



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

**SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE
MILHO POR POLPA CÍTRICA PELETIZADA EM
DIETAS PARA OVINOS**

MURILLO MATIAS LIMA

Dourados - MS

Março - 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

**SUBSTITUIÇÃO DE SILAGEM DE GRÃOS ÚMIDOS DE
MILHO POR POLPA CÍTRICA PELETIZADA EM
DIETAS PARA OVINOS**

Acadêmico (a): Murillo Matias Lima
Orientador (a): Prof. Dr. Euclides Reuter de Oliveira
Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Lucas Terra Peixoto

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias da Universidade Federal da
Grande Dourados, como parte das
exigências para obtenção do grau de
bacharel em Zootecnia

Dourados – MS

Março – 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L732s Lima, Murillo Matias
Substituição de silagem de grãos úmidos de milho por polpa cítrica peletizada em dietas para ovinos. [recurso eletrônico] / Murillo Matias Lima. -- 2022.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Euclides Reuter de Oliveira.
Coorientador: Eduardo Lucas Terra Peixoto.
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. digestibilidade. 2. subproduto. 3. pectina. I. Oliveira, Euclides Reuter De. II. Peixoto, Eduardo Lucas Terra. III. Título.

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.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Substituição de silagem de grãos úmidos de milho por polpa cítrica peletizada em dietas para ovinos

AUTOR: Murillo Matias Lima

ORIENTADOR: Prof. Dr. Euclides Reuter de Oliveira

COORIENTADOR: Prof. Dr. Eduardo Lucas Terra Peixoto

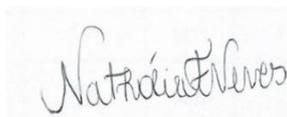
Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.



Prof. Dr. Euclides Reuter de Oliveira
(Orientador)



Prof. Dr. Eduardo Lucas Terra Peixoto



Me. Nathálie Ferreira Neves

Data de realização: 18 de maio de 2022.

Prof. Dr Rodrigo Garofallo Garcia
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

A minha esposa Fernanda, e filhos Kauan e Júlia.

Dedico.

Agradecimentos

À Deus primeiramente pela saúde, e pela perseverança para lutar em busca da realização de meus sonhos. Reconhecendo em todo meu percurso, com sua mão grandiosa, me iluminando e guardando em todo caminho percorrido.

À minha família, em especial a minha mãe Marinalva pelo amor, carinho, a minha esposa Fernanda pelo amor carinho, ajuda a todo momento e por sonhar junto comigo aos filhos Kauan e Júlia pelo amor, carinho, coragem, de onde vem minha foça de lutar a todo momento, aos meus tios Rosa e David pela ajuda, força e compreensão

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), por ter concedido a realização deste curso. A PROAE, por conceder bolsas desde o início do curso, ao PIBIC UFGD e CNPQ pela concessão de bolsa de iniciação científica.

A meu orientador Prof. Dr. Euclides Reuter de Oliveira e o Co-orientador Prof. Dr Jefferson Rodrigues Gandra pelos muitos ensinamentos, aprendizado, amizade, conselhos, compreensão pela atenção prestada desde o início do curso. Agradeço pelo trabalho dedicado não somente a mim, mas a todos os seus alunos.

A todos professores que tive ao longo da academia, responsáveis por grande parte do meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional e por serem inspiração como profissionais.

Aos amigos e colegas que me ajudaram de alguma forma no decorrer do curso.

Muito obrigado!

Sumário

Resumo -----	1
Abstract -----	2
1 Introdução -----	3
2 Revisão de literatura -----	4
2.1 Polpa cítrica: Processamento, composição química e uso na nutrição de ruminantes-----	4
2.2 Carboidratos não estruturais-----	7
2.3 Considerações na redução do amido em mistura total para ruminantes -----	10
3 Material e Métodos -----	13
4 Resultados e Discussão-----	20
5 Conclusões -----	30
Referências -----	31

Lista de tabelas

Tab. 1 Composição das misturas totais experimentadas fornecidas aos ovinos.....	15
Tab. 2 Composição químico-bromatológica dos ingredientes alimentares durante período experimental e desvio padrão.....	16
Tab. 3 Efeito dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na mistura total de ovinos sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes.....	21
Tab. 4 Índice de separação de partículas por peneiras, conforme a mistura e respectivas sobras.....	23
Tab. 5 Efeito dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na mistura de cordeiros sobre os compostos nitrogenados e síntese de proteína.....	25

Resumo

LIMA, M. M.: **Substituição de silagem de grãos úmidos de milho por polpa cítrica peletizada em dietas para ovinos.** 2022. 29p Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a inclusão da polpa cítrica peletizada (PCP) como fonte energética com potencial para substituição da silagem de grãos úmidos de milho (SGUM) em mistura total na alimentação de ovinos. O experimento foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados, no departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias, foram utilizados 12 ovinos machos não castrados sem raça definida (SRD). Os tratamentos avaliados foram 1) mistura total 0: tendo como principal fonte energética da SGUM, 2) mistura total 50: substituindo em 50% SGUM e 3) mistura total 100: substituindo em 100% a SGUM. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, para determinar digestibilidade da MS e nutrientes, consumo, balanço de nitrogênio, fermentação ruminal, e síntese de proteína microbiana. A silagem de grãos úmidos de milho, por polpa cítrica peletizada, ocasionou efeito quadrático ($p < 0,05$) no consumo de matéria seca, 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 SGUM (mistura total 100 com 54% de PCP na MS 1,28kg/dia). O coeficiente de digestibilidade do FDN aumentou de forma linear com a inclusão de polpa cítrica peletizada. Os tratamentos não ocasionaram diferença no N-consumido. A eficiência na síntese de proteína microbiana foi maior para as misturas contendo a PCP, observada pelo aumento linear do N-microbiano e PB-microbiana (74,44 g/dia de proteína microbiana na mistura total controle, para 98,17 g/dia na mistura total com 27% de PCP na MS e para 105,33 g/dia na mistura total com 54% de PCP na MS). Pode-se observar ainda o aumento linear do pH ruminal (5,72; 5,92 e 6,32) à medida que se aumento a substituição da SGUM pela PCP. Concluiu-se que o subproduto pode ser utilizado em associação ou substituição SGUM na mistura total de ovinos. Entretanto o melhor nível de substituição foi o tratamento com 50% de substituição de silagem de grão úmido de milho pela polpa cítrica peletizada possibilitando o consumo de matéria seca (MS) eficiente.

Palavras chaves: digestibilidade, subproduto, pectina

Abstract

LIMA, M. M.: **Replacement of silage of moist corn grains by citrus pulp pellets in diets for sheep.** 2022. 29p Completion of course work (undergraduate) – Faculty of Agrarian Sciences, Federal University of Grande Dourados.

The objective of this work was to evaluate the inclusion of pelleted citrus pulp (PCP) as an energy source with potential to replace wet corn grain silage (SGUM) in total mixture in sheep feeding. The experiment was carried out at the Federal University of Grande Dourados, in the Animal Science Department of the Faculty of Agrarian Sciences, 12 uncastrated male sheep without defined breed (SRD) were used. The treatments evaluated were 1) total mixture 0: having SGUM as the main energy source, 2) total mixture 50: substituting 50% SGUM and 3) total mixture 100: replacing 100% SGUM. Animals were housed in metabolic cages to determine DM and nutrient digestibility, intake, nitrogen balance, rumen fermentation, and microbial protein synthesis. The silage of wet corn grains, by pelleted citrus pulp, caused a quadratic effect ($p < 0.05$) in the dry matter intake, observing an increase in intake when the DM level 27% was included (1.37 kg/day of DM in the control treatment to 1.41kg/day) and showing a decrease in the level of total replacement of SGUM (total mixture 100 with 54% of PCP in DM 1.28kg/day). The NDF digestibility coefficient increased linearly with the inclusion of pelleted citrus pulp. The treatments did not cause difference in N-consumed. The efficiency in the synthesis of microbial protein was higher for the mixtures containing PCP, observed by the linear increase of N-microbial and PB-microbial (74.44 g/day of microbial protein in the total control mixture, to 98.17 g/day in the total mixture with 27% PCP in MS and to 105.33 g/day in the total mixture with 54% PCP in MS). A linear increase in ruminal pH (5.72, 5.92 and 6.32) can also be observed as the substitution of SGUM for PCP increases. It was concluded that the by-product can be used in association or substitution of SGUM in the total mixture of sheep. However, the best level of replacement was the treatment with 50% replacement of wet corn silage by pelleted citrus pulp, enabling efficient dry matter (DM) consumption.

Keywords: digestibility, by-product, pectina

1. Introdução

A busca de subprodutos na alimentação de ruminantes vem ganhando destaque há uma preocupação em relação à utilização de alimentos na dieta de animais que são também utilizados na alimentação humana., dessa forma, trabalhos vêm sendo realizados por pesquisadores da área na busca por fontes de alimentos alternativos os subprodutos, para substituição principalmente do milho e da soja. Neste contexto, o uso de subprodutos gerados pelas indústrias alimentícias são alvos de pesquisas, incluindo a polpa cítrica, subproduto da indústria alimentícia de produção de suco de laranja qual tem sido estudada como fonte de energética na alimentação de ruminantes.

O uso de subprodutos na nutrição animal é relevante sob vários aspectos, desde de questões ambientais 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 subprodutos industriais produzidos, possibilita ainda diminuição de custos com alimentação dos animais, devido aumento dos preços dos grãos e cereais nos últimos anos quais são os principais ingredientes do concentrado da mistura total e a parcela mais onerosa na produção animal.

A polpa cítrica peletizada apresenta alto teor de pectina, 223g/kg de MS (BAMPIDIS e ROBINSON, 2006), 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 subproduto 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 mistura total e ocasiona uma relação acetato: propionato maior (VAN SOEST, 1982; FEGEROS et al., 1995).

O milho, tanto nas variações de grão in natura quanto ensilado ou reidratado, é o cereal mais utilizado na alimentação animal como fonte energética, devido seu alto teor de amido. Todavia na mistura total de ruminantes, seu uso pode tornar a produção onerosa em períodos de baixa oferta e altas dos preços.

Desta forma, objetivou-se avaliar níveis de substituição da silagem de grão úmido de milho por polpa cítrica peletizada na mistura total de ovinos na digestibilidade da matéria seca (MS) e nutrientes, consumo, balanço de nitrogênio, fermentação ruminal, e síntese de proteína microbiana.

2. Revisão de literatura

2.1 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, sendo os estados de São Paulo e Minas Gerais os responsáveis por a maior parcela, a safra 21/22 estima aproximadamente 264,14 milhões de caixas de 40,8 kg (FUNDECITRUS, 2022). A produção de frutas cítricas tem aumentado ano a ano devido a demanda efetiva, sendo também observado aumento na produção na região Centro oeste e Sul do país, fora dos grandes centros de produções. Todavia, as indústrias cítricas geram enormes quantidades de resíduos, sendo estimados números acima de 40 milhões de toneladas ao ano em todo mundo, cerca de 50% da massa total da fruta.

A polpa cítrica e os resíduos produzidos pelas indústrias de cítricos, possuem pH ácido de 3 a 4 e uma alta matéria orgânica cerca de (95% de sólidos totais) com elevado potencial fermentativo, o que torna seu descarte direto, proibido, devido ao impacto ambiental que ocasionaria a flora microbiana do solo, corpos d'água e ao ar (SATARI e KARIMI, 2018, ZEMA et al., 2018).

As indústrias de processamentos de cítricos geram 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 aterro ou incineração, 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 qualidade e composição conforme a técnica usada na extração do suco, mas no geral, a polpa cítrica constitui cerca de 50 a 70% da fruta, composta por aproximadamente 10% de sementes, 30 a 35% tecidos internos e 60 a 65% de casca, isso pode variar conforme as espécies cítricas 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 hidróxido de cálcio (cal) ou óxido para neutralização dos ácidos livres, e à medida que o material moído é 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 polpa, liberando água e levando a correção do pH para 6,4 a 6,9 (ZEMA et al., 2018b).

Depois destes processos de extração e neutralização, a polpa cítrica passa por secagem, finalizando o processo com umidade próxima a 14% para ser então encaminhada a unidade de peletização, onde objetiva-se reduzir ainda mais umidade à aproximadamente 8%, e aumentasse a densidade e o volume, 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 polpa cítrica é considerada um subproduto com alto potencial para uso na nutrição animal, pois é rica em fibra alimentar (celulose e pectina), açúcares (glicose, frutose e sacarose), flavonóides (herperidina), 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 polpa 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, 2022). Apesar de haver baixa oferta entre janeiro a abril, os meses em que há boa oferta deste subproduto 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 subprodutos mais difundidos e é usada principalmente na alimentação de ruminantes, de grande importância que existam cada vez mais pesquisas referentes à sua inclusão na mistura total 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 subproduto 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 na qualidade da carcaça dos animais e no desempenho no nível de 30% de inclusão. Ainda, verificaram maior viabilidade econômica, devido uma 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, sejam esses parcial ou total, se atentando principalmente na viabilidade econômica da inclusão deste na mistura total, são de suma importância para os produtores de forma em geral. O fator econômico é um dos principais pontos a favor da inclusão de subprodutos na alimentação animal, quando aliados a segurança, aceitação, saúde e metabolismo animal, refletindo a bons índices zootécnicos.

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 (GMD) 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 antinutricionais”, 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 polpa cítrica peletizada, processo capaz de inativar alguns compostos devido à alta temperatura empregada (MAKKAR e SINGH, 1991), sendo a maioria das informações comparadas com concentração dos compostos provenientes de outros resíduos sem nenhum tratamento ou distintos ao processo peletização.

2.2 Carboidratos não estruturais

Os carboidratos não estruturais (CNE) são assim classificados por encontrarem-se no conteúdo celular e serem fontes de reserva para planta ou de energia, 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, classificada como 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, trevo e alfafa. Tem como característica importante uma 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 mistura total, estratégica 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, 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).

O alto teor de amido na mistura total 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 misturas 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 úmido 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, levando a prejuízo 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).

2.3 Considerações na redução do amido em mistura total para ruminantes

O amido é uma importante fonte de energia em mistura total para animais de alta exigência energética, como exemplos, vacas em lactação, ou bovinos e ovinos em fase de engorda (terminação), o milho é o grão mais utilizado devido sua alta concentração de amido, para exigência energética. No entanto, com alta demanda e os custos elevado dos grãos, levaram os produtores e pesquisadores buscarem alternativas para redução do teor de amido na mistura total.

A substituição do milho na mistura total para ruminantes ocorre principalmente por outras fontes de carboidratos não fibrosos, tais como a polpa cítrica, ração com glúten de milho, casca de soja ou farelo de trigo, ou fontes de conservações de forragens como silagem de milho, feno ou silagem de cevada.

Gencoglu et al. (2010), avaliaram uma dieta em vacas leiteiras com baixo amido no formulado em substituição parcial de grão de milho por casca de soja, em comparação a uma dieta com teor normal de amido, os resultados foram que houve 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.

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.

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 relação ao 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 melhora 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 ou mistura total 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 relações 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 e (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, 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.

3. Material e Métodos

Animais, alojamento e tratamento

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 ovinos machos não castrados sem raça definida (SRD), (com peso corporal inicial $44,25 \pm 8$ kg, e $7 \pm 0,5$ meses de idade). Os tratamentos avaliados foram 1) mistura total 0: tendo como principal fonte energética da silagem de grãos úmidos de milho (SGUM), 2) mistura total 50: substituindo em 50% (SGUM) e 3) mistura total 100: substituindo em 100% a (SGUM).

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

Os ovinos foram alojados em gaiolas metabólicas e alimentados com mistura total duas vezes ao dia, o primeiro fornecimento às 07h00 e o segundo às 14h00. As sobras foram coletadas diariamente para ajuste do consumo mediante a pesagem, visando uma quantidade de sobras de 20%. Nos dias de amostragem as sobras da mistura total, foram coletadas para classificação de tamanhos de partículas através o separador de partículas Penn State Particle Size Separator e para análises químicas posteriormente.

Composição químico-bromatológica dos alimentos

Os alimentos fornecidos e as sobras foram coletados a cada período de coleta do experimento, acondicionadas em embalagens plástica transparente, pesadas, identificadas e posteriormente alocadas em bandejas de alumínio para a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas. As amostras pré-secadas foram moídas em moinho estacionário com peneira de malha de 1 mm e, em seguida, acondicionadas novamente em embalagens plásticas e identificados para as análises de composição química do alimento como: matéria seca (MS, # 934.01), cinzas (MM/CZ; #924.05; AOAC, 1990), matéria orgânica (100-MM), a 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 $\% \text{NDT} = 87,84 - (0,70 \times \text{FDA})$, segundo Roth e Undersander (1995). (Tabela 2)

Tabela 1: Composição das misturas totais experimentadas fornecidas aos ovinos

Ingredientes(% MS)	Mistura sem inclusão de polpa cítrica peletizada	Mistura 50% substituição da SGUM por polpa cítrica peletizada	Mistura 100% substituição da SGUM por polpa cítrica peletizada
Feno <i>Cynodon spp.</i>	20,00	20,00	20,00
Silagem de grão úmido de milho ¹	54,00	27,00	0,00
Polpa cítrica peletizada	0,00	27,00	54,00
Mistura proteica mineral ²	26,00	26,00	26,00
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	352,30	291,50
Lignina	38,20	53,00	70,60
Nutrientes digestíveis totais ³	793,00	746,60	692,30

¹Silagem de grão úmido de milho: 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);² Composição 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 x FDA), conforme 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 úmido milho ¹	Polpa cítrica peletizada	Mistura proteica 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 úmido de milho: 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 proteicamineral: 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.

Consumo e digestibilidade da matéria seca e nutrientes

Para a avaliação do consumo, as sobras, foram pesadas diariamente e ajustado o fornecimento para um consumo ad libitum, sendo calculadas uma taxa de sobras de 20%. Foram analisados o consumo de MS, PB, FDN e amido. Na avaliação da digestibilidade do amido, amostras de fezes foram coletadas nos dias 15, 16 e 17 de cada período experimental, quatro horas após o primeiro fornecimento da mistura total 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 pela 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 (CMSest) e o consumo observado (CMSobs), conforme proposto por Koch et al. (1963).

O CMSobs foi obtido pela média da subtração da quantidade de alimento diário fornecida pela quantidade de sobras (ajustados na MS). Já o CMSest foi calculado a 3% do peso metabólico (Peso vivo 0,75). Amostras da mistura total 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 Peneira 1, Peneira 2, Peneira 3 e Peneira 4 (fundo), onde na Peneira 1 eram retidas partículas maiores que 19 mm; Peneira 2 eram retidas partículas entre 19 à 8 mm; Peneira 3 partículas entre 8 à 1,8 mm e Peneira 4 (fundo) onde as partículas retidas eram 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 pelos animais.

Síntese de proteína microbiana e balanço de nitrogênio

Nos 3 primeiros dias do período de coletas foi realizada coleta total de urina para quantificação do volume urinário via gaiola metabólica com design de fundo especial em funil e esteira de separação que permitia a coleta de urina e fezes. Foi 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: $Y = 0,84X + (0,150 BW^{0,75} - 0,25X)$, em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados da purina urinária e $0,150 BW^{0,75} - 0,25X$ 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 purina; 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 mistura total, 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.

A 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: $N_{\text{absorvido}} = N_{\text{consumido}} - (N_{\text{fezes}})$; $N_{\text{retido}} = N_{\text{consumido}} - (N_{\text{fezes}} + N_{\text{urina}})$.

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-NH₃. 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.

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

4. Resultados e Discussão

Houve diferença entre os tratamentos sobre o consumo de matéria seca (MS) ($P=0,04$) e matéria orgânica (MO) ($P < 0,01$). As médias ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, caracterizado por maior consumo de MS na mistura com 50% (1.41kg/dia) de inclusão da polpa cítrica peletizada (PCP) e o menor CMS sendo observado na mistura total com 100% (1.28 kg/dia). A inclusão de PCP na mistura total teve ainda efeito sobre o consumo de FDN e amido, observando aumento linear para porção de FDN de 0.474kg/dia no tratamento controle, para 0.574 e 0.638 kg/dia para os níveis de 50% e 100% de substituição. A diminuição linear do amido com a inclusão da PC, conseqüentemente à diminuição da SGUM. O consumo de PB e EE não houve diferença significativa nos tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3: Efeito dos níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada na mistura total de ovinos sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes

Item	Níveis de inclusão da polpa cítrica peletizada 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 peletizada: 0 principal fonte energética silagem de grão úmido de milho, sem adição de polpa cítrica peletizada; 50: inclusão de 27% de polpa cítrica na MS total da mistura total, substituindo em 50% a silagem de grão úmido de milho (SGUM) e 100: mistura total com inclusão de 54% de polpa cítrica na MS total da mistura total, substituindo em 100% a SGUM. 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 mistura com 27% de inclusão da PCP na MS apresentou maior valor negativo. A digestibilidade da MS, MO e PB diminuiu linearmente com a substituição do amido por polpa cítrica ($p < 0,0001$). A digestibilidade do EE não foi alterada entre as misturas.

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 misturas e sobras (Tabela 4).

Para análise da mistura oferecida, verificou-se maiores quantidades de partículas de tamanho entre 19-8mm nas misturas com inclusão de polpa cítrica em relação a mistura controle e maiores quantidades de partículas de tamanho inferior a 1,8mm na mistura sem inclusão de PCP. Já nas sobras, observou-se maior quantidade de partículas de tamanho entre 19-8mm e também de 8-1,8mm na mistura sem inclusão da PCP e mistura com 100% de substituição da SGUM pela PCP, em relação a mistura com substituição de 50%. A seleção exercida pelos animais não foi suficiente para causar efeito.

Tabela 4: Índice de separação de partículas por peneiras, conforme a mistura e respectivas sobras

Item	Níveis de inclusão da polpa cítrica ¹			EPM	Valor de P	
	0	50	100		Linear	Quad
<i>Separador de partículas (mistura total %)</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, semadição de polpa cítrica peletizada; 50: inclusão de 30% de polpa cítrica na MS total da mistura total, substituindo em 50% a silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) e 100: com inclusão de 57% de polpa cítrica na MS total da mistura total, 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 tamanhode 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 misturas 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 misturas com o subproduto. Além de influenciar na perda de ureia na urina, onde verificou-se maior concentração na mistura com maior nível de inclusão (Tabela 5).

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

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- microbiana	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 mistura total, substituindo em 50% a silagem de grão de milho reconstituído (SGMR) e 100: com inclusão de 57% de polpa cítrica na MS total da mistura total, 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 PCP na mistura ($p=0,006$). As misturas influenciaram as concentrações de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), observando-se maiores concentrações na mistura controle.

O consumo de MS é influenciado por muitos fatores, tais como mecanismos fisiológicos, quais se relacionam com os níveis nutricionais das misturas, 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 misturas para pequenos ruminantes com polpa cítrica peletizada à alta capacidade de retenção de água do pellet (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 mistura, 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 mistura com maior concentração de FDN (mistura com inclusão de 100% de PCP) apresentou menor consumo de MS, porém, apresentou maior digestibilidade do FDN. Por outro lado, a mistura sem inclusão de polpa cítrica peletizada e maior concentração de CNF também teve menor consumo, quando comparado a mistura 50 (nível de inclusão de PCP 50), podendo neste caso o mecanismo regulador de consumo ter sido o nível energético da mistura. Assim pode-se prever, que a resposta quadrática observada no CMS, ocorreu, pois, o consumo aumentou até que não fosse limitada pelo enchimento (mistura 50) e decresceu quando foi limitada por excesso de produtos metabólicos (mistura controle), 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 mistura 50 (substituição de 50% na inclusão de silagem de grão úmido de milho por polpa cítrica), maiores quantidades de partículas de 19-8mm foram consumidas, em relação as demais mistura.

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 mistura sem inclusão de PCP, o que auxilia na explicação de outros resultados observados, como por exemplo diminuição do pH nesta mistura total. Zebeli et al. (2006) relata forte correlação entre a quantidade de FDN fisicamente efetivo na mistura 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 mistura 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 mistura, 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. Misturas 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 misturas com fontes ricas em pectina geram um perfil fermentativo semelhante às misturas 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 PCP gerou um ambiente mais favorável à degradação da porção fibrosa da mistura total. 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 mistura, 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 mistura 50 possibilitou um CAR mais negativo em relação aos demais. O aumento do consumo de MS nas misturas com polpa cítrica pode ter aumentado a taxa de passagem e, por consequência, 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 SGUM pela PCP, 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 mistura sem inclusão de PCP houve reciclagem da ureia, e devido à natureza química da SGUM apresentar maior nível de PB em comparação à PCP, foi observado aumento no N-NH₃, enquanto que, nos tratamentos com inclusão de PCP (substituição de 50 e 100%) houve aproveitamento da rota de reciclagem da ureia para maior produção de proteína microbiana, devido as características fermentativas mais adequadas nessas misturas para melhor aproveitamento dos compostos nitrogenados para síntese de proteínas microbiana. Dessa forma, temos as seguintes características, misturas 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 misturas 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 PBmicrobiana e N-microbiana, que teve maiores valores para as misturas 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 mistura 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 mistura do animal, existem menores perdas de nutrientes. Os microrganismos ao fermentarem as proteínas da mistura, 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. Conclusões

A polpa cítrica peletizada pode ser utilizada em associação ou substituição a silagem de grão úmido de milho na mistura total de ovinos melhorando as condições ruminais e síntese de proteína. Entretanto o melhor nível de substituição foi o tratamento com 50% de substituição de silagem de grão úmido de milho pela polpa cítrica peletizada possibilitando o consumo de matéria seca (MS) eficiente.

Referências

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 OFFICAL 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

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.

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.

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.

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

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

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

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

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

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.anifeedsci.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. Ruminal degradability of corn forages depending on the processing method employed. **Animal Research**, Volume 54, issue 1, (2005), pages 3-15. 10.1051/animres:2004041

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

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>

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

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

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

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

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.

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

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

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 Ruminant 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.; RENNÓ, 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

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

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

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

RAHIMI, A.; NASERIAN, A.A.; VALIZADEH, R.; TAHMASEBI, A.M.; DEGHANI, 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.anifeeds.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 amyolytic 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

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. (1995). **Corn silage production, management and feeding**. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, Madison. ISBN 0891181245

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, 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

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

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.

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.

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.; 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