiras foram denominadas de Pen1 a Pen4, onde: Pen1 ficavam retidas partículas maiores que 19 mm; Pen2 retenção de partículas entre 19 e 8 mm, Pen3 partículas entre 8 e 1,8 mm e Pen4 era uma bandeja com fundo fechado onde ficaram retidas as partículas inferiores a 1,8 mm. O índice de seleção de partículas foi realizado de acordo com Leonardi e Armentano (2003), sendo: Consumo Predito = % Retenção de Pen(i) Oferecido*Consumido; Consumo Observado=(% Retenção de Pen(i) * Oferecido) – (% Retenção de Pen(i) * Sobras); Índice de Seleção (IS) = 100 *(Consumo Observado/Consumo Predito), onde valores a baixo de 1 indicam que houve rejeição e valores maiores que 1 indicam que houve seleção de tamanho de partículas.

2.4 Síntese de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

Nos 3 primeiros dias do período de coletas foi realizada colheita total de urina para quantificação do volume urinário. Fora coletado uma amostra de 10mL quatro horas após a alimentação, onde pode-se mensurar as concentrações dos derivados de purinas (alantoína,

ácido úrico, xantina e hipoxantina) por metodologia de Chen e Gomes (1992) para mensuração da síntese de proteína microbiana, com kit comercial (Gold Analisa Diagnostica Ltda, Belo Horizonte, Brasil).

Purinas microbianas absorvidas (X , mmol dia^{-1}) foram calculados a partir da excreção de derivados de purina (Y , mmol / dia), pela seguinte equação: $Y = 0,84X + (0,150 \text{ BW}^{0,75} e - 0,25X)$, em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados da purina urinária e $0,150 \text{ BW}^{0,75} e -0,25X$ é a contribuição endógena à excreção de purinas (VERBIC et al., 1990). O fluxo intestinal dos compostos nitrogenados (Y , g N dia^{-1}) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (X , mmol dia^{-1}), usando a seguinte equação: $Y = (70X) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, em que 70 é o teor de N nas purinas (mgN mmol); 0,83 é a digestibilidade da microbiana purinas; e 0,116 é a Purina N: bacteriana total Relação N. A produção microbiana foi expressa como g N microbiano (gramas de N microbiano) e P microbiano (gramas de proteína microbiana).

Para avaliação da concentração da ureia sanguínea, no último dia do período de coleta experimental, quatro horas após o fornecimento da dieta, ocorreu a coleta de sangue via punção da veia jugular, utilizando-se heparina como anticoagulante. As amostras foram imediatamente centrifugadas a 5.000 rpm por 15 minutos para separação do sobrenadante sérico, identificadas e armazenadas a -18°C . Determinação da ureia e creatinina plasmática foi realizada através de kit comercial (Gold Analisa® Diagnostica Ltda).

Foi avaliado também as concentrações de Nitrogênio total (AOAC, 2000) para realização do balanço de nitrogênio concomitantemente com o consumo de nitrogênio e excreção de nitrogênio nas fezes:

$$N_{\text{absorvido}} = N_{\text{consumido}} - (N_{\text{fezes}})$$

$$N_{\text{retido}} = N_{\text{consumido}} - (N_{\text{fezes}} + N_{\text{urina}})$$

2.5 Fermentação Ruminal

No último dia de coleta de cada período experimental foi realizada coleta de fluido ruminal nos 12 animais mediante uso de sonda oral quatro horas após a alimentação (ORTOLANI et al. 1981). No fluido ruminal foram avaliados o pH, no momento de coleta, e as concentrações de N-NH_3 . O pH foi determinado imediatamente após a coleta, utilizando um pHmetro digital portátil. Para determinação do nitrogênio amoniacal, foi separada uma alíquota de 40 mL fixada a 1 ml de HCl 1:1, congelada a -18°C para posterior análise. A determinação

dos teores de N-NH₃ foi realizada conforme o método INCT-CA N-007/1, descrito por Detmann et al. (2012).

A concentração de amônia no líquido ruminal foi estimada pelo sistema micro-Kjeldahl, sem digestão ácida e utilizando-se como base para destilação o hidróxido de potássio (2N), após centrifugação prévia da amostra a 1.000 x g, por 15 minutos.

2.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC MIXED do SAS, versão 9.4 SAS, sendo analisado por regressão polinomial simples e teste de TUKEY ajustado adotando-se nível de significância de 5%.

Os dados serão analisados, pelo PROC MIXED de acordo com a seguinte modelo:

$$Y = \mu + A_i + P_j + Q_k + G_l + e_{ijklm},$$

Onde: Y= variável dependente, μ = média geral, A_i = efeito de animal (j = 1 a 12), P_j = efeito do período (y = 1 a 3), Q_k = efeito do quadrado (k =1 a 4), G_l = efeito da dieta (l= 1 a 3) e e_{ijklm} = erro. O efeito aleatório do modelo (random) será caracterizado por: A_i e P_j . Os graus de liberdade foram corrigidos por $DDFM = kr$.

3. RESULTADOS

Houve diferença entre os tratamentos sobre o consumo de MS (P=0,04) e MO (P<0,01). As médias ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, caracterizado por maior consumo de MS na dieta com 50% (1.41kg/dia) de inclusão da polpa cítrica (PC) e o menor CMS sendo observado na dieta com 100% (1.28 kg/dia). A inclusão de PC na dieta teve ainda efeito sobre o consumo de FDN e amido, observando aumento linear para porção de FDN de 0.474kg/dia no tratamento sem inclusão da PC para 0.574 e 0.638 kg/dia para os níveis de 50% e 100% de inclusão. A diminuição linear do amido com a inclusão da PC, conseqüentemente à diminuição da SGMR. O consumo de PB (0.264; 0,281; 0,278kg/dia) e EE (0.036; 0,040 e 0.035kg/dia) não os tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3: Efeito dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na dieta de cordeiros sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes

Item	Níveis de inclusão da polpa cítrica ¹			EPM	Valor de P	
	0	50	100		Linear	Quad
<i>Consumo (kg/dia)</i>						
Matéria seca	1.37 ^b	1.41 ^a	1.28 ^c	0.049	0.093	0.044
Matéria orgânica	1.25 ^b	1.35 ^a	1.09 ^c	0.043	0.024	0.008
Proteína bruta	0.264	0.281	0.278	0.012	0.418	0.506
Extrato etéreo	0.036	0.040	0.035	0.002	0.830	0.273
FDN	0.474 ^b	0.574 ^{ab}	0.638 ^a	0.026	0.001	0.638
Amido	0.628 ^a	0.377 ^b	0.036 ^c	0.043	<.0001	0.541
%Peso vivo	2.63 ^{ab}	2.48 ^b	2.67 ^{ab}	0.325	0.524	0.032
%Peso met.	19.21	19.25	19.55	2.547	0.521	0.234
CAR ²	-0,21 ^{ab}	-0.26 ^b	-0.17 ^a	0.002	0.546	0.002
<i>Coefficiente de digestibilidade (%)</i>						
Matéria seca	79.10 ^a	75.44 ^{ab}	70.56 ^b	0.863	<.0001	0.547
Matéria orgânica	80.96 ^a	76.75 ^{ab}	71.10 ^b	0.886	<.0001	0.317
Proteína bruta	77.68 ^a	72.41 ^{ab}	70.28 ^b	1.325	<.0001	0.184
Extrato etéreo	84.41	86.15	85.75	1.203	0.654	0.658
FDN	69.40 ^c	72.37 ^b	75.55 ^a	1.517	0.042	0.965
Amido	95.37 ^b	95.62 ^b	97.16 ^a	0.382	0.018	0.291

¹ Níveis de inclusão da polpa cítrica: 0 principal fonte energética silagem de grão de milho reconstituído, sem adição de polpa cítrica peletizada; 50: inclusão de 30% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 50% a silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) e 100: dieta com inclusão de 57% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 100% a SGMR. ²Consumo alimentar residual. Médias seguidas de letras minúsculas diferem na mesma linha significativamente a 5% ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. EPM: erro padrão de média. P-probabilidade, FDN: fibra em detergente neutro.

Os tratamentos influenciaram o consumo alimentar residual (CAR), verificando-se que a dieta mista apresentou valor mais próximo ao positivo, e a dieta mista apresentou valor mais negativo. A digestibilidade da MS, MO e PB diminui linearmente com a substituição do amido por polpa cítrica ($p < 0,0001$). A digestibilidade do EE não foi alterada entre as dietas. O coeficiente de digestibilidade do FDN aumentou de forma linear com a inclusão de polpa cítrica ($p < 0,05$).

Considerando a análise física dos alimentos a partir de peneiras com diferentes diâmetros, observou-se que houve interação significativa entre os tamanhos de partículas e as dietas e sobras (Tabela 4). Para análise da dieta oferecida, verificou-se maiores quantidades de partículas de tamanho entre 19-8mm nas dietas com inclusão de polpa cítrica em relação a dieta controle e maiores quantidades de partículas de tamanho inferior a 1,8mm na dieta sem inclusão de PC. Já nas sobras, observou-se maiores quantidade de partículas de tamanho entre 19-8mm e também de 8-1,8mm na dieta sem inclusão da PC e dieta com 100% de substituição da SGRM pela PC, em relação a dieta com substituição de 50%. Todavia, os resultados não indicaram que houve seleção de partículas pelos animais.

Tabela 4: Índice de separação de particular por peneiras, conforme dieta e respectivas sobras

Item	Níveis de inclusão da polpa cítrica ¹			EPM	Valor de P	
	0	50	100		Linear	Quad
<i>Separador de partículas (dieta %)</i>						
>19 mm	0.00	0.50	0.17	0.001	0.547	0.214
19-8 mm	16.00 ^b	30.33 ^a	29.33 ^a	0.202	0.001	0.585
8-1.8 mm	12.00	8.33	10.83	0.012	0.547	0.567
<1.8 mm	72.00 ^a	59.17 ^b	59.17 ^b	0.541	0.021	0.847
<i>Separador de partículas (sobras %)</i>						
>19 mm	0.00	0.50	0.17	0.01	0.521	0.854
19-8 mm	10.00 ^a	6.83 ^b	11.50 ^a	0.123	0.214	0.045
8-1.8 mm	4.00 ^a	2.17 ^b	4.17 ^a	0.254	0.248	0.021
<1.8 mm	86.00	90.67	84.00	0.841	0.555	0.335
<i>Índice de seleção²</i>						
>19 mm	0.988	0.985	0.974	0.001	0.325	0.603
19-8 mm	0.933	0.954	0.935	0.004	0.387	0.602
8-1.8 mm	0.908	0.965	0.955	0.002	0.395	0.658
<1.8 mm	0.933	0.908	0.988	0.005	0.355	0.648

¹ Níveis de inclusão da polpa cítrica: 0 principal fonte energética silagem de grão de milho reconstituído, sem adição de polpa cítrica peletizada; 50: inclusão de 30% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 50% a silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) e 100: com inclusão de 57% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 100% a SGMR. ²Índice de seleção de partículas de acordo com Leonardi e Armentano (2003). Valores abaixo de 1 indicam rejeição e valores maiores que 1 indicam seleção de tamanho de partícula. Médias seguidas de letras minúsculas diferem na mesma linha significativamente a 5% (P < 0,05) pelo teste de Tukey. EPM: erro padrão de medida.

Não houve relação entre as dietas experimentais com o consumo de nitrogênio, N-absorvido, N-urina, N-retido, mas houve relação com o N-fecal, de forma que os dados se ajustaram de melhor forma ao modelo de regressão linear. Os níveis de inclusão de polpa cítrica também influenciaram a síntese de proteína microbiana, verificado por maior concentração de N-microbiano e PB- microbiana nas dietas com o coproduto. Além de influenciar na perda de ureia na urina, qual verificou-se maior concentração na dieta com maior nível de inclusão (Tabela 5).

Tabela 5: Efeito dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na dieta de cordeiros sobre os compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana

Item	Substituição da silagem pela polpa cítrica ¹			EPM	Valor de P	
	0	50	100		Linear	Quad
<i>Nitrogênio (g/dia)</i>						
N-consumido	42.29	44.95	44.49	1.972	0.480	0.506
N-fezes	9.37 ^b	11.70 ^a	12.87 ^a	0.641	0.002	0.778
N-urina	18.68 ^a	11.43 ^b	13.25 ^b	1.617	0.053	0.061
N-absorvido	32.91	33.24	31.62	1.692	0.545	0.597
N-retido	14.23	21.81	18.36	2.225	0.302	0.119
<i>Síntese de proteína microbiana (g/dia)</i>						
N-microbiano	11.91 ^b	15.70 ^a	16.85 ^a	1.243	<.0001	0.547
PB- microbiano	74.44 ^b	98.17 ^a	105.33 ^a	7.752	<.0001	0.547
<i>Ureia (mg/dL)</i>						
Sangue	41.51	37.49	31.12	2.415	0.612	0.321
Urina	210.68 ^b	210.06 ^b	263.78 ^a	9.674	0.001	0.045
<i>Rúmen</i>						
pH	5.72 ^c	5.92 ^b	6.32 ^a	0.002	0.006	0.421
N-NH ₃ (mg/dL)	31.65 ^a	13.13 ^c	24.81 ^b	0.012	0.216	0.004

¹ Níveis de inclusão da polpa cítrica: 0 principal fonte energética silagem de grão de milho reconstituído, sem adição de polpa cítrica peletizada; 50: inclusão de 30% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 50% a silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) e 100: com inclusão de 57% de polpa cítrica na MS total da dieta, substituindo em 100% a SGMR. Médias seguidas de letras minúsculas diferem na mesma linha significativamente a 5% ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. EPM: erro padrão de medida.

Os valores de pH ruminal ajustaram-se ao modelo de regressão linear, de forma que se constatou aumento à medida que se acrescentou a PC na dieta ($p=0,006$) passando de 5,72 na dieta controle para 5,92 na substituição parcial da SGRM pela polpa cítrica e 6,32 na dieta com maior nível de inclusão. As dietas influenciaram as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), observando-se maiores concentrações na dieta controle.

4. DISCUSSÃO

O consumo de MS é influenciado por muitos fatores, tais como mecanismos fisiológicos, quais se relacionam com os níveis nutricionais das dietas, os mecanismos psicogênicos, relacionados aos aspectos comportamentais dos animais e suas relações com ambiente e os alimentos, ou ainda pode ser regulado por fatores físicos, como capacidade de distensão do rúmen (REIS e SILVA, 2006). Bampidis e Robinson (2006) relacionaram uma diminuição do consumo de MS em dietas para pequenos ruminantes com polpa cítrica peletizada à alta capacidade de retenção de água do pélete (4,3 kg/kg de MS), devido ao aumento de densidade do produto durante a sua fabricação. Hao et al (2016), propôs que a capacidade de retenção de água de um alimento impacta a colonização bacteriana e pressão

osmótica no rúmen, tendo influência sobre a taxa de degradação dos alimentos, enchimento ruminal e taxa de passagem e, por consequência, influenciando o consumo de matéria seca.

Tais hipóteses podem ter sido relacionadas com a diminuição do consumo de matéria seca e ainda sobre a diminuição da digestibilidade da MS, MO e PB no tratamento com maior inclusão de polpa cítrica peletizada (100), todavia, foram fatores não avaliados neste estudo. Pacionato et al., 2004, relata ainda que os processos de aquecimento em que a polpa cítrica peletizada é exposta pode diminuir a digestibilidade de alguns nutrientes.

Considerando que o consumo de FDN está relacionado diretamente com efeito de enchimento ruminal e inversamente relacionado com nível energético da dieta, esses dois fatores podem ser usados para caracterizar dois mecanismos de regulação de consumo (MERTENS, 1994) que podem ter sido acionados neste experimento. Observou-se que a dieta com maior concentração de FDN (dieta com inclusão de 100% de PC) apresentou menor consumo de MS, porém, apresentou maior digestibilidade do FDN. Por outro lado, a dieta sem inclusão de polpa cítrica e maior concentração de CNF também teve menor consumo, quando comparado a dieta mista (nível de inclusão de PC 50), podendo neste caso o mecanismo regulador de consumo ter sido o nível energético da dieta. Assim pode-se prever, que a resposta quadrática observada no CMS, ocorreu, pois, o consumo aumentou até que não fosse limitada pelo enchimento (dieta 50) e decresceu quando foi limitada por excesso de produtos metabólicos (dieta 0), onde os principais relacionados segundo Allen (2000), são propionato e acetato.

Podendo influenciar nos mecanismos físicos de regulação de consumo, o tamanho de partículas foi mensurado e indicou que não houve seleção de partículas pelos animais, todavia, observou-se que na dieta 50 (substituição de 50% na inclusão de silagem de grão reidratado de milho por polpa cítrica), maiores quantidades de partículas de 19-8mm foram consumidas, em relação as demais dietas. Segundo, Leonardi e Armentano (2003), dietas com maior proporção de partículas de 1.8 mm influenciam negativamente a atividade mastigatória. Nos resultados desse estudo observou-se quantidades elevadas na dieta sem inclusão de PC, o que auxilia na explicação de outros resultados observados, como por exemplo diminuição do pH nesta dieta.

Zebeli et al. (2006) relata forte correlação entre a quantidade de FDN fisicamente efetivo na dieta com os níveis de pH ruminal, mostrando que os resultados se relacionam fortemente, reforçando a relação entre as características físicas dos alimentos com a mastigação, capacidade tampão da saliva e, conseqüentemente, o controle do pH ruminal. Essa relação pode ser notada nesse estudo ao verificar que as dietas com inclusão de polpa cítrica possibilitaram maiores quantidades de tamanhos de partículas entre 19-8mm quais se relacionam com a quantidade de

fibra fisicamente efetiva na dieta, segundo Lammers, Buckmaster e Heinrichs (1996), e o aumento do pH concomitante.

O aumento na digestibilidade da fibra é relacionado ao ambiente ruminal que se diferencia quando se utiliza de uma fonte energética rica em pectina de uma fonte energética rica em amido (ANTUNES e RODRIGUES, 2006). A polpa cítrica apesar de se classificar, assim como o amido, em carboidrato não fibroso, possui efeitos distintos sobre a fermentação ruminal. Dietas ricas em amido geram aumento de flora aminolíticas e diminuição do pH, devido seu perfil fermentativo apresentar quantidades elevadas de ácido propiônico e lactato, além de provocar menor estímulo a mastigação e, conseqüentemente, diminuição na secreção de saliva, diminuindo a capacidade de tamponamento do líquido ruminal, fatores que combinados levam diminuição do pH. Enquanto dietas com fontes ricas em pectina geram um perfil fermentativo semelhante às dietas ricas em volumoso (carboidratos estruturais ou fibrosos), com maior relação acetato: propionato (POULSEN, JENSEN e ENGBERG, 2012), não produção de ácido láctico nos processos fermentativos e favorecimento da atividade de bactérias celulolíticas, quais são as principais responsáveis pela degradação da porção fibrosa da dieta, quais encontram seu ponto ótimo de atividade com pH entre 6,2 – 6,8 (VAN SOEST, 1994).

Assim, pode-se observar que neste estudo o pH se comportou de forma que justifica tais resultados e evidencia que a inclusão da PC gerou um ambiente mais favorável à degradação da porção fibrosa da dieta. Este resultado está de acordo com o encontrado em outros experimentos qual utilizou-se a polpa cítrica em dietas para cordeiros (GADO et al., 2011).

O consumo alimentar residual, sendo obtido a partir da diferença entre consumo observado e consumo estimado, nos permite estimar uma eficiência da dieta, sendo que um valor mais positivo revela que o animal apresentou consumo observado maior que o predito, sendo assim, menos eficiente, já quando o CAR apresenta valores mais negativos lê-se que o animal aproveitou de melhor forma o alimento com menor quantidade, sendo mais eficiente (PAULA et al., 2013). Assim, a dieta mista possibilitou um CAR mais negativo em relação aos demais.

O aumento do consumo de MS nas dietas com polpa cítrica pode ter aumentado a taxa de passagem e, por conseqüência, aumentar o escape de proteína da degradação ruminal, resultando no aumento de perdas de nitrogênio nas fezes observado. Além disso, as diferenças das taxas de degradação dos alimentos energéticos e proteicos são determinantes para o aproveitamento adequados dos compostos nitrogenados e/ou seu escape (NRC, 1996).

É importante dizer que as concentrações de compostos nitrogenados são diretamente afetadas pelo status energético da bactéria, conforme suas necessidades para crescimento e condições ruminais adequadas, de forma que, em situações em que o balanço de energia e proteína estão adequados na dieta do animal, existem menores perdas de nutrientes (VAN SOEST, 1994).

Os microrganismos ruminais ao fermentarem as fontes proteicas degradáveis no rúmen, liberam aminoácidos (aa's), peptídeos, amônia e esqueleto carbonado, conforme os microrganismos encontram melhores condições para crescimento, utilizam a amônia e o esqueleto carbonado para síntese de novos aminoácidos a partir de enzimas, ou ainda são utilizados de forma separada para síntese de ácidos graxos voláteis no caso do esqueleto de carbono e no caso da amônia para síntese de proteína microbiana (SANTOS, 2006). Todavia, quando essas vias de utilização da amônia, já foram supridas, as quantidades excedentes serão liberadas no líquido ruminal, podendo ser absorvidas pela parede ruminal e sendo convertida em ureia no fígado. A ureia pode ser reciclada na saliva ou retornar ao rúmen e ser convertida novamente em amônia, mas grande parte será excretada na urina (VAN SOEST, 1994).

Essas rotas metabólicas foram acionadas neste estudo, podendo ser observada pelos resultados de aumento nas concentrações de ureia urinária no tratamento com substituição de 100% da SGMR pela PC, denotando que neste tratamento uma desigualdade nas taxas de fermentação de carboidratos e compostos nitrogenados, onde houve excesso de produção de compostos nitrogenados e falta de cadeias carbonadas para síntese de proteína microbiana, sendo o excedente levando a maior perda de ureia pela via urinária. Todavia, na dieta sem inclusão de PC houve reciclagem da ureia, observado pelo aumento no N-NH₃, enquanto que, nos tratamentos com inclusão de PC (substituição de 50 e 100% da SGMR pela PC) pelo aproveitamento da rota de reciclagem da ureia para maior produção de proteína microbiana, devido as características fermentativas mais adequadas nessas dietas para melhor aproveitamento dos compostos nitrogenados para síntese de proteínas microbiana.

Dessa forma, temos as seguintes características, dietas ricas em amido tem rápida degradação e necessitam sincronismo na degradação das fontes nitrogenadas para melhorar a eficiência de utilização do N pelos microrganismos ruminais (KAND et al, 2018). Já a polpa cítrica possui grande parte de seu conteúdo de carboidratos com rápida fermentação, representados pela pectina, mas possui quantidades importantes de carboidratos de lenta fermentação, capturados na porção de FDN.

Portanto, para que a fonte proteica seja utilizada de melhor forma, minimizando perdas, é necessário que seja fornecido quantidades regulares de proteínas com frações de rápida e lenta

degradação para sincronismo entre as taxas de fermentações dos diferentes carboidratos, possibilitando menores perdas de compostos nitrogenados na urina, como ocorrido no tratamento 100 (maior inclusão de polpa cítrica).

Ainda, vale ressaltar que a pectina é extensamente solúvel e quase 100% degradável no rúmen, enquanto o amido não (VAN SOEST, 1994), assim, quanto mais as dietas fornecerem carboidratos degradáveis no rúmen, mais substrato energético é disponível para o crescimento dos microrganismos e síntese de proteína microbiana, dessa forma, essas singularidades podem justificar os valores de maior N microbiano e PB microbiana nos tratamentos com polpa cítrica, revelando que nestes tratamentos, as taxas de degradação energética e proteica possibilitaram maior eficiência na síntese de proteína microbiana pelas bactérias.

A concentração de N-NH₃ verificada nesta pesquisa, quando relacionada com a PB-microbiana e N-microbiana, que teve maiores valores para as dietas com inclusão de PC, sugerem que os microrganismos ruminais utilizaram a amônia para síntese de proteína microbiana de melhor forma que o tratamento controle. Também pode-se verificar que houve maior digestibilidade da proteína bruta na dieta controle e maior liberação de amônia no ambiente ruminal. Outro fator que interfere na concentração de amônia no ambiente ruminal é o pH, segundo SANTOS (2006), reduções no pH diminuem a absorção de amônia pela parede ruminal, já a elevação do pH aumenta a absorção de amônia, aumentando por consequência sua metabolização no fígado em ureia e sua excreção na urina.

É importante recordar que as concentrações de compostos nitrogenados são diretamente afetadas pelo *status* energético da bactéria, conforme suas necessidades para crescimento e condições ruminais adequadas, de forma que, em situações em que o balanço de energia e proteína estão adequados na dieta do animal, existem menores perdas de nutrientes. Os microrganismos ao fermentarem as proteínas da dieta, liberam amônia, esqueleto carbonado e aminoácidos, conforme os microrganismos encontram melhores condições para crescimento, os mesmos utilizam a amônia e o esqueleto carbonado para síntese de novos aminoácidos a partir de enzimas, ou ainda são utilizados de forma separada para síntese de ácidos graxos voláteis no caso do esqueleto de carbono e no caso da amônia para síntese de proteína microbiana. Todavia, quando essas vias de utilização da amônia, já foram supridas, as quantidades excedentes serão liberadas no líquido ruminal, podendo ser absorvidas pela parede ruminal e sendo convertida em ureia no fígado. A ureia pode ser reciclada na saliva ou retornar ao rúmen e ser convertida novamente em amônia, mas grande parte será excretada na urina (SANTOS, 2006).

5. CONCLUSÃO

A inclusão de polpa cítrica peletizada na dieta de ovinos em substituição à silagem de grão de milho reconstituído melhora as condições ruminais e a síntese de proteína microbiana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, volume 83, issue 7, pages 1598-1624, 2000. 10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2

ANTUNES, R.C.; RODRIGUES, N.M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de Ruminantes**. Ed. Unesp, Jaboticabal: Funep, 2006, 583p. ISBN: 9788578050689

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC International, 2000. **Official Method of Analysis**, 17th ed. AOAC Int., Arlington, VA.

BAMPIDIS, V.A.; ROBINSON, P.H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 128, Issues 3–4, 2006, Pages 175-217. 10.1016/j.anifeedsci.2005.12.002

BUENO, M.S.; FERRARI, E.; BIANCHINI, D.; LEINZ, F.F.; RODRIGUES, C.F.C. Effect of replacing corn with dehydrated citrus pulp in diets of growing kids. **Small Ruminant Research**, Volume 46, Issues 2–3, 2002, Pages 179-185. 10.1016/S0921-4488(02)00184-0

CAPARRA, P.; FOTI, F.; SCERRA, M.; SINATRA, M.C.; SCERRA, V. Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, Volume 68, Issue 3, 2007, Pages 303-311. 10.1016/j.smallrumres.2005.11.015

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. **Rowett Research Institute**, volume 1, issue 1, pages 1-21, 1992.

GADO, H.M.; SALEM, A.Z.M; ODONGO, N.E.; BORHAMI, B.E. Influence of exogenous enzymes ensiled with orange pulp on digestion and growth performance in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 165, Issues 1–2, 2011, Pages 131-136. 10.1016/j.anifeedsci.2011.02.016

GRAVADOR, R.S.; JONGBERG, S.; ANDERSEN, M.L.; LUCIANO, G.; PRIOLO, A.; LUND, M.N. Dietary citrus pulp improves protein stability in lamb meat stored under aerobic conditions. **Meat Science**, Volume 97, Issue 2, 2014, Pages 231-236. 10.1016/j.meatsci.2014.01.016

HAO, X.Y.; XIN, H.S.; GAO, H.; ZHANG, X.Y.; LIN, C.; XU, W.B.; WANG, Y.Z.; ZHANG, Y.G. Relationship between the physical parameters, chemical compositions and rumen degradation kinetics parameters of certain feedstuffs for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 211, 2016, Pages 84-91. 10.1016/j.anifeedsci.2015.11.009

- HENDRIX, D.L. Rapid Extraction and Analysis of Nonstructural Carbohydrates in Plant Tissues. *Crop Physiology e Metabolism*. Volume 33, Issue 6, 1993, pages 1306-1311. 10.2135/cropsci1993.0011183X003300060037x
- KAND, D.; RAHARJO, B.; CASTRO-MONTOYA, J.; DICKHOEFER, U. The effects of rumen nitrogen balance on in vitro rumen fermentation and microbial protein synthesis vary with dietary carbohydrate and nitrogen sources. **Animal Feed Science and Technology**, Volume 241, 2018, Pages 184-197. 10.1016/j.anifeedsci.2018.05.005
- KOCH, R.M.; SWINGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of Feed Use in Beef Cattle. **Journal of Animal Science**, Volume 22, Issue 2, 1963, Pages 486–494, 1963. 10.2527/jas1963.222486x
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2 ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2009, 214p. ISBN 978-85-7391-090-2
- KOZLOSKI, G.V.; TREVISAN, L.M.; BONNECARRERE, L.M.; HARTER, C.J.; FIORENTINI, G.; GALVANI, D.B.; PIRES, C.C. Levels of neutral detergent fiber in lambs diets: intake, digestibility and ruminal fermentation. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** volume 58 issue 5, 2006. 10.1590/S0102-09352006000500027
- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, volume 79, issue 5, pages 922-928, 1996. 10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1
- LEONARDI, C.; ARMENTANO, L.E. Effect of quantity, quality, and length of alfafa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal Dairy Science**, Lancaster, volume 86, issue 2, p.557-564, 2003.
- MERTENS, D.R.; Regulation of forage intake. In: FAHEY, J.R.; G.C. et al. (Eds.) **Forage quality, evaluation and utilization**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pages 450-493. 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NRC, 1996. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7ed: Washington, National Academy Press, 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NRC, 2007. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. National Academy of Sciences, New York, US.
- NEGRO, V.; RUGGERI, B.; FINO, D.; TONINI, D. Life cycle assessment of orange peel waste management. **Resources, Conservation and Recycling**, volume 127, 2017, Pages 148-158. 10.1016/j.resconrec.2017.08.014
- ORTOLANI, E. L. Considerações técnicas sobre o uso da sonda esofágica na colheita do suco de rúmen de bovinos para mensuração do pH. **Arquivos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, volume 33, issue 2, pages 269-275, 1981.
- PAULA, E.F.E.; MONTEIRO, A.L.G.; SOUZA, D.F.; PRADO, O.R.; NOMURA, T.M.; STIVARI, T.S.S.; SILVA, C.J.A.; SANTANA, M.H.A. The residual feed intake and its relationship with performance and efficiency measures and in vivo carcass characteristics of lambs. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.**, volume 65, issue 2, pages 566-572, 2013.
- PIQUER, O.; RODENAS, L.; CASADO, C.; BLAS, E.; PASCUAL, J.J. Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the evolution of ruminal

- parameters. **Small Ruminant Research**, Volume 83, Issues 1–3, 2009, Pages 14-21. 10.1016/j.smallrumres.2008.11.009
- POULSEN, M.; JENSEN, B.B.; ENGBERG, R.M. The effect of pectin, corn and wheat starch, inulin and pH on in vitro production of methane, short chain fatty acids and on the microbial community composition in rumen fluid. **Anaerobe**, Volume 18, Issue 1, 2012, Pages 83-90. 10.1016/j.anaerobe.2011.12.009
- ROTH, G.; UNDERSANDER, D. (1995). **Corn silage production, management and feeding**. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, Madison. ISBN 0891181245
- SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de Ruminantes**. Ed. Unesp, Jaboticabal: Funep, 2006, 583p. ISBN: 9788578050689
- SANTOS, G.T.; LIMA, L.S.; SCHOGOR, A.L.B.; ROMERO, J.V.; MARCHI, F.E.; GRANDE, P.A.; SANTOS, N.W.; SANTOS, F.S.; KAZAMA, R. Citrus Pulp as a Dietary Source of Antioxidants for Lactating Holstein Cows Fed Highly Polyunsaturated Fatty Acid Diets. **Asian-Australas Journal of Animal Sciences**, 2014, volume 27, issue 8, pages: 1104–1113. 10.5713/ajas.2013.13836
- SILVA, J.F.C. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de Ruminantes**. Ed. Unesp, Jaboticabal: Funep, 2006, 583p. ISBN: 9788578050689
- TAYENGWA, T.; CHIKWANHA, O.C.; DUGA, M.E.R.; MUTSVANGWA, T.; MAPIYE, C. Influence of feeding fruit by-products as alternative dietary fibre sources to wheat bran on beef production and quality of Angus steers. **Meat Science**, Volume 161, 2020. 10.1016/j.meatsci.2019.107969
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2ed. London, Constock Publishing Associates, USA, 1994. 476p.
- ZEBELI, Q.; TAJAJ, M.; STEINGASS, H.; METZLER, B.; DROCHNER, W. Effects of Physically Effective Fiber on Digestive Processes and Milk Fat Content in Early Lactating Dairy Cows Fed Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**, volume 89, pages 651-668, 2006. 10.3168/jds.S0022-0302(06)72129-4
- ZEMA, D.A.; CALABRO, P.S.; FOLINO, A.; TAMBURINO, V.; ZAPPIA, G.; ZIMBONE, S.M. Valorisation of citrus processing waste: A review. **Waste Management**, Volume 80, 2018, Pages 252-273. 10.1016/j.wasman.2018.09.024