



PEDRO HENRIQUE CAVALCANTE RIBEIRO

NÍVEIS DE AMIDO NA DIETA DE CABRAS EM LACTAÇÃO

**LAVRAS – MG
2023**

PEDRO HENRIQUE CAVALCANTE RIBEIRO

NÍVEIS DE AMIDO NA DIETA DE CABRAS EM LACTAÇÃO

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

DSc. Rafael Fernandes Leite

Orientador

DSc. Erick Darlisson Batista

Co-orientador

LAVRAS – MG

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ribeiro, Pedro Henrique Cavalcante.

Níveis de amido na dieta de cabras em lactação / Pedro
Henrique Cavalcante Ribeiro. - 2023.

64 p.

Orientador(a): Rafael Fernandes Leite.

Coorientador(a): Erick Darlisson Batista.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Nutrição de ruminantes. 2. Cabras leiteiras. 3. Amido e
carboidratos. I. Leite, Rafael Fernandes. II. Batista, Erick Darlisson.
III. Título.

PEDRO HENRIQUE CAVALCANTE RIBEIRO

NÍVEIS DE AMIDO NA DIETA DE CABRAS EM LACTAÇÃO

STARCH LEVELS IN THE DIET OF LACTATING GOATS

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 01 de março de 2023.

Prof. DSc. Rafael Fernandes Leite, UFSJ

Prof. DSc. Erick Darlisson Batista, UFLA

Profa. DSc. Marina de Arruda Camargo Danes, UFLA

Profa. DSc. Stela Antas Urbano, UFRN

DSc. Rafael Fernandes Leite

Orientador

DSc. Erick Darlisson Batista

Co-orientador

**LAVRAS – MG
2023**

À Maria Marta Silva Cavalcante pela importância que sempre terá em minha construção e desenvolvimento.

Por ser mãe, amiga e ouvinte. Por acreditar e incentivar minhas conquistas diariamente.

Que sua estrela brilhe cada vez mais intensamente.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela possibilidade da vida, oportunidades, pessoas e ensinamentos que tem me proporcionado.

À minha família, por todo o amor, apoio e confiança. À minha mãe Silvania por entender e apoiar as minhas escolhas mesmo quando estas se opuseram às suas vontades. Às minhas irmãs: Chrystarine Campos, Elyara Luana e Anny Gabrielle, por serem grandes exemplos na minha vida e porto seguro.

Aos familiares que me apoiaram e incentivaram durante a jornada. Por me ajudarem em momentos importantes e torcerem pela realização dos meus sonhos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou o meu comprometimento com o curso de pós-graduação. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Zootecnia e Programa de pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso e a possibilidade de aprendizado.

À Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ) por disponibilizar o biotério experimental e os laboratórios para realização desse estudo, possibilitando o desenvolvimento do meu trabalho final.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFSJ) e Escola Agrícola de Jundiá que disponibilizaram ambiente, equipamentos, reagentes e mão de obra para realização de etapas do estudo.

Ao professor Rafael Fernandes Leite, por aceitar o desafio da orientação, confiança em mim depositada, oportunidades e aprendizados. Por impactar positivamente meu crescimento profissional e pessoal e incentivo para novos voos e desafios. Sou grato pelo trabalho que construímos.

Ao professor Erick Batista, meu co-orientador, por estar à disposição para contribuição ao projeto e minha formação durante passagem pelo programa. Na oportunidade, estendo o agradecimento a todos os docentes do Departamento de Zootecnia da UFLA, pelos ensinamentos durante aulas e conversas.

Às professoras Stela Antas Urbano, Carla Joice Harter e Marina de Arruda Camargo Danes, pela participação na banca examinadora da qualificação e defesa final. Agradeço pelas valiosas sugestões ao desenvolvimento do projeto e contribuição ao material construído.

Aos integrantes do Grupo de Estudos em Pequenos Ruminantes da UFSJ: Alice Furtado, Fernanda Caixeta, Laís Ribeiro, Rafaela Oliveira, Luana Oliveira, Maria Gabriela, Alcina Xavier, Brenda Moura, Gian Schiavon, João Victor, Jéssica Amorim, Luís Felipe, Stela Nogueira e Marco Tulio, pelo trabalho desenvolvido em equipe, pela parceria, conversas e ensinamentos durante todo o desenvolvimento experimental.

Ao professor Henrique Moreira pela disponibilidade do Laboratório de Nutrição Animal da UFSJ, e ao seu Antônio pelo apoio e orientação durante condução das análises bromatológicas. À professora Raquel Machado pela disponibilização da centrífuga do Laboratório de Parasitologia da UFSJ, que permitiu a preparação do material sérico para análises bioquímicas. Ao professor Erick Batista e Stefânia Souza por possibilitar e auxiliar as bioquímicas séricas em laboratório da UFLA, e disponibilidade de reagentes para análises bromatológicas. À professora Stela Antas Urbano, equipe do Grupo de Estudos em Forragicultura e Produção de Ruminantes (GEFORP/UFRN) e do Laboratório de Nutrição Animal (LNA/UFRN), comandado pelo prof. Marcone Costa, pela realização de parte das análises bromatológicas. À Ana Paula por realizar as análises de composição do leite no laticínio comercial em São João del Rei.

Aos colegas do programa de pós-graduação em Zootecnia da UFLA, pela ajuda e conhecimento compartilhado durante aulas e conversas. Em especial a Yan Ribeiro com quem compartilhei as angústias de aulas e trabalhos acadêmicos.

Ao Caio Monteiro e Juliana Alves pela recepção e acolhimento em São João del Rei/MG, pela preocupação e por me ajudarem no processo de adaptação e desenvolvimento das atividades experimentais.

Ao Marco Tulio e Luana Oliveira pela companhia diária durante os últimos meses do mestrado e estadia em São João del/Rei. Sou grato pela nossa convivência, por sermos suporte e vivermos coisas incríveis durante nossos momentos juntos. Foi importante contar com vocês para dividir os contratempos da vida profissional e pessoal. À Mel e à Arya que fazem parte da nossa família e tem me direcionado muito carinho.

Aos meus amigos potiguares e de jornada: José Igor, Heloysa Pinheiro, Yasmin Santos, Paulo Vitor, Alice Soares, Letícia Azevedo e Bruna Nunes, por sempre se fazerem presente mesmo com a imensa distância física. Obrigado pela lembrança quase que diária, pelas conversas longas e alegres, por ouvir os lamentos da vida adulta e pelos conselhos que sempre me salvam. Que a distância continue sendo um detalhe ínfimo perto da nossa conexão.

Aos novos amigos mineiros, os quais conquistei em São João del Rei/MG, pelo convívio constante e intenso, pelas conversas e momentos que passamos juntos. Espero reencontrá-los em outras ocasiões.

A todos, sou imensamente grato.

RESUMO

O amido adensa energeticamente dietas de animais lactantes e o amido provoca respostas produtivas divergentes entre espécies de ruminantes. Objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de amido dietético sobre os parâmetros produtivos, digestivos, comportamentais e metabólicos de cabras em lactação. O experimento foi conduzido no Biotério Experimental de Caprinos e Ovinos da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), utilizando 16 cabras Saanen em lactação, com peso corporal de $48,7 \pm 4,7$ kg, escore de condição corporal de $2,3 \pm 0,6$, produção de leite de $1,9 \pm 0,8$ kg/dia e 116 ± 3 dias em lactação, distribuídas em quadrado latino replicado com períodos de 21 dias e quatro dietas: 17%, 24%, 31% e 38% de amido na matéria seca (MS). Os animais foram alimentados de forma *ad libitum* obedecendo 10% de sobras. As avaliações ocorreram entre o d15 e d21 de cada período experimental. Os dados foram analisados com o PROC MIXED do SAS. Os efeitos dos níveis de amido foram submetidos à ANOVA e teste F com $P \leq 0,05$ e utilizou-se o PROC REG para determinar a equação de regressão com efeito linear, quadrático ou cúbico. O consumo de MS (1,578; 1,687; 1,847 e 2,058 kg/d), proteína (PB; 0,250; 0,265; 0,277 e 0,309 kg/d) e amido (AM; 0,318; 0,466; 0,637 e 0,810 kg/d) aumentaram linearmente, enquanto o consumo de fibra em detergente neutro (FDN; 0,651; 0,539; 0,562 e 0,538 kg/d) e FDN fisicamente efetiva (FDN_{fe>8}; 0,212; 0,161; 0,118 e 0,082 kg/d) reduziram ($P < 0,05$) com o incremento de amido. Todos os animais apresentaram ingestão preferencial de partículas curtas, enquanto aumentaram a recusa por partículas longas (73; 69; 66 e 65) em resposta ao aumento de amido ($P < 0,05$). O aumento de amido dietético não afetou ($P > 0,05$) a digestibilidade da MS (73,39%) e AM (97,72%), mas reduziu linearmente ($P < 0,05$) a digestibilidade da PB (82,5; 78,59; 78,68 e 76,58%) e FDN (56,36; 48,58; 47,72 e 45,62%) e aumentou linearmente ($P < 0,05$) o amido fecal (2,08; 2,05; 2,63 e 3,25%) e escore de fezes (2,08; 2,18; 2,57 e 3,42). Os animais reduziram linearmente ($P < 0,05$) o tempo em mastigação (694; 627; 579 e 543 min/d) e duração das refeições (69; 56; 48 e 37 min/d), enquanto aumentaram linearmente ($P < 0,05$) o tempo em ócio (588; 631; 645 e 698 min/d) e o número de refeições (4; 5; 5 e 7 refeições/d) com aumento de amido. Houve redução na concentração séricas de colesterol (84,8; 77,0; 74,69 e 73,2 mg/dl) e aumento ($P < 0,05$) de glicose (59,67; 60,43; 62,63 e 63,61 mg/dl) e gama glutamil transferase (52,94; 55,13; 59,5 e 63,73 U/L) pelos teores amiláceos crescentes. A produção de leite (1,717; 1,871; 1,940 e 2,073 kg/d), gordura (0,046; 0,050; 0,052 e 0,056 kg/d) e proteína (0,040; 0,046; 0,046 e 0,050 kg/d) foram aumentadas com incremento de 17 a 38% de amido nas dietas, sem alterar a composição láctea. Cabras em lactação suportam dietas com até 38% de amido, aumentam o consumo de nutrientes, produção de leite e de gordura (kg/d), com efeitos sobre metabólitos energéticos e enzimas hepáticas.

Palavras-chave: Glicose. Gordura do leite. Produção de leite. Propionato. Silagem de milho reidratado.

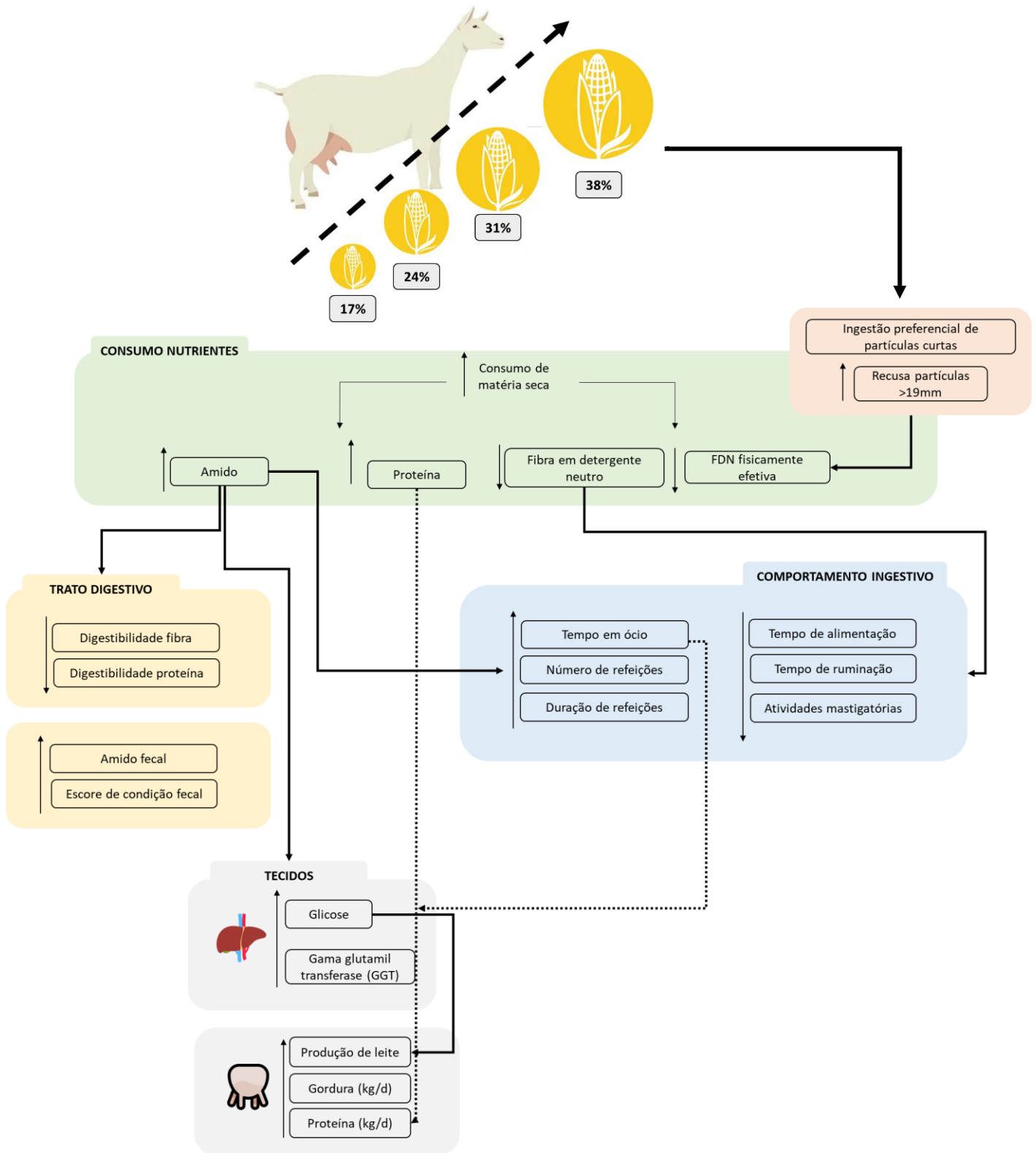
ABSTRACT

Starch energetically thickens diets of lactating animals and starch causes divergent productive responses among ruminant species. The objective was to evaluate the effects of dietary starch levels on the productive, digestive, behavioral and metabolic parameters of lactating goats. The experiment was carried out at the Experimental Animal Bioterium for Goats and Sheep at the Federal University of São João del-Rei (UFSJ), using 16 lactating Saanen goats, with a body weight of 48.7 ± 4.7 kg, a body condition score of 2.3 ± 0.6 , milk production of 1.9 ± 0.8 kg/day and 116 ± 3 days in lactation, distributed in a replicated Latin square with periods of 21 days and four diets: 17%, 24%, 31 % and 38% starch in dry matter (DM). The animals were fed ad libitum obeying 10% leftovers. The evaluations occurred between d15 and d21 of each experimental period. Data were analyzed with SAS PROC MIXED. The effects of starch levels were submitted to ANOVA and F test with $P \leq 0.05$ and PROC REG was used to determine the regression equation with linear, quadratic or cubic effect. DM intake (1.578; 1.687; 1.847 and 2.058 kg/d), protein (CP; 0.250; 0.265; 0.277 and 0.309 kg/d) and starch (ST; 0.318; 0.466; 0.637 and 0.810 kg/d) increased linearly, while consumption of neutral detergent fiber (NDF; 0.651; 0.539; 0.562 and 0.538 kg/d) and physically effective NDF (FDN_{fe>8}; 0.212; 0.161; 0.118 and 0.082 kg/d) decreased ($P < 0.05$) with the increase of starch. All animals showed preferential ingestion of short particles, while the refusal of long particles increased (73; 69; 66 and 65) in response to the increase in starch ($P < 0.05$). The increase in dietary starch did not affect ($P > 0.05$) DM (73.39%) and ST (97.72%) digestibility, but linearly reduced ($P < 0.05$) CP digestibility (82.5; 78.59; 78.68 and 76.58%) and NDF (56.36; 48.58; 47.72 and 45.62%) and linearly increased ($P < 0.05$) fecal starch (2.08; 2.05; 2.63 and 3.25%) and fecal score (2.08; 2.18; 2.57 and 3.42). The animals linearly reduced ($P < 0.05$) the chewing time (694; 627; 579 and 543 min/d) and duration of meals (69; 56; 48 and 37 min/d), while they linearly increased ($P < 0.05$) idle time (588; 631; 645 and 698 min/d) and the number of meals (4; 5; 5 and 7 meals/d) with increased starch. There was a reduction in serum cholesterol concentration (84.8; 77.0; 74.69 and 73.2 mg/dl) and an increase ($P < 0.05$) in glucose (59.67; 60.43; 62.63 and 63.61 mg/dl) and gamma glutamyl transferase (52.94; 55.13; 59.5 and 63.73 U/L) by increasing starch levels. The production of milk (1.717; 1.871; 1.940 and 2.073 kg/d), fat (0.046; 0.050; 0.052 and 0.056 kg/d) and protein (0.040; 0.046; 0.046 and 0.050 kg/d) were increased with an increment of 17 to 38% of starch in the diets, without altering the milk composition. Lactating goats support diets with up to 38% starch, increase nutrient intake, milk and fat production (kg/d), with effects on energy metabolites and liver enzymes.

Keywords: Glucose. Milk fat. Milk production. Propionate. Rehydrated corn silage.

Níveis de amido na dieta de cabras em lactação

Elaborado por Pedro Henrique Cavalcante Ribeiro e orientado por Rafael Fernandes Leite



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura da a) amilose – um α -(1 \rightarrow 4) glucano; n = 1000. A molécula linear pode conter cadeias moderadamente longas ligadas por ligações α -(1 \rightarrow 6). b) amilopectina – pontos de ramificação α -(1 \rightarrow 6). As cadeias externas (a) contêm de 12 a 23 resíduos de glicose, enquanto as internas (b) contêm de 20 a 30 resíduos. Os tamanhos das cadeias a e b podem variar com a origem botânica do amido. Fonte: Tester et al. (2004), adaptado de Tester e Karkalas (2002).....21

Figura 2. Vias de fermentação dos carboidratos: (i) Hidrólise dos polissacarídeos em fucose-6-bifosfato, (ii) oxidação anaeróbica pela via de Embden-Meyerhof em fosfoenolpiruvato e piruvato; (iii) formação de AGC. Adaptado de Swenson e Reece (1993); Antunes et al. (2011).....22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do leite de diferentes espécies e caracterização dos constituintes lácteos conforme Instrução Normativa brasileira.....	17
Tabela 2 – Composição química dos ingredientes. Média \pm desvio padrão (DP) das 4 amostras compostas obtidas em cada período experimental.....	30
Tabela 3 – Composição das dietas experimentais com níveis crescentes de amido.....	31
Tabela 4 – Distribuição do tamanho das partículas e efetividade da fibra do Feno de Tifton 85 e dietas experimentais com base na alimentação ofertada e na concentração de matéria seca em frações do Separador de Partículas Penn State. Média \pm desvio padrão (DP) das 4 amostras compostas obtidas em cada período experimental.....	31
Tabela 5 – Peso, escore de condição corporal e consumo de nutrientes de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido.....	39
Tabela 6 – Distribuição do tamanho das partículas das sobras 4 e 24 horas após alimentação e índice de seletividade de ingestão de partículas 24 horas após alimentação, de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido.....	41
Tabela 7 – Digestibilidade dos nutrientes, escore e amido fecal de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em diferentes níveis de amido.....	42
Tabela 8 – Atividades ingestivas, mastigações meréricas, dinâmica de refeições, eficiência alimentar e seleção de partículas de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido.....	43
Tabela 9 – Perfil de metabólitos séricos de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido.....	45
Tabela 10 – Produção de leite, produção de leite corrigido para 3,5% de gordura, composição láctea e eficiências alimentares de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. Produção e composição do leite caprino	16
2.2. Caracterização do amido na nutrição de ruminantes	18
2.3. Níveis de amido para cabras em lactação	20
2.3.1. Fermentação ruminal do amido e síntese do leite	20
2.3.2. Fermentação do amido e efeito sobre a composição do leite.....	23
2.3.3. Fermentação do amido e ambiente ruminal	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1. Localização do experimento	28
3.2. Animais experimentais e instalações	28
3.3. Dietas experimentais.....	29
3.4. Desempenho e escore de condição corporal.....	31
3.5. Oferta da dieta e consumo	31
3.6. Tamanho de partícula	32
3.7. Ensaio de digestibilidade e escore fecal	32
3.8. Comportamento ingestivo	33
3.9. Parâmetros sanguíneos	34
3.10. Produção e composição do leite.....	35
3.11. Análises químicas	35
3.12. Análise estatística	36
4. RESULTADOS	37
4.1. Composição da dieta.....	37
4.2. Peso e escore de condição corporal	37
4.3. Consumo de nutrientes	38
4.4. Classificação de partículas e índice de seleção alimentar	39
4.5. Digestibilidade dos nutrientes	40
4.6. Comportamento ingestivo	41
4.7. Perfil de metabólitos séricos.....	43
4.8. Produção e composição do leite	45
5. DISCUSSÃO.....	47
6. CONCLUSÃO	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1. INTRODUÇÃO

As exigências nutricionais, sobretudo energia, são acrescidas em cabras em lactação em virtude da produção de leite e dos componentes lácteos, em especial a gordura, principal constituinte energético (BERNARD et al., 2017). O incremento de amido dietético – principal fonte de energia dos alimentos, sobretudo grãos – promove aumento do propionato ruminal e da glicose sérica disponível para síntese láctea (CASTRO et al., 2019; VICENTE et al., 2020), com possível redução do teor de gordura (FERRARETTO et al., 2013) em resposta ao efeito de diluição e/ou supressão de acetato e butirato para a glândula mamária; e reduz o pH ruminal predispondo o organismo à perturbações de ordem metabólicas e digestivas (LI et al., 2014), comprometendo a saúde, digestão e produção dos animais.

Efeitos como incremento do propionato e redução na relação acetato:propionato no rúmen, aumento na produção de leite, lactose e eficiência produtiva, além da redução no pH ruminal e aumento na concentração de ácidos no rúmen, lipopolissacarídeos (LPS) e dos riscos de acidose ruminal são reportados para cabras em lactação quando alimentadas com dietas com 32 e 38% de amido em relação a baixos níveis amiláceos de 23% (TORAL et al., 2016) e 24% (SHEN et al., 2018). Contudo, esses estudos são primários e não suportam nenhuma conclusão sobre o teor de amido para cabras lactantes. Na prática, a ausência desses dados acarreta a utilização das exigências e respostas produtivas de bovinos – que registram recomendações num intervalo de 25 a 30% de amido – como suposições técnicas para recomendações nutricionais para caprinos.

Conforme Clark & Garcia (2017), a negligência praticada sobre os aspectos nutricionais de cabras leiteiras é suportada pelo pressuposto de que, fisiologicamente, cabras e vacas teriam desempenho semelhante. Entretanto, destaca-se que caprinos e bovinos apresentam padrões de consumo divergentes (HOFFMANN, 1989), desencadeando vias metabólicas e respostas produtivas também diferentes: dietas ricas em amido estão associadas à depressão da gordura do leite em vacas, comportamento não encontrado comumente em pequenos ruminantes (DEWANCKELE et al., 2020). Avaliando o efeito de fontes lipídicas e amido na alimentação de vacas e cabras leiteiras, Toral et al. (2016) e Bernard et al. (2017) relataram que dietas com alto amido (32%), em relação à dieta com baixo amido (23%), possibilitaram aumento na concentração de propionato ruminal em cabras, e redução da gordura do leite apenas em vacas. A menor sensibilidade de cabras leiteiras a dietas que reduzem a gordura láctea, pode ser explicada pela capacidade destes animais em neutralizar a inibição na síntese de novos ácidos

graxos (AG), por incrementos concomitantes na secreção de AG's pré-formados (TORAL et al., 2014; TORAL et al., 2020; DEWANCKELE et al., 2020).

Segundo destacado por Toral et al. (2015), a síntese da gordura representa um grande custo energético para a produção de leite e desempenha um papel central na partição da energia no leite, nas propriedades tecnológicas, organolépticas e nutricionais do leite e na determinação da qualidade dos produtos lácteos (TORAL et al., 2015; BERNARD et al., 2017), aspecto fundamental para contribuição à ascensão da caprinocultura leiteira com forte nicho mercadológico para os derivados do leite caprino.

Considera-se, portanto, que níveis mais elevados de amido, em relação às recomendações para vacas leiteiras, podem ser suportados por cabras em lactação e utilizados eficientemente para incremento na produção de leite sem redução da concentração de gordura láctea. Objetivou-se avaliar o efeito de níveis crescentes de amido na dieta de cabras em lactação, sobre os parâmetros produtivos, digestivos, comportamentais e metabólicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção e composição do leite caprino

O leite é uma secreção energética materna responsável por suprir as exigências nutricionais de crescimento e desenvolvimento pós-natal das crias. A produção e ejeção do leite são controladas por vias hormonais e sofre influência de fatores relacionados com o genótipo dos animais, número de crias em amamentação, número de ordenhas e manejo nutricional das fêmeas em lactação (TREACHER & CAJA, 2002).

Alguns nutrientes, que participam da produção e composição do leite, são transportados diretamente do sangue, enquanto outros são capturados pelas células da glândula mamária e convertidos em constituintes lácteos a serem liberados nos alvéolos. Estima-se que, aproximadamente, 80% dos nutrientes ingeridos por fêmeas lactantes, assim como 80% do *turnover* da glicose, são utilizados pelas células da glândula mamária para o processo de síntese do leite (LIMA, 2013). Dessa forma, entende-se a ingestão de alimentos e a atividade celular na glândula mamária como fatores que afetam diretamente a produção e composição láctea (EKNAES et al., 2006).

O leite de cabra é um alimento com alto valor biológico e representa uma importante fonte para nutrição humana durante muitos anos, em virtude da similaridade com o leite bovino (DELGADO JÚNIOR et al., 2020) e, em alguns nutrientes, com o leite humano (CLARK & GARCIA, 2017). No que se refere à composição, tal lácteo é descrito como rico em gordura, proteínas, vitaminas e minerais (Tabela 1), com destaque para a presença de propriedades nutracêuticas, como formação de coalhada mais macia, maior proporção de pequenos glóbulos de gordura e diferentes propriedades alergênicas em comparação ao leite de vaca (CLARK & GARCIA, 2017; VICENTE et al., 2020).

Tabela 1 – Composição do leite de diferentes espécies e caracterização dos constituintes lácteos conforme Instrução Normativa brasileira

Espécie	Lactose	Gordura	Proteína
Cabra	4,8	3,9	3,1
Ovelha	4,7	7,6	5,6
Vaca	4,6	3,7	3,4
Leite humano	6,9	4,0	1,2
IN nº 37 (Leite de cabra)*	Mínimo 4,3% m/v	Mínimo 2,9% m/m**	Mínimo 2,8% m/m

Adaptado de: Brasil (2000); Brito et al. (2006); Park et al., (2007); Park (2017); Delgado Júnior et al., (2020).

*Instrução Normativa nº 37, 31 de outubro 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra.

**São admitidos valores inferiores a 2,9% m/m para as variedades integral e semi-desnatada, mediante comprovação de que o teor médio de gordura de um determinado rebanho não atinge esse nível.

Com o propósito de regulamentar a identidade e qualidade do leite de cabra, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu, através da Instrução Normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000), os padrões mínimos de composição nutricional do leite caprino, destinado ao consumo humano (Tabela 1). Contudo, destaca-se que esses parâmetros não são relatados comumente nas análises dos rebanhos nacionais, em virtude da sensibilidade dos constituintes lácteos – em especial a gordura – em relação aos fatores raciais, idade da fêmea, paridade, mês de concepção, estágio da lactação, condições ambientais e manejo nutricional (ZAMBOM et al., 2008; RANGEL et al., 2012; CLARK & GARCIA, 2017).

Avaliando a composição do leite de cabra em diferentes regiões do país, Almeida et al. (2013) relataram teores de gordura próximos a 2,6% e 4,9% de lactose para rebanhos em Minas Gerais (MG) e Rio de Janeiro (RJ), enquanto Queiroga et al. (2007) reportaram 3,3% de gordura, 2,7% de proteína e 4,1% de lactose, para cabras Saanen em sistema de produção no Nordeste. Chávári et al. (2013) encontraram 4,13% de gordura, 3,36% de proteína e 4,28% de lactose para o leite de cabras Anglonubiano alimentadas com óleos vegetais, resultados inferiores aos de Fernandez et al. (2018) para cabras Murciano-Granadino alimentadas com folhas de laranjeira em substituição a alfafa: 5,4% de gordura, 4,2% de proteína e 4,7% de lactose. Como efeito do manejo nutricional, dietas com níveis crescentes de energia possibilitaram incremento na produção de leite, com 2,43% de gordura, 4,43% de lactose e 2,71% de proteína (VICENTE et al., 2020).

Embora o teor de gordura seja superior, o leite caprino também apresenta maior proporção de pequenos glóbulos de gordura em relação ao leite de vaca (Tabela 1). Conforme Schultz e Chandler (1921), 91% dos glóbulos de gordura no leite de cabra apresentam <4µm de diâmetro, enquanto o leite bovino é composto por 90% de glóbulos com >4µm (BITTING, 1902). Essa caracterização atribui maior digestibilidade e distribuição na emulsificação lipídica no leite caprino, promovendo aumento na área de superfície para degradação enzimática, conferindo melhor eficiência na absorção e digestão pelo organismo humano, sendo indicado para crianças e idosos (AMARAL et al., 2011; NOGUEIRA, 2019).

Esse pressuposto digestível do leite caprino é, ainda, reforçado pelo alto teor de ácidos graxos de cadeia curta e média na composição da gordura láctea, caracterizados pela maior digestibilidade em relação aos ácidos graxos de cadeia longa (SILVA et al., 2015). Sobretudo os ácidos capróico (C6:0), caprílico (C8:0) e cáprico (C10:0), que são responsáveis pelo *flavour* característico do leite de cabra e seus derivados, propiciam melhor aproveitamento do produto

pelo organismo humano, sendo fortemente indicado para pacientes com distúrbios intestinais (GOMES & SOUZA, 2012; NOGUEIRA, 2019).

Com relação ao perfil proteico, o leite caprino apresenta percentual inferior ao leite de vaca, 3,1 vs 3,4%, respectivamente (Tabela 1). Contudo, pontua-se que as cabras apresentam polimorfismo genético para baixa produção de α -caseína no leite, de forma que são reportadas proporções equivalentes a 15% e 38% do total de caseína, para o leite caprino e bovino, respectivamente (CRUZ et al., 2016). Destaca-se, ainda, que alguns estudos correlacionam a α -caseína à incidência de alergia ao leite de vacas em humanos (CHATCHATEE et al., 2001).

Além disso, as micelas de caseína do leite de cabra são formadas majoritariamente por β -caseína, que representam 53% do total de caseínas, sendo inferior a 40% no leite bovino (DELGADO JÚNIOR et al., 2020). Essa relação existente entre a α -caseína e β -caseína, principalmente quando associada à elevada quantidade de cálcio no leite caprino, contribuem para sua fácil digestão, ao permitir a formação de coalhos menores, mais frágeis e fáceis de serem quebrados, e melhora a aceitação do lácteo por pessoas alérgicas ao leite bovino (FIGUEIREDO, 2017; DELGADO JÚNIOR et al., 2020).

2.2. Caracterização do amido na nutrição de ruminantes

Durante a lactação em animais ruminantes, há um incremento significativo das exigências nutricionais, sobretudo em energia, considerado o componente com relação mais estreita sobre o desempenho produtivo animal (VICENTE et al., 2020). Esse feito é marcado pelas exigências de nutrientes para a síntese do leite e dos componentes lácteos. Avaliando as exigências líquidas de energias para cabras Saanen lactantes, Rodrigues et al. (2006) reportaram acréscimo de 593,8 a 698,7 Kcal kg⁻¹ de leite produzido, a depender da ordem de lactação dos animais. Em consonância, Vicente et al. (2020) observaram incremento da produção de leite em cabras alimentadas com dietas adensadas energeticamente.

Nos ruminantes, os carboidratos representam entre 70 a 80% da ração e fornecem energia para síntese de proteína microbiana, dos componentes do leite e manutenção da saúde dos animais (NUSSIO et al., 2011), através dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), produzidos durante a fermentação dos carboidratos no rúmen. Os AGCC representam a principal fonte de energia para os ruminantes, atendendo até 80% das exigências diárias (ISHLER et al., 2000).

Os carboidratos são classificados em carboidratos fibrosos (CF), por ocuparem espaço no trato gastrointestinal dos ruminantes e exigirem mastigação para redução e tamanho de

partículas (NUSSIO et al., 2011), ou carboidratos não fibrosos (CNF) por representarem fontes de energia prontamente disponíveis para a fermentação e metabolismo ruminal, com alta taxa de degradação (ANTUNES et al., 2011). Os CNF's são representados pelos açúcares, pectina e, em maior proporção, o amido.

O amido é um polissacarídeo não estrutural sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva energética, sendo armazenado em raízes, caules, tubérculos e grãos. Os grãos representam a principal fonte de amido na alimentação animal, podendo conter até 80% do seu peso seco em amido (BULÉON et al., 1997). Quimicamente, o amido é formado por dois polímeros de glicose – amilose e amilopectina – unidos por ligações de hidrogênio, resultando em baixa capacidade de absorção de água em grânulos íntegros (ANTUNES et al., 2011).

A amilose é um polímero longo e relativamente linear, disposto em dupla hélice com ligações α -(1 \rightarrow 4, figura 1a); e a amilopectina um polímero linear de ligação α -(1 \rightarrow 4) e pontos de ramificação α -(1 \rightarrow 6, figura 1b) a cada conjunto de 20 a 25 resíduos de glicose (ANTUNES et al., 2011). A união desses compostos representa aproximadamente, 98-99% do peso seco do amido e as diferentes proporções relatadas entre ambos variam com a origem botânica e digestiva do amido, sendo o teor de amilose inversamente proporcional à digestibilidade amilácea. O amido encontrado em grãos de milho, sorgo, arroz e cevada são denominados de 'cerosos', por apresentar de 85 a 100% de amilopectina, enquanto os amidos 'ricos em amilose' apresentam mais de 40% de amilose em sua composição (TESTER et al., 2004; ANTUNES et al., 2011).

Os grânulos de amido se apresentam na forma de pseudocristais com áreas organizadas, ou semicristalinas, compostas por amilopectina, e áreas relativamente não organizadas ou amorfas, compostas por amilose (WANG et al., 1998). A região cristalina corresponde a uma variação de 15 a 45% dos grânulos de amido, sendo completada por áreas amorfas, que por sua vez, são mais susceptíveis à penetração de água e enzimas, demarcando o início da fermentação do amido pelas enzimas amilolíticas (CHESSON E FORSBEG, 1997). Esse perfil é um parâmetro importante na avaliação dos grânulos do amido, por apresentar relação íntima com a capacidade de hidratação e susceptibilidade ao ataque enzimático, durante digestão.

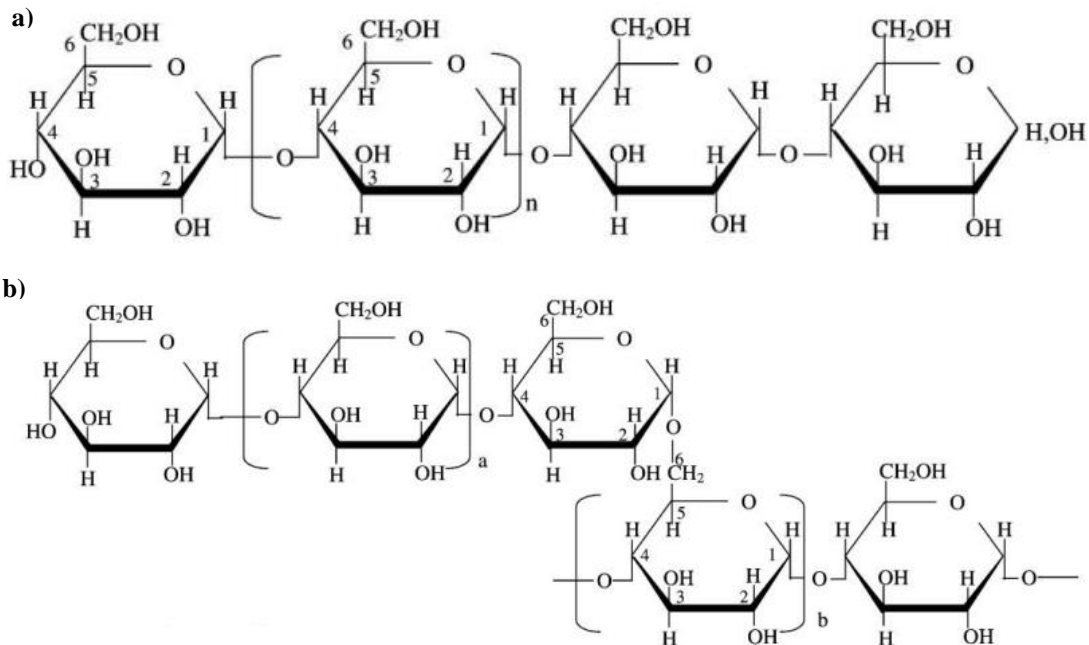


Figura 1. Estrutura da a) amilose – um α -(1 \rightarrow 4) glucano; $n = 1000$. A molécula linear pode conter cadeias moderadamente longas ligadas por ligações α -(1 \rightarrow 6). b) amilopectina – pontos de ramificação α -(1 \rightarrow 6). As cadeias externas (a) contêm de 12 a 23 resíduos de glicose, enquanto as internas (b) contêm de 20 a 30 resíduos. Os tamanhos das cadeias a e b podem variar com a origem botânica do amido. Fonte: Tester et al. (2004), adaptado de Tester e Karkalas (2002).

O aumento na participação de grãos e, conseqüentemente, amido na alimentação de ruminantes corresponde à estratégia primordial ao suprimento das exigências energéticas desses animais. Contudo, essa prática exerce uma influência sobre a taxa de digestão e produtos da fermentação ruminal determinando a utilização de nutrientes e o desempenho animal (BITENCOURT, 2012).

2.3. Níveis de amido para cabras em lactação

2.3.1. Fermentação ruminal do amido e síntese do leite

A fermentação ruminal é uma etapa primordial ao processo digestivo dos ruminantes, responsável por tornar a maior parte dos componentes nutritivos dos alimentos disponíveis para utilização direta pelos tecidos animais. Inicialmente, quando os carboidratos não fibrosos (CNF) adentram o ambiente ruminal após ingestão dos alimentos – principalmente advindos dos grãos – são, imediatamente, hidrolisados à monômeros, que posteriormente serão fermentados pelos microrganismos ruminais pela via da glicólise, expressa pelo Ciclo de Embden-Meyerhof (Figura 2). Como produtos da fermentação, são geradas duas moléculas de piruvato, dois moles de nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzido (NAD⁺) e dois moles de adenosina trifosfato (ATP). Este último pode ser utilizado pelos microrganismos como fonte

energética prontamente disponível para o crescimento e síntese de proteína microbiana (ANTUNES et al., 2011).

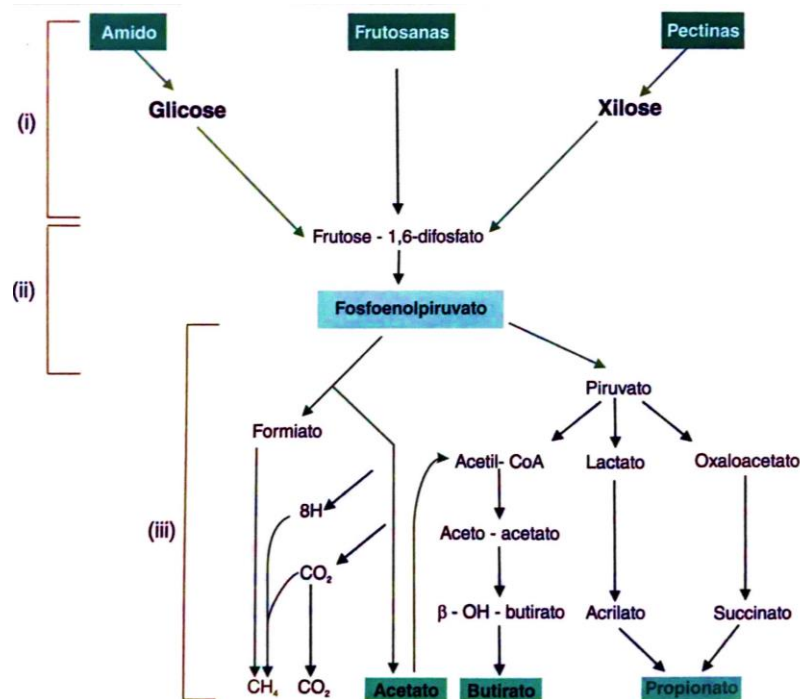


Figura 2. Vias de fermentação dos carboidratos: (i) Hidrólise dos polissacarídeos em futose-6-bifosfato, (ii) oxidação anaeróbica pela via de Embden-Meyerhof em fosfoenolpiruvato e piruvato; (iii) formação de AGC. Adaptado de Swenson e Reece (1993); Antunes et al. (2011).

O piruvato, por sua vez, se apresenta como precursor dos AGCC produzidos no rúmen – acetato, propionato e butirato, primordialmente – podendo então ser classificado como composto chave no qual todos os carboidratos devem ser convertidos durante fermentação ruminal (ANTUNES et al., 2011). A proporção de cada produto final depende das espécies de microrganismos envolvidas, do ambiente ruminal durante a fermentação, da fonte, tipo e nível de carboidrato ingerido.

Como principal precursor primário da glicose a ser disponibilizada para a glândula mamária, sendo responsável por até 80% da glicose produzida em fêmeas ruminantes em lactação (STEINHOE E BAUMAN, 1988; ALLEN, BRADFORD, OBA, 2009), o propionato produzido na fermentação do amido é absorvido pelo epitélio ruminal e transportado pela corrente sanguínea até o fígado, como substrato para a síntese de glicose via gliconeogênese hepática. A gliconeogênese é um processo metabólico crítico para a manutenção dos níveis plasmáticos de glicose nos ruminantes, pois a absorção líquida de glicose pelo trato gastrointestinal é muito pequena, caso ocorra (REYNOLDS et al., 1994; REYNOLDS, 1995).

O ácido propiônico é o principal ácido graxo utilizado como precursor para a síntese de glicose durante gliconeogênese hepática, podendo produzir 50% – ou até proporções maiores em alguns casos – da glicose total. Por sua vez, o lactato e os aminoácidos glicogênicos também contribuem para a síntese glicosídica com até 15% e 30%, respectivamente, da síntese total de glicose (PAYNE e PAYNE, 1987; VIVENZA, 2012).

A glicose produzida no fígado pela gliconeogênese é então dispersada na corrente sanguínea e capturada pela glândula mamária. Uma vez absorvida pela célula mamária, a glicose pode ser utilizada em diversas vias, como geração de ATP; síntese de glicerol – a ser usado para síntese de triglicerídeos do leite; síntese de NADPH e ribose (20 a 30% da glicose) e síntese de lactose, correspondendo a utilização de 60 a 70% da glicose mamária. A lactose é o principal carboidrato presente no leite e se apresenta como dissacarídeo à base de D-glicose e D-galactose, monossacarídeos ligados por ação da enzima lactose sintetase. Após formada, a lactose, descrita como principal componente osmótico do leite, é secretada no interior do lúmen alveolar ocasionando a entrada de água no alvéolo, extração de água para o leite e controle do volume lácteo produzido. Prospecta-se que cada micrograma de lactose do leite arrasta aproximadamente 10 vezes o peso em água (ALBERTON et al., 2013).

Estima-se que, em cabras lactantes, cerca de 60-85% da glicose total presente no organismo seja direcionado para síntese de leite, de forma que apenas dietas ricas em amido possam garantir disponibilidade adequada de glicose e fornecimento de energia para esses animais (LUNESU et al., 2021). O propionato incrementado no ambiente ruminal, em resposta ao aumento nos níveis dietéticos de amido, aumenta a disponibilidade glicosídica para síntese de lactose e afeta a produção de leite por meio da osmolaridade, responsável por manter o teor de lactose pouco variável no lácteo. Assim, o maior nível de lactose na glândula mamária aumenta a drenagem de água para a produção láctea, resultando em aumento do volume de leite produzido (NASCIMENTO et al., 2017).

Em conjunto à gliconeogênese no fígado, Allen, Bradford e Oba (2009) descreveram outras vias para metabolização do propionato, como a teoria da oxidação hepática do controle da ingestão de alimentos. Conforme descrito pelos autores, o propionato pode ser oxidado no ciclo do ácido tricarbóxico (TCA) através da enzima acetil CoA, resultando na síntese de outros compostos energéticos, como moléculas de adenosina tri-fosfato (ATP), elevando o status energético dentro dos hepatócitos. Esse feito é percebido pelo centro de saciedade do organismo, localizado no sistema nervoso central, resultando em feedback negativo sobre a ingestão de alimento.

Avaliando o efeito de fontes lipídicas e amido na alimentação de vacas e cabras leiteiras, Toral et al. (2015), Toral et al. (2016) e Bernard et al. (2017) relataram que dietas com alto amido (32%), em relação à dieta com baixo amido (23%), possibilitaram manutenção do consumo de matéria seca (CMS, 2,3 kg/dia), aumento na produção de ácidos graxos totais no rúmen (128 vs 48,7 g/kg MS), com redução do acetato (63,37 vs 66,9 %), butirato (7,69 vs 12,46 %) e relação acetato/propionato ruminal (2,79 vs 4,52), incremento na concentração de propionato no rúmen (22,84 vs 15,08 %) e teor de lactose no leite de cabras (5,16 vs 4,93 %), sem reduzir a gordura do leite (76 g/dia). Fougère et al. (2018) descreveram CMS (2,48 kg/dia), produção de leite (3,0 kg/dia) e de gordura láctea (100 g/dia) semelhantes para cabras alimentadas com dieta com diferentes níveis de amido, associado a fontes lipídicas. Entretanto, quando expresso em relação ao peso corporal, o CMS reduziu em até 15% em níveis mais elevados de amido, sem comprometer os índices produtivos (FOUGÈRE et al., 2018).

Ao avaliarem o efeito de dietas com diferentes níveis de amido (7,8% vs 20,0%) para cabras Saanen no meio da lactação, Lunesu et al. (2021) reportaram incremento na produção de leite corrigida para gordura ($LCG_{(3,5\%)}$; 2,53 vs 2,65) e energia líquida (NE_L ; 1,80 vs 1,88). Entretanto, a produção de leite (2,60 kg/dia), teor de gordura (3,55%), proteína (3,15%) e lactose (4,4%) não foram afetados pelo acréscimo de amido nas dietas. Shen et al. (2018) perceberam redução do acetato (64,2 vs 67,8) e relação acetato:propionato (3,09 vs 3,57) ruminal, maior produção de leite (0,82 vs 0,67 kg/dia), lactose (35,05 vs 27,3 g/dia) e melhor eficiência energética do leite (0,81 vs 0,62) para cabras alimentadas com alto amido em relação a dietas com baixo amido (38 vs 24%, respectivamente).

2.3.2. Fermentação do amido e efeito sobre a composição do leite

Os níveis de carboidratos, especificamente amido, na dieta de ruminantes em lactação afetam diretamente a composição do leite, em resposta à alteração nas taxas de síntese e proporções de AGCC produzidos no rúmen. As proteínas do leite são representadas, principalmente, pelas caseínas e são liberadas no lúmen alveolar na forma de micelas. Para a síntese da proteína láctea, a glândula mamária utiliza majoritariamente os aminoácidos livres, além de peptídeos e proteínas do plasma, como precursores sanguíneos. Em condições nutricionais com elevação de amido dietético, estima-se acréscimo no teor de proteína do leite por maior disponibilidade de precursores para a síntese proteica na glândula mamária, em detrimento do aumento do fluxo proteico pela maior produção de produção microbiana, potencializada por maiores níveis de energia ruminal (MENDES, 2013) e/ou aumento na

concentração de aminoácidos glicogênicos disponíveis para síntese proteica na glândula mamária, em razão da redução na utilização desses precursores para a gliconeogênese hepática, em resposta à maior produção de propionato ruminal e metabolização no fígado (JOBIM et al., 2003; FERRARETTO et al., 2013).

A gordura do leite é composta principalmente por triglicerídeos, que são formados por ácidos graxos ligados ao glicerol (98% da gordura total), originados essencialmente pelo acetato e butirato produzidos pela fermentação ruminal (ALBERTON et al., 2013). Esses triglicerídeos são sintetizados nas células epiteliais da glândula mamária por ácidos graxos de origem da dieta, dos lipídeos disponíveis no sangue ou da síntese nas células epiteliais a partir de precursores como o acetato (FONSECA & SANTOS, 2000; GONZÁLES et al., 2001; ALBERTON et al., 2013). Estima-se que cerca de 17 – 45% da gordura do leite é construída de acetato e 8 – 25% de butirato. Além disso, o glicerol necessário para unir os ácidos graxos em triglicerídeo vem da glicose, sintetizada via gliconeogênese hepática da utilização do propionato absorvido do rúmen. O aumento do propionato durante a fermentação ruminal, possibilitado pelo incremento de amido na dieta, reduz a relação acetato:propionato e, por consequência, o suprimento de acetato para a glândula mamária, resultando em diminuição do teor de gordura do leite (FERRARETTO et al., 2013; MENDES, 2013). Além disso, a falta de fibra – em detrimento da redução da fração fibrosa na dieta – deprime a produção de acetato, podendo intensificar esse cenário.

A síntese de gordura láctea representa um elevado custo energético para a produção de leite e desempenha um papel central na qualidade do produto lácteo e partição de energia do leite (TORAL et al., 2015). Em fêmeas ruminantes em lactação, esse processo de biossíntese pode ser fortemente influenciada pelas condições dietéticas submetidas aos animais: dietas com níveis elevados de amido estão direta e intimamente associadas à depressão de gordura no leite (DGL) em vacas leiteiras, através da inibição da lipogênese mamária por intermediários específicos de ácidos graxos formados no rúmen em resposta à alterações nas vias de biohidrogenação ruminal (BHR) (BAUMAN E GRIINARI, 2003; TORAL et al., 2015; FOUGÉRE et al., 2018). Entretanto, caprinos apresentam vias de BHR mais estáveis e menos propensas a mudanças induzidas pelas dietas e baixa sensibilidade da glândula mamária á incrementos de intermediários de BHR com efeitos antilipogênicos, caracterizando a DGL como incomum ou ausente na produção de leite caprino, em dietas contendo altas quantidades de amido (CHILLIARD et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2010; MARÍN et al., 2012; BERNARD et al., 2009; TORAL et al., 2015; FOUGÉRE et al., 2018).

Shingfield et al. (2010) desenvolveram estudos com infusões pós-ruminais de ácidos graxos (AG's) e concluíram o ácido linoleico conjugado (CLA) trans-10, cis-12 como o único intermediário da BHR que, inequivocadamente, inibe a síntese de gordura no leite. Conforme os achados de Toral et al. (2015), dietas com níveis de equivalente a 32% aumentaram em 17 e 22 vezes a concentração de CLA trans - 10, cis – 12 no leite de vacas e cabras, respectivamente, embora exclusivamente a produção de gordura e o teor de gordura no leite caprino não tenha sido alterado, em relação a dietas com níveis de amido inferiores (23%), reforçando o pressuposto de menor sensibilidade das cabras aos efeitos de DGL via biohidrogenação. Fougère et al. (2018) relataram incremento de 18 e 7 vezes de CLA trans - 10, cis – 12 para o leite bovino e caprino, respectivamente, sem redução de gordura láctea para cabras.

Em conjunto, Toral et al. (2015) e Fougère et al. (2018) relataram que embora a substituição do trans-11 18:1 por trans-10 18:1 tenha ocorrido em ambas as espécies, esse processo foi mais tímido em cabras, podendo então ser considerado como evidência da menor sensibilidade desta espécie às alterações induzidas nas vias de BHR (CHILLIARD et al., 2007; CHILLIARD et al., 2014; SHINGFIELD et al., 2010), uma vez que o trans-10 18:1 seja considerado, em alguns estudos, como um candidato à inibidor de gordura no leite, embora este diagnóstico não seja considerável para caprinos (SHINGFIELD et al., 2010; MARÍN et al., 2012; BERNARD et al., 2015).

Em condições dietéticas de níveis amiláceos reduzidos, o leite de cabra se apresenta naturalmente mais rico em AG's de cadeia curta e média, a exemplo do ácido caprílico (8:0), cáprico (10:0) e láurico (12:0), sugerindo altas taxas de sínteses desses ácidos graxos nas células da glândula mamária de cabras. Entretanto, os achados de Toral et al. (2015) e Fougère et al. (2018) apontam que cabras alimentadas com dietas em níveis mais elevados de amido reduziram a síntese de ácidos graxos novos – AG's de cadeia curta (<C16) e média (16C) – em até 25% (FOUGÈRE et al., 2018). Entretanto, esse efeito foi compensando pelo aumento em até 56% na secreção de AG de cadeia longa (>C16) pré-formados e advindos da corrente sanguínea (TORAL et al., 2015). Conforme os autores, esse comportamento está relacionado estrategicamente com a manutenção da produção de gordura nesta espécie, pelo possível efeito de redução ou neutralização da síntese de AG's novos e substituição por AG's pré-formados (TORAL et al., 2014; TORAL et al., 2020; DEWANCKELE et al., 2020), uma vez que a captação de ácidos graxos da dieta para a glândula mamária e incorporação na gordura do leite é energeticamente favorável quando comparado com a síntese de AGV's novos (MOE, 1981).

2.3.3. Fermentação do amido e ambiente ruminal

O incremento constante de amido na dieta pode ocasionar problemas à eficiência produtiva do rebanho. A redução do pH ruminal, em detrimento ao excesso de ácidos fermentáveis no rúmen acima da capacidade absorptiva do epitélio e poder de equilíbrio ácido-básico, possibilita a instalação da acidose ruminal subaguda (SARA) (TAO et al., 2014), que intensifica a lise de bactéria Gram-negativas, liberação de lipopolissacarídeos (LPS) no rúmen como endotoxinas (HUO et al., 2013; TAO et al., 2014; SHEN et al., 2018), alteração das populações de microrganismos ruminais (LI et al., 2014; TAO et al., 2014) e rupturas no epitélio ruminal (LI et al., 2014). O LPS atua como estimulador pró-inflamatório e, quando translocado para o sistema circulatório, reage como um desafio potencial para o sistema imunológico, que demandará um fluxo de energia para ativação de respostas de defesa do organismo, significando redução energética direcionada a produção animal (PLAIZIER et al., 2012; CECILIANI et al., 2012). Além disso, outras perturbações podem acometer os animais pelo excesso de amido e ácidos no rúmen, tais quais: fígado gorduroso, abscessos hepáticos e laminite, com potencial comprometimento à saúde e produção animal.

Huo et al. (2013), Liu et al. (2013) e Dong et al. (2013) alimentaram caprinos com dietas de alto amido e ricas em grãos, e descreveram pH ruminal em níveis acidóticos com valores abaixo de 5,8 por mais de 10 horas/dia (HUO et al., 2013). Gozho et al. (2007) e Zebeli et al. (2008) encontraram que pH ruminal inferior a 5,8 por mais de 5,4 horas/dia é forte indicador de desenvolvimento de SARA nos animais. Somado a esse cenário, ambos os estudos relataram, ainda, incremento na produção de ácidos graxos voláteis, ácido láctico e concentração de LPS, induzidos por dietas com alta inclusão de grãos e níveis de amido, resultando em ambiente ruminal prejudicial à saúde dos animais (LIU et al., 2013). Mesma descrição para as condições ruminais foram relatadas por Shen et al. (2018), para cabras alimentadas com dietas de 38% de amido.

De acordo com estudos realizados *in vitro*, o baixo pH no rúmen (GAEBEL et al., 1989; PENNER et al., 2010) e exposição do ambiente ruminal a toxinas (EMMANUEL et al., 2007) fragilizam a barreira epitelial ruminal, após alterações histológicas do epitélio do rúmen. Ao estudarem as micrografias eletrônicas de varredura das papilas ruminais de caprinos alimentados com dietas em alta inserção de grãos e níveis de amido (58%), os resultados de Liu et al. (2013) mostraram profundo comprometimento da estrutura epitelial ruminal, representado por dano celular epitelial acentuado e erosão da junção intercelular – responsáveis pela manutenção da polaridade das células epiteliais, regulação da permeabilidade da barreira

epitelial e impedimento da translocação de LPS e outras toxinas para a corrente sanguínea (PENNER et al., 2011; TAO et al., 2014). Como consequência, o transporte de toxinas e bactérias do rúmen para o sangue é possibilitado, afetando a saúde e produtividade animal (PLAIZIER et al., 2012; LIU et al., 2013). Segundo os achados de Liu et al. (2013) e Shen et al. (2020), além da redução do pH ruminal e incremento de LPS livre no rúmen, dieta com alto amido induziram níveis detectáveis de LPS livre no sangue periférico, atingindo concentrações equivalentes a $0,80 \pm 0,20$ EU/ml (LIU et al., 2013).

O fígado é o primeiro órgão que pode ser comprometido pelo LPS absorvido pela veia porta, podendo induzir o surgimento de lesões hepáticas, disfunção metabólica (SHEN et al., 2020) e resposta inflamatória no fígado (WELLS E RUSSEL, 1996; DONG et al., 2011). Como consequência, o metabolismo de lipídeos e ácidos biliares no fígado é interrompido e a biossíntese hepática de fosfolipídeos é diminuída, podendo inibir o transporte de triglicerídeos do fígado para a circulação. Esses fatores, principalmente em conjunto, resultam em oferta reduzida de precursores lipogênicos para a glândula mamária de cabras leiteiras (SHEN et al., 2020). Em concordância, Shen et al. (2020) relataram incrementos do catabolismo lipídico no fígado de cabras alimentadas com níveis elevados de amido degradável no rúmen, em resposta a aumentos nas concentrações de metabólitos específicos, indicando elevação nas taxas de β -oxidação lipídica no fígado de cabras leiteiras.

Essa abordagem destaca a necessidade, e importância, na determinação de níveis adequados de amido na dieta de animais ruminantes, sobretudo sobre a produção de leite. Tal perspectiva já foi elucidada para bovinos leiteiros em diversos estudos realizados, principalmente, em outros países. Segundo Shaver (2010), as recomendações de amido para vacas em lactação perseguem um intervalo de 25 a 30%, com nível médio de 27%, com base na matéria seca (MS) da dieta. Entretanto, os trabalhos desenvolvidos para as espécies caprinas são, por enquanto, inconclusivos com relação ao teor adequado de amido dietético, ocasionando utilização dos achados relatados para bovinos, configurando, potencialmente, erro nutricional para cabras em lactação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos nesse estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de São João del-Rei (CEUA/UFSJ) sob o protocolo 8474161121.

3.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado no Biotério Experimental de Caprinos e Ovinos da Universidade Federal de São João Del Rei, localizado no Campus Tancredo de Almeida Neves (CTAN), no município de São João del-Rei/MG. O município encontra-se a 904 m de altitude e está situado nas coordenadas geográficas 21°08'11'' de latitude Sul e 40°15'43'' de longitude Oeste.

Segundo a classificação climática de Koppen (1948), o clima da região é tropical de altitude, caracterizado por estações climáticas bem definidas – verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A temperatura média anual correspondente a 19,5°C, enquanto a precipitação média anual pode chegar a 1500 mm/ano.

3.2. Animais experimentais e instalações

Foram utilizadas 16 cabras Saanen em lactação (primíparas e múltíparas), com peso corporal inicial de $48,7 \pm 4,74$ kg, escore de condição corporal inicial de $2,3 \pm 0,60$, produção de leite inicial de $1,9 \pm 0,80$ kg/dia e $116 \pm 3,0$ dias em lactação (DEL), distribuídas em quatro quadrados latinos repetidos (4 x 4) com quatro animais, quatro tratamentos e quatro períodos experimentais compostos por 21 dias – sendo 14 dias para adaptação dos animais às dietas e 7 (sete) dias para coleta de dados. Os tratamentos corresponderam a dietas com níveis crescentes de amido.

Os animais foram alocados em baias individuais suspensas, com área equivalente a 2m², piso ripado, cobertura e ventilação natural, sendo ainda equipadas com comedouros e bebedouros individuais, para fornecimento da alimentação e água *ad libitum*. As cabras permaneceram confinadas durante 98 dias experimentais, sendo 14 dias iniciais destinados à adaptação dos animais às instalações e padronização experimental, e 84 dias para avaliações subdivididas em quatro períodos de coleta de dados.

No decurso do período de padronização experimental, o peso e escore de condição corporal (ECC) e a produção de leite dos animais foram aferidos durante o intervalo entre o d9 e d14. As cabras formaram 4 grupos (quadrados) de 4 animais, com base em (1) tipo de parto;

(2) número de lactações; (3) escore de condição corporal e (4) peso corporal. Dentro de cada quadrado, os animais foram distribuídos aleatoriamente entre as dietas, para cada período de avaliação.

3.3. Dietas experimentais

Foram utilizadas quatro dietas experimentais em níveis crescentes de amido: 17, 24, 31 e 38%. A silagem de milho reidratado foi utilizada como principal fonte de amido e o feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) – triturado em ensiladeira agrícola – como volumoso. O feno e concentrado foram ofertados simultaneamente, porém não foi adotada homogeneização como dieta total como forma de evitar as perdas alimentares, principalmente do volumoso. A composição química, distribuição e classificação de partículas, via separador de partículas *Penn State* (SPPS), dos ingredientes e dietas, estão descritas nas Tabelas 2 a 4.

Tabela 2 – Composição química dos ingredientes. Média \pm desvio padrão (DP) das 4 amostras compostas obtidas em cada período experimental

Composição química (%MS)	Ingredientes		
	Feno de Tifton 85	Silagem de milho reidratado	Farelo de soja
Matéria seca (MS, %)	83,45 \pm 1,98	59,86 \pm 0,87	84,36 \pm 1,52
Matéria mineral (MM)	5,22 \pm 0,73	0,96 \pm 0,13	6,28 \pm 0,25
Matéria orgânica (MO)	94,78 \pm 0,73	99,04 \pm 0,13	93,72 \pm 0,25
Proteína bruta (PB)	10,29 \pm 2,02	8,30 \pm 0,64	44,86 \pm 2,16
Amido	2,29 \pm 0,45	73,93 \pm 4,08	4,12 \pm 0,76
Fibra em detergente neutro (FDN)	66,29 \pm 1,80	7,97 \pm 0,56	23,19 \pm 0,68

Tabela 3 – Composição das dietas experimentais com níveis crescentes de amido

Item (%)	Níveis de amido (%)			
	17%	24%	31%	38%
<i>Ingredientes</i>				
Feno de Tifton 85	61,46	51,98	42,49	33,01
Silagem de milho reidratado (SMR)	20,93	30,35	39,77	49,20
Farelo de soja	15,18	15,24	15,30	15,36
Suplemento mineral	1,55	1,55	1,55	1,55
Calcário calcítico	0,88	0,88	0,88	0,88
Volumoso:concentrado	61,46: 38,54	51,98: 48,02	42,49: 57,51	33,01: 66,99
<i>Composição química (% MS)</i>				
Matéria seca (MS)	77,48	74,90	72,48	70,22
Matéria mineral (MM)	6,80	6,40	5,99	5,59
Matéria orgânica (MO)	93,20	93,60	94,01	94,41
Proteína bruta (PB)	14,87	14,70	14,54	14,37
Amido	17,50	24,26	31,01	37,76
Fibra em detergente neutro (FDN)	45,93	40,41	34,89	29,37

Tabela 4 – Distribuição do tamanho das partículas e efetividade da fibra do Feno de Tifton 85 e dietas experimentais. Média \pm desvio padrão (DP) das 4 amostras compostas obtidas em cada período experimental

Frações Penn State	Feno Tifton 85	Níveis de amido			
		17%	24%	31%	38%
<i>% Dieta ofertada na matéria natural</i>					
> 19 mm ¹	43,5 \pm 16,7	21,9 \pm 11,1	17,6 \pm 9,6	11,6 \pm 5,5	7,6 \pm 1,4
8 – 19 mm ¹	19,4 \pm 5,3	11,0 \pm 3,7	9,8 \pm 3,0	8,8 \pm 0,9	7,1 \pm 1,1
< 8 mm ¹	37,1 \pm 11,4	67,1 \pm 8,3	72,6 \pm 6,9	79,6 \pm 4,7	85,3 \pm 2,1
fef _{>8} ² (%)	62,9	32,9	27,4	20,4	14,7
FDNfe _{>8} ³ (%)	47,07	17,88	13,13	8,47	5,16

> 19 mm = percentual de partículas com tamanho superior a 19 mm; 8 – 19 mm = percentual de partículas com tamanho inferior a 19 mm e superior a 8 mm; < 8 mm = percentual de partículas com tamanho inferior a 8 mm; fef_{>8} = fator de efetividade da fibra; FDNfe_{>8} = fibra em detergente neutro fisicamente efetiva;

¹Separador de partículas Penn State;

²Somatório entre o percentual de partículas > 8mm (> 19 mm + 8 – 19 mm, Lammers et al., 1996);

³fef_{>8} MS * %FDN da dieta (ZEBELI et al., 2012).

A silagem de milho reidratado (SMR) foi produzida no Biotério Experimental de Caprinos e Ovinos da Universidade Federal de São João Del Rei – Campus Tancredo de Almeida Neves (UFSJ/CTAN). O fubá de milho apresentou matéria seca (MS) equivalente a 88,2% e resultou na adição de 36 litros (L) de água/100 kg de fubá de milho durante o processo de reidratação, objetivando o alcance de 35% de umidade, ideal para o processo de ensilagem. O fubá de milho reidratado foi alocado em tambores de 240 litros vedados – para impedir a entrada de oxigênio – por período médio de 177 ± 28 dias. O processo de reidratação e compactação foram realizadas manualmente.

A água não clorada, destinada a reidratação do milho, foi homogeneizada com aditivo inoculante para silagem à base de bactérias acidoláticas (*Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus lactis*) em níveis de garantia equivalentes a $7,5 \times 10^{10}$ UFC²/g. A adição do produto objetivou promoção de fermentação mais rápida, melhora na preservação da matéria seca da silagem e aumento na estabilidade após abertura e obedeceu às recomendações do fabricante e proporção de água utilizada (0,2 g/100 kg de fubá de milho).

3.4. Desempenho e escore de condição corporal

O peso e escore de condição corporal (ECC) dos animais foram aferidos no d0 (início do período experimental), d15 e d21 (final do período atual e início do período experimental seguinte, respectivamente) de cada período experimental. A pesagem dos animais permitiu a determinação do ganho de peso durante cada período experimental.

O ECC foi realizado através da apalpação da região lombar dos animais, incluindo os processos espinhosos e transversos da coluna vertebral, com atribuição de valores em escala de 1 (cabras muito magras) a 5 (cabras muito gordas) e variação de 0,5 entre os valores, conforme Machado et al. (2008). A avaliação do ECC foi realizada por três avaliadores treinados e independentes, de forma a obter resultado médio para cada animal.

3.5. Oferta da dieta e consumo

O arraçoamento foi realizado diariamente, duas vezes ao dia, após a finalização da ordenha, aproximadamente às 07h30 e 15h30. O fornecimento individual, em cada horário de alimentação, correspondeu a 50% do total a ser ofertado ao animal/dia, de forma que 50% da alimentação foi ofertada pela manhã e 50% á tarde. As sobras foram coletadas diariamente e pesadas para ajuste do ofertado – expresso em matéria natural (MN) – no dia posterior, admitindo-se equivalente a 10% de sobras, permitindo consumo *ad libitum* pelos animais.

Durante os dias 15 a 21 de cada período experimental – correspondendo aos 7 (sete) dias destinados à coleta de dados – as sobras foram utilizadas para determinação do consumo de alimentos e nutrientes pelos animais. Os alimentos fornecidos e sobras foram amostrados diariamente e formaram uma amostra composta para cada animal/período experimental, que foram armazenadas em freezer a -10°C para posterior análises de composição química.

3.6. Tamanho de partícula

A classificação do tamanho de partículas foi realizada em amostra composta dos ingredientes e sobras, obtidas durante o período entre o 15° e 21° dias de cada período experimental, com a utilização de separador de partículas *Penn State* (SPPS) com peneira de diâmetro de 19 e 8 mm e bandeja (LAMMERS et al., 1996). A distribuição de partículas dos alimentos ofertados e sobras disponíveis de cada animal corresponderam ao período de 24 horas após oferta de alimentos pela manhã. Pontualmente no d15 e d17, as sobras foram avaliadas quando a distribuição de partículas com SPPS 4 horas após alimentação.

A previsão de ingestão (com base na alimentação) de partículas em cada peneira correspondeu a: % alimentos retidos na peneira × kg de alimentos consumido. A ingestão de partículas observada correspondeu a: % alimentos retidos na peneira × kg de alimentos ofertados – % sobras retidas na peneira × kg de sobras. O índice de seleção foi calculado: $100 \times (\text{consumo observado} / \text{consumo previsto})$. Valores de classificação abaixo de 100% representam recusa seletiva, acima de 100% representam ingestão preferencial e iguais a 100% representam não seleção.

3.7. Ensaio de digestibilidade e escore fecal

O ensaio de digestibilidade foi conduzido durante o intervalo entre o 17° e 21° dia de cada período experimental, através da coleta, pesagem e amostragem diária dos alimentos fornecidos, sobras e fezes dos animais. O material coletado foi utilizado para amostragem composta para cada animal/período experimental, armazenadas em freezer a -10°C para posterior análises de composição química. Para amostragem de fezes foram considerados 20% do material coletado diariamente.

As fezes foram coletadas individualmente (por animal) por método de coleta total, com auxílio de tela sombrite acoplada na parte inferior do piso ripado de cada baia. O sombrite possibilitou a captação de fezes e o direcionamento do material fecal para recipiente de plástico,

evitando a mistura com a urina dos animais. Ao final deste ensaio, foram obtidos os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes.

Após coleta do material fecal, as fezes foram avaliadas visualmente por três avaliadores, com atribuição de escore classificatório com escala entre 1 e 6, sendo: 1 – fezes ressecadas e sem brilho, 2 – fezes normais, 3 – fezes ligeiramente amolecidas, 4 – fezes amolecidas, perdendo o formato e coladas umas às outras, 5 – fezes amolecidas e sem o formato normal, 6 – fezes diarreicas (GOMES, 2008).

3.8. Comportamento ingestivo

Os animais foram submetidos a avaliação do comportamento ingestivo entre o 18º e 19º dia de cada período experimental, pelo método de varredura instantânea durante período de 24 horas, com intervalos de cinco minutos para computação dos tempos despendidos nas atividades de ingestão de alimentos, ingestão de água, ruminação e ócio (FISCHER et al., 1998). A análise comportamental foi realizada por avaliadores treinados e posicionados estrategicamente, a fim de evitar interferência sob o comportamento natural dos animais durante o estudo. Utilizou-se iluminação artificial para observação noturna das atividades ingestivas dos animais.

As eficiências de alimentação e ruminação foram calculadas e expressas em função da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN), relacionando os tempos despendidos pelos animais para essas atividades com a ingestão dos nutrientes, conforme Burguer et al. (2000):

$$EALms = CMS (kg)/TAL (h)$$

$$EALfdn = CFDN (kg)/TAL (h)$$

$$ERUms = CMS (kg)/TRU (h)$$

$$ERUfdn = CFDN (kg)/TRU (h)$$

Onde, EALms = Eficiência de alimentação na MS (kg/h); CMS = Consumo de matéria seca (kg); TAL = Tempo de alimentação (h); EALfdn = Eficiência de alimentação na FDN (kg/h); CFDN = Consumo de fibra em detergente neutro (kg); ERUms = Eficiência de ruminação na MS (kg/h); TRU = Tempo de ruminação (h); ERUfdn = Eficiência de ruminação na FDN (kg/h).

Na oportunidade, realizou-se a contagem do número de mastigações meréricas (MMnb; n°/bolo) e o tempo despendido para ruminção de cada bolo (MMtb; seg/bolo), com a utilização de um cronômetro digital. Para obtenção das médias das mastigações e do tempo, foram observados três bolos ruminais em diferentes períodos do dia: 06h00 – 12h00; 12h00 – 18h00; 18h00 – 00h00; 00h00 – 06h00. As observações para mastigações meréricas possibilitaram, ainda, as determinações descritas por Polli et al. (1996):

$$NBR = TRU (seg)/MMtb (seg/bolo)$$

$$MMnd = MMnb (n°/bolo)/NBR (n°/dia)$$

$$MMmt = MMnb (n/bolo)/MMtb (seg/bolo)$$

Onde, NBR = Número de bolos ruminados ao dia (n° bolos/dia); TRU = Tempo de ruminção (seg); MMtb = Tempo de mastigação de cada bolo (seg/bolo); MMnd = Número de mastigação por dia (n°/dia); MMnb = Número de mastigação por bolo (n°/bolo); MMmt = Número de mastigação por tempo (n/seg).

O padrão de refeição foi definido com base no raciocínio de Mullins et al. (2012) para o intervalo de 12 minutos. Uma refeição foi definida por pelo menos dois eventos consecutivos de ingestão de alimentos de 5 minutos, após pelo menos dois eventos consecutivos de 5 minutos de ócio ou rumino. A duração das refeição foi obtida pela razão entre o tempo de ingestão de alimentos (min/d) e o número de refeição/d. A duração da primeira refeição foi obtida considerando a primeira refeição dos animais após oferta da alimentação. Determinou-se a duração da refeição mais longa durante toda a avaliação comportamental. O tamanho da refeição foi obtido pela razão entre o consumo de mteria seca diário (CMS, kg/d) e o número de refeição/d.

Na oportunidade, a dieta fornecida e as sobras após 24 horas foram amostradas e submetidas ao separador de partículas *Penn State*, para determinação da seleção alimentar pelos animais, conforme Lammers et al. (1996), e relação com as atividades ingestivas.

3.9. Parâmetros sanguíneos

No dia 21 de cada período experimental os animais foram submetidos à mensuração da glicemia através de glicosímetro portátil conforme descrito por Chenard et al. (2022), em dois momentos: 0 e 4 horas após a oferta da alimentação. No mesmo dia, realizou-se coleta de sangue

por venopunção da jugular em tubo vacutainer com anticoagulante EDTA 4 horas após fornecimento da alimentação, para determinação dos metabólitos sanguíneos. Os tubos foram centrifugados (3200 x g por 15 minutos) e o plasma obtido foi armazenado em *Eppendorf* estéreis.

Determinou-se parâmetros de metabolismo proteico: ácido úrico, ureia, albumina, proteínas totais e creatinina; metabolismo energético: glicose, colesterol, triglicerídeos, frutossamina; enzimas hepáticas: fosfatase alcalina (ALP), gama glutamil transgerase (GGT) e aspartato aminotransferase (AST) e metabolismo mineral: cálcio. Os metabólitos plasmáticos foram analisados pelo método enzimaimunoensaio (EIE) por meio de analisador automático Multiskan GO – Thermo Scientific.

3.10. Produção e composição do leite

Durante todo o período experimental as cabras foram ordenhadas manualmente duas vezes ao dia, às 7h00 e 15h00. O leite foi pesado diariamente e o intervalo entre o 15º e 21º dia de cada período experimental foram utilizados para quantificação da produção de leite/dia.

Foram coletadas amostras de leite durante as duas ordenhas – manhã e tarde – no d15 e d17 de cada período experimental. O lácteo coletado foi acondicionado em frasco plástico e encaminhado para laboratório comercial para determinação dos teores de proteína, gordura, sólidos totais e extrato desengordurado por analisador ultrassônico Ekomilk M – Cap-Lab.

A produção de leite foi corrigida para 3,5% de gordura ($LCG_{3,5}$), conforme modelo matemático descrito por Gaines (1928): $[LCG_{3,5} = (0,5255 \times PL) + (16,425 \times PGD)]$, onde PL = produção de leite (kg/dia) e PGD = produção de gordura (kg/dia). As eficiências alimentares foram determinadas pela relação entre a produção de leite (PL, kg/dia), produção de leite corrigida para 3.5% de gordura ($LCG_{3,5}$, kg/dia) e o consumo de matéria seca (CMS, kg/dia). A eficiência de utilização do N (EUN) foi calculada como a secreção de N do leite (proteína bruta do leite/6,38) como proporção do N ingerido.

3.11. Análises químicas

Todas as amostras – alimentos, sobras e fezes – foram submetidas a pré-secagem em estufas com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia/UFSJ. Após a pré-secagem, o material residual foi triturado em moinho tipo Willey, com peneira de crivos de 1 mm para análises químicas no laboratório de

Nutrição Animal da Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ), Lavras (UFLA) e Rio Grande do Norte (UFRN).

Os alimentos, sobras e fezes foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS) por método de secagem definitiva, matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) conforme descrito pela AOAC (2012). A determinação da FDN e avaliação do tamanho de partículas dos alimentos em separador de partículas *Penn State* permitiu determinação dos teores de FDN fisicamente efetiva – partículas com tamanho superior a 8 mm (FDN_{fe>8}). A matéria orgânica foi obtida pela diferença entre matéria seca e mineral. O teor de amido foi determinado pelo método de Back Knudsen modificado (HALL, 2009).

3.12. Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS University Edition, Cary, NC). O modelo do quadrado latino considerou o efeito aleatório da cabra (1 a 16), os efeitos fixos de período (1 a 4) e o nível de amido na dieta:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + A_{(i)j} + B_{(i)k} + P_k + T_l + E_{ijkl}$$

Onde Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; Q_i = efeito aleatório do i -ésimo quadrado ($i = 1 - 4$); $A_{(i)j}$ = efeito da j -ésima cabra no i -ésimo quadrado ($j = 1 - 16$); $B_{(i)k}$ = efeito do período aninhado ao quadrado; P_j = efeito fixo do período ($k = 1 - 4$); T_l = efeito fixo do nível de amido na dieta ($l = 17; 24; 31$ ou 38) e E_{ijkl} = erro residual.

Os efeitos dos níveis de amido foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F com nível de significância de $P \leq 0,05$. Posteriormente, os dados foram submetidos ao recurso PROC REG do SAS para determinação de equação de regressão para efeito lineares, quadráticos e cúbicos.

Os resíduos foram plotados contra os valores previstos para verificar as suposições do modelo em relação à homocedasticidade, independência e normalidade dos erros. Um ponto de dados foi considerado outlier e removido do banco quando o resíduo estudentizado se apresentou fora da faixa de $\pm 3,0$.

4. RESULTADOS

4.1. Composição da dieta

A matéria seca (MS) das dietas reduziu continuamente de 77,48% para 70,22% (para dietas com 17 a 38% de amido) com o incremento da silagem de milho reidratado (SMR) e alcance dos níveis crescentes de amido (Tabela 3). Comportamento semelhante foi encontrado para a matéria mineral (MM) – que reduziu de 6,8% a 5,59% entre dietas com 17 a 38% de amido – em virtude do baixo teor de cinzas na SMR. Consequentemente, o teor de matéria orgânica (MO) apresentou comportamento contrário e aumentou de 93,2 para 94,41% com o incremento de SMR e nível de amido. As dietas foram consideradas isoprotéicas, com teor médio de 14% de proteína bruta (PB) entre elas. O amido, conforme proposto, aumentou linearmente com incremento da SMR: 17, 24, 31 e 38%.

O feno de Tifton 85 – utilizado como fonte de volumoso e fibra – apresentou maior proporção de partículas retidas na peneira > 19 mm (43,5%), conforme esperado (Tabela 4). A proporção de 37,1% de partículas < 8mm pode estar relacionada com o processamento submetido ao alimento. O fator de efetividade da fibra ($fe_{>8}$), considerando partículas superiores a 8 mm (LAMMERS et al., 1996), equivaliu a 62,9%, resultando em teor de 47,07% de FDN fisicamente efetiva – $FDNfe_{>8}$ (ZEBELI et al., 2012).

Para a distribuição das partículas nas dietas, a redução da proporção dietética de volumoso reduziu a proporção de partículas retidas na peneira >19 mm, enquanto incremento do concentrado aumentou continuamente a proporção de partículas na peneira <8 mm, em virtude da diferença no tamanho de partículas entre alimentos volumosos e concentrado (grãos moídos). Em resposta, o aumento no nível de amido na dieta com consequente redução de feno e FDN resultou em redução contínua de $fe_{>8}$ e $FDNfe_{>8}$ (17,88; 13,13; 8,47 e 5,16% para 17, 24, 31 e 38% de amido na dieta; Tabela 4).

4.2. Peso e escore de condição corporal

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis crescentes de amido sobre o peso vivo (PV) e escore de condição corporal (ECC) iniciais (51,4 kg e 2,2 para PV_i e ECC_i, respectivamente) e finais (52,9 kg e 2,2 para PV_f e ECC_f, respectivamente) dos animais. O GMD aumentou linearmente ($P<0,01$) de 30 para 129 g/dia com o incremento contínuo em até 38% de amido na dieta, porém sem afetar o peso final das cabras (Tabela 5).

Tabela 5 – Peso, escore de condição corporal e consumo de nutrientes de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido

Variáveis	Nível de amido				CV (%)	P-valor				R ₂
	17%	24%	31%	38%		QD ²	L ³	Q ⁴	C ⁵	
<i>Peso e escore de condição corporal</i>										
PVi, kg	52,1	52,2	50,2	51,1	12,10	0,19	0,73	0,78	0,78	0,19
PVf, kg	52,8	52,8	52,4	53,7	12,36	0,35	0,27	0,70	0,70	0,12
GMD, g/d	30	30	106	129	24,19	0,24	<0,01 ⁶	0,51	0,51	0,37
ECCi	2,2	2,2	2,2	2,2	26,38	0,08	0,94	0,91	0,91	0,14
ECCf	2,1	2,1	2,2	2,3	26,56	0,18	0,43	0,68	0,68	0,11
<i>Consumo de nutrientes, kg/d</i>										
CMS	1,578	1,687	1,847	2,058	24,00	0,06	<0,01 ⁷	0,61	0,99	0,29
CMO	1,465	1,574	1,731	1,937	24,26	0,06	<0,01 ⁸	0,60	0,99	0,31
CMM	0,112	0,113	0,115	0,120	21,79	0,06	0,33	0,71	0,99	0,18
CPB	0,250	0,265	0,277	0,309	23,38	0,07	0,01 ⁹	0,58	0,73	0,27
CAM	0,318	0,466	0,637	0,810	23,98	0,13	<0,01 ¹⁰	0,71	0,89	0,74
CFDN	0,651	0,593	0,562	0,538	23,64	0,06	0,02 ¹¹	0,62	0,90	0,23
IFDNfe _{>8} ¹	0,212	0,161	0,118	0,082	28,13	0,21	<0,01 ¹²	0,53	0,96	0,70
<i>Consumo de nutrientes, %PV</i>										
CMS _{pv}	2,10	3,19	3,52	3,75	18,48	0,07	<0,01 ¹³	0,91	0,70	0,39
CFDN _{pv}	1,23	1,12	1,07	1,02	19,69	0,30	<0,01 ¹⁴	0,58	0,78	0,35
IFDNfe _{>8pv} ¹	0,37	0,30	0,23	0,15	29,81	0,22	<0,01 ¹⁵	0,94	0,91	0,76

PVi = Peso vivo inicial, kg; PVf = Peso vivo final, kg; GMD = Ganho de peso média diário, g/d; ECCi = Escore de condição corporal inicial; ECCf = Escore de condição corporal final; CMS = consumo de matéria seca, kg/d; CMO = consumo de matéria orgânica, kg/d; CMM = consumo de matéria mineral, kg/d; CPB = consumo de proteína bruta, kg/d; CAM = consumo de amido, kg/d; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro, kg/d; IFDNfe_{>8} = Ingestão de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; CMS_{pv} = consumo de matéria seca em relação ao peso vivo; CFDN_{pv} = consumo de fibra em detergente neutro em relação ao peso vivo; IFDNfe_{>8} = Ingestão de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva em relação ao peso vivo;

¹CFDN x fef_{>8};

²Efeito para quadrado latino;

³Efeito linear para nível de amido;

⁴Efeito quadrático para nível de amido;

⁵Efeito cúbico para nível de amido;

⁶ $\hat{Y} = 0,04842 + 0,0314x$; ⁷ $\hat{Y} = 1,53463 + 0,16019x$; ⁸ $\hat{Y} = 1,41038 + 0,15740x$; ⁹ $\hat{Y} = 0,27123 + 0,01877x$; ¹⁰ $\hat{Y} = 0,16004 + 0,16484x$; ¹¹ $\hat{Y} = 0,73323 - 0,03724x$; ¹² $\hat{Y} = 0,21637 - 0,04338x$; ¹³ $\hat{Y} = 0,03151 + 0,00269x$; ¹⁴ $\hat{Y} = 0,01491 - 0,00068077x$;

¹⁵ $\hat{Y} = 0,01491 - 0,00072122x$.

4.3. Consumo de nutrientes

O consumo de matéria seca (CMS, kg/d e %PV), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB) e amido (CAM) cresceram linearmente ($P < 0,05$) em resposta ao incremento de amido dietético (Tabela 5). O consumo de matéria mineral (CMM) não foi influenciado pela dieta ($P = 0,33$). O CMS_{pv} aumentou ($P < 0,01$) de 2,1 para 3,75% PV e o CAM de 0,318 para 0,810 kg/d ($P < 0,01$) quando o nível de amido aumentou entre 17 e 38%. Em contrapartida, o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN, kg/d e %PV) e de fibra fisicamente efetiva (IFDNfe_{>8}, kg/d e %PV) apresentaram comportamento inverso ($P < 0,05$) ao teor crescente de amido na dieta. O CFDN_{pv} reduziu ($P < 0,01$) de 1,23 para 1,02% PV e a IFDNfe_{>8} diminuiu

($P < 0,01$) de 0,212 para 0,082 kg/d com incremento de amido em até 38%, e podem estar relacionados a limitação física de consumo de alimentos pelos animais.

A ingestão real de nutrientes diferiu com relação aos níveis descritos na composição química das dietas. O CPB real foi ligeiramente maior (15,8%, 15,7%, 15,0% e 15,0% para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente) do que a concentração de proteína nas dietas fornecidas (14,87%, 14,70%, 14,54% e 14,37% para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente). A concentração de amido realmente ingerida foi superior e equivalente a 20,2%, 27,8%, 34,5% e 39,4% para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente. Em contrapartida, a ingestão real de FDN correspondeu a 41,3%, 35,2%, 30,4% e 26,1%, sendo inferiores aos teores de 45,93%, 40,41%, 34,89% e 29,37% nas dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente. Os animais alimentados com dietas em 17 e 24% de amido apresentaram ingestão real de FDN_{fe>8} de 13,4 e 9,52%, inferiores a 14,13 e 10,07% da dieta, respectivamente. Por outro lado, ingestão real de FDN_{fe>8} em relação ao seu teor na dieta pode ser considerada semelhante, quando em dietas com 31% de amido (6,4% vs 6,3% respectivamente) ou superior, quando animais são alimentados com 38% de amido (4,0% vs 3,72%).

4.4. Classificação de partículas e índice de seleção alimentar

O incremento no nível de amido da dieta reduziu linearmente ($P < 0,01$) as proporções das partículas longas (>19 mm) e médias (8 – 19 mm), enquanto aumentou linearmente ($P < 0,01$) a proporção de partículas finas (<8 mm) nas sobras 4 e 24 horas após alimentação (Tabela 6), conforme descrito para a classificação de partículas das dietas (Tabela 4).

Os animais aumentaram linearmente ($P = 0,03$) a recusa de partículas longas (>19 mm) e reduziram de forma linear ($P = 0,01$) a rejeição por partículas médias (8 – 19 mm) com incremento de amido na dieta, resultando em índices equivalentes a: >19 mm = 73, 69, 66 e 65% e 8 – 19 mm = 75, 79, 82 e 85% para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente. Embora não houve efeito dos níveis de amido ($P = 0,73$), os animais apresentaram ingestão preferencial – equivalente a 112% – de partículas finas (<8 mm, Tabela 6).

Tabela 6 – Distribuição do tamanho das partículas das sobras 4 e 24 horas após alimentação e índice de seletividade de ingestão de partículas 24 horas após alimentação, de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido

Frações Penn State	Níveis de amido				CV (%)	P-valor				R _s
	17%	24%	31%	38%		QD ³	L ⁴	Q ⁵	C ⁶	
<i>Distribuição das partículas 4 horas após alimentação (%)</i>										
> 19 mm ¹	50,1	50,1	44,6	25,7	36,07	0,03	<0,01 ⁷	0,02	0,66	0,57
8 – 19 mm ¹	23,2	18,9	17,9	12,6	29,69	0,57	<0,01 ⁸	0,61	0,09	0,61
< 8 mm ¹	26,7	31,0	37,5	61,6	34,94	0,04	<0,01 ⁹	0,01	0,38	0,65
<i>Distribuição das partículas 24 horas após alimentação (%)</i>										
> 19 mm ¹	46,4	48,3	46,9	33,5	36,54	0,05	0,01	0,03 ¹⁰	0,57	0,41
8 – 19 mm ¹	24,4	21,6	20,3	14,7	26,92	0,88	<0,01 ¹¹	0,20	0,25	0,51
< 8 mm ¹	29,2	30,1	32,8	51,8	36,70	0,05	<0,01 ¹²	0,01	0,31	0,56
<i>Classificação de partículas 24 horas após alimentação (consumo observado/consumo predito)²</i>										
> 19 mm ¹	73	69	66	65	33,72	0,02	0,02 ¹³	0,78	0,97	0,46
8 – 19 mm ¹	75	79	82	85	14,69	0,67	0,01 ¹⁴	0,92	0,96	0,42
< 8 mm ¹	112	113	112	112	2,45	0,08	0,73	0,71	0,50	0,26

> 19 mm = percentual de partículas com tamanho superior a 19 mm; 8 – 19 mm = percentual de partículas com tamanho inferior a 19 mm e superior a 8 mm; < 8 mm = percentual de partículas com tamanho inferior a 8 mm;

¹Separador de partículas Penn State;

²Valores de classificação abaixo de 100% representam recusa seletiva, acima de 100% representam ingestão preferencial e iguais a 100% representam não seleção;

³Efeito para quadrado latino;

⁴Efeito linear para nível de amido;

⁵Efeito quadrático para nível de amido;

⁶Efeito cúbico para nível de amido;

⁷ $\hat{Y} = 0,42089 - 0,07881x$; ⁸ $\hat{Y} = 0,23871 - 0,03275x$; ⁹ $\hat{Y} = 0,34221 - 0,11130x$; ¹⁰ $\hat{Y} = 0,15974 + 0,15050x - 0,03810x^2$; ¹¹ $\hat{Y} = 0,28078 - 0,03066x$; ¹² $\hat{Y} = 0,36899 + 0,067063x$; ¹³ $\hat{Y} = 0,81719 + 0,02931x$; ¹⁴ $\hat{Y} = 0,78326 + 0,03519x$.

4.5. Digestibilidade dos nutrientes

O incremento de amido nas dietas reduziu linearmente ($P < 0,01$) a digestibilidade da proteína bruta (82,5%, 78,59%, 78,68% e 76,58% para 17, 24, 31 e 38% de amido) e da fibra em detergente neutro (56,36%, 48,58%, 47,72% e 45,62% para 17, 24, 31 e 38% de amido). A DMS, DMO, DMM e DAM não foram influenciados ($P > 0,05$) pelo teor de amido dietético e corresponderam a 73,4%, 74,9%, 48,1% e 97,7% respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 – Digestibilidade dos nutrientes, escore e amido fecal de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em diferentes níveis de amido

Digestibilidade de nutrientes	Nível de amido				CV (%)	P-valor				R ₂
	17%	24%	31%	38%		QD ¹	L ²	Q ³	C ⁴	
<i>Digestibilidade de nutrientes (%)</i>										
DMS	73,04	72,86	73,49	74,16	9,25	0,30	0,58	0,78	0,89	0,19
DMO	74,63	74,74	75,41	75,97	8,55	0,30	0,49	0,87	0,90	0,21
DMM	52,22	46,24	46,86	47,08	24,34	0,17	0,27	0,24	0,59	0,16
DPB	82,50	78,59	78,68	76,58	8,00	0,14	<0,01 ⁵	0,50	0,39	0,23
DAM	97,20	97,73	98,02	97,94	1,44	0,14	0,12	0,22	0,87	0,54
DFDN	56,36	48,58	47,72	45,62	25,35	0,24	<0,01 ⁶	0,36	0,60	0,28
<i>Escore de fezes</i>										
ECFez	2,08	2,18	2,57	3,42	30,41	0,23	<0,01 ⁷	0,01	0,78	0,66
AMF, %	2,08	2,05	2,63	3,25	34,94	0,55	<0,01 ⁸	0,15	0,69	0,70

DMS = Digestibilidade da matéria seca, %; DMO = Digestibilidade da matéria orgânica, %; DMM = Digestibilidade da matéria mineral, %; DPB = Digestibilidade da proteína bruta, %; DAM = Digestibilidade do amido, %; DFDN = Digestibilidade da fibra em detergente neutro, %; ECFez = Escore de condição fecal; AMF = Amido nas fezes, %.

¹Efeito para quadrado latino;

²Efeito linear para nível de amido;

³Efeito quadrático para nível de amido;

⁴Efeito cúbico para nível de amido;

⁵ $\hat{Y} = 81,70641 - 1,78380x$; ⁶ $\hat{Y} = 61,90639 - 3,78508x$; ⁷ $\hat{Y} = 2,70208 + 0,43833x$; ⁸ $\hat{Y} = 3,54313 + 0,44630x$.

O escore das fezes (ECFez) e percentual de amido nas fezes (AMF) aumentaram linearmente ($P < 0,01$) com o incremento de amido na dieta, indicando maior excreção de amido fecal (2,08%, 2,18%, 2,63% e 3,25% de AMF para 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente) e alteração na consistência das fezes, classificadas entre ‘normais’ e ‘levemente amolecidas’ com aumento de ECFez de 2,08 até 3,42 (Tabela 7).

4.6. Comportamento ingestivo

O incremento contínuo nos níveis de amido dietético reduziu linearmente ($P < 0,05$) o tempo despendido em alimentação (ALI), ruminação (RUM) e mastigação total (MAT). O MAT diminuiu entre 694; 627; 579 e 543 min/d para níveis de 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente (Tabela 8). Entretanto, comportamento contrário foi observado para tempo em ócio (OCI) e outras atividades (OTA) ao aumentarem linearmente ($P < 0,05$) conforme teor de amido na dieta. O OCI apresentou resultados de 589; 631; 645 e 698 min/d para 17, 24, 31 e 38% de amido. O tempo despendido para ingestão de água não foi afetado pelas dietas (10 min/d, $P = 0,08$).

Tabela 8 – Atividades ingestivas, mastigações meréricas, dinâmica de refeições, eficiência alimentar e seleção de partículas de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido

Atividades alimentares	Nível de amido				CV (%)	P-valor				R _s
	17%	24%	31%	38%		QD ³	L ⁴	Q ⁵	C ⁶	
<i>Atividades ingestivas, min/d</i>										
ALI	255	246	220	219	25,73	0,18	0,04 ⁷	0,79	0,52	0,22
RUM	439	381	359	324	19,18	0,36	<0,01 ⁸	0,42	0,43	0,47
MAT	694	627	579	543	16,26	0,04	<0,01 ⁹	0,45	0,94	0,45
OCI	588	631	645	698	15,44	0,04	<0,01 ¹⁰	0,81	0,48	0,38
AGU	7	12	9	13	9,25	0,53	0,08	0,88	0,14	0,38
OTA	151	170	207	186	38,28	<0,01	0,03 ¹¹	0,16	0,23	0,52
<i>Mastigação merérica</i>										
MMnb	63	62	59	56	15,93	<0,01	0,03 ¹²	0,74	0,86	0,39
MMtb	49	49	48	47	15,93	<0,01	0,50	0,67	0,75	0,38
TXmm	1,29	1,25	1,22	1,20	10,29	0,91	0,04 ¹³	0,89	0,96	0,10
MMnd	34.037	28.505	26.184	23.269	23,56	0,73	<0,01 ¹⁴	0,32	0,52	0,44
NBR	544	475	451	418	21,93	0,02	<0,01 ¹⁵	0,42	0,60	0,46
<i>Dinâmica de refeições</i>										
NREF, n/d	4	5	5	7	44,91	0,01	<0,01 ¹⁶	<0,06	0,14	0,54
TREF, kg	0,42	0,39	0,41	0,35	39,32	0,12	0,27	0,76	0,33	0,31
DREF, min	69	56	48	37	42,39	0,09	<0,01 ¹⁷	0,80	0,57	0,58
DMR, min	116	107	105	88	31,55	0,82	0,01 ¹⁸	0,59	0,52	0,20
DPR, min	110	95	99	83	36,98	0,56	0,05 ¹⁹	0,96	0,33	0,20
<i>Eficiências alimentares</i>										
EALms	0,40	0,43	0,53	0,61	36,34	0,61	<0,01 ²⁰	0,50	0,62	0,32
ERUms	0,22	0,27	0,30	0,39	27,94	0,08	<0,01 ²¹	0,16	0,19	0,68
EALfdn	0,15	0,15	0,16	0,16	29,81	0,46	0,82	0,72	0,97	0,57
ERUfdn	0,09	0,09	0,09	0,10	21,71	0,16	0,12	0,47	0,26	0,27
<i>Seleção de partículas (consumo observado/predito, %)²</i>										
> 19 mm ¹	84	76	69	63	32,15	0,03	0,01 ²²	0,91	0,94	0,42
8 – 19 mm ¹	76	80	79	88	16,18	0,10	0,01 ²³	0,29	0,27	0,54
< 8 mm ¹	107	109	107	105	4,23	0,03	0,09	0,07	0,70	0,33

ALI = Tempo despendido em alimentação (min/d); RUM = Tempo despendido em ruminação (min/d); MAT = Tempo despendido em mastigação total (min/d); OCI = Tempo despendido em ócio (min/d); AGU = Tempo despendido em ingestão de água (min/d); OTA = Tempo despendido em outras atividades (min/d);

MMnb = Número de mastigações/bolo ruminal; MMtb = Tempo de mastigação/bolo ruminal; TXmm = Taxa de mastigação merérica (n/seg); MMnd = Número de mastigações/dia; NBR = Número de bolos ruminais/dia; NREF = Número de refeições/dia; TREF = Tamanho da refeição (kg/refeição/d); DREF = Duração da refeição (min/d); DMR = Duração da maior refeição (min); DPR = Duração da primeira refeição (min); EALms = Eficiência de alimentação da matéria seca; ERUms = Eficiência de ruminação da matéria seca; EALfdn = Eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro; ERUfdn = Eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro; > 19 mm = partículas com tamanho superior a 19 mm; 8 – 19 mm = partículas com tamanho inferior a 19 mm e superior a 8 mm; < 8 mm = partículas com tamanho inferior a 8 mm.

¹Separador de partículas Penn State;

²Valores de classificação abaixo de 100% representam recusa seletiva, acima de 100% representam ingestão preferencial e iguais a 100% representam não seleção;

³Efeito para quadrado latino;

⁴Efeito linear para nível de amido;

⁵Efeito quadrático para nível de amido;

⁶Efeito cúbico para nível de amido;

⁷ $\hat{Y} = 304,37500 - 13,31250x$; ⁸ $\hat{Y} = 426,09375 - 37,09375x$; ⁹ $\hat{Y} = 730,46875 - 50,40625x$; ¹⁰ $\hat{Y} = 667,14286 + 34,59375x$; ¹¹ $\hat{Y} = 25,31250 + 14,09375x$; ¹² $\hat{Y} = 71,27951 - 2,26594x$; ¹³ $\hat{Y} = 1,30580 - 0,02913x$; ¹⁴ $\hat{Y} = 33316 - 3462,44631x$; ¹⁵ $\hat{Y} = 473,00420$

$-40,32000x$; $^{16}\hat{Y} = 6,30357 + 0,81875x$; $^{17}\hat{Y} = 46,05031 - 10,17700x$; $^{18}\hat{Y} = 98,43750 - 8,84375x$; $^{19}\hat{Y} = 84,41964 - 7,59375x$; $^{20}\hat{Y} = 0,23796 + 0,07463x$; $^{21}\hat{Y} = 0,20252 + 0,05395x$; $^{22}\hat{Y} = 0,99680 - 0,06976x$; $^{23}\hat{Y} = 0,78586 + 0,03510x$.

Os níveis de amido da dieta influenciaram a dinâmica de mastigação dos animais. Com exceção do tempo gasto para mastigação de cada bolo ruminal equivalente a 48 s/bolo (MMtb; $P=0,57$), todas as avaliações mastigatórias reduziram linearmente ($P<0,05$) com acréscimo do amido dietético: número de mastigações por bolo ruminal (MMnb), de mastigações diárias (MMnd) e taxa de mastigação merícica (TXmm). O número de bolos ruminados diariamente (NBR) reduziu de forma linear ($P<0,01$) entre 544, 475, 451 e 418 bolos/d para 17, 24, 31 e 38% de amido (Tabela 8).

Os animais aumentaram linearmente o número de refeições/d (NREF) com aumento contínuo de amido nas dietas ($P<0,01$; Tabela 8). Em comportamento contrário, observou-se redução linear ($P<0,05$) para duração das refeições (DREF = 57, 53, 48 e 37 min/d para 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente), duração da maior (DMR) e da primeira refeição (DPR). O tamanho das refeições não foi influenciado pelo nível de amido, em resposta ao incremento no CMS e NREF, sendo equivalente a 0,392 kg MS/refeição.

As eficiências de alimentação e ruminação de matéria seca aumentaram linearmente ($P<0,05$) com incremento de amido na dieta (Tabela 8) em resposta ao aumento de CMS e redução das atividades de alimentação e ruminação, permitindo inferir que a maior presença de amido no trato digestório possibilitou maior atividade digestiva nos animais. Entretanto, o nível de amido não influenciou a eficiência de alimentação ($P = 0,82$) e ruminação ($P = 0,12$) da FDN.

Os animais aumentaram linearmente ($P = 0,01$) a recusa de partículas longas (>19 mm) e reduziram de forma linear ($P = 0,01$) a rejeição por partículas médias (8 – 19 mm) com incremento de amido na dieta, resultando em índices equivalentes a: >19 mm = 84, 76, 69 e 63% e 8 – 19 mm = 76, 80, 79 e 88% para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente. Embora não houve efeito dos níveis de amido ($P = 0,09$), os animais apresentaram ingestão preferencial – equivalente a 107% – de partículas finas (< 8 mm, Tabela 8).

4.7. Perfil de metabólitos séricos

Não houve efeito dos níveis de amido ($P>0,05$) sobre os metabólitos proteicos: ácido úrico (ACU, 3,07), ureia (61,55), albumina (ALB, 5,78), proteínas totais (PPT, 6,71) e creatinina (CRE, 2,76). Para os metabólitos energéticos, embora não houve alteração ($P>0,05$)

nos níveis séricos de triglicerídeos (TRIG, 46,88) e frutossamina (FRUT, 235,36), a glicose (GLI) e colesterol (COL) aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com incremento de amido, com $GLI = 59,67; 60,43; 62,63$ e $63,61$ e $COL = 84,80; 77,0; 74,69$ e $73,2$ para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 – Perfil de metabólitos séricos de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido

Metabólitos	Nível de amido				CV (%)	P-valor				R ₂
	17%	24%	31%	38%		QD ¹	L ²	Q ³	C ⁴	
<i>Metabólitos séricos</i>										
ACU (mg/dl)	3,1	3,1	3,1	3,1	1,43	0,74	0,93	0,99	0,45	0,17
UREIA (mg/dl)	63,8	58,7	64,3	59,4	23,61	0,41	0,75	0,86	0,15	0,54
ALB (mg/dl)	4,9	4,8	4,9	5,0	13,10	0,79	0,44	0,27	0,70	0,71
PPT (g/dl)	6,8	6,7	6,7	6,7	5,49	0,01	0,99	0,59	0,87	0,25
CRE (mg/dl)	2,8	3,0	2,6	2,7	24,29	0,84	0,52	0,89	0,13	0,23
GLI (mg/dl)	59,7	60,4	62,6	63,6	9,75	0,06	0,04 ⁵	0,97	0,66	0,22
COL (mg/dl)	78,0	77,92	78,21	78,07	19,27	0,17	0,96	0,69	0,75	0,19
TRIG (mg/dl)	44,1	48,7	46,6	48,1	16,33	0,48	0,19	0,22	0,16	0,41
FRUT (mg/dl)	242,9	231,0	236,2	231,4	10,26	0,23	0,27	0,55	0,31	0,41
ALP (U/L)	311,9	255,8	313,8	266,8	36,90	0,02	0,77	0,87	0,57	0,24
GGT (U/L)	52,94	55,13	59,50	63,73	20,03	0,04	<0,01 ⁶	0,73	0,81	0,41
AST (U/L)	87,9	82,7	84,6	89,4	21,03	0,39	0,75	0,27	0,81	0,13
CALC (mg/dl)	7,1	6,5	6,9	6,9	24,51	0,46	0,92	0,57	0,58	0,30
<i>Perfil de glicose no sangue via glicosímetro portátil</i>										
GLI0h	47,3	50,8	54,6	59,8	14,44	0,08	<0,01 ⁸	0,03	0,02	0,56
GLI4h	56,6	56,8	58,4	62,7	10,32	0,14	<0,01 ⁹	0,15	0,79	0,45

ACU = Ácido úrico; ALB = Albumina; PPT = Proteínas totais; CRE = Creatinina; GLI = Glicose; COL = Colesterol; TRIG = Triglicerídeos; FRUT = Frutossamina; ALP = Fosfatase alcalina; GGT = Gama glutamil transferase; AST = Aspartato aminotransferase; CALC = Cálcio; GLI0H = Glicose 0h antes da alimentação; GLI4h = Glicose 4h após alimentação;

¹Efeito para quadrado latino;

²Efeito linear para nível de amido;

³Efeito quadrático para nível de amido;

⁴Efeito cúbico para nível de amido;

⁵ $\hat{Y} = 61,52621 + 1,39584x$; ⁶ $\hat{Y} = 62,12142 + 3,57175x$; ⁷ $\hat{Y} = 26,49646 - 1,75030x$; ⁸ $\hat{Y} = 41,45398 + 13,86355x$; ⁹ $\hat{Y} = 64,81819 + 2,03235x$.

As enzimas hepáticas gama glutamil transferase (GGT) e alanina aspartato (AST) responderam de forma inversa ao aumento de amido na dieta. A GGT aumentou (52,94, 55,13, 59,5 e 63,73, $P < 0,01$) enquanto a AST reduziu de forma linearmente (27,87, 25,56, 23,88 e 22,69, $P = 0,03$) para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido. A fosfatase alcalina (ALP, 287,07) e alanina aspartato (AST, 86,16), assim como o cálcio sérico (CALC, 6,84) não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de amido dietético (Tabela 9).

A avaliação da glicemia via glicosímetro portátil apresentou comportamento linear crescente ($P < 0,05$; Tabela 9) para glicose 0 e 4 horas após alimentados. A glicose 0 hora – antes

da oferta de alimentação – resultou em 47,33, 50,83, 54,58 e 59,83 para as dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido respectivamente. O comportamento linear positivo para glicose 4 horas pós alimentação para parêlo portátil e avaliação sérica enzimática validam a técnica via glicemia.

4.8. Produção e composição do leite

A produção de leite (PL, kg/d), produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PLCG_{3,5}, kg/d), gordura (GORD, kg/d) e proteína (PROT, kg/d) apresentaram comportamento linear crescente ($P < 0,05$) com o incremento contínuo de amido nas dietas (Tabela 10). A PL correspondeu a kg/d, a gordura a 0,046; 0,050; 0,052 e 0,056 kg/d e proteína a 0,040; 0,046; 0,046 e 0,050 kg/d para os níveis de 17, 24, 31 e 38% de amido dietético, respectivamente. Entretanto o percentual de gordura (2,70%), proteína (2,38%), extrato seco total (EST; 11,22%) e desengordurado (ESD; 8,54%) não foram influenciados pelo nível de amido ($P > 0,05$).

Tabela 10 – Produção de leite, produção de leite corrigido para 3,5% de gordura, composição láctea e eficiências alimentares de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em níveis crescentes de amido

Desempenho produtivo	Nível de amido				CV (%)	P-valor				R ₂
	17%	24%	31%	38%		QD ¹	L ²	Q ³	C ⁴	
<i>Produção e composição do leite</i>										
PL, kg/d	1,717	1,871	1,940	2,073	23,76	0,12	0,04 ⁵	0,96	0,88	0,15
PLCG _{3,5} , kg/d	1,434	1,506	1,635	1,665	20,98	0,09	0,04 ⁶	0,91	0,48	0,26
GORD, %	2,70	2,69	2,69	2,71	15,79	0,22	0,84	0,63	0,64	0,40
GORD, kg/d	0,046	0,050	0,052	0,056	27,25	0,24	0,03 ⁷	0,52	0,26	0,40
PROT, %	2,41	2,41	2,37	2,34	9,19	0,03	0,25	0,73	0,80	0,68
PROT, kg/d	0,040	0,046	0,046	0,050	25,09	0,12	0,01 ⁸	0,88	0,64	0,18
EST, %	11,67	11,27	10,90	11,04	9,22	0,31	0,08	0,62	0,68	0,56
ESD, %	8,92	8,65	8,25	8,35	4,23	0,38	0,11	0,58	0,39	0,33
<i>Eficiências alimentares</i>										
EPL	1,069	1,064	1,025	0,975	30,68	0,54	0,03 ⁹	0,78	0,95	0,17
EPLCG _{3,5}	0,919	0,898	0,786	0,786	30,81	0,72	0,02 ¹⁰	0,89	0,41	0,28
EUN	9,44	8,90	8,23	7,55	20,84	<0,01	<0,01 ¹¹	0,92	0,93	0,48

PL = Produção diária de leite, kg; PLCG_{3,5} = Produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, kg; GORD = Gordura; PROT = Proteína; EST = Extrato seco total; ESD = Extrato seco desengordurado; EPL = Eficiência de produção de leite; EPLCG_{3,5} = Eficiência de produção de leite corrigido para 3,5% de gordura; EUN = Eficiência de utilização do nitrogênio;

¹Efeito para dieta (níveis de amido);

²Efeito para bloco;

³Efeito linear para nível de amido;

⁴Efeito quadrático para nível de amido;

⁵ $\hat{Y} = 1,85536 + 0,10879x$; ⁶ $\hat{Y} = 1,95789 + 0,05636x$; ⁷ $\hat{Y} = 0,05455 + 0,00408x$; ⁸ $\hat{Y} = 0,05028 + 0,00278x$; ⁹ $\hat{Y} = 1,26427 - 0,03219x$; ¹⁰ $\hat{Y} = 1,23432 - 0,04693x$; ¹¹ $\hat{Y} = 10,38714 - 0,63605x$.

As eficiências de produção de leite (EPL), produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (EPLCG_{3,5}) e de utilização do nitrogênio (EUN) reduziram linearmente com o incremento contínuo de amido ($P < 0,05$). A EPL foi descrita entre 1,069 e 0,975, enquanto a

EUN apresentou redução de 9,44 para 7,55 com incremento contínuo de 17 a 38% de amido nas dietas, respectivamente.

5. DISCUSSÃO

Dietas com maiores níveis de amido são ricas em grãos e alimentos concentrados, possuem maior aceitabilidade por animais ruminantes e possibilitam maior aporte nutricional para o organismo e glândula mamária, potencializando a síntese de leite em animais lactantes e incremento na ingestão de alimentos para suprir os nutrientes requeridos pelo aumento da produção láctea (VICENTE et al., 2020; LUNESU et al., 2021), conforme observado para CMS e PL com o incremento de amido dietético neste estudo. O aumento de amido nas dietas é acompanhado, quase que invariavelmente, pela redução da FDN dietética responsável pela regulação física de ingestão de alimentos (MERTENS, 2002; FERRARETTO et al., 2013), como descrito para dietas com 17% de amido com CFDN_{pv} superior a 1,2% (MERTENS, 1987), potencializando o CMS em detrimento da redução do CFDN em dietas com mais amido.

Por outro lado, o aumento na ingestão de amido modula os parâmetros do rúmen pela alteração no perfil de ácidos graxos voláteis (AGV's) em minimizar a síntese de acetato e acetato:propionato, enquanto potencializa a produção de propionato e lactato, além de reduzir o pH ruminal com aumento na duração de pH abaixo de 5,8 a 5,6 possibilitando desenvolvimento de acidose ruminal subaguda – SARA (HUO et al., 2013; SHEN et al., 2018), responsável pelo comprometimento do CMS (SHEN et al., 2018). No presente estudo, as cabras ingeriram até 40% de amido na dieta total consumida sem depreciar o CMS, possibilitando inferir que não houve comprometimento na saúde animal, conforme proposto por Shen et al. (2018) para cabras alimentadas com 38% de amido. Essa premissa pode ser fundamentada na realização de refeições mais curtas pelos animais e menor alteração do perfil de partículas em 4 e 24 horas após alimentação – em relação ao ofertado, em dietas com maiores níveis amiláceos, objetivando ingestões mais baixas de alimentos e amido por refeição para minimizar picos de produção de ácidos no rúmen e reduzir a intensidade e duração do pH ruminal em níveis acidóticos. A avaliação da relação entre CAM e NREF neste estudo auxiliam na construção desse pressuposto, uma vez que aumentar de 5 para 7 refeições/dia reduziu a ingestão de amido de 0,127 para 0,116 kg/amido em cada refeição, com incremento de amido na dieta.

Quando submetidas a condição de acidose ruminal, vacas em lactação apresentam consumo preferencial de partículas longas da ração como estratégia para atenuação do baixo pH ruminal (DEVRIES et al., 2008; MAULFAIR et al., 2013; ANDREAZZI et al., 2018) através da estimulação da ruminação e produção de saliva. Em comportamento contrário, as cabras neste estudo apresentaram recusa de partículas longas (>19mm), de forma mais

exacerbada com aumento de amido na dieta, e seleção em favor de partículas finas (<8 mm) em resposta a maior proporção de grãos triturados nessa fração, corroborando com o postulado por Hoffman (1989) em que caprinos são descritos como selecionadores de concentrado e descrevendo uma maior resistência a altas proporções de amido ruminal para esta espécie. Pontua-se, ainda, que o aumento na intensidade da rejeição em partículas longas pode estar relacionado ao maior consumo de partículas finas com alta densidade energética – em dietas com níveis mais alto de amido – ocasionado suprimento das exigências de energia de forma precoce em relação aos animais alimentados com níveis mais baixos de amido, que precisaram consumir fibras longas por se apresentar como alimento disponível para ingestão. Além disso, a utilização de dietas com baixa umidade – com feno de Tifton 85 como volumoso – garante pouca homogeneidade da dieta e possibilita maior índice de separação das partículas pelos animais.

Em estudo descrito por Li et al. (2014), o aumento de amido degradável no rúmen – em resposta ao incremento de amido dietético – baixou o pH ruminal, aumentou espécies de microrganismos ruminais amilolíticos (*Ruminobacter Amylophilus* e *Succinimonas amylolytica*) e reduziu celulolíticos (*Fibrobacter succinogenes* e *Ruminococcus flavefaciens*), diminuindo a degradabilidade *in situ* dos alimentos volumosos comprometendo a DFDN e DPB, como no presente estudo. O farelo de soja, utilizado como principal fonte de proteína neste trabalho, é classificada como fonte de proteína vegetal que estão integradas na estrutura tridimensional da celulose e deve ser quebrada por enzimas polissacarídicas (celulase e hemicelulase) de bactérias ruminais, para permitir a proteólise (WALLACE et al., 1997; BACH et al., 2005; ROTGER et al., 2006; LI et al., 2014). Logo, a redução da atividade celulolítica no ambiente ruminal, descrita por Li et al. (2014) para o aumento de amido dietético, pode ter limitado a quebra da estrutura da celulose e disponibilidade da proteína para aceso e metabolização pelas proteases. Além disso, o aumento no nível de amido aumenta a proporção de partículas finas na dieta e reduz a atividade mastigatória e tempo de retenção da digesta no trato digestivo (KHORRAMI et al., 2022), comprometendo a digestibilidade da proteína, conforme DPB no atual estudo.

A utilização do processamento de reidratação e ensilagem do milho permite maior disponibilidade do amido para digestão, sobretudo no ambiente ruminal (CORREA et al., 2002) e invariavelmente resulta em níveis elevados de DAM. A modulação da microbiota ruminal em favorecimento de microrganismos amilolíticos com incremento de amido dietético e CAM são importantes para as elevadas taxas de digestibilidade amilácea. Por consequência, a semelhança

da DAM e aumento do CAM potencializa o suprimento de amido no trato gastrointestinal, excedendo a capacidade metabolizável pelo organismo, conforme exigências nutricionais, e aumenta a excreção de amido nas fezes (MATTHÉ et al., 2001) pelo incremento de amido na dieta. A maior concentração do amido fecal resulta em alteração na consistência das fezes, que apresentam aspectos líquidos com aumento de teor amiláceo, conforme descrito pelo escore de condição fecal (ECFez) neste estudo. Segundo Luan et al. (2016), vacas com SARA apresentam fezes mais brilhantes, amareladas e líquidas (LI et al., 2012), como resposta da alteração no aproveitamento digestivo do amido e aumento de amido fecal. Ao avaliar a oferta de milho em diferentes processamentos – milho reidratado e ensilado, milho moído e milho extrusado – em dietas com 26 a 27% de amido, Bitencourt (2012) descreveu vacas com consumo de amido entre 0,87 a 1,0% do peso corporal e digestibilidade do amido de 95,03%, inferior para DAM no presente estudo, inclusive para dietas com silagem de milho reidratado, com cabras em consumo de amido entre 0,6 a 1,5% do peso corporal. Em conjunto, o teor de amido nas fezes relatado por Bitencourt (2012) equivaleu a 5,07%, superior ao intervalo de 2,08 a 3,25% para cabras alimentadas com dietas contendo 17 a 38% de amido. Portanto o aumento no consumo de amido em função do peso corporal, maior DAM e menor proporção de amido fecal corroboram com Hoffmann (1989) sobre a maior eficiência de caprinos na utilização de alimentos concentrados, frente a outros ruminantes.

Considerando o efeito sobre o perfil de AGV's ruminais, o aumento do propionato ruminal – com aumento do amido dietético – eleva as taxas de substrato para gliconeogênese hepática e aporte de glicose para a glândula mamária, órgão dependente de glicose e responsável pelo consumo em até 85% da glicose disponível (BAVA et al., 2001; LUNESU et al., 2021), resultando em incremento de lactose e síntese de leite (NASCIMENTO et al., 2017), conforme observado no presente estudo para produção de leite e $PLCG_{3,5}$, kg/d. Esse cenário corrobora com Lunesu et al. (2021) em que cabras leiteiras possuem metabolismo energético que favorece a produção de leite sem alterar as taxas de deposição energética em reservas (ECCi e ECCf) ou peso corporal (PVi e PVf), embora tenha sido registrado aumento contínuo no GMD em resposta a maior disponibilidade glicosídica no sangue 0h e 4h pós-alimentação, ainda com o elevado suprimento de glicose para a produção de leite, e incremento no CPB com aumento de amido na dieta, nutrientes importantes ao metabolismo de desenvolvimento muscular.

Por outro lado, o maior suprimento de amido no rúmen pode elevar as taxas de propionato e exceder a capacidade da via de gliconeogênese hepática e então ser utilizado para síntese de ATP como indicativo de saciedade energética dos animais, conforme teoria da

oxidação hepática (TOH; ALLEN, BRADFORD, OBA, 2009), reduzindo o consumo ou tempo de ingestão de alimentos (TAL) conforme observado neste estudo. Esse efeito permite que os animais aumentem o status energético precocemente, incrementem o CMS e as eficiências alimentares. Esse efeito sobre o TAL somados ao mesmo comportamento para tempo de ruminância e mastigação total, em resposta a redução de FDN da dieta e IFDN_{fe>8}, resultam em incremento no tempo despendido em ócio (TOC) pelos animais. A redução no gasto energético com atividades mastigatórias e aumento de CAM com incremento de amido dietético, permite maior disponibilidade energética para produção de leite, conforme relação descrita por Missio et al. (2010) entre TOC e produção animal.

Em contrapartida, embora ocorra redução do acetato ruminal como precursor de síntese de gordura na glândula mamária em dietas com níveis elevados de amido (SHEN et al., 2018; LUNESU et al., 2021; ZHENG et al., 2020), o teor de gordura láctea não foi alterado no presente estudo como possível efeito da maior estabilidade das vias de biohidrogenação ruminal (BHR) em caprinos, permitindo baixa síntese de intermediários inibidores de lipogênese mamária e maior resistência da glândula mamária a intermediários de BHR com efeitos antilipogênicos (CHILLIARD et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2010; MARÍN et al., 2012; BERNARD et al., 2009; TORAL et al., 2015; FOUGÉRE et al., 2018), como proposto no estudo. Como efeito do incremento da PL, o incremento no rendimento (kg/d) da gordura e proteína lácteas, com maiores níveis de amido, significa cenário promissor à cadeia de leite caprino, que apresenta base econômica na indústria de laticínio e derivados lácteos.

Segundo a instrução normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000, que regula a identidade e qualidade do leite caprino (BRASIL, 2000), os teores de gordura e proteína devem apresentar mínimo de 2,9 e 2,8% m/m, respectivamente, valores superiores para as concentrações descritas no presente estudo para todos os níveis de amido dietético. Em resposta a esse cenário, destaca-se a utilização do método ultrassonográfico para determinação da composição láctea no presente estudo, técnica apontada como responsável em reduzir a concentração da gordura e proteína, quando comparada ao método tradicional (PONSANO et al., 2007; DIAS et al., 2011), resultando em níveis inferiores aos descritos em BRASIL (2000).

Os níveis de glicose plasmática se encontram dentro do intervalo de referência (50 – 75 mg/dL) preconizado para caprinos (KANEKO et al., 2008) durante as avaliações 0 e 4 horas pós alimentação. O comportamento semelhante encontrado entre a glicose avaliada 4 horas após a alimentação por método enzimático (GLI) ou aparelho glicosímetro portátil valida a metodologia proposta de Chenard et al. (2022) e em conjunto com a GLI0h indica que o

comportamento crescente – em função dos níveis de amido – ocorre em diversos momentos do dia, garantindo suprimento constante de glicose para a glândula mamária e produção de leite. Além disso, a elevação constatada da glicose (GLI0h e GLI4h) com incremento de amido pode ser indicativo do status de saciedade energética nos animais, resultando possivelmente em redução da duração das refeições. A superioridade de GLI4h em relação a GLI0h ocorre em resposta ao fornecimento da dieta como estímulo à ingestão dos alimentos, de amido e da síntese de glicose via propionato ruminal. Considerando a distribuição das atividades ingestivas em turnos, todas as dietas reduziram a ingestão de alimentos com o decorrer do dia, entretanto o incremento de amido aumentou a proporção da ingestão alimentar entre 00h00 e 06h00 (1,74; 2,51; 3,64 e 8,80% do tempo total de ingestão de alimentos, para dietas com 17, 24, 31 e 38% de amido), permitindo inferir maior CAM e síntese de glicose em dietas com maiores teores amiláceos próximo ao horário de avaliação da glicose, explicando possivelmente o aumento contínuo da GLIC0h e a redução na diferença entre GLI0h e GLI4h com aumento contínuo de amido dietético: 9,25; 6,00; 3,84 e 2,90 mg/dL, para 17, 24, 31 e 38% de amido. A elevação de GLIC0h com o nível de amido dietético pode ter contribuído para a redução na duração da primeira refeição dos animais, uma vez que o maior aporte de glicose sérica permitiu que os animais elevassem status energético nos hepatócitos rapidamente, cessando a ingestão alimentar conforme descrito na TOH (ALLEN, BRADFORD, OBA, 2009).

A superioridade de TRIG no presente estudo em relação ao preconizado por Kaneko et al. (2008) para o intervalo de 17,60 – 24,00 indica excesso de carboidratos e substratos energéticos no organismo, resultando em intensa atividade metabólica nos hepatócitos e possível lesão hepática conforme expresso pelo aumento de GGT (VILAÇA et al., 2022). Desordens colestáticas convergem expressivamente no incremento de GGT no soro sanguíneo possivelmente em resposta a solubilização da membrana das células dos ductos biliares por aumento na concentração dos ácidos biliares hepáticos (HOFFMANN et al., 1989; x), sintetizados a partir do colesterol. Logo o incremento de amido aumentou atividade hepática e síntese de ácidos biliares hepáticos, reduzindo COL e aumentando GGT séricos, comprometendo a saúde hepática dos animais. Entretanto pontua-se que a GGT foi superior ao limite máximo de 20,0 – 56,0 U/L (KANeko et al., 2008) apenas em dietas com 31 e 38% de amido (59,5 e 63,73 U/L, respectivamente).

Contudo, pontua-se que os efeitos relatados no presente estudo, sobretudo para dietas com níveis mais elevados de amido, ocorrem em resposta a uma condição experimental de alimentação em período fixo de apenas 21 dias. A utilização dos teores amiláceos experimentais

em períodos longos são desconhecidos e podem comprometer seriamente a saúde e produção dos animais. Portanto a longevidade da utilização de dietas com alto amido em cabras lactantes precisa ser avaliada criteriosamente em estudos futuros e, sobretudo, em condições práticas de campo.

6. CONCLUSÃO

O incremento nos níveis de amido em dietas de cabras em lactação influencia os parâmetros digestivos, comportamentais, metabólicos e produtivos. Cabras em lactação suportam níveis elevados de amido, equivalentes em até 38% da matéria seca da dieta, com incremento no consumo de matéria seca e amido, produção de leite e de gordura (kg/d), sem afetar a concentração de gordura láctea. Entretanto, alteram o perfil sérico energético e enzimas hepáticas.

O feno de Tifton 85 como volumoso seco aumenta a matéria seca das dietas e possibilita maior seleção de partículas ingeridas pelos animais. Cabras lactantes intensificam a seleção alimentar e a recusa de partículas longas com o incremento de amido na dieta e consequente redução de $\text{FDN}_{\text{fe}>8}$ na dieta, aumentam o número de refeições ao longo do dia e reduzem a digestibilidade da fibra.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTON, L. R.; FANIN, M.; ORO, M. et al. Efeitos da suplementação de vacas com propionato de cálcio na dieta sobre a glicemia, produção e composição do leite. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, 2013.

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of animal science**, v.87, n.10, p.3317-3334, 2009.

ALMEIDA, J. F.; AQUINO, M. H. C., MAGALHÃES, H. et al. Principais alterações no leite por agentes causadores de mastite no rebanho caprino dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 1, p. 13-18, 2013.

AMARAL, D. S.; AMARAL, D. S.; MOURA NETO, L. G. Tendências de Consumo de leite de cabra: enfoque para a melhoria da qualidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 39-42, 2011.

ANDREAZZI A. S. R.; PEREIRA M. N.; REIS R. B. et al. Effect of exogenous amylase on lactation performance of dairy cows fed a high-starch diet. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.7199-7207, 2018.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUES, N. M.; SALIBA, E. O. S. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (org). **Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011.

AOAC. International Official Methods of Analysis. 19th. AOAC Int., Arlington, VA, 2012.
BAUMAN, D. E. & GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual review of nutrition**, v.23, n.1, p.203-227, 2003.

BAVA, L.; RAPETTI, L.; CROVETTO, G. M. et al. Efeitos de uma dieta sem forragem na produção de leite, energia e metabolismo de nitrogênio em cabras leiteiras durante a lactação. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.2450-2459, 2001.

BERNARD, L.; BONNET, M.; LEROUX, C. et al. Effect of sunflower-seed oil and linseed oil on tissue lipid metabolism, gene expression, and milk fatty acid secretion in alpine goats fed maize silage-based diets. **Journal of Dairy Science**, v.92, n.12, p.6083-6094, 2009.

BERNARD, L.; LEROUX, C.; ROUEL, J. et al. Effect of extruded linseeds alone or in combination with fish oil on intake, milk production, plasma metabolite concentrations and milk fatty acid composition in lactating goats. **Animal**, v.9, n.5, p.810-821, 2015.

BERNARD, L.; TORAL, P. G.; CHILLIARD, Y. Comparison of mammary lipid metabolism in dairy cows and goats fed diets supplemented with starch, plant oil, or fish oil. **Journal of dairy science**, v.100, n.11, p. 9338-9351, 2017.

BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 131p. 2012.

BITTING, A. W. The physiology of milk secretion. **Bureau of Animal Industry, U.S. Dept. Agric.**, 19th Ann. Rep. 254–273, 1902.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37, 31 de outubro 2000. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra**. Diário Oficial da União, Brasília, 2000.

BRITO, M. A.; GONZÁLEZ, F. D.; RIBEIRO, L. A. et al. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. **Ciência Rural**, v. 36, p. 942-948, 2006.

BULÉON, A.; GALLANT, D. J.; BOUCHET, B. et al. Starches from A to C (*Chlamydomonas reinhardtii* as a model microbial system to investigate the biosynthesis of the plant amylopectin crystal). **Plant Physiology**, v.115, n.3, p.949-957, 1997.

BURGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.236-242, 2000.

CASTRO, L. P.; PEREIRA, M. N.; DIAS, J. D. et al. Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. **Journal of dairy science**, v.102, n.11, p.9857-9869, 2019.

CECILIANI F.; CERON J. J.; ECKERSALL P. D. et al. Acute phase proteins in ruminants. **Journal of Proteomics**, v.75, p.4207–4231, 2012.

CHATCHATEE, P.; JÄRVINEN, K. M.; BARDINA, L. et al. Identification of IgE-and IgG-binding epitopes on α s1-casein: differences in patients with persistent and transient cow's milk allergy. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v.107, n.2, p.379-383, 2001.

CHAVARI, A. C. T.; GONGALVES, H. C.; DIBBERN, L. S. et al. Milk production and composition from Anglo Nubian goats fed different vegetable oils/Producao e composicao do leite de cabras Anglo Nubianas recebendo diferentes oleos vegetais na alimentado. **Veterinaria e Zootecnia**, v.20, n.2, p.310-312, 2013.

CHENARD, M. G.; VALLE, M. D.; DA CUNHA, I. M. et al. Validation of a portable glucose meter in blood glucose measurement in normoglycemic goats induced to hypoglycemia and hyperglycemia. **Small Ruminant Research**, v.214, 2022.

CHESSON, A.; FORSBERG, C. W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds). **The Rumen Microbial Ecosystem**, 2 Ed, London: Blackie Academic and Professional, p. 329-381, 1997.

CHILLIARD, Y.; GLASSER, F.; FERLAY, A. et al. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.109, n.8, p.828-855, 2007.

CHILLIARD, Y.; TORAL, P. G.; SHINGFIELD, K. J. et al. Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis, milk fat composition and lipolysis in the goat: A short review. **Small Ruminant Research**, v.122, n.1-3, p.31-37, 2014.

CLARK, S. E GARCÍA, M. B. M. A 100-year review: Advances in goat milk research. **Journal of Dairy Science**, v.100, n.12, p.10026-10044, 2017.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

CRUZ, A. G.; OLIVEIRA, C.; SÁ, P. et al. Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados: Coleção lácteos. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2016.

DELGADO JÚNIOR, I. J.; SIQUEIRA, K. B.; STOCK, L. A. **Produção, composição e processamento de leite de cabra no Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Circular Técnica, 122, 2020.

DEWANCKELE, L.; TORAL, P. G.; VLAEMINCK, B. et al. Invited review: Role of rumen biohydrogenation intermediates and rumen microbes in diet-induced milk fat depression: An update. **Journal of Dairy Science**, v.103, n.9, p.7655-7681, 2020.

DIAS, L. F.; KATSUDA, M. S.; FIDELIS, R. et al. Espectrômetro por ultra-som: viabilidade como analisador físico-química do leite. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5, 2011.

DONG, G.; LIU, S.; WU, Y. et al. Diet-induced bacterial immunogens in the gastrointestinal tract of dairy cows: impacts on immunity and metabolism. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v.53, n.1, p.1-7, 2011.

DONG, H.; WANG, S.; JIA Y. et al. Long-term effects of subacute ruminal acidosis (sara) on milk quality and hepatic gene expression in lactating goats fed a high-concentrate diet. **PLoS ONE**, v.8, n.12: e82850, 2013.

DEVRIES T. J.; DOHME F.; BEAUCHEMIN K. A. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. **Journal Dairy Science**, v.91, p.3958-3967, 2008.

EMMANUEL D. G. V.; MADSEN K. L.; CHURCHILL T. A. et al. Acidosis and lipopolysaccharide from *Escherichia coli* B: 055 cause hyperpermeability of rumen and colon tissues. **Journal Dairy Science**, v.90, p.5552–5557, 2007.

EKNAES, M.; KOLSTAD, K.; VOLDEN, H. et al. Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2006.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of dairy science**, v.96, n.1, p.533-550, 2013.

FERNANDEZ C.; BAENA I. P.; MARTI J. V. et al. Use of orange leaves as a replacement for alfalfa in energy and nitrogen partitioning, methane emissions and milk performance of Murciano-granadina goats. **Animal Feed Science and Technology**. 2018.

FIGUEIREDO, N. C. **Leite de cabra: diagnóstico de qualidade e estudo das alterações do leite armazenado por sete dias em condições laboratoriais na mesorregião da zona da mata mineira**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, UFMG. 47p. 2017.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DÈSPRES, L. et al. Padrões Nectemerais do Comportamento Ingestivo de Ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.362-369, 1998.

FONSECA, L.F.L. SANTOS, M.V. **Qualidade do leite e controle de mastite**. 1. ed. São Paulo: Lemos Editorial, 2000. 175 p.

FOUGÈRE, H.; DELAVAL, C.; BERNARD, L. Diets supplemented with starch and corn oil, marine algae, or hydrogenated palm oil differentially modulate milk fat secretion and composition in cows and goats: A comparative study. **Journal of dairy science**, v.101, n.9, p.8429-8445, 2018.

GAEBEL G.; BELL M.; MARTENS H. The effect of low mucosal Ph on sodium and chloride movement across the isolated rumen mucosa of sheep. **Quarterly Journal of Experimental Physiology: Translation and Integration**, v.74, p. 35–44, 1989.

GAINES, W.L. The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. **Agricultural Experiment Station**. Bulletin, n.308, p.403-438, 1928.

GOMES, S. P.; BORGES, A. L. C. C.; BORGES, I. et al. Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo e a digestibilidade em ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.137-149, 2012.

GOMES L. C.; SOUZA R. Produção de leite de cabra: oportunidades de negócio e qualidade do leite. **Revista mais leite**, v.16, p.36-40, 2012.

GONZÁLES, F. H. D. DURR, J. W. FONTANELI, R. S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 77p.

GOZHO G. N.; PLAIZIER J. C.; KRAUSE D. O. et al. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.4, p.1399-1403, 2007.

HALL, M. B. Determination of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: comparison of methods and a method recommended for AOAC collaborative study. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 92, n. 1, p. 42-49, 2009.

HOFFMANN RR. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. **Oecologia**, v.78, p.443–457, 1989.

HUO W. J.; ZHU W. Y.; MAO S. Y. Effects of feeding increasing proportions of corn grain on concentration of lipopolysaccharide in the rumen fluid and the subsequent alterations in immune responses in goats. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.26, p.1437–1445, 2013.

ISHLER, V.; HEINRICH, J.; VARGA, G. From feed to milk: Understanding rumen function. Extension Circular 422. 2000.

JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; SANTOS, G. T. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. **In: V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite**. Goiânia – Goiás, p. 357-376, 2003.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W. & BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.

KHORRAMI, B.; KHEIRANDISH, P.; ZEBELI, Q. et al. Variations in fecal pH and fecal particle size due to changes in dietary starch: Their potential as an on-farm tool for assessing the risk of ruminal acidosis in dairy cattle. **Research in Veterinary Science**, v.152, p.678-686, 2022.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatologia**. México. Fundo de Cultura Econômica, 1948.

LAMMERS, B. P.; BUCKMASTER D. R.; HEINRICH A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forages and total mixed rations. **Journal Dairy Science**. v.79, p.922–928, 1996.

LI S.; KHAFIPOUR E.; KRAUSE D. O. et al. Effects of subacute ruminal acidosis challenges on fermentation and endotoxins in the rumen and hindgut of dairy cows. **Journal of dairy Science**, v.95, p.294-303, 2012.

LI, F.; CAO, Y.; LIU, N. et al. Subacute ruminal acidosis challenge changed in situ degradability of feedstuffs in dairy goats. **Journal of dairy science**, v.97, n.8, p.5101-5109, 2014.

LIMA, M. C. **Mobilização de lipídios em cabras leiteiras durante o parto**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa, 2013.

LIU, J. H.; XU, T. T.; LIU, Y. J. et al. A high-grain diet causes massive disruption of ruminal epithelial tight junctions in goats. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.305, n.3, p.R232-R241, 2013.

LUAN, S.; COWLES, K.; MURPHY, M. R. et al. Effect of a grain challenge on ruminal, urine, and fecal pH, apparent total-tract starch digestibility, and milk composition of Holstein and Jersey cows. **Journal of dairy science**, v.99, n.3, p.2190-2200, 2016.

LUNESU, M. F.; DECANDIA, M.; MOLLE, G. et al. Dietary starch concentration affects dairy sheep and goat performances differently during mid-lactation. **Animals**, v.11, n.5, p.1222, 2021.

MACHADO, R.; CORRÊA, R. F.; BARBOSA, R. T. et al. Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. **Embrapa Pecuária Sudeste Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2008.

MARÍN, A. M.; CORTÉS, P. G.; CASTRO, G. G. et al. Effects of feeding increasing dietary levels of high oleic or regular sunflower or linseed oil on fatty acid profile of goat milk. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.4, p.1942-1955, 2012.

MATTHÉ, A.; LEBZIEN, P.; HRIC, I. et al. Effect of starch application into the proximal duodenum of ruminants on starch digestibility in the small and total intestine. **Archives of Animal Nutrition**, v.55, n.4, p.351-369, 2001.

MAULFAIR D. D.; MCINTYRE K. K.; HEINRICHS A.J. Subacute ruminal acidosis and total mixed ration preference in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.6610-6620, 2013.

MENDES, I. A. P. **Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de grão de milho moído reidratado substituindo milho seco moído do concentrado**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2013.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of animal science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p. 1217-1240, 2002.

MISSIO, R. L.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C. et al. Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, 1571-1578, 2010.

MOE, P. W. Energy metabolism of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.64, n.6, p.1120-39, 1981.

MULLINS, C. R.; GRIGSBY, K. N.; ANDERSON, D. E. et al. Effects of feeding increasing levels of wet corn gluten feed on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.93, p.5329-5337, 2010.

NASCIMENTO, T. V. C.; ALMEIDA JUNIOR, W. L. G.; LOPES JUNIOR, E. S. L. et al. Physical and chemical characteristics of milk from goats supplemented with different levels of total digestible nutrients in the dry period. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.39, p.429-435, 2017.

NOGUEIRA, M. O. **Características microbiológicas, físico-químicas e índice de caseinomacropéptido em leite de cabra refrigerado por até sete dias e fraudado com soro de queijo**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2019.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (org). **Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011.

ORSKOV, R. R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, 64:1624, 1986.

PARK, Y. W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G. F. W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, n.1-2, p.88-113, 2007.

PARK, Y. W. **Goat milk—chemistry and nutrition**. Handbook of milk of non-bovine mammals, p. 42-83, 2017.

PAYNE, J. M.; PAYNE, S. The metabolic profile. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 1987. p.179.

PENNER, G. B.; OBA, M.; GÄBEL, G. et al. A single mild episode of subacute ruminal acidosis does not affect ruminal barrier function in the short term. **Journal of dairy science**, v.93, n.10, p.4838-4845, 2010.

PENNER G. B.; STEELE M. A.; ASCHENBACH J. R. et al. Ruminant Nutrition Symposium: Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1108–1119, 2011.

PLAIZIER J. C.; KHAFIPOUR E.; LI S. et al. Subacute ruminal acidosis (SARA), endotoxins and health consequences. **Animal Feed Science and Technology** v.172, p.9–21, 2012.

POLLI, V. A.; RESTLE, J.; SENNA, D.B. et al. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.987-993, 1996.

PONSANO, E. H. G.; PERRI, S. H. V.; MADUREIRA, F. C. P. et al. Correlação entre métodos tradicionais e espectroscopia de ultra-som na determinação de características físico-químicas do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1052-1057, 2007.

QUEIROGA, R. C. R. E.; COSTA, R. G.; BARRETO, T. M. et al. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 430-437, 2007.

RANGEL, A. H. N.; PEREIRA, T. I. C.; NETO, A. et al. Produção e qualidade do leite de cabras de torneios leiteiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, p. 145-151, 2012.

REYNOLDS, C. K.; HARMON, D. L.; CECAVA, M. J. Absorption and delivery of by portal-drained visceral nutrients for milk protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.9, p.2787:2808, 1994.

REYNOLDS, C. K. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminants. In: ENGELHARDT, W. V. et al (Eds.) **Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction**, 1995, Stuttgart. Proceedings of the Eighth International Symposium on Ruminant Physiology, 1995, Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, p. 351-371, 1995.

RODRIGUES, L.; SPINA, J. R.; TEXEIRA, I. A. A. et al. Produção, composição do leite e exigências nutricionais de cabras Saanen em diferentes ordens de lactação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.28, n.4, p.447-452, 2006.

ROTGER A.; FERRET A.; CALSAMIGLIA S. et al. In situ degradability of seven plant protein supplements in heifers fed high concentrate diets with different forage to concentrate ratio. **Animal Feed Science and Technology**, n.125, p.73-87, 2006.

SCHULTZ E.W. E CHANDLER L.R. The size of fat globules in goat's milk. **Journal Biol. Chem.** v.46, p.133-134, 1921.

SHAVER, R. Improving Starch Digestibility in Dairy Cows: Opportunities with Reduced Starch Diets. Four-State Dairy Nutr. & Mgmt Conf. Dubuque, p.90-93, 2010.

SHEN, Y.; ZHAO, F.; YU, L. et al. Starch sources and concentration in diet of dairy goats affected ruminal pH and fermentation, and inflammatory response. **Animal Production Science**, v.59, n.9, p.1640-1647, 2018.

SHEN, J.; HAN, X.; ZHENG, L. et al. High rumen-degradable starch diet promotes hepatic lipolysis and disrupts enterohepatic circulation of bile acids in dairy goats. **The Journal of Nutrition**, v.150, n.10, p.2755-2763, 2020.

SHINGFIELD, K. J.; BERNARD, L.; LEROUX, C. et al. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. **Animal**, v.4, n.7, p.1140-1166, 2010.

SILVA, G. J.; GONÇALVES, B. H. R. F.; CONCEIÇÃO, D. G. et al. Perfil de ácidos graxos e frações proteicas do leite de cabra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.70, n.6, p.338-348, 2015.

STEINHOOR, W. D. & BAUMAN, D. E. 12 - Propionate Metabolism: A New Interpretation. In Aspects of Digestive Physiology in Ruminants: Proceedings of a Satellite Symposium of the 30th International Congress of the International Union of Physiological Sciences, Held at Cornell University, Ithaca, New York, July 21-23, 1986 (p. 238), 1988.

SWENSON, M. J. E REECE, W. O. Water balance and excretion. *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 11th ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, 573-604, 1993.

TAO, S.; DUANMU, Y.; DONG, H. et al. A high-concentrate diet induced colonic epithelial barrier disruption is associated with the activating of cell apoptosis in lactating goats. **BMC veterinary research**, v.10, n.1, p.1-10, 2014.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J. Starch. In: Steinbüchel, A. (Series Ed.) Vandamme, E.J., De Baets, S., Steinbüchel, A. (vol. Eds.), *Biopolymers*, vol. 6. Polysaccharides. II. Polysaccharides from Eukaryotes, Wiley-VCH, Weinheim, p. 381-438, 2002.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—composition, fine structure and architecture. **Journal of cereal science**, v.39, n.2, p.151-165, 2004.

TORAL, P. G.; ROUEL, J.; BERNARD, L. et al. Interaction between fish oil and plant oils or starchy concentrates in the diet: Effects on dairy performance and milk fatty acid composition in goats. **Animal Feed Science Technology**, v.198, p. 67-82, 2014.

TORAL P. G.; CHILLIARD Y.; ROUEL J. et al. Comparison of the nutritional regulation of milk fat secretion and composition in cows and goats. **Journal Dairy Science**, v.98, p.7277-7297, 2015.

TORAL, P. G.; BERNARD L.; BELENGUER A. et al. Comparison of ruminal lipid metabolism in dairy cows and goats fed diets supplemented with starch, plant oil, or fish oil. **Journal Dairy Science**, v.99, p.301-316, 2016.

TORAL, P. G.; GERVAIS, R.; HERVÁS, G. et al. Relationships between trans-10 shift indicators and milk fat traits in dairy ewes: Insights into milk fat depression. **Animal Feed Science and Technology**, v. 261, p.114389, 2020.

TREACHER, T. E CAJA, G. **Nutrition during Lactation**. Sheep Nutrition, p. 213, 2002.

VICENTE, S. L. A.; NOGUEIRA, D. M.; VOLTOLINI, T. V. et al. Avaliação on-farm dos níveis de energia na dieta sobre a produção e a composição físico-química de leite de cabras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, p.1424-1432, 2020.

VILAÇA, L. E. G.; OLIVEIRA, M. R.; SIQUEIRA, M. T. S. et al. Consumo e perfil metabólico de cabritos alimentados com gordura inerte de palma na ração. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.14, p.01–12, 2022.

VIVENZA, P. A. D. **Perfil metabólico e hormonal de novilhos F1 Holandês x Gir submetidos à respirometria, sob diferentes planos nutricionais, em jejum e realimentação**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 112p. 2012.

WALLACE R. J.; ONODERA, R.; COTTA, M. A. Metabolism of nitrogen-containing compounds. in: Hobson P.N. Stewart C.S. The Rumen Microbial Ecosystem. **Blackie Academic and Professional**, London, p.283-328, 1997.

WANG, T.L.; BOGRACHEVA, T.Y.; HENDLEY, C.L. Starch: as simple as A, B, C? **Journal of Experimental Botany**, v.49, p.481, 1998.

WELLS, J. E. & RUSSELL, J. B. Why do many ruminal bacteria die and lyse so quickly? **Journal of dairy science**, v.79, n.8, p.1487-1495, 1996.

ZAMBOM, M. A.; ALCALDE, C. R.; SILVA, K. T. D. et al. Desempenho e digestibilidade dos nutrientes de rações com casca do grão de soja em substituição ao milho para cabras Saanen em lactação e no pré-parto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1311-1318, 2008.

ZEBELI Q.; DIJKSTRA J.; TAJAJ M. et al. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.2046–2066, 2008.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJAJ, M. et al. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.1041-1056, 2012.

ZHENG, L.; WU, S.; SHEN, J. et al. High rumen degradable starch decreased goat milk fat via trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid-mediated downregulation of lipogenesis genes, particularly, INSIG1. **Journal of Animal Science Biotechnology**, v.11, n.30, 2020.