

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Tese de doutorado

**Avaliações do comportamento e de estratégia alimentar de vacas leiteiras em
sistema *compost barn***

Michelle de Almeida Ollé

Pelotas, 2022

Michelle de Almeida Ollé

Avaliações do comportamento e de estratégia alimentar de vacas leiteiras em sistema *compost barn*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutorado em Ciências (área de conhecimento: Nutrição de Ruminantes).

Orientador: Dr. Francisco Augusto Burket Del Pino

Co-Orientador: Dr. Cassio Cassal Brauner

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

O42a Ollé, Michelle de Almeida

Avaliações do comportamento e de estratégia alimentar de vacas leiteiras em sistema *compost barn* / Michelle de Almeida Ollé ; Francisco Augusto Burket Del Pino, orientador ; Cassio Cassal Brauner, coorientador. — Pelotas, 2022.

60 f. : il.

Tese (Doutorado) — Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Comportamento alimentar. 2. Ingestão de matéria seca. 3. Ipomoea batatas. 4. Produção de leite. I. Pino, Francisco Augusto Burket Del, orient. II. Brauner, Cassio Cassal, coorient. III. Título.

CDD : 636.214

Michelle de Almeida Ollé

Avaliações do comportamento e de estratégia alimentar de vacas leiteiras em
sistema *compost barn*

Tese de Doutorado aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutora em Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 24/03/2022

Banca examinadora:

Prof. Dr. Francisco Augusto Burket Del Pino (Orientador)

Doutor em Ciências Biológicas (Bioquímica) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida

Doutor em Ciência Animal pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo

Dra. Ana Carolina Fluck

Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL

Dra. Teresa Cristina Moraes Genro

Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

**Para minha mãe (*in memoriam*), com amor,
carinho e saudade.**

Dedico.

Agradecimentos

A minha família por todo apoio, em especial a minha mãe Laura Regina de Almeida Ollé (*In memoriam*), a qual sempre demonstrou orgulho ao me ver mestre e no doutorado, quem moveu o que foi preciso para me ver estudando e obter meu título de doutora.

A Universidade Federal de Pelotas pela estrutura e a CAPES pela bolsa concedida para a realização do doutorado.

À Cooperativa Sicredi pelo financiamento do projeto batata-doce.

Aos meus orientadores Prof. Francisco Del Pino, pela orientação e carinho. Ao Prof. Cássio Brauner pela orientação há tantos anos, amizade, ensinamentos, incentivos, oportunidades e confiança. E ao Prof. Marcio Nunes Corrêa pelo incentivo, aprendizado, oportunidades e também confiança por todos projetos a mim atribuídos.

Ao NUPEEC por todas as amizades feitas, ajudas nos processos da minha formação e estrutura fornecida. Em especial as minhas duplas Claudia Demarco, Riteli Teixeira e Natália Rahal em cada projeto realizado ao longo do doutorado, que foram fundamentais e tornaram tudo mais fácil e leve. A minha colaboradora Cristiane Oliveira pela dedicação, aprendizado e disposição a me ajudar. A todos os que ajudaram, principalmente a campo, no projeto realizado com farinha de batata-doce.

A Ana Carolina, por toda amizade ao longo desses 9 anos, que pela terceira vez se fez presente em mais uma etapa que concluo na vida, me salvando de perrengues e trazendo confiança.

Aos meus amigos e irmãos pelo companheirismo nos momentos difíceis (especialmente em 2019), incentivo, encorajamento e incondicional apoio em todas as etapas da minha vida.

Resumo

OLLÉ, Michelle de Almeida. **Avaliações do comportamento e de estratégia alimentar de vacas leiteiras em sistema *compost barn***. 2022. 60f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Um bom estado de saúde de vacas leiteiras é essencial para o sucesso da produção. Devido a isso, vem crescendo a utilização de tecnologias e estratégias alimentares em propriedades leiteiras, a fim de tornar o sistema mais eficiente, melhorando a gestão, reduzindo perdas e aumentando a lucratividade. Com isso, o objetivo do estudo foi avaliar o comportamento e uma estratégia alimentar de vacas leiteiras em sistema *compost barn*, através de sistemas de monitoramento comportamental. No estudo 1, o objetivo foi avaliar o comportamento e prever o consumo de matéria seca (CMS) de vacas Holandês em cada período da lactação até 150 dias em lactação (DEL), em *compost barn*. Para isso, um banco de dados de 139 vacas foi dividido em 3 grupos conforme DEL: Grupo 1 (0 a 21 DEL), Grupo 2 (22 a 90 DEL) e Grupo 3 (91 a 150 DEL). Foram avaliados dados de comportamento animal a partir de coleiras automatizadas, de consumo e comportamento alimentar através de alimentadores automáticos e desempenho no leite, os quais foram utilizados para avaliar como cada variável do estudo se comporta conforme o período de lactação e prever o CMS a partir de um modelo de regressão linear multivariável. O CMS ($P < 0,01$) e tempo de ruminação ($P = 0,04$) aumentaram até os 150 dias em lactação, o tempo em ócio ($P = 0,01$) reduziu. O Grupo 2 apresentou menor tempo de consumo e frequência de refeição e, maior taxa de consumo. Bem como maior produção de leite e eficiência alimentar. Em cada grupo foi construído um modelo de predição do CMS, no entanto em todos os períodos, tempo e taxa de consumo foram variáveis utilizadas nas equações como preditoras do CMS. Conclui-se que para vacas Holandês em *compost barn*, variáveis de comportamento alimentar são fortes preditoras de CMS e dentro de cada período houve um modelo que melhor se ajustou para predição do CMS, dentre as variáveis estudadas. No estudo 2, 20 vacas Holandês em lactação foram aleatoriamente designadas a um de dois grupos ($n = 10$ cada): um concentrado padrão com milho grão moído como fonte de energia (Controle) ou concentrado experimental com farinha de batata-doce (FBD) substituindo o milho moído. O objetivo foi avaliar o efeito da substituição do milho moído por FBD na dieta de vacas em lactação sobre a produção de leite, metabolismo e comportamento alimentar. Foram avaliadas medidas de produção e qualidade de leite, CMS, comportamento alimentar e metabólitos sanguíneos. A produção e a composição do leite não foram afetadas pelos tratamentos dietéticos. Não houve diferença entre os tratamentos no CMS, porém o tempo total nos cochos ($P < 0,01$), tempo de alimentação ($P < 0,01$) e duração da refeição ($P < 0,01$) foram menores para o grupo FBD, diferente da taxa de alimentação ($P < 0,01$), que foi maior. O grupo FBD apresentou maior tempo de atividade ($P < 0,01$) e menor tempo de ruminação ($P < 0,01$). A concentração de ureia sérica ($P < 0,01$) foi maior para FBD em comparação com o controle. Como conclusão, o milho grão moído pode ser substituído por FBD sem prejudicar o desempenho, o comportamento alimentar e o metabolismo de vacas leiteiras.

Palavras-chave: comportamento alimentar; ingestão de matéria seca; *Ipomoea batatas*; produção de leite.

Abstract

OLLÉ, Michelle de Almeida. **Evaluations of behavior and feeding strategy of dairy cows in a compost barn system.** 2022. 60f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Good health of dairy cows is essential for successful production. Due to this, the use of technologies and food strategies in dairy farms has been growing, in order to make the system more efficient, improving management, reducing losses and increasing profitability. With this, the objective of the study was to evaluate the behavior and a feeding strategy of dairy cows in a compost barn system, through behavioral monitoring systems. In study 1, the objective was to evaluate the behavior and predict the dry matter intake (DMI) of Holstein cows in each lactation period up to 150 days in lactation (DIL), in compost barn. For this, a database of 139 cows was divided into 3 groups according to DEL: Group 1 (0 to 21 DEL), Group 2 (22 to 90 DEL) and Group 3 (91 to 150 DEL). Animal behavior data from automated collars, consumption and feeding behavior through automatic feeders and milk performance were evaluated, which were used to evaluate how each variable of the study behaves according to the lactation period and to predict DMI from of a multivariate linear regression model. DMI ($P<0.01$) and rumination time ($P=0.04$) increased up to 150 days in lactation, idle time ($P=0.01$) decreased. Group 2 had a shorter consumption time and meal frequency, and a higher consumption rate. As well as increased milk production and feed efficiency. In each group, a DMI prediction model was built, however, in all periods, time and consumption rate were variables used in the equations as DMI predictors. It is concluded that for Holstein cows in compost barn, feeding behavior variables are strong predictors of DMI and within each period there was a model that best adjusted to predict DMI, among the studied variables. In study 2, 20 lactating Holstein cows were randomly assigned to one of two groups ($n = 10$ each): a standard concentrate with milled corn as energy source (Control) or an experimental concentrate with sweet potato flour (SPF) replacing the ground corn. In order to evaluate the effect of replacing ground corn with SPF in the diet of lactating cows on milk performance, metabolism and feeding behavior. Measures of milk production and quality, DMI, feeding behavior and blood metabolites were evaluated. Milk production and composition were not affected by dietary treatments. There was no difference between treatments in the DMI, but the total time in the troughs ($P<0.01$), feeding time ($P<0.01$) and meal duration ($P<0.01$) were lower for the SPF group, different from the feeding rate ($P<0.01$), which was higher. Activity time ($P<0.01$) and rumination time ($P<0.01$) were higher and lower for the SPF group, respectively. Serum urea concentration ($P<0.01$) was higher for SPF compared to control. In conclusion, ground corn can be replaced by SPF without impairing the performance, feeding behavior and metabolism of dairy cows.

Key-words: eating behavior; dry matter intake; *Ipomoea batatas*; milk production

Lista de Tabelas

ARTIGO I

Tabela 1. Características das vacas e das dietas dos dados usados de 6 estudos anteriores.....	21
Tabela 2. Média das variáveis de comportamento animal, alimentar e desempenho produtivo de leite de vacas holandês em diferentes estágios de lactação (média \pm erro padrão).....	25
Tabela 3. Modelos finais de regressão linear multivariável para fatores associados à consumo de matéria seca (CMS) (n = 210 observações semanais)	26

ARTIGO II

Tabela 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets (DM basis).....	41
Tabela 2. Effects of substituting sweet potato flour (SPF) for ground corn on milk yield and composition in dairy cows (mean \pm standard error).....	44
Tabela 3. Effects of substituting sweet potato flour (SPF) for ground corn on the blood biochemical parameters (mean \pm standard error) of dairy cows.....	45
Tabela 4. Effects of substituting sweet potato flour (SPF) for ground corn on the feeding behavior of dairy cows (mean \pm standard error).....	46

Sumário

1	Introdução Geral	12
2	Objetivos	17
2.1	Objetivo Geral.....	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	Artigo I	18
4	Artigo II	37
5	Considerações Finais.....	55
	Referências	56

1 Introdução Geral

A bovinocultura de leite é uma das principais atividades agropecuárias desenvolvidas em larga escala, uma vez que possibilita a sua implantação em propriedades de diversificadas dimensões (propriedade familiar, minifúndio ou latifúndio) (WERNCKE et al., 2016). Apesar do cenário de Pandemia iniciado em 2020, houve aumento da produção de leite no Brasil nos últimos 3 anos, com aumento de 2,98% em 2019 e 1,5% em 2020, atingindo recorde de produção no país, com 35,4 bilhões de litros de leite no ano de 2020 (CNA, 2021).

Seguido do aumento na produtividade, aumentos substanciais nos custos de produção são observados frequentemente (CNA, 2021), atribuídos as seguidas altas do dólar, condições climáticas desfavoráveis e aumento do consumo e matérias-primas, principalmente dos grãos (EMBRAPA, 2021) como milho e soja valorizados em 47,5% e 99,3%, respectivamente (CNA, 2021). Como consequência, tem-se a buscado alternativas que ajudem a tornar o sistema mais rentável (SEYMOUR et al., 2019), como, por exemplo, o uso de tecnologias e alternativas alimentares.

Aliado a isso, com a alta demanda de informações cada vez mais disponíveis, o mercado consumidor procura progressivamente sistemas de produção sustentáveis e que valorizem o bem-estar animal. Na pecuária de leite, esse parâmetro pode ser utilizado como fonte de valor agregado ao produto (EMBRAPA, 2021). Assim, novas tecnologias estão sendo utilizadas como sistemas de confinamento, alternativas alimentares como uso de coprodutos e sistemas de monitoramento comportamental, possibilitando um aumento considerável na produção de leite (BLACK et al., 2013).

Começando pelo sistema de confinamento, a avaliação do conforto das vacas em fazendas leiteiras é essencial para sistemas que visem manter o bem-estar, a saúde e os índices de produção, ou mesmo aumentar esses índices (FERNANDEZ et al., 2020). O sistema de confinamento atualmente mais visado, denominado *compost barn*, surgiu nos Estados Unidos na década de 80 e, embora seja considerado relativamente novo no Brasil, tem apresentado um número significativo de propriedades utilizando esse sistema (COSTA et al., 2018). O intuito é proporcionar maior conforto e bem-estar aos animais, um local seco através de uma extensa cama de descanso aberta, permitindo entrada de ar e possibilitando que as vacas permaneçam livres para descanso, alimentação e socialização (BLACK et al., 2013), bem como a compostagem do material da cama. O sistema concilia a produção e o

meio ambiente, visto que se baseia na ação de microrganismos que utilizam a matéria orgânica como substrato.

Estudos demonstram que no sistema de *compost barn* há redução de casos de mastite quando comparado ao sistema de cama de palha (ASTIZ et al., 2014) e claudicação quando comparado ao sistema *freestall* (COSTA et al., 2018), redução na contagem de células somáticas, assim como melhora no desempenho reprodutivo (BARBERG et al., 2007). Dessa maneira, a utilização de sistemas confinados ganhou evidência no país, resultando em aumento considerável na produção de leite (BLACK et al., 2013, ASTIZ et al., 2014) e proporcionando melhor bem-estar e saúde às vacas.

No entanto, esse sistema precisa de ponderações constantes para não causar respostas contrárias, e outros pilares para um bom desempenho devem ser atendidos, como o manejo das instalações, manejo dos animais, e não menos importante, o manejo alimentar. Porém, manter o equilíbrio entre saúde animal e máxima produtividade pode ser bastante difícil em determinadas situações e necessita de estratégias. Uma maneira de observar essas situações é através do comportamento natural dos bovinos, principal indicativo de bem-estar (EMBRAPA, 2021), que pode ser realizada de forma visual, porém onera tempo e mão-de-obra, e/ou utilizando alimentadores automatizados e dispositivos eletrônicos de monitoramento comportamental.

A produção de leite, em grande parte, impulsiona o consumo de matéria seca (CMS) total, que por sua vez, é uma variável do comportamento alimentar, afetado por mudanças no tamanho, duração e frequência da refeição, bem como no tempo e taxa de alimentação (SCHIRMANN et al., 2016). Com o avanço das tecnologias, novos sistemas de monitoramento pecuário automatizados têm potencial de melhorar significativamente a coleta, classificação e o uso de informações comportamentais de forma individual (PENG et al., 2019; JOHN et al. 2019; SCHIRMANN et al., 2012). Esses sistemas podem ser utilizados como uma ferramenta auxiliar na gestão do negócio de forma precisa (LOMBA et al., 2015), permitindo detectar precocemente problemas relacionados à saúde, produção e manejo animal (RUSHEN et al., 2012).

Dentro das avaliações deste monitoramento, os movimentos da mandíbula das vacas são medidos com precisão através de vários sensores (WATT et al., 2015), com saídas gravadas manualmente ou resumidas usando um software para interpretar o resultado e determinar a taxa de alimentação e de ruminação (BEAUCHEMIN, 2018). De acordo com Dittrich et al. (2019), alguns sistemas usam um acelerômetro instalado

em um brinco ou colar no pescoço para detectar movimento, outros usam um microfone montado em um colar para detectar o som. Os sensores têm sido usados para determinar o tempo de ócio (MUNKSGAARD et al., 2005; LEDGERWOOD et al., 2010; RODRIGUEZ-JIMENEZ et al., 2018), ruminação (SCHIRMANN et al., 2012; ZEHNER et al., 2017; GRINTER et al., 2019; ZAMBELIS et al., 2019) e atividade (BIKKER et al., 2014; BÜCHEL; SUNDRUM, 2014; MATTACHINI et al., 2016).

Outro sistema de monitoramento do comportamento alimentar são os alimentadores automatizados, no qual descrevem parâmetros envolvidos na alimentação ativa (SCHIRMANN et al., 2016). Por exemplo, o sistema Insentec Roughage Intake Control (Insentec BV[®], Marknesse, Holanda) registra a ingestão, o tempo e a localização dos eventos de alimentação para vacas leiteiras alojadas em grupo (CHAPINAL et al., 2007). O sistema de monitoramento Intergado (Intergado[®] Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil) determina o comportamento alimentar individual e o consumo de ração em bovinos. Para cada visita ao cocho, o sistema registra o número do animal, número do cocho, consumo de matéria natural, taxa de alimentação, tempo de alimentação, tamanho de refeição e visitas aos alimentadores (CHIZZOTTI et al., 2015).

Os dados coletados individualmente e em tempo real por meio de sensores são uma ferramenta valiosa para os produtores de leite e estão comumente associados ao estado de saúde do rebanho (CARPINELLI et al., 2019), a equívocos no manejo da dieta e ao desempenho reprodutivo dos animais, através do reconhecimento de cio (SPILKE; FAHR, 2003). Além disso, fornecem aos produtores uma resposta rápida e não interferem no comportamento natural do animal, auxiliando os produtores quanto ao manejo que deve ser empregado quando detectado algum problema (BEAUCHEMIN, 2018; DITTRICH et al., 2019).

A compreensão do comportamento alimentar torna possível desenvolver estratégias de alimentação complementar que aumentem o desempenho dos sistemas leiteiros (JOHNSTON; DEVRIES, 2018; JOHN et al., 2019), devido à grande oscilação dos alimentos utilizados na produção desses sistemas, sendo esse segmento o mais oneroso (CNA, 2018), principalmente quanto a larga utilização de alimentos concentrados, os quais têm representado cerca de 40% dos custos de produção e uma inflação acumulada de 64%, de agosto de 2020 a outubro de 2021 (EMBRAPA, 2021).

A suplementação dietética com carboidratos não fibrosos (CNF) para vacas leiteiras é uma estratégia efetiva no intuito de atender aos requerimentos energéticos de manutenção e a máxima produtividade de vacas de leite (CATON; DHUYVETTER, 1997). Apesar de o milho ser a principal fonte energética utilizada, as frequentes oscilações de preço desse insumo e constantes mudanças climáticas geram instabilidade de mercado, fazendo com que ocorra a busca por alternativas para tal substituição, como a utilização de coprodutos (PRADO et al., 2000). Existem inúmeros coprodutos agroindustriais, de diversas composições químicas que podem ser empregados na bovinocultura e alguns destacam-se pela alta disponibilidade e características bromatológicas substitutivas (MATOS, 2002). Ainda, a utilização desses coprodutos contribui para redução do impacto ambiental por promover o aproveitamento destes, favorecendo a preservação de recursos naturais e tornando os sistemas pecuários mais economicamente sustentáveis (OLIVEIRA et al., 2013).

Diante dessa perspectiva, o uso de alimentos alternativos e de baixo valor comercial como a batata-doce (*Ipomoea batatas*) na alimentação animal, representa uma forma de minimizar os gastos nas formulações dietéticas, além de beneficiar o produtor, visto que é uma planta de fácil cultivo, ampla adaptação e baixo custo de produção, sendo principalmente cultivada na agricultura familiar (ANDRADE et al., 2012). Possui valor nutricional similar ao milho, porém, com uma taxa de degradação da matéria seca superior à medida que a batata-doce substitui o milho grão moído (DEMARCO et al., 2020), sem comprometer o desempenho.

Além disso, a utilização deste coproduto apresenta um importante papel no desenvolvimento social em propriedades que utilizam mão-de-obra majoritariamente familiar, estimulando a cadeia produtiva e sendo uma fonte de renda extra para esses produtores (ANDRADE et al., 2012).

No sul do Rio Grande do Sul, a região de Mariana Pimentel é uma das principais produtoras de batata-doce. No entanto, 30% dessa produção permanece sobre o solo, em virtude de estar abaixo do padrão exigido pelo mercado, ocasionando prejuízos ao meio ambiente e a próxima safra. Devido a essa demanda, estudos realizados pelo grupo de pesquisa demonstraram potencial da batata-doce na alimentação de ruminantes, como uma alternativa energética. Demarco et al. (2020) avaliaram as características nutricionais de quatro cultivares da batata-doce, assim como a fermentação *in vitro* das mesmas ao substituir o grão de milho em 4 níveis (0%, 33%, 66% e 100%). Os autores observaram grande potencial na substituição total quando

comparando a fermentação *in vitro* somente do grão de milho, apresentando maior produção de gás, maior taxa de degradação e menor tempo de latência.

Posterior a isso, foi realizado um estudo em ovinos alimentados com dietas a base de silagem de milho e farinha de batata-doce (FBD). Os resultados demonstraram que a substituição do milho moído por FBD pode ser feita em qualquer nível (0, 33, 66 e 100%), sem prejudicar o consumo de MS e digestibilidade, síntese de proteína microbiana ou retenção de N pelo metabolismo, quando incluída ureia ou outra fonte de nitrogênio para equalizar a diferença de proteína bruta entre milho e FBD (MIBACH et al., 2021). Ainda, ao incluir 0,5% de FBD na dieta total de ovinos alimentados a base de feno de azevém, não foi observada alteração no pH ruminal (MALAGUEZ et al., 2021). Sabe-se que alterações nas taxas de degradação ruminal dos alimentos podem promover alterações no metabolismo, comportamento alimentar e, conseqüentemente, na produção de leite de vacas leiteiras, porém são poucas informações acerca da possibilidade de inclusão de FBD na alimentação de vacas em lactação, proporcionando tal estudo.

Dessa forma, o objetivo foi avaliar o comportamento alimentar e prever o consumo de matéria seca (CMS) de vacas em diferentes períodos de lactação mantidas em sistema *compost barn* através dos dados de duas tecnologias de avaliação comportamental. Por último, determinar a possibilidade de substituição de milho grão moído por farinha de batata-doce na dieta de vacas leiteiras em lactação.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o comportamento animal e alimentar, uma estratégia alimentar e prever o consumo de matéria seca (CMS), de vacas holandês em lactação em sistema *compost barn*, através de sistemas de monitoramento comportamental.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar o comportamento alimentar de vacas Holandês em diferentes períodos da lactação, em sistema *compost barn*.

Predizer a ingestão de matéria seca de vacas Holandês até 150 dias em lactação e em cada período da lactação, em sistema *compost barn*.

Avaliar se a substituição do milho grão moído pela farinha de batata doce influencia a produção e composição do leite de vacas Holandês em lactação.

Avaliar se a substituição do milho grão moído pela farinha de batata doce interfere na ingestão e comportamento alimentar de vacas Holandês em lactação.

Avaliar os efeitos da substituição do milho grão moído pela farinha de batata doce sobre o metabolismo de vacas Holandês em lactação.

3 Artigo I

Artigo formatado para submissão de acordo com as normas da revista “Livestock Science”

Predição do consumo de matéria seca e características comportamentais de vacas leiteiras em diferentes estágios de lactação mantidas em sistema *compost barn*

1 Abstract

2 Caracterizar o comportamento alimentar e prever o consumo de matéria seca de vacas é importante
3 para subsidiar recomendações de estratégias que otimizem a produção e tornem o sistema produtivo
4 mais eficiente. O objetivo deste estudo foi prever o consumo de matéria seca (CMS) e caracterizar o
5 comportamento e o desempenho de vacas leiteiras em até 150 dias da lactação em sistema *compost barn*.
6 Para isto, um banco de dados de 139 vacas multíparas da raça Holandês, reunidas a partir de 6 estudos,
7 foram divididas em 3 grupos conforme seus dias em lactação (DEL): Grupo 1 (0 a 21 DEL), Grupo 2
8 (22 a 90 DEL) e Grupo 3 (91 a 150 DEL) totalizando 210 observações (média de no mínimo 4 dias de
9 dados consecutivos por vaca). Os dados de produção incluíram produção de leite, teor de gordura do
10 leite e teor de proteína do leite. Os dados comportamentais incluíram consumo de matéria seca (CMS),
11 tempo de consumo, taxa de consumo, frequência das refeições, tamanho da refeição, tempo de atividade,
12 ruminação e ócio. Os quais foram utilizados para avaliar como cada variável do estudo se comporta
13 conforme o período de lactação e prever o CMS a partir de um modelo de regressão linear
14 multivariável. O CMS ($P < 0,06$) e tempo de ruminação ($P = 0,004$) aumentaram até os 150 dias em
15 lactação, o tempo em ócio ($P < 0,001$) reduziu. O Grupo 2 apresentou menor tempo de consumo
16 ($P < 0,001$) e frequência de refeição ($P = 0,05$), assim como maior taxa de consumo ($P = 0,005$) e produção
17 de leite ($P = 0,005$). Em cada grupo foi construído um modelo de predição do CMS, no entanto em todos
18 os períodos, tempo e taxa de consumo foram variáveis utilizadas nas equações como preditoras do CMS.
19 Conclui-se que para vacas Holandês em *compost barn*, variáveis de comportamento alimentar são fortes

20 preditoras de CMS e dentro de cada período houve um modelo que melhor se ajustou para predição do
21 CMS, dentre as variáveis estudadas.

22 **Introdução**

23 A intensificação dos sistemas produtivos em bovinos de leite acarretou na crescente
24 utilização de tecnologias na propriedade, uma vez que se tornou necessário um sistema mais
25 eficiente (John et al., 2019). Identificar as associações entre os dados do comportamento social
26 e alimentar das vacas com a produtividade é fundamental para subsidiar estratégias que
27 otimizem a produção de leite (Schirmann et al., 2012; Johnson; Devries, 2018). Assim,
28 tecnologias para registrar automaticamente o consumo, comportamento alimentar e social têm
29 se mostrado úteis para bovinos (DeVries et al., 2003; Chapinal et al., 2007; Huzzey et al., 2014).

30 A observação do comportamento de bovinos leiteiros pode levar à detecção precoce de
31 problemas relacionados à saúde, produção e manejo animal contribuindo para o bem-estar
32 animal quando medidas apropriadas são tomadas (Weary et al., 2009). Além disso, o
33 comportamento alimentar pode ser capaz de prever a ingestão diária de matéria seca com maior
34 precisão (Liang et al., 2021), visto que a produção de leite (PL) está altamente correlacionada
35 com o consumo de matéria seca (CMS) (Harder et al., 2019), que por sua vez é uma variável
36 influenciada pelo comportamento alimentar.

37 O CMS é afetado por mudanças no tamanho, duração e frequência da refeição, bem como
38 tempo e taxa de alimentação (Nielsen, 1999). Alguns estudos observaram relação entre o tempo
39 diário de alimentação e a taxa de alimentação, com o CMS e a eficiência alimentar (Connor et
40 al., 2013; Halachmi et al., 2016). Johnston e DeVries (2018) demonstraram, usando dados de
41 vários estudos de vacas leiteiras de alta produção, que o tempo total de alimentação era forte
42 preditor de CMS diário e que a frequência das refeições e o tempo de ruminação tendiam a ser
43 preditoras também. Clément et al. (2014) descobriram que o tempo de ruminação foi um
44 contribuinte significativo, mas menor, em um modelo de previsão de CMS; seu modelo previu

45 aumento de 0,031 kg de CMS por hora adicional de ruminação. Todavia, os resultados da
46 associação do tempo de ruminação com o CMS não são consistentes na literatura, pois o CMS
47 de vacas em lactação pode ser afetado por diversos fatores, sejam eles ligados a características
48 fisiológicas, alimentares ou fatores externos (Carpinelli et al., 2019; Liang et al., 2021).

49 Eventos que ocorrem na fase inicial da lactação são cruciais para a produção e
50 produtividade da vaca leiteira, uma vez que determinam o pico de produção leiteira e
51 consequentemente influenciam a produção total na lactação (Adin et al., 2009). Além de serem
52 os momentos mais importantes em termos de distúrbios da saúde (ocorrência de doenças
53 infecciosas e metabólicas), bem como o retorno da atividade reprodutiva e o início de uma nova
54 gestação (Leblanc, 2010).

55 Embora existam estudos que avaliem o comportamento alimentar de vacas leiteiras em
56 lactação, são poucos os que utilizam suas variáveis com o intuito de prever o CMS, devido a
57 estes dados não serem facilmente obtidos sem um sistema de monitoramento do comportamento
58 alimentar (Liang et al., 2021). Esta carência de dados é ainda mais crítica em vacas em
59 diferentes estágios da lactação (do início ao meio da lactação), em sistema *compost barn*,
60 utilizando-se de equipamentos que monitoram esses comportamentos. Assim, o objetivo deste
61 estudo foi prever o CMS e caracterizar o comportamento animal, alimentar e o desempenho
62 de vacas leiteiras em diferentes estágios da lactação em sistema *compost barn*.

63

64 **Metodologia**

65 A partir de um banco de dados de uma fazenda comercial no extremo sul do Brasil (32°
66 16 'S, 52 67° 32' E), de pesquisas conduzidas pela Universidade Federal de Pelotas-RS, no
67 período de junho de 2018 a outubro de 2020, foram observados a produção, o comportamento
68 social e alimentar de 139 vacas multíparas da raça Holandês, reunidas a partir de 6 estudos
69 (Tabela 1). Depois disso, foram realizados médias semanais de cada vaca, totalizando 210

70 observações, entrando no estudo animais que continham no mínimo 4 observações semanais e
 71 animais do grupo controle de cada experimento, para reduzir os efeitos relativos a aplicação de
 72 outros tratamentos. As vacas foram divididas em 3 grupos conforme seus dias em lactação
 73 (DEL): Grupo 1 (0 a 21 DEL, n= 24), Grupo 2 (22 a 90 DEL, n=76) e Grupo 3 (91 a 150 DEL,
 74 n=110). O uso de vacas em cada estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação
 75 Animal da Universidade Federal de Pelotas.

76 Tabela 1. Características das vacas e composição das dietas dos dados usados de 6 estudos
 77 anteriores.

Estudo	DEL (\pm DP)	Nº de animais	Nº lactações	% de forragem	%MS	%FDN	NDT	%PB
1	45 \pm 15	19	2 a 4	58%	43,11	37,4	72,42	13,94
2	14 \pm 7	13	2 a 4	52,8%	51,2	37,4	72,42	14,85
3	120 \pm 60	6	2	56,5%	52,55	36,97	67,26	15,94
4	120 \pm 30	12	2 a 4	45,7%	48,85	35,47	73,38	16,38
5	55 \pm 15	18	2 a 4	70%	51,7	35,4	74,18	12,71
6	5 \pm 5	5	2 a 4	55%	49,01	42,11	73,78	13,25

78 1. Ollé et al. (2021); 2. Pizoni et al. (não publicado); 3. Teixeira et al. (não publicado); 4. Araujo et al. (não
 79 publicado); 5. Noschang et al. (2021); 6. Londero et al. (não publicado)

80 Em todos os estudos, as vacas foram mantidas no mesmo curral experimental, em sistema
 81 intensivo de produção (*compost barn*) com cama de maravalha (resíduo da serraria de madeira).
 82 A dieta total (TMR) foi fornecida 2 ou 3x/dia, de acordo com o estudo (Tabela 1), em
 83 alimentadores automáticos, e as vacas foram ordenhadas 2 ou 3x/dia, também de acordo com o
 84 estudo (Tabela 1), usando sistema de ordenha automática e com água *ad libitum*. Todas as dietas
 85 fornecidas foram semelhantes na composição dos ingredientes, na qual consistia de silagem de
 86 milho, silagem pré-secada de azevém e ração concentrada comercial (à base de milho grão
 87 moído, farelo de soja e casca de soja), mas variaram no conteúdo de nutrientes, para atender às
 88 necessidades de nutrientes conforme o NRC (2001) e o NASEM (2021).

89 Nos seis estudos o consumo e o comportamento alimentar individual dos animais foram
90 obtidos diariamente em alimentadores automáticos (INTERGADO®), conforme validado por
91 Chizzotti et al. (2015). As medidas incluíram: consumo diário de matéria natural (CMN,
92 kg/dia), tempo total gasto comendo (min/dia), número de visitas com consumo (número/dia) e
93 número de visitas totais aos comedouros (número/dia). Em cada estudo, amostras diárias das
94 dietas foram coletadas para análise de MS de acordo com Easley et al. (1965). A partir do CMN
95 foi possível calcular o consumo de matéria seca (CMS) determinado para cada vaca ao longo
96 de 24 h, calculado com base na MS. Os períodos de alimentação individuais foram separados
97 em refeições, definidas como uma vaca entrando no comedouro e consumindo mais de 25 g de
98 MS. As variáveis taxa de consumo (kg/min), frequência de consumo (refeições/dia), tamanho
99 da refeição (kg/refeição), duração da refeição (min/refeição) e eficiência alimentar (kg de
100 leite/CMS) foram calculadas conforme Ollé et al. (2021).

101 Durante os experimentos avaliados, cada animal utilizou coleiras C-TECH (Chip-
102 Inside, Taskka, Santa Maria), que através do software CowMed®, captura dados da coleira por
103 minuto a cada hora. Os sensores C-Tech (Chip inside) possuem um acelerômetro que mede a
104 ruminação, a atividade física e a inatividade bovina (ócio). O sistema é composto pelo C-
105 Reader, além de um software de gerenciamento, que pode gerar um padrão de comportamento
106 para cada animal do rebanho e também um padrão médio para todo o rebanho por meio de
107 dados comportamentais (Schmidt et al., 2021).

108 Os dados de produção foram coletados da mesma forma em todos os estudos, sendo
109 registrados automaticamente todos os dias, em cada ordenha, por um sistema de ordenha
110 espinha de peixe automatizado (ALPRO, DeLaval, Kansas City, MO, USA). As amostras de
111 leite também foram coletadas de modo igual nos estudos, nas duas ou três ordenhas diárias
112 (conforme estudo) em tubos plásticos estéreis de 50mL contendo comprimido de Bronopol®
113 (2-bromo-2-nitropropano-1,3-diol e natamicina) para análise dos componentes do leite (teores

114 de gordura, proteína total, lactose e sólidos totais) através de métodos espectroscópicos de
115 infravermelho médio (AOAC, 1996, método 972.16).

116 Para as análises, a unidade experimental foi considerada a média semanal de cada vaca,
117 sendo cada uma delas a média dos dados diários coletados para uma vaca durante um período
118 de coleta de 7 dias, em cada respectivo estudo. Os dados foram calculados em média por semana
119 para melhorar a precisão da estimativa da média verdadeira para cada preditor e variável de
120 resultado. Foram eliminados dados de vacas que apresentavam dados semanais inferiores a 4
121 dias e outliers considerando-se dois desvios padrão da amostra em cada grupo. Após essa etapa,
122 os dados foram analisados por meio do JMP Pro 14 (SAS® Institute Inc., Cary, NC, EUA),
123 realizando o teste de Shapiro Wilk para avaliar a normalidade dos dados, sendo considerado
124 normais quando o valor do teste deu superior a 0,8 mesmo sendo o valor de P significativo. As
125 médias dos grupos conforme período de lactação foram testadas usando Mixed Models do SAS,
126 (SAS® Institute Inc., Cary, NC, EUA) e considerado significativo quando $p < 0.05$ e tendência
127 quando $p > 0.05$ e $p < 0.07$.

128 Foi utilizado o procedimento CORR do para testar o coeficiente de correlação de
129 Pearson entre as variáveis independentes: tempo total gasto comendo (min/dia), frequência de
130 consumo (refeições/dia), taxa de consumo (minutos/dia), tamanho da refeição (kg/refeição),
131 duração da refeição (min/refeição), a taxa de atividade (min/dia), ruminação (min/dia), ócio
132 (min/dia), produção de leite (kg/dia), teor de proteína no leite (%) e teor de gordura no leite (%)
133 com o CMS diário total (kg de MS/dia). Em seguida, uma análise de regressão linear
134 multivariável foi realizada usando o procedimento MIXED do JMP Pro 14 para selecionar as
135 variáveis independentes que representaram o maior R^2 no CMS das doze variáveis acima em
136 cada grupo do estudo (G1; G2; G3), e os modelos que apresentaram o melhor ajuste de acordo
137 com o critério de informação Bayesiano de Schwarz (BIC) e Akaike (AIC). De início, todas as
138 variáveis independentes foram incluídas no modelo para predizer o CMS, nesse momento foram

139 selecionadas as variáveis significativas ($p < 0,05$) no modelo e correlação superior a $|0,5|$ com a
140 variável dependente. A partir disso, foi sendo realizado esse procedimento até não apresentar
141 mais efeito no R^2 e redução nas informações BIC e AIC. As equações de previsão foram
142 ajustadas da seguinte forma:

$$143 \quad \text{CMS (kg/dia)} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

144 onde a é o intercepto, b_{1-n} é o coeficiente e X_{1-n} é uma variável independente.

145

146 **Resultados**

147 Foram observadas diferenças no comportamento e desempenho produtivo de vacas
148 Holandês ao longo da lactação em sistema *compost barn* (Tabela 2). O CMS e o tempo de
149 ruminação demonstraram uma resposta linear positiva, aumentando conforme o aumento do
150 DEL em cada grupo. Já o tempo em ócio apresentou uma resposta linear negativa, ou seja,
151 diminui conforme o DEL do estudo.

152

153 Tabela 2. Médias das variáveis de comportamento animal, alimentar e desempenho produtivo
 154 de leite de vacas holandês em diferentes estágios de lactação (média \pm erro padrão).

<i>Item</i>	Grupo			<i>p - value</i>
	1 (n=24)	2 (n=94)	3 (n=226)	
<i>Comportamento alimentar (kg/MS)</i>				
CMS (Kg/dia)	21.01(\pm 1.03) ^a	22.45(\pm 0.58) ^{ab}	23.52(\pm 0.47) ^b	0.06
Tempo de consumo (min/dia)	137.00(\pm 8.48) ^{ac}	121.53(\pm 4.76) ^a	148.80(\pm 3.96) ^c	<.0001
Taxa de consumo (kg/min)	0.16(\pm 0.01) ^a	0.19(\pm 0.006) ^b	0.17(\pm 0.005) ^c	0.005
Frequência de consumo (ref/dia)	35(\pm 2.79) ^a	28 (\pm 1.57) ^b	33(\pm 1.30) ^{ac}	0.05
Tamanho da refeição (kg/ref)	0.72(\pm 0.08)	0.89(\pm 0.04)	0.83(\pm 0.04)	0.18
Duração da refeição (min/ref)	4.51(\pm 0.55)	4.85(\pm 0.31)	5.46(\pm 0.26)	0.17
<i>Comportamento animal</i>				
Atividade (min/dia)	192.12(\pm 12.55)	180.42(\pm 7.05)	189.98(\pm 5.86)	0.53
Ruminação (min/dia)	626.34(\pm 16.06) ^a	645.20(\pm 9.03) ^a	683.42(\pm 7.50) ^b	0.0004
Ócio (min/dia)	620.17(\pm 20.52) ^a	614.02(\pm 11.53) ^a	563.50(\pm 9.59) ^b	<.0001
<i>Desempenho produtivo</i>				
PL (kg/dia)	33.97(\pm 1.59) ^a	39.77(\pm 0.89) ^b	39.41(\pm 0.75) ^{bc}	0.005
Efic. Alimentar (PL/CMS)	1.63(\pm 0.08) ^a	1.81(\pm 0.04) ^b	1.73(\pm 0.04) ^{ab}	0.13
Proteína no leite (%)	3.23(\pm 0.06) ^a	2.94 (\pm 0.03) ^b	3.16(\pm 0.03) ^a	<.0001
Gordura no leite (%)	4.49 (\pm 0.23) ^a	4.5 (\pm 0.13) ^{ab}	4.21 (\pm 0.10) ^{ac}	0.14

155 G1 = Grupo 1 (0 a 21 DEL), G2 = Grupo 2 (22 a 90 DEL) e G3 = Grupo 3 (91 a 150 DEL).

156 CMS = consumo de matéria seca, PL = produção de leite, L = Efeito linear do grupo, Q = Efeito
 157 quadrático do grupo.

158 Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade.

159 O melhor modelo para prever o CMS em cada período da lactação está apresentado
 160 na Tabela 3. O tempo de consumo, taxa de consumo e a proteína do leite foram fortes preditoras
 161 de CMS em todos os grupos do estudo, havendo dentre as variáveis estudadas, outras que foram
 162 incluídas em cada grupo para melhor ajustar a equação.

163

164 Tabela 3. Modelos finais de regressão linear multivariável para fatores associados ao consumo
 165 de matéria seca (CMS) (n = 210 observações semanais)

Grupos	Equação	R ²	Valor P	AIC	BIC
G1	CMS = -17,92 + (0,13*tempo de consumo) + (133,69*taxa de consumo) + (-0,17*proteína no leite)	0,99	0,001	19,04	15,91
G2	CMS = -10,78 + (116,54 *taxa de consumo) + (-0,006 *atividade) + (-0,73*proteína no leite) + (0,18*tempo de consumo) + (0,002*ocio)	0,97	0,001	85,72	96,84
G3	CMS = -18,47+ (0,14*tempo de consumo) + (85,59*taxa de consumo) + (10,47*tamanho da ref) + (-1,56*duração da ref) + (0,04*PL) + (0,80*proteína no leite) + (0,001*ruminação) + (0,001*atividade)	0,95	0,001	156,45	172,90

166 G1 = Grupo 1 (0 a 21 DEL), G2 = Grupo 2 (22 a 90 DEL) e G3 = Grupo 3 (91 a 150 DEL).

167 CMS = consumo de matéria seca, PL = produção de leite, R² = coeficiente de determinação, AIC =
 168 critério de informação Arcaic, BIC = critério de informação Bayesiano de Schwarz.

169 **Discussão**

170 Ao avaliar o comportamento alimentar de vacas Holandês em diferentes estágios da
 171 primeira metade da lactação, foi observado que no decorrer deste período os animais tendem a
 172 aumentar o CMS, apresentando uma resposta linear (P<0,01; Tabela 2). Era esperado uma baixa
 173 ingestão no início da lactação, visto que o período de transição é desafiador para vacas leiteiras,
 174 sendo marcado por mudanças fisiológicas e redução da capacidade ingestiva, além de

175 encontrarem-se, possivelmente, em balanço energético negativo (Van Amburgh et al., 2019;
176 Kaufman et al., 2016). Já, DeVries et al. (2003) observaram um aumento ao longo dos dias no
177 CMS de vacas no início ao pico da lactação, mantidas em sistema *free-stall*. Desta maneira,
178 estes achados demonstram a importância de uma dieta diferenciada e com nutrientes específicos
179 para atenderem as exigências na fase inicial da lactação, uma vez que as vacas consomem
180 menos (NASEM, 2021).

181 Quando comparado o tempo de consumo entre os grupos, os animais G2 (22 a 90 DEL)
182 apresentaram um menor tempo gasto nessa atividade (Tabela 2). O que não era esperado, visto
183 que vacas no pico de lactação apresentam maior consumo. Johnston e DeVries (2018),
184 observaram aumento no tempo total de alimentação conforme os dias em lactação aumentam
185 ao analisar dados de diversos estudos com vacas leiteiras de alta produção.

186 A frequência de consumo é amplamente influenciada pelo tempo e número de tratos ou
187 refeições de dieta fresca (DeVries et al., 2003). No presente estudo houve menor frequência no
188 G2, vacas que estão no pico da lactação. Ainda, a taxa de consumo foi maior para este grupo,
189 demonstrando maior consumo por minuto, sendo uma possível explicação de uma menor
190 frequência, visto que esse grupo atinge um maior CMS em menor tempo, atingindo saciedade
191 mais rapidamente do que os demais grupos. Conforme Grant e Albright (1995), vacas leiteiras
192 de alta produção alcançam maior CMS aumentando o tamanho da refeição, gastando menos
193 tempo comendo e ruminando por unidade de ingestão.

194 O tempo de ruminação diário apresentou aumento linear conforme os dias em lactação
195 (Tabela 2). Esse resultado era esperado, visto que este grupo tendeu a apresentar maior CMS.
196 Ainda, o G3 apresentou menor tempo em ócio, o que era previsto, visto que com o aumento do
197 consumo, maior é o tempo de ruminação (Schirrmann et al., 2012). Ao se alimentar as vacas não
198 podem estar em ócio, sendo estas duas variáveis antagônicas, tendo em vista que a avaliação
199 no presente estudo foi com acelerômetro, no qual caracteriza o tempo em ócio quando a vaca

200 está totalmente parada, sem mesmo ruminar. Neste estudo, os animais entre 91 e 150 dias em
201 lactação (G3) apresentaram um menor tempo em ócio (Tabela 2). Entretanto, suas médias
202 encontram-se de acordo com o observado por Endres e Barberg (2007), que relataram tempo
203 diário em ócio para as vacas de $9,34 \pm 1,94$ h, bem como Haley et al. (2001), que observaram
204 em média de 8 a 16 h/d de ócio em vacas leiteiras em sistema *compost barn*. A capacidade e a
205 liberdade de se deitar e descansar são importantes para o bem-estar do gado leiteiro (Endres e
206 Barberg, 2007). Vacas leiteiras em sistema intensivo passam cerca de 50 a 60% do seu tempo
207 deitadas e são altamente motivadas a manter de 12 a 13 h/d do tempo deitadas (Jensen et al.,
208 2005; Munksgaard et al., 2005).

209 A produção de leite e a eficiência alimentar foram superiores no grupo 2 (G2; Tabela
210 2), demonstrando que vacas do G2 consomem menos para produzir um litro de leite, quando
211 comparado aos demais grupos avaliados. Além disso, os teores de proteína no leite foram
212 inferiores no G2, podendo parte deste resultado ser explicado por conta da maior produção de
213 leite, havendo maior diluição dos componentes no leite (Chalupa e Sniffen, 2000).

214 Segundo Carpinelli et al. (2019), o CMS possui grande importância para o aumento no
215 desempenho de bovinos leiteiros, possibilitando estimar o suprimento geral de nutrientes,
216 especialmente aqueles avaliados durante experimentos de pesquisa. Além disso, o CMS está
217 intimamente relacionado ao comportamento alimentar – ingestão, mastigação e ruminação
218 (Beauchemin, 2018) – indicando ser capaz de prever o consumo diário de MS com maior
219 precisão (Liang et al., 2021).

220 Foi possível observar que em cada grupo houve diferentes variáveis preditoras do CMS
221 (Tabela 3). A escolha do modelo foi através do maior R^2 , levando em consideração que o valor
222 de R^2 superior representa o modelo que melhor explica a variável dependente avaliada (CMS)
223 e maior a explicação das variáveis independentes (PL, tempo de consumo, taxa de consumo,
224 etc.) para a variável dependente (CMS) (Nagelkerke, 1991). Também foi levado em

225 consideração os menores valores de AIC e BIC, o que evidencia a precisão do ajuste do modelo
226 (Littell et al., 2006). Vale ressaltar, que em todos os modelos, os valores de R^2 foram altos
227 ($>0,9$), demonstrando a satisfatória explicação do modelo em cada período da lactação.

228 No presente estudo, ao fazer o modelo de regressão nos distintos grupos, observou que
229 tempo de consumo e taxa de consumo foram fortes preditoras de CMS, independente do grupo.
230 Esse resultado sugere a adoção de mudanças no manejo alimentar, tais como maior número de
231 tratos em momentos estratégicos da lactação, redução da lotação nos lotes mais produtivos,
232 maior espaço nos cochos para aumentar o tempo de consumo e conseqüentemente o CMS, bem
233 como a separação em lotes específicos das primíparas mais submissas das múltiparas mais
234 dominantes. Ainda devem ser avaliadas características da dieta (tamanho de partícula) que
235 poderá favorecer maior taxa de consumo e por conseqüência aumentar o CMS, repercutindo na
236 PL e na lucratividade da propriedade.

237 O modelo de melhor ajuste no grupo 1 (G1) foi quando inserimos em sua equação de
238 predição de CMS, variáveis de comportamento alimentar (tempo de consumo e taxa de
239 consumo) citadas anteriormente, bem como porcentagem de proteína no leite. Segundo Clément
240 et al. (2014), é mais difícil prever o CMS com precisão durante esse período, porque o CMS
241 aumenta de forma mais lenta em relação a produção de leite durante o início da lactação, o que
242 justifica a ocorrência do típico balanço energético negativo no período. Segundo Adin et al.
243 (2009) a fase inicial da lactação é a fase que inspira maiores cuidados, principalmente em
244 animais de alta produção, uma vez que o consumo de alimentos está correlacionado com a
245 produção em toda a lactação, já que pode propiciar maior produção de leite nos primeiros dias.
246 Além disso, é uma fase estressante em que várias alterações hormonais estão ocorrendo, ajustes
247 fisiológicos e eventuais distúrbios de saúde, provocando alterações diárias no CMS (Leblanc,
248 2010).

249 O segundo grupo (G2) deste estudo é caracterizado por vacas que estão saindo do
250 período de transição, alcançando o pico de lactação e iniciando o período reprodutivo. Dessa
251 forma, são vacas de alta exigência que a partir de um adequado CMS, resultam em uma boa
252 produção de leite e persistência de lactação (Harder et al. 2019). Nesse grupo, as variáveis
253 tempo de consumo e taxa de consumo foram fortes preditoras do CMS; ainda, dentre as
254 variáveis estudadas o tempo em atividade, ócio e a porcentagem de proteína no leite também
255 foram incluídas para melhor predizer o CMS nesse período da lactação. Fuente-Pila et al. (2003)
256 também apresentaram modelos de predição do CMS superiores quando incluíram dados dos
257 teores de proteína, para vacas com média de 83 DEL. Conforme estes mesmos autores, esses
258 resultados são consistentes com a ideia de que o CMS é afetado pelas necessidades energéticas
259 para a lactação.

260 No grupo 3 (G3), o melhor modelo preditor de CMS foi quando incluímos 8 distintas
261 variáveis: tempo e taxa de consumo, tamanho e duração da refeição, tempo de ruminação e
262 tempo de atividade, PL e proteína no leite (%). Essa diferença de modelo com maior número
263 de variáveis preditoras do CMS quando comparado aos demais grupos talvez tenha sido
264 observada porque essas vacas do grupo 3, entre 90 e 150 dias de lactação, estão fisiologicamente
265 e metabolicamente mais estáveis. Estes dados vêm de acordo com Johnston e DeVries (2018),
266 que, ao avaliarem o comportamento de vacas com 108 ± 38 DEL em diversos estudos com vacas
267 leiteiras de alta produção, observaram maior CMS quando vacas passaram mais tempo diário
268 em consumo, sendo forte preditora do CMS e que a frequência das refeições e o tempo de
269 ruminação tenderam a predizer. No presente estudo a frequência de consumo não foi uma
270 variável preditora em nenhum dos grupos, isso talvez se deva pela forma com a qual foi
271 considerado refeição em cada um dos estudos. Azizi et al. (2009) ao avaliarem a relação de
272 variáveis comportamentais com o CMS de vacas com DEL entre 7 e 105, encontraram
273 correlações altamente positivas entre a duração da refeição e o tempo de consumo diário com

274 o CMS nas vacas de maior produção. Vindo de encontro aos resultados do presente estudo, no
275 qual observamos que essas variáveis comportamentais são fortes preditoras do CMS em vacas
276 do G3.

277 Embora as variáveis de comportamento animal, avaliadas pelas coleiras CowMed® não
278 tenham sido significativas, para o modelo de regressão o tempo de atividade e o tempo de
279 ruminação foram importantes para garantir a construção dos melhores modelos de predição do
280 CMS nos grupos 2 e 3, respectivamente. Clément et al. (2014) observaram efeito da estimativa
281 do tempo de ruminação no modelo para predizer o CMS de vacas em lactação, no entanto não
282 aumentou a acurácia do modelo desenvolvido. Isto pode ser explicado devido a grande alteração
283 desses parâmetros a fatores ligados à dieta e ao manejo das propriedades leiteiras.

284 **Conclusão**

285 Vacas Holandês em lactação alojadas em *compost barn* se caracterizam de formas
286 diferentes em cada período da lactação quanto ao comportamento e o desempenho produtivo.
287 As variáveis de comportamento alimentar são possíveis preditoras de CMS. O tempo de
288 consumo e taxa de consumo são fortes preditoras do CMS, nos três períodos de lactação
289 avaliados. No entanto, em cada estágio da lactação houveram diferentes variáveis que melhor
290 ajustaram o modelo de predição do CMS.

291

292 **Referências**

- 293 Adin G. Solomon R. Nikbachat M. Zenou A. Yosef E. Brosh A. Shabtay A. Mabjeesh S.J.
294 Halachmi I. Miron J. Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-
295 neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production. Journal of
296 Dairy Science, v.92, p.3364-3373. 2009.
- 297 Allen, M.S. Sousa, D.O. VandeHaar, M.J. Equation to predict feed intake response by lactating
298 cows to factors related to the filling effect of rations. Journal of Dairy Science, v.102, p.7961-
299 7969. 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16166>.

- 300 Aikman P. Reynolds C. Beever D. Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination
301 behavior of Jersey and Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.91, p.1103-1114. 2008.
- 302 Azizi, O., O. Kaufmann, and L. Hasselmann. Relationship between feeding behavior and feed
303 intake of dairy cows depending on their parity and milk yield. *Journal of Dairy Science*, v.122,
304 p.156-161. 2009.
- 305 Beauchemin K.A. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *Vet. Clin. North Am. Food
306 Anim. Pract.*, v.7, p.439-463. 1991.
- 307 Carpinelli, N.A.; Rosa, F.; Grazziotin, R.C.B.; Osorio, J.S. Technical note: A novel approach
308 to estimate dry matter intake of lactating dairy cows through multiple on-cow accelerometers.
309 *Journal of Dairy Science*, v.102, p.11483-11490. 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16537>
- 310 Cecim, M. Monitoramento Remoto de Saúde da Vaca em Transição. In: V Simpósio da Vaca
311 Leiteira, 2018, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre: Editora UFRGS, Porto Alegre, p.86-113,
312 2018.
- 313 Chalupa, W., Sniffen, C.J. Balancing rations for milk components. *Adv. Dairy Technol.*, v.12,
314 p.27-42. 2000.
- 315 Chapinal, N.; Veira, D.M.; Weary, D.M.; von Keyserlingk, M.A.G. Technical note: Validation
316 of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed
317 cattle. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.5732-5736. 2007.
- 318 Chizzotti, M.L.; Machado, F.S.; Valente, E.E.L.; Pereira, L.G.R.; Campos, M.M.; Tomich,
319 T.R.; Coelho, S.G.; Ribas, M.N. Technical note: Validation of a system for monitoring
320 individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*,
321 v.98, 3438-3442. 2015. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8925>
- 322 Clément P. Guatteo R. Delaby L. Rouillé B. Chanvallon A. Philipot J.M. Bareille N. Short
323 communication: Added value of rumination time for the prediction of dry matter intake in
324 lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.97, 6531-6535. 2014.
- 325 Crossley R.E.; Harlander-Matauschek A.; DeVries T.J. Variability in behavior and production
326 among dairy cows fed under differing levels of competition. *Journal of Dairy Science*, v.100,
327 p.3825-3838. 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12108>
- 328 Demarco, C.F., Paredes, F.M.G., Pozo, C.A., Mibach, M., Kozloski, G.V., Oliveira, L.,
329 Schmitt, E., Rabassa, V.R., Del Pino, F.A.B., Corrêa, M.N., Brauner, C.C. In vitro fermentation

- 330 of diets containing sweet potato flour as a substitute for corn in diets for ruminants. *Ciência*
331 *Rural*, v.10, páginas?. 2020.
- 332 DeVries, T.J.; von Keyserlingk, M.A.G.; Weary, D.M.; Beauchemin, K.A. Measuring the
333 feeding behavior of lactating dairy cows in early to peak lactation. *Journal of Dairy Science*,
334 v.86, 3354-3361. 2003. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73938-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73938-1)
- 335 DeVries, T.J.; von Keyserlingk, M.A.G.; Beauchemin, K.A. Short communication: Diurnal
336 feeding pattern of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.4079-4082. 2003.
337 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74020-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74020-X)
- 338 DeVries, T.J.; von Keyserlingk, M.A.G. Time of feed delivery affects the feeding and lying
339 patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.88, p.625-631. 2005.
340 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72726-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72726-0)
- 341 Dittrich, I.; Gertz, M.; Krieter, J. Alterations in sick dairy cows' daily behavioural patterns.
342 *Heliyon*, v.5, p.11. 2019.
- 343 Easley, J.F., McCall, J.T., Davis, G.K., Shirley, R.L. 1965. *Analytical Methods for Feeds and*
344 *Tissues Nutrition Laboratory, Dept. of Animal Science, University of Florida, Gainesville. 81*
- 345 Endres, M.I.; Barberg, A.E. Behavior of dairy cows in an alternative bedded pack housing
346 system. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.4192-4200. 2007.
- 347 Fregonesi, J.A.; Tucker, C.B.; Weary, D.M. Overstocking reduces lying time in dairy cows.
348 *Journal of Dairy Science*, v.90, p.3349-3354. 2007. doi.org/10.3168/jds.2006-794
- 349 Fuentes-Pila, J. Ibañez, M. De Miguel, J.M. Beede, D.K. Predicting average feed intake of
350 lactating Holstein cows fed totally mixed rations. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.309-323.
351 2003. [doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73608-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73608-X).
- 352 Grant, R.J., Albright, J.L. Feeding behaviour. In: DMello, J.P.F. (Ed.), *Farm Animal*
353 *Metabolism and Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, p 365-382. 2000.
- 354 Haley, D.B.; De Passille, A.M.; Rushen J. Assessing cow comfort: Effects of two floor types
355 and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*,
356 v.71, p.105-117. 2001.
- 357 Harder, I.; Stamer, E.; Junge, W.; Thaller, G. Lactation curves and model evaluation for feed
358 intake and energy balance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.102, p.7204-7216. 2019.

- 359 Grant, R.J. Albright, J.L. Feeding behavior and management factors during the transition period
360 in dairy cattle. *Journal of Animal Science*. v. 73, p.2791-2803. 1995.
361 <https://doi.org/10.2527/1995.7392791x>
- 362 Goldhawk C. Chapinal N. Veira D.M. Weary D.M. von Keyserlingk M.A.G. Prepartum feeding
363 behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, v.92, p.4971-
364 4977. 2009.
- 365 Hart K.D. McBride B.W. Duffield T.F. DeVries T.J. Effect of frequency of feed delivery on
366 the behavior and productivity of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.97, p. 1713-
367 1724. 2014. 10.3168/jds.2013-7504
- 368 Huzzey J.M. DeVries T.J. Valois P. von Keyserlingk M.A.G. Stocking density and feed barrier
369 design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.89,
370 p.126-133. 2006. 10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6
- 371 Huzzey, J.M.; Weary, D.M.; Tiau, B.Y.F.; von Keyserlingk, M.A.G. Short communication:
372 Automatic detection of social competition using an electronic feeding system. *Journal of Dairy*
373 *Science*, v. 97, p.2953-2958. 2014. doi.org/10.3168/jds.2013-7434
- 374 Jensen M.B. Pedersen L.J. Munksgaard L. The effect of reward duration on demand functions
375 for rest in dairy heifers and lying requirements as measured by demand functions. *Appl. Anim.*
376 *Behav. Sci.*, v.90, p.207-217. 2005.
- 377 John, A.J.; Garcia, S.C.; Kerrisk, K.L.; Freeman, M.J.; Islam, M.R.; Clark, C.E.F. The effect of
378 temporal variation in feed quality and quantity on the diurnal feeding behaviour of dairy cows.
379 *Animal*, v.13, p.2519-2526. 2019. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001198>
- 380 Johnston, C.; DeVries, T.J. Short communication: Associations of feeding behavior and milk
381 production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 101, p. 3367-3373. 2018.
382 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13743>
- 383 Kaufman, E.I.; LeBlanc, S.J.; McBride, B.W.; Duffield, T.F.; DeVries, T.J. Association of
384 rumination time with subclinical ketosis in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*,
385 v.99, p.5604-5618. 2016. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10509>
- 386 Krause K.M. Combs D.K. Beauchemin K.A. Effects of forage particle size and grain
387 fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *Journal of Dairy*
388 *Science*, v.85, p.1947-1957. 2002.

- 389 Leblanc, S. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *Journal of*
390 *Reproduction and Development*, v.56, p.29-35. 2010.
- 391 Liang, S.; Wu, C.; Peng, W.; Liu, JX.; Sun, H.Z. Predicting daily dry matter intake using feed
392 intake of first two hours after feeding in mid and late lactation dairy cows with fed ration three
393 times per day. *Animals*, v.11, p.104. 2021. doi.org/10.3390/ani11010104
- 394 Littell, R. C., Milliken, G. A., Stroup, W. W., Wolfinger, R. D., & Oliver, S. *SAS for Mixed*
395 *Models*. SAS Publishing. 2006.
- 396 Munksgaard L.; Jensen M.B.; Pedersen L.J.; Hansen S.W.; Matthews L. Quantifying
397 behavioural priorities - Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Appl.*
398 *Anim. Behav. Sci.*, v.92, p.3-14. 2005. 10.1016/j.applanim.2004.11.005
- 399 Nagelkerke, N.J.D. Uma nota sobre uma definição geral do coeficiente de determinação.
400 *Biometrika*, v.78, p.691-692. 1991.
- 401 Nielsen B.L. On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as
402 an indicator of social constraint. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v.63, p.79-91. 1999. DOI:
403 10.1016/S0168-1591(99)00003-9
- 404 Noschang, J.P.; Savela, M.F.B.; Malaguez, E.G.; Barbosa, A.A.; Del Pino, F.A.B.; Rabassa,
405 V.R.; Corrêa, M.N.; Brauner, C.C. Milk production and feeding behavior of lactating cows
406 supplemented with a dry fungus fermentation product that expresses residual fibrolytic enzyme
407 activity. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, p.2548-2563. 2021.
- 408 Nørgaard P. Nadeau E. Randby Å.T. A new Nordic evaluation system for diets fed to dairy
409 cows: A meta analysis. In: Sauvant D. Van Miligen J. Faverdin P. Friggens N. *Modelling*
410 *nutrient digestion and utilization in farm animals*. Wageningen Academic Publishers,
411 Wageningen, the Netherlands, p.112-120. 2010.
- 412 NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th Revised Edition (The National
413 Academies Press, Washington, DC).
- 414 Ollé, M.A, Demarco, C.F., de Oliveira, L. et al. Effects of substituting sweet potato flour for
415 ground corn on performance, feeding behavior, and metabolism of dairy cows. *Trop. Anim.*
416 *Health Prod.*, v.53, p.390. 2021. https://doi.org/10.1007/s11250-021-02836-7

- 417 Schirmann, K.; Chapinal, N.; Weary, D.M.; Heuwieser, W.; von Keyserlingk M.A.G.
418 Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal*
419 *of Dairy Science*, v. 95, p.3212-3217. 2012. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4741>
- 420 Schirmann, K.; Weary, D.M.; Heuwieser, W.; Chapinal, N.; Cerri R.L.A.; von Keyserlingk
421 M.A.G. Short communication: Rumination and feeding behaviors differ between healthy and
422 sick dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science*, v.99, p.9917-9924. 2016.
423 <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10548>
- 424 Schmidt, A.P.; Vieira, L.V.; Barbosa, A.A.; Marins, L.; Corrêa, M.N.; Del Pino, F.A.B.;
425 Brauner, C.C.; Rabassa, V.R.; Feijó, J.O.; Schmitt, E. Use of the rumination profile through
426 collar sensors for mastitis diagnosis in dairy cows. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.49, p.1786,
427 2021. DOI: 10.22456/1679-9216.108269
- 428 Tolkamp B.J.; Schweitzer D.P.N.; Kyriazakis I. The biologically relevant unit for the analysis
429 of short-term feeding behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.2057-2068.
430 2000.
- 431 Van Amburgh, M.E., Soberon, F., Meyer, M.J., Molano, R.A. Symposium review: Integration
432 of postweaning nutrient requirements and supply with composition of growth and mammary
433 development in modern dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, v.102, p.3692-3705. 2019.
- 434 Weary, D.M.; Huzzey, J.M.; von Keyserlingk, M.A.G. Board-invited review: Using behavior
435 to predict and identify ill health in animals. *Journal Animal Science*, v.87, p.770-777. 2009.
436 doi:10.2527/jas.2008-129

4 Artigo II

Artigo formatado e publicado de acordo com as normas da revista “Tropical Animal Health and Production”

Effects of substituting sweet potato flour for ground corn on performance, feeding behavior and metabolism of dairy cows

Michelle de Almeida Ollé^{a1}, Claudia Faccio Demarco^{a2}, Lisandre de Oliveira^{b3}, Jordani Borges Cardoso^{a4}, Antônio Amaral Barbosa^{a5}, Josiane de Oliveira Feijó^{a6}, Viviane Rohrig Rabassa^{a7}, Eduardo Schmitt^{a8}, Marcio Nunes Corrêa^{a9}, Cássio Cassal Brauner^{a10*}, Francisco Augusto Burkert Del Pino^{a11}

*^aNúcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, 96160-000, telephone: 55 53 32757136. (¹ORCID: 0000-0003-2656-5571, mimi.olleh@hotmail.com; ²ORCID: 0000-0001-5768-6128, clau-demarco@hotmail.com; ⁴jordanicardoso.12@gmail.com; ⁵ORCID: 0000-0001-6062-3486, antoniobarbosa.vet@hotmail.com; ⁶ORCID: 0000-0002-0233-3939, josianeofeijo@gmail.com; ⁷ORCID: 0000-0002-0088-0605, vivianerabassa@gmail.com; ⁸ORCID: 0000-0003-1900-3968, schmitt.edu@gmail.com; ⁹ORCID: 0000-0003-0855-2750, marcio.nunescorrea@pesquisador.cnpq.br; ¹⁰ORCID: 0000-0001-5248-2476, *corresponding author: cassiocb@gmail.com; ¹¹ORCID: 0000-0002-5142-5215, fabdelpino@gmail.com)*

^bInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Pelotas, RS, Brasil. (³ORCID: 0000-0002-2441-4107, lisandreoliveira@gmail.com)

1 **Effects of replacing sweet potato flour for ground corn on performance, feeding behavior, and metabolism** 2 **of dairy cows**

3 **Abstract**

4 The objective of this study was to evaluate the effect of replacing sweet potato flour for ground corn in rations fed
5 to lactating dairy cows on milk yield and composition, blood metabolites and feeding behavior. Twenty lactating
6 Holstein cows from 30 to 60 days postpartum were randomly assigned to one of two groups (n = 10 each) and
7 used in a cross-over design trial with two treatments: a standard concentrate with ground corn as an energy source
8 or experimental concentrate with sweet potato flour (SPF) replacing all the ground corn. Each of the 35-day periods
9 consisted of 14 days for adaptation to diet and 21 days for data and sample collection. Milk yield, dry matter intake
10 (DMI), and feeding behavior were evaluated daily throughout the trial. Milk samples were collected weekly and
11 blood samples were collected every 3 days. Milk was analyzed for fat, protein, lactose and, total solids contents.
12 Blood was analyzed for glucose, non-esterified fatty acid (NEFA), gamma-glutamyl transferase (GGT), aspartate
13 aminotransferase (AST), total protein (TP), albumin, and urea concentrations. Milk yield (P=0.62) and
14 composition (fat: P=0.71; protein: P=0.12; lactose: P=0.82; total solids: P=0.56) were not affected by dietary
15 treatments. There were no differences between treatments in DMI or meal frequency, but total eating time
16 (P<0.01), feeding time (P<0.01), and meal duration (P<0.01) was higher for controls compared with SPF-treated
17 cows. However, feeding rate (P<0.01) and serum urea concentration (P<0.01) were higher for SPF compared with
18 control. No differences were observed in the remaining serum metabolites and enzymes measured among
19 treatments. The results of this trial indicate that SPF can be substituted for ground corn without impairing the
20 performance, feeding behavior, and metabolism in dairy cows.

21 **Keywords:** milk yield, ruminant nutrition, starch sources

22 **Introduction**

23 Feeding management directly influences the producer's profit margin. Alternative feeds that can
24 potentially lower feed cost, maintain or improve milk yield and composition are desirable (Córdova et al., 2005).
25 Approximately 70% of a dairy cow diet is composed of carbohydrates, which are divided into fibrous and non-
26 fibrous fractions. Among the non-fibrous carbohydrates (NFC), starch is the most common carbohydrate
27 comprising 20 to 40% of the diet, aiming to increase dietary energy density to meet requirements for higher milk
28 production (Patton et al., 2012).

29 Among the feedstuffs used to feed dairy cows, corn is the most widely used as a source of energy, due to
30 its higher starch concentrations (Deckardt et al., 2013). However, the rising price of this cereal, due to its high use
31 in human food and ethanol production, in addition to the high demand for non-ruminant feeding, is causing a
32 growing interest in the use of alternative and lower cost ruminant feeds (Abo-Zeid et al., 2017).

33 The sweet potato (*Ipomoea batatas*) has high concentrations of starch and it is a potential source of energy
34 to be used in ruminant diets. It is a tuber well adapted to the soil and climate conditions of tropical and subtropical
35 regions, with higher resistance, easy implantation, and low cost (Araújo et al., 2015; Silva et al., 2008). During
36 harvest, a great amount of sweet potato is discarded in the field, because of factors such as shape and size that are
37 not acceptable for sale as human food. These tubers usually remain on the soil, favoring the development of fungi,
38 contaminating the environment, and the next crop (Silva et al., 1995). It is worth noting that in 2018, the sweet
39 potato production in Brazil was over 700 thousand tons, with constant growth, according to IBGE (2018). Under
40 these conditions, the opportunity of this byproduct crop for ruminant feeding presents an environmental and
41 economic sustainability use in certain ruminant production systems.

42 Previous reports on the potential of including sweet potato in dairy cows' diet as a concentrate are
43 uncommon. Frye et al. (1948) used dehydrated sweet potato as a substitute for ground corn for dairy cows and
44 concluded that although it was more palatable, it had no impact on milk yield. A recent in vitro trial using sweet
45 potato flour (SPF) as a source of starch reported a linear increase in dry matter degradation rate as sweet potato
46 replaced ground corn (Demarco et al., 2020). No studies have evaluated the metabolism and feeding behavior of
47 cows fed diets supplemented with SPF. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of replacing
48 SPF for ground corn in rations fed to lactating dairy cows on milk yield and composition, blood metabolites and
49 feeding behavior.

50 **Materials and methods**

51 This study was approved by the Animal Experimentation Ethics Committee of the Federal University of
52 Pelotas, registered under number 3255. The experiment was performed on a commercial farm in Southern Brazil
53 (32° 16 'S, 52 67° 32' E).

54 ***Diets, animals and experimental design***

55 The SPF was obtained from a small processing plant. After harvest, the tubers were washed and ground
56 in a knife grinder, resulting in 2 to 3 cm pieces, which were dried in a static, forced-air grain drier not exceeding

57 40°C (Araújo et al., 2015). After 6 hours, the dried sweet potato was ground using a medium-sieve (1 mm) hammer
58 crusher and stored airtight.

59 The variety of sweet potato used was Cabeluda and offered as flour, composed of 85.01% dry matter
60 (DM), 3.26% of crude protein (CP), 13.41% of neutral detergent fiber (NDF), 5.91% of acid detergent fiber (ADF),
61 2.11% of ether extract (EE), 93.77% of total digestible nutrients (TDN), 75.7% of starch, 21.6% of amylose and
62 75.7% of amylopectin (on the percentage of starch).

63 The experimental design was a cross-over with two 35-day periods consisting of 14 days for adaptation
64 to diet and 21 days for data and sample collection. Twenty multiparous Holsteins cows between 30 and 60 days in
65 milk were randomly assigned to either control or SPF treatments. Treatments included a standard concentrate with
66 ground corn as the energy source (Control) and cows receiving 31.4% of sweet potato flour as a substitute for
67 ground corn (Sweet potato flour, SPF). In order to maintain group homogeneity, cows were randomly allocated to
68 two groups by lactation number (SPF: 3 cows in the second, 6 cows in the third and 1 in the fourth lactation;
69 Control: 3 cows in the second and 7 cows in the third lactation) and milk yield in the previous lactation (Control
70 = 10773.1 ± 1066.25 kg and SPF = 11482.4 ± 1066.25 kg), with no difference ($P = 0.64$), also the absence of
71 mastitis in the last lactation. Cows that presented any disease in the adaptation period were removed from the
72 experiment.

73 Diets were calculated according to NRC (2001) requirements for a dairy cow (650 kg body weight (BW);
74 45 ± 15 day in milk (DIM); 35 ± 10.83 kg/d milk yield (MY); and 3.5% de fat correct milk (FCM)). The ingredient
75 composition of the diet is shown in Table 1. Throughout the experiment, cows received equal amounts of TMR
76 three times daily at 08:00 am 3:00 pm and, 07:00 pm. Cows were milked twice daily (07:30 am and 07:30 pm),
77 housed in a compost barn, equipped with automatic feeders (INTERGADO®).

78 Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets (DM basis).

Item	Treatments	
	SPF	Control
<i>Diet composition (% of DM)</i>		
Ryegrass baleage	5.67	6.56
Corn silage	51.82	51.43
Control concentrate	-	42.01
Sweet potato concentrate	42.51	-
<i>Concentrate composition (%)</i>		
Sweet potato flour (SPF)	13.17	-
Ground corn	-	12.78
High moisture grain silage	9.03	9.07
Soybean meal	29.16	29.29
Soybean hulls	20.77	20.87
Rice bran	6.59	6.62
Protected fat	2.14	2.15
Limestone	2.01	2.02
Urea	0.91	0.92
Monensin	0.02	0.02
Mineral-vitamin-amino acids mix	0.30	0.30
Buffering	1.00	1.00
Wheat bran 35-42% NDF	7.62	7.66
Yea Sacc ¹	0.10	0.10
Salt	0.81	0.82
Dicalcium phosphate	0.20	0.20
Soypass ²	5.87	5.90
Magnesium oxide	0.20	0.20
Mycosorb ¹	0.10	0.10
<i>Chemical composition analysis³</i>		
DM (%)	40.24	43.11

OM (%)	70.61	73.22
CP (% of DM)	13.81	13.94
NDF (% of DM)	32.90	37.40
ADF (% of DM)	22.10	21.40
TDN (% of DM)	71.09	72.42
Starch (% of DM)	23.66	24.56

79 ¹Alltech, Araucária, Paraná, Br; ² Cargill Agrícola S/A, Ponta Grossa, Paraná, Br; ³DM = Dry matter, OM =
80 Organic matter, CP = Crude Protein, NDF = Neutral detergent fiber; ADF = Acid detergent fiber, TDN= Total
81 digestible nutrient.

82 **Milk Performance and Quality**

83 Milk yield was measured at each milking (ALPRO, DeLaval, Kansas City, MO, USA) throughout the
84 experiment. Milk samples were collected at AM and PM milking once each week in sterile 50mL plastic tubes
85 containing Bronopol® tablet (2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol and natamycin) and analyzed for milk components
86 (crude fat, crude protein, lactose, and total solids) using *mid-infrared* spectroscopic methods (AOAC, 1996,
87 method 972.16) and somatic cell count (SCC), was analyzed through flow cytometry (Demarco et al., 2019). Milk
88 yield was corrected to 3.5% fat (FCM 3.5%) according to NRC (2001): $FCM\ 3.5\% = (0.4255 \times \text{kg milk}) + (16.425$
89 $\times \text{kg milk fat})$. Energy-correction milk (ECM) yield was calculated according to the equation: $ECM = [(0.327 \times$
90 $\text{milk (kg/day)}) + (12.95 \times \text{fat (kg/day)}) + (7.65 \times \text{protein (kg/day)})]$ (Shirley, 2006).

91 **Blood biochemical variables**

92 Blood samples were collected on day 0 and 7 during the adaption period to establish baseline parameters
93 and every 3 day beginning on d 14 through the end of the period. Samples were collected from all animals after
94 the morning milking by coccygeal vein puncture, using a Vacuntainer® system containing clot activator (10 mL -
95 Vacuplast) and a second tube containing potassium (4mL – Vacuplast). After collection, the samples were
96 centrifuged at 2183 xg for 15 minutes and plasma and serum transferred into Eppendorf microtubes and stored at
97 -20°C.

98 Concentrations of glucose, non-esterified fatty acids (NEFA), total protein (TP), albumin, and urea were
99 determined by colorimetry and, gamma-glutamyl transferase (GGT) and aspartate aminotransferase (AST) were
100 determined by the kinetic method using a Labmax Plenno automated biochemical analyzer (Labtest Diagnóstica
101 Ltda, Lagoa Santa, MG, Brazil). Glucose was analyzed in plasma and all other metabolites were analyzed in serum.

102 ***Feeding behavior and feed sampling***

103 Individual intake and feeding behavior of individual animals was obtained daily from automatic feeders
 104 (INTERGADOR®). Measurements included: daily intake (kg/day), total time each cow remained in the feeder
 105 (min/day), meal duration (total time spent eating (min/day), number of visits without consumption (number/day)
 106 and number of visits with consumption (number/day). The individual feeding periods were separated into meals,
 107 defined as a cow entering the feeder and consuming more than 25 g of DM, using an individual meal criterion for
 108 each cow in each treatment.

109 With these available variables it was possible to calculate: dry matter intake (DMI) was determined for
 110 each cow over 24 h, calculated based on the DM; the total time (min/day) calculated simply by adding the number
 111 of visits to the feeder with and without consumption; the feeding time (min/day) calculated simply by adding the
 112 number of visits to the feeder with consumption; the feeding rate (kg/min) calculated as DMI divided by the
 113 feeding time; the frequency of meal (frequency/day) measured by visits to the feeder with consumption greater
 114 than 25g; meal size (kg/meal) calculated by the DMI divided by the frequency of the meal and; the duration of the
 115 meal (min/meal) calculated by the feeding time over 24 h divided by the meal frequency.

116 Feed conversion (FC) was calculated as DMI divided by milk yield and feed efficiency (FE) as milk yield
 117 divided by DMI. Each cow was fitted with an accelerometer (CowMed®, Taskka, Santa Maria) to measure
 118 rumination, activity, and lying time 24 hours daily throughout the trial.

119 Weekly feed samples were collected for chemical analysis. Samples were analyzed for DM according to
 120 Easley et al. (1965), Ash (AOAC, 1975, method 22.010 and 7.010). Organic matter (OM) was calculated as DM-
 121 Ash. The fraction of the neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) content was determined
 122 according to Van Soest and Roberson (1985). The determination of crude protein (CP) was through the Kjeldahl
 123 method (AOAC, 1997, method 984.13). The TDN was calculated according to the equation: $TDN = 87.4 - (0.7 \times$
 124 $\%ADF)$ described by Teixeira and Teixeira (1998).

125 ***Statistical analysis***

126 Data for all variables were analyzed using NCSS 2005 statistical software (NCSS Statistical System,
 127 Kaysville, USA) considering cow as the experimental unit. Data were tested for normality using Shapiro-Wilk
 128 test. A cross-over design trial was considered using the following model: $Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + F(j, k) + C(j-1, k) +$
 129 ϵ_{ijk} , where Y_{ijk} is the dependent variable, μ is the general mean, S_i is the random effect of cow, P_j is the fixed effect
 130 of period, F_k is the fixed effect of the treatments, $C(j-1, k)$ is the carry-over effect and ϵ_{ijk} is the random residual

131 error. As a result of no carry-over effect ($P > 0.05$), repeated measures analysis was used in DMI, milk yield, and
 132 milk composition, as well as metabolites. The statistical model included treatment, time and treatment x time
 133 interaction as fixed effects and cow as a random effect. Significance was declared when $P < 0.05$.

134 Results

135 *Milk production*

136 No differences were observed in the yield of milk and components or concentration of milk components
 137 (Table 2).

138 Table 2. Effects of substituting sweet potato flour (SPF) for ground corn on milk yield and composition in dairy
 139 cows (mean \pm standard error).

<i>Milk yield and Composition</i>	SPF	Control	<i>P-Value</i>
Milk yield (kg/day)	38.67 \pm 1.96	38.95 \pm 2.03	0.62
ECM ¹ (kg/day)	46.61 \pm 2.79	45.84 \pm 2.32	0.49
3.5% FCM ² (kg/day)	42.83 \pm 2.75	41.92 \pm 2.21	0.49
Fat (%)	4.42 \pm 0.17	4.36 \pm 0.12	0.71
Protein (%)	2.99 \pm 0.05	3.02 \pm 0.05	0.12
Lactose (%)	4.48 \pm 0.04	4.48 \pm 0.03	0.82
Total solids (%)	12.63 \pm 0.16	12.69 \pm 0.14	0.56
Fat (kg/day)	0.86 \pm 0.06	0.84 \pm 0.05	0.47
Protein (kg/day)	0.57 \pm 0.03	0.58 \pm 0.03	0.62
Lactose (kg/day)	0.87 \pm 0.05	0.86 \pm 0.04	0.79
Total solids (kg/day)	2.44 \pm 0.13	2.45 \pm 0.13	0.91
SCC (x1000cells/ml)	671.95 \pm 255.36	770.05 \pm 206.50	0.70

140 ¹ECM = (0.327 x milk (kg/day)) + (12.95 x fat (kg/day)) + (7.65 x protein (kg/day)).

141 ²3.5 % FCM = (0.4255 x kg milk) + (16.425 x kg milk fat).

142 **Blood Variables**

143 Replacing ground corn with SPF did not affect ($P > 0.05$) glucose, NEFA, GGT, AST, total protein, and
 144 albumin concentrations (Table 3). Serum urea was higher ($P < 0.001$) for SPF compared with ground corn. All
 145 metabolites parameters are within the normal range of reference (Gonzalez et al., 2006; Feijó et al., 2016).

146 Table 3. Effects of substituting sweet potato flour (SPF) for ground corn on the blood biochemical parameters
 147 (mean \pm standard error) of dairy cows.

<i>Metabolites</i>	SPF	Control	<i>P - Value</i>
Glucose (mg/dL)	60.26 \pm 1.15	62.00 \pm 1.19	0.11
NEFA ¹ (mmol/L)	0.29 \pm 0.02	0.28 \pm 0.02	0.58
GGT ² (U/L)	33.27 \pm 2.52	35.71 \pm 2.23	0.19
AST ³ (U/L)	95.59 \pm 7.10	101.48 \pm 8.35	0.48
Total Protein (g/dL)	7.09 \pm 0.20	6.85 \pm 0.17	0.21
Albumin (g/dL)	3.05 \pm 0.12	2.83 \pm 0.08	0.14
Urea (mg/dL)	38.63 \pm 1.36	34.96 \pm 0.76	<0.001

148 ¹Non-esterified fatty acids. ²Gamma-glutamyl transferase. ³Aspartate aminotransferase.

149 **Feeding Behavior**

150 The consumption and feeding behavior of dairy cows are shown in Table 4. The DMI of cows fed SPF
 151 (24.13 kg/day) was not different ($P = 0.18$) from those fed Control (23.03 kg/day), but feed efficiency was higher
 152 ($P = 0.007$) for Control. Feed conversion tended to be higher ($P = 0.07$) for SPF compared with Control. The SPF
 153 treatment showed a shorter total time ($P < 0.001$) at the feeder, consumption time ($P < 0.001$) and meal duration (P
 154 < 0.001) and a higher feeding rate ($P < 0.001$) when compared to the control. Cows fed SPF spent less time
 155 ruminating ($P < 0.001$) and more time in activity ($P < 0.001$) than cows fed Control. No differences ($P > 0.05$) were
 156 observed in lying time among treatments.

157 Table 4. Effects of substituting sweet potato flour (SPF) for ground corn on the feeding behavior of dairy cows
 158 (mean \pm standard error).

<i>Feeding Behavior</i>	SPF	Control	<i>P - Value</i>
DMI ¹ (kg/day)	24.13 \pm 1.05	23.03 \pm 1.31	0.18
Total time (min/day)	123.73 \pm 5.48	154.89 \pm 5.84	<0.001
Feeding time (min/day)	120.15 \pm 5.79	150.82 \pm 5.96	<0.001
Feeding rate (kg/min)	0.20 \pm 0.01	0.16 \pm 0.01	<0.001
Meal frequency (meals/day)	41.49 \pm 3.42	41.00 \pm 3.85	0.77
Meal size (kg/meal)	0.64 \pm 0.05	0.66 \pm 0.08	0.57
Meal duration (min/meal)	3.21 \pm 0.52	4.42 \pm 0.27	<0.001
Feed efficiency	1.69 \pm 0.07	1.78 \pm 0.08	0.007
Feed conversion	0.62 \pm 0.03	0.58 \pm 0.02	0.07
Activity time (min/day)	227.28 \pm 0.47	180.48 \pm 0.32	<0.001
Rumination time (min/day)	631.68 \pm 0.46	648.24 \pm 0.65	<0.001
Lying time (min/day)	599.04 \pm 0.78	611.28 \pm 0.83	0.25

159 ¹Dry Matter Intake.

160 **Discussions**

161 *Milk production*

162 The results obtained in this study indicate that substitution of corn with SPF in diets fed to lactating cows
 163 or alter milk yield or composition. Therefore, indicating to be a good alternative within the modern livestock
 164 production system. It is believed that substitutions above these levels can affect animal performance, mainly due
 165 to the differences in granulometry and type of starch. Compared with corn, sweet potatoes contain as much as
 166 93% starch with the majority being amylopectin that is more soluble and degradable than amylose (Garcia, 2013;
 167 Kozloski, 2011). This characteristic of sweet potatoes makes it a more degradable ingredient in the rumen
 168 environment, accelerating the fermentation rate and potentially causing changes in the rumen environment. This
 169 theory is confirmed by studies of our laboratory (Demarco et al., 2020) and also by Mather et al. (1948), who,
 170 when replacing 50 or 100% of the ground corn with SPF observed a decrease of 2.6% and 8.6% in milk production
 171 respectively.

172 In this sense, although the ruminal pH content was not evaluated in the present study, the higher digestible
173 starch content could impair ruminal fiber fermentation and, consequently, decrease the total digestion of the total
174 tract fiber. However, it is worth mentioning that the starch concentrations in the diet provided to the animals were
175 moderate (24%).

176 ***Biochemical Variables***

177 Although glucose is a less expressive metabolite for evaluating the energy profile of ruminants, due to
178 the strong homeostatic control of the organism, its values may help the diagnosis of metabolic alterations when
179 interpreted along with other parameters such as NEFA (Reis et al., 2002). NEFA are molecules resulting from the
180 lipolysis process that affects animals in energy imbalance (Cozzi et al., 2011). The concentration of glucose and
181 NEFA in the blood in dairy cows responds to energy intake and reflect the metabolic profile of these animals, thus,
182 these markers can serve as indicators of nutritional imbalance. In this sense, it was observed that both SPF and
183 Control groups maintained glucose and NEFA concentrations within physiological limits, suggesting that the
184 replacement of ground corn with SPF meets the energy needs of cows at the beginning of lactation, without cause
185 metabolic changes.

186 Serum enzymes GGT and AST are used to predict possible liver changes caused by excess liver fat in
187 dairy cows (Mcart et al., 2013) and may be related to the high energy demand for milk production. In this study,
188 serum GGT and AST levels were similar between groups, which is consistent with glucose and NEFA results, and
189 are within the normal physiological limits of dairy cows, demonstrating an adequate adjustment of dietary energy
190 levels in both treatments.

191 Serum total protein and albumin are directly related to the animal's nutritional status (González et al.,
192 2006; Nozad et al., 2013). In this study no differences were observed in the concentrations of these metabolites,
193 indicating that the diet supplied the protein demands of the animals. Urea reflects the energy: protein ratio in the
194 diet (Wittwer et al., 1993), and serum urea concentrations were higher for SPF compared with Control. The
195 results indicate that the energy:protein synchrony in the diet was not in balance. This can be explained by the fact
196 that the carbohydrate degradation rate has a great influence on the rumen microbial protein synthesis (Hoover and
197 Stokes, 1991; Cantalapiedra- Hajar et al., 2014; Qiao et al., 2018). Synthesis efficiency is defined by the amount
198 of rumen protein produced per kilogram of fermentable carbohydrate (Huhtanen and Hristov, 2009) and may
199 decrease as the inclusion of highly degradable NFC, as in the case of SPF. Milk protein yield was similar for both
200 treatments, therefore microbial protein efficiency did not differ greatly.

201 *Feeding Behavior*

202 The DMI and feeding behavior in lactating dairy cows can be affected by various dietary characteristics
203 such as NDF content, particle size, or rumen degradable starch content (Allen et al., 2009; Ferraretto et al., 2013;
204 Beauchemin, 2018). However, in the present study, there was no difference in consumption between the
205 treatments, which was to be expected since the diets had the same starch content and similar NDF values. Thus, it
206 can be noted the potential possibility of using SPF as a substitute for corn, without any changes in the DMI.

207 There was a difference in the total time (minutes per day) that each group remained in the feeder and the
208 time the animals remained in the feeder eating. Cows fed SPF spent more time per day in the feeder, without
209 changing the final consumption. There was a difference between treatments in the feeding time (min/day) and
210 feeding rate as SPF spent more time per day consuming, with a higher feeding rate without changing the final
211 feeding. According to Figueiredo (2010) and Demarco et al. (2020), sweet potato roots are highly energetic because
212 they have a large amount of total digestible nutrients (TDN) with greater ruminal fermentability relative to ground
213 corn. This fact tends to reduce the size of meals (kg/meals in a day), and to increase the frequency of meals, as this
214 high rate of feed degradation causes increased concentration of metabolites in the bloodstream, one of the chemical
215 factors limiting consumption (Berchielli et al., 2011). Feed efficiency demonstrated difference between treatments
216 (Table 4). Even though a longer evaluation time (4 weeks) is needed to determine these variables (Asher et al.,
217 2014), it can be assumed that the difference occurs due to the particularities in the degradation of starch from SPF
218 and corn. While most starch in SPF tends to be degraded and converted directly to propionic acid in the rumen,
219 starch of ground corn is able to escape degradation in the rumen and subsequently be digested in the small intestine
220 to obtain glucose (Mills et al., 1999; Moharrery et al., 2014; Mills et al., 2017). Therefore, Control provide better
221 energy efficiency of digested starch (Harmon and McLeod, 2001).

222 The decrease in rumination period and the increase in daily activity hours may be related to the fact that
223 SPF is more digestible. This makes the passage of feed through the rumen faster because it has a large quantity of
224 soluble carbohydrates (Mourão et al., 2012; Beauchemin, 2018) and without the need to be regurgitated. As a
225 result of the shorter rumination time and a higher number of meals, these cows showed an increase in the number
226 of daily minutes for activities. This proved to be beneficial since portioning meals makes starch more effectively
227 utilized by microflora without harming the rumen environment (Maeda et al., 2007).

228 Rest behavior is the period when animals do not perform any activity, be it feeding, chewing, ingesting,
229 or walking. Also, it is directly linked to the welfare and productivity of dairy cows, because when this time is not
230 optimized, compromises the rumination and activity rate are compromised as reported by Munksgaard et al.

231 (2005), cows prioritize lying time when compared to other variables. No differences between treatments was
232 observed in laying time (9.98 h/day and 10.18 h/d for control and SPF, respectively). This value corroborates that
233 presented by Endres and Barberg (2007) in which they described that the same behavior lasted 9.99 ± 2.02
234 hours/day in cows kept in compost barn, showing that the treatment did not influence this aspect.

235 In conclusion, replacing ground corn with SPF in the diet of lactating cows did not alter milk yield or
236 composition, metabolism as indicated by blood metabolites, or feeding behavior. These results indicate that SPF
237 can be used as an ingredient in diets fed to lactating dairy cows.

238 **Declarations**

239 **Funding**

240 This study is funded in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa de Nível Superior – Brasil
241 (CAPES) [Finance code 001] and Cooperativa Sicredi.

242 **Conflicts of interest/Competing interests (include appropriate disclosures)**

243 The authors declare no conflict of interest related to this study.

244 **Ethics approval (include appropriate approvals or waivers)**

245 This study was approved by the Animal Experimentation Ethics Committee of the Federal University of Pelotas,
246 registered under number 3255.

247 **Consent to participate (include appropriate statements)**

248 Not applicable

249 **Consent for publication (include appropriate statements)**

250 All permissions were taken before submission.

251 **Availability of data and material (data transparency)**

252 All the data are included in the manuscript.

253 **Code availability (software application or custom code)**

254 Not applicable

255 **Authors' contributions (optional: please review the submission guidelines from the journal whether**
256 **statements are mandatory)**

257 All authors contributed to the study conception and design. Performed the experiments: MAO and CFD. Analysed
258 the data: MAO, CFD and CCB. Funding acquisition: MNC, ES, CCB, FABDP, LO, AAB, JOF and VRR.
259 Resources: MNC, ES, CCB, FABDP, LO, AAB, JOF and VRR. Wrote the paper: MAO, CFD, AAB and CCB.
260 Edited the paper: MAO and CCB.

261 **Acknowledgements**

262 The authors would like to thank Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Coordenação de Aperfeiçoamento de
263 Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento
264 Científico e Tecnológico (CNPQ), and Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul
265 (FAPERGS) for financial support. C.C. Brauner, F. A. B. Del Pino and M. N. Corrêa were supported by a
266 fellowship from CNPq. Appreciation is also extended to Granjas 4 Irmãos S/A which provided animals and farm
267 facilities and Sistema de Crédito Cooperativo (SICREDI).

268 **References**

- 269 Abo-zeid, H.M., El-Zaiata, H.M., Morsyb, A.S., Attiaa, M.F.A, Abazaa, M.A., Sallama, S.M.A. 2017. Effects of
270 replacing dietary maize grains with increasing levels of sugar beet pulp on rumen fermentation constituents and
271 performance of growing buffalo calves. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 128– 138.
- 272 Allen, M. S., Bradford, B. J. and Oba, M. 2009. Board-Invited Review: The hepatic oxidation theory of the control
273 of feed intake and its application to ruminants. *Journal Animal Science*, 87, 3317–3334.
- 274 Araújo, C.S.P., Andrade, F.H.A., Galdino, P.O., Pinto, M.S.C. 2015. Desidratação de batata-doce para fabricação
275 de farinha. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 11, 33-41.
- 276 Asher, A., Shabtay, A., Haim, A., Aharoni, Y., Miron, J., Adin, G., Tamir, A., Arieli, A., Halachmi, I., Moallem,
277 U. 2014. Time required to determine performance variables and production efficiency of lactating dairy cows.
278 *Journal of Dairy Science*. 97, 4340-53.
- 279 Association of Official Analytical Chemists – AOAC. 1975. *Official Methods of Analysis*, 12th ed., (Washington,
280 DC).
- 281 Association of Official Analytical Chemists – AOAC. 1996. *Official Methods of Analysis*, 16th ed., (Washington,
282 DC).

- 283 Association of Official Analytical Chemists – AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. 16th ed. (Washington,
284 DC), 1141.
- 285 Beauchemin, K.A. 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows.
286 Journal of Dairy Science, 101, 4762–4784.
- 287 Berchielli, T.T, Pires, A.V. and Oliveira, S.G. de. 2011. Nutrição de Ruminantes. 2ed. (Funep, Jaboticabal) 616.
- 288 Cantalapiedra-Hijar, G., Lemosquet, S., Rodriguez-Lopez, J.M., Messad, F., Ortigues-Marty, I., 2014. Diets rich
289 in starch increase the posthepatic availability of amino acids in dairy cows fed diets at low and normal protein
290 levels. Journal of Dairy Science. 97, 5151-5166.
- 291 Connor, E.E, Hutchison, J.L, Norman, H.D, Olson, K.M, Van Tassell, C.P, Leith, J.M, Baldwin, R.L. 2013. Use
292 of residual feed intake in Holsteins during early lactation shows potential to improve feed efficiency through
293 genetic selection. Journal of Animal Science 91, 3978–3988.
- 294 Córdova, H.A., Thaler Neto, A., Gomes, I.P.O., Dos Santos, I.R. 2005. Utilização do grão de cevada em
295 substituição ao milho em dietas para vacas em lactação. Archives of Veterinary Science, 10:9-16.
- 296 Cozzi, G., Ravarotto, L., Gottardo, F., Stefani, A.L., Contiero, B., Moro, L., Brscic, M., Dalvit, P. 2011. Short
297 communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation,
298 and season of production. Journal of Dairy Science, 94, 3895-3901.
- 299 Deckardt, K., Khol-Parisini, A. and Zebeli, Q. 2013. Peculiarities of enhancing resistant starch in ruminants using
300 chemical methods: opportunities and challenges. Nutrients, 5, 1970-1988.
- 301 Demarco, C.F., Mumbach, T., De Freitas, V.O.; Raimondo, R.F.S., Gonçalves, F.M., Corrêa, M.N., Del Pino,
302 F.A.B., Ribeiro Filho, H.M.N., Brauner, C.C. 2019. Effect of yeast products supplementation during transition
303 period on metabolic profile and milk production in dairy cows. Tropical Animal Health and Production, 51, 2193–
304 2201.
- 305 Demarco, C.F., Paredes, F.M.G., Pozo, C.A., Mibach, M., Kozloski, G.V., Oliveira, L., Schmitt, E., Rabassa, V.R.,
306 Del Pino, F.A.B., Corrêa, M.N., Brauner, C.C. 2020. In vitro fermentation of diets containing sweet potato flour
307 as a substitute for corn in diets for ruminants. Ciência Rural, Santa Maria, 10.
- 308 Easley, J.F., McCall, J.T., Davis, G.K., Shirley, R.L. 1965. Analytical Methods for Feeds and Tissues Nutrition
309 Laboratory, Dept. of Animal Science, University of Florida, Gainesville. 81.
- 310 Endres, M.I.; Barberg, A.E. 2007. Behavior of dairy cows in an alternative bedded pack housing system. Journal
311 of Dairy Science, 90, 4192-4200.

- 312 Feijó, J.O., Mattei, P., Oliveira, A.M., Jacometo, C.B., Tabeleão, V.C., Pereira, R.A., Schmitt, E., Del Pino, F.A.B.,
313 Correa, M.N. 2016. Parâmetros bioquímicos clínicos de vacas de alta e média produção de leite, criadas em sistema
314 *free stall*. Revista brasileira de ciência veterinária, 23, 180-185.
- 315 Ferraretto, L.F., Crump, P.M. and Shaver, R.D. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and
316 processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. Journal of
317 Dairy Science. 96, 533–550.
- 318 Figueiredo, J.A. 2010. Seleção de clones de batata-doce com potencial de utilização na alimentação humana e
319 animal. 54f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Produção
320 Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.
- 321 Frye, J.B. Jr., Thomason, J.H. and Henderson, H.B. 1948. Sweet potato meal versus ground corn in the ration of
322 dairy cows. Journal of Dairy Science, 31, 341-346.
- 323 Garcia, E.L. 2013. Composição dos tubérculos, extração e caracterização de amidos de diferentes cultivares de
324 batata. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências agrônômica – Botucatu, Universidade
325 Estadual Paulista.
- 326 González, F.H.D., Silva, S.C., Cerón, J.J., Campos, R. 2006. Introdução à bioquímica clínica veterinária. 2. ed.
327 (Editora UFRGS, Porto Alegre), 364.
- 328 Harmon, D.L., McLeod, K.R. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: Implications and whole-
329 body energetics, Journal of Animal Science, 79, 59–72.
- 330 Hoover, W.H. and Stokes, S.R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield.
331 Journal of Dairy Science, 74, 3630-3644.
- 332 Huhtanen, P. and Hristov, A.N. 2009. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and
333 degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. Journal of Dairy Science. 92, 3222–3232.
- 334 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2018. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>
335 Accessed jan 2020.
- 336 Kozloski, G.V. 2011. Bioquímica dos ruminantes. 3.ed. (Editora UFSM, Santa Maria), 212.
- 337 Maeda, E.M., Zeoula, L.M., Geron, L.J.V., Best, J. de, Prado, I.N. do, Martins, E.N., Kazama, R. 2007.
338 Digestibilidade e características ruminais de dietas com diferentes níveis de concentrado para bubalinos e bovinos.
339 Revista Brasileira de Zootecnia., 36, 716-726.
- 340 Mather, R.E., Linkous, W.N. and Eheart, J.F. 1948. Dehydrated sweet potatoes as a concentrate feed for dairy
341 cattle. Journal of Dairy Science, 31, 569-576.

- 342 Mcart, J.A.A., Nydam, D.V., Oetzel, G.R., Overton, T.R., Ospina, P.A. 2013. Elevated non-esterified fatty acids
343 and β -hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *The Veterinary Journal*, 198,
344 560-570.
- 345 Mills J.A.N., France J., Dijkstra J., 1999. A review of starch digestion in the lactating dairy cow and proposals for
346 a mechanistic model: 2. Postruminal starch digestion and small intestinal glucose absorption. *Journal of Animal
347 and Feed Science*, 8, 451-481.
- 348 Mills, J.A.N., France, J., Ellis, J.L., Bannink, A., Hanigan, M.D., Dijkstra, J. 2017. A mechanistic model of small
349 intestinal starch digestion and glucose uptake in the cow. *Journal of Dairy Science*, 100, 4650-4670.
- 350 Moharrery, A., Larsen, M., Weisbjerg, M.R. 2014. Starch digestion in the rumen, small intestine, and hind gut of
351 dairy cows—A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 192, 1-14.
- 352 Mourão, R.C., Pancoti, C.G., Moura, A.M., Ferreira, A.L., Borges, A.L.C.C., Silva, R.R. 2012. Processamento do
353 milho na alimentação de ruminantes. *PUBVET*, 27.
- 354 Munksgaard, L., Jensen, M.B., Pedersen, L.J., Hansen, S.W., Matthews, L. 2005. Quantifying behavioral priorities
355 – Effects of time constraints on behavior of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science*. 92, 3–14.
- 356 Nozad, S.H., Ramin, A.G., Moghadam, G.H., Asri-Rezaeis; Kalantary, L., Babapour, A., Ramin, S., Phillips,
357 C.J.C. 2013. Monthly and seasonal evaluation of dietary nutrients and their relationships with blood and milk
358 parameters in lactating dairy cows. *Acta Veterinaria*, 63, 255-268.
- 359 NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Revised Edition (The National Academies Press,
360 Washington, DC).
- 361 Patton, R.A., Patton, J.R. and Boucher, S.E. 2012. Defining ruminal and total-tract starch degradation for adult
362 dairy cattle using in vivo data. *Journal of Dairy Science*, 95, 765-782.
- 363 Qiao, G.H., Xiao, Z.G., Li, Y., Li, G.J., Zhao, L.C., Xie, T.M. and Wang, D.W. 2018. Effect of diet synchrony on
364 rumen fermentation, production performance, immunity status and endocrine in Chinese Holstein cows. *Animal
365 Production Science*, 59, 664-672.
- 366 Reis, M., Erdin, D., Von Euw, D., Tschuemperlin, K., Leuenberger, H., Chilliard, Y., Hammon, H.M., Morel, C.,
367 Philipona, C., Zbinden, Y., Kuenzi, N., Blum J.W. 2002. Estimation of energy balance at the individual and herd
368 level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85, 3314–3327.
- 369 Shirley, J.E. 2006. Feed Efficiency Is an Important Management Tool for Dairy Producers. *High Plains Dairy
370 Conference*. 63–67.

- 371 Silva, J.B.C. and Lopes C.A. 1995. Cultivo de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. Brasília, Embrapa-CNPQ,
372 18.
- 373 Silva, J.B.C., Lopes, C.A. and Magalhães, J.S. 2008. Batata-doce (*Ipomoea batatas*). Embrapa Hortaliças. 6p.
- 374 Teixeira, J.C., Teixeira, L.F.A.C. 1998. Do Alimento ao Leite: Entenda a Função Ruminal (Lavras-MG, Fundação
375 de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão), 72.
- 376 Van Soest, P.J. and Robertson, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Ithaca: Cornell University, 202.
- 377 Wittwer, F., Opitz, H., Reyes, J., Contreras, P.A., Böhmwald, H. 1993. Determinación de urea en muestras de
378 leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. Archivos de Medicina Veterinaria, 25,
379 165-172.
- 380

5 Considerações Finais

De forma geral, a intensificação do sistema de produção e a exigência dos consumidores por produtos mais sustentáveis e pelo bem-estar dos animais, serão constantemente mais impostos. Utilizar monitores de comportamento animal e alimentar de vacas leiteira, como também usufruir de estratégias alimentares para vacas holândês em lactação criadas em *compost barn*, são formas de melhorar a gestão da propriedade e lucratividade da mesma, por otimizar o controle da saúde e manejo dos animais, proporcionando bem-estar aos animais e aumento na produção de leite.

O comportamento animal e alimentar variam conforme o período da lactação, e utilizar essas informações para prever o CMS de vacas leiteiras é de grande importância, visto a influência do CMS na produção de leite. O tempo e a taxa de consumo, são variáveis de comportamento alimentar que apresentaram uma forte relação em prever o CMS de vacas Holândes em lactação em sistema *compost barn*. Esses resultados tornam possível a previsão mais precisa do CMS de vacas, com base em um modelo que inclui parâmetros de comportamento alimentar, juntamente com a medição da produção de leite. Facilitando as formulações de dietas e reduzindo perdas, principalmente na fase inicial da lactação, visto a influência sobre a produção total de leite na lactação e dificuldade de precisão do CMS.

Aliado a essa intensificação e o aumento expressivo do custo atual dos concentrados, a substituição do milho por coprodutos da agricultura, como a farinha de batata doce para vacas leiteiras, pode ser uma boa alternativa energética e ainda trazer benefícios econômicos, sendo interessante sua utilização quando o custo do milho estiver alto. Principalmente, em regiões que possuem uma boa produção de batata-doce para promover sustento para agricultores e pecuaristas, em propriedades que utilizam mão-de-obra majoritariamente familiar. Além de favorecer o meio ambiente através de um destino sustentável e facilmente aplicável.

Referências

- ANDRADE, V.C.J.; VIANA, D.J.; PINTO, N.; RUBEIRO, G.K.; PEREIRA, C.R.; NEIVA, I.P.; AZEVEDO, M.A.; ANDRADE P.C. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília - DF, v.30, p.584-589, 2012.
- ASTIZ, S.; SEBASTIAN, F.; FARGASC, O.; FERNÁNDEZ, M.; CALVET, E. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: A comparative study. **Livestock Science**, v. 159, p.161-164. 2014.
- BARBERG, A.E.; ENDRES, M.I.; SALFER, J.A.; RENEAU, J.K. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 1575–1583, 2007
- BEAUCHEMIN, K.A. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.101, 4762–4784. 2018
- BIKKER J.P. VAN LAAR H. RUMP P. DOORENBOS J. VAN MEURS K. GRIFFIOEN G.M. DIJKSTRA J. Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p.2974-2979, 2014.
- BLACK, R.A.; TARABA, J.L.; DAY ,G.B.; DAMASCENO, F.A.; BEWLEY, J.M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal Dairy Science**, Missouri, v. 96, n. 12, 8060-8074, 2013.
- BÜCHEL S.; SUNDRUM A. Technical note: Evaluation of a new system for measuring feeding behavior of dairy cows. **Comput. Electron. Agric.**, v.108, p.12-16, 2014.
- CARPINELLI, N.A.; ROSA, F.; GRAZZIOTIN, R.C.B.; OSORIO, J.S. Technical note: A novel approach to estimate dry matter intake of lactating dairy cows through multiple on-cow accelerometers. **Journal of Dairy Science**, v.102, p. 11483-11490. 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16537>
- CATON, J.S., DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.533-542. 1997.
- CHAPINAL, N.; VEIRA, D.M.; WEARY, D.M.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking

behavior and intake in group-housed cattle. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.5732-5736. 2007.

CHIZZOTTI, M.L.; MACHADO, F.S.; VALENTE, E.E.L.; PEREIRA, L.G.R.; CAMPOS, M.M.; TOMICH, T.R.; COELHO, S.G.; RIBAS, M.N. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. V. 98, 3438-3442, 2015.
DOI:<https://doi.org/10.3168/jds.2014-8925>

CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Gestão eficiente da alimentação do rebanho pode diminuir custo e elevar receita na pecuária leiteira. Projeto Campo Futuro CNA, Brasil, 2018. **Boletim eletrônico**, acessado em 5 fev. 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/>.

CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Comunicado Técnico-Pesquisa Pecuária Municipal 2020. Brasil, 2021. **Boletim eletrônico**, acessado em 10 fev. 2022. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/>

COSTA, J.H.C.; BURNETT, T.A.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; HÖTZEL, M.J. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: Effects of housing systems. **Journal of Dairy Science**. v.101, n.3, p.2395-2405, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13462>

DEMARCO, C.F., PAREDES, F.M.G., POZO, C.A., MIBACH, M., KOZLOSKI, G.V., OLIVEIRA, L., SCHMITT, E., RABASSA, V.R., DEL PINO, F.A.B., CORRÊA, M.N., BRAUNER, C.C. In vitro fermentation of diets containing sweet potato flour as a substitute for corn in diets for ruminants. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.10. 2020.

DITTRICH, I.; GERTZ, M.; KRIETER, J. Alterations in sick dairy cows' daily behavioural patterns. **Heliyon**, v.5, p.11. 2019.

EMBRAPA. **Anuário Leite**. São Paulo: Embrapa gado de leite. 2021.

FERNÁNDEZ A, MAINAU E, MANTECA X, SIURANA A, CASTILLEJOS L. Impacts of Compost Bedded Pack Barns on the Welfare and Comfort of Dairy Cows. **Animals**. v.10, n.3, p.431. 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10030431>

GRINTER L.N. CAMPLER M.R. COSTA J.H.C. Technical note: Validation of a behavior-monitoring collar's precision and accuracy to measure rumination, feeding, and resting time of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.102(4), p.3487-3494. 2019.

JOHN, A.J.; GARCIA, S.C.; KERRISK, K.L.; FREEMAN, M.J.; ISLAM, M.R.; CLARK, C.E.F. The effect of temporal variation in feed quality and quantity on the diurnal feeding behaviour of dairy cows. **Animal**, v.13, p.2519-2526, 2019. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001198>

JOHNSTON, C.; DEVRIES, T.J. Short communication: Associations of feeding behavior and milk production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 3367-3373. 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13743>

LEDGERWOOD D.N. WINCKLER C. TUCKER C.B. Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v.93, p.5129-5139. 2010.

MALAGUEZ, E. G., MACHADO, M. C., CARDOSO, K. B., CORRÊA, M. N., BRAUNER, C. C., BARBOSA, A. A., KOZLOSKI, G. V., DEL PINO, F. A. B. Effect of different levels of Ipomoea batatas flour inclusion on the ruminal pH of sheep in metabolic cages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 43(1), e52278. 2021 <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.52278>

MIBACH, M., DEMARCO, C.F., BARBOSA, A.A. OLIVEIRA, L., CORRÊA, M.N. DEL PINO, F.A.B., RABASSA, V.R., SCHMITT, E., KOZLOSKI, G.V., BRAUNER, C.C. Sweet Potato Flour as a Replacement for Ground Corn as an Energetic Concentrate. **Ciência Rural** [online]. v. 51, n. 10. 2021, <https://doi.org/10.1590/0103-478cr20200838>.

MATTACHINI G. RIVA E. PERAZZOLO F. NALDI E. PROVOLO G. Monitoring feeding behaviour of dairy cows using accelerometers. **Journal of Agricultural Engineering**. v. 47, p. 54-58. 2016.

MATOS, L.L. Estratégias para Redução do Custo de Produção de Leite e Garantia de Sustentabilidade da Atividade Leiteira. **Anais do Sul- Leite: Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil**. Maringá: UEM/CCA/DZO – NUPEL, p. 212 (156-183). 2002.

MUNKSGAARD L.; JENSEN M.B.; PEDERSEN L.J.; HANSEN S.W.; MATTHEWS L. Quantifying behavioural priorities—effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 92, p.3-14. 2005. [10.1016/j.applanim.2004.11.005](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.005)

OLIVEIRA, R.L.; LEÃO, A.G. DE ABREU, L.L.; TEIXEIRA, S.; SILVA, T.M. Alimentos Alternativos na Dieta de Ruminantes. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.15, p.141-160, 2013.

PENG, Y.; KONDO, N.; FUJIURA, T.; SUZUKI, T.; WULANDARI; YOSHIOKA, H.; ITOYAMA, E. Classification of multiple cattle behavior patterns using a recurrent neural network with long short-term memory and inertial measurement units. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 157, p.247-253, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.023>.

PRADO, I.N.; PINHEIRO, A.D.; ALCADE, C.R.; ZEOULA, L.M.; NASCIMENTO, W.G.; SOUZA N.E. Níveis de substituição do milho pela polpa de citrus peletizada sobre o desempenho e características de carcaça de bovinos mestiços confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 2135-2141. 2000.

RODRIGUEZ-JIMENEZ S. HAERR K.J. TREVISI E. LOOR J.J. CARDOSO F.C. OSORIO J.S. Prepartal standing behavior as a parameter for early detection of postpartal subclinical ketosis associated with inflammation and liver function biomarkers in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.8224-8235, 2018.

SCHIRMANN, K.; CHAPINAL, N.; WEARY, D.M.; HEUWIESER, W.; VON KEYSERLINGK M.A.G. Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p.3212-3217, 2012. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4741>

SCHIRMANN, K.; WEARY, D.M.; HEUWIESER, W.; CHAPINAL, N.; CERRI R.L.A.; VON KEYSERLINGK M.A.G. Short communication: Rumination and feeding behaviors differ between healthy and sick dairy cows during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p.9917-9924. 2016. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10548>

SEYMOUR, D.J., CÁNOVAS, A., BAES, C.F., CHUD, T.C.S., OSBORNE, V.R., CANT, J.P., BRITO, L.F., GREDLER-GRANDL, B., FINOCCHIARO, R., VEERKAMP, R.F. Invited review: Determination of large-scale individual dry matter intake phenotypes in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 102(9). p. 7655-63. 2019.

VEERKAMP R.F. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. **Journal of Dairy Science**, v.81, p. 1109-1119. 1998.

WATT, L.J.; CLARK, C.E.F.; KREBS, G.L.; PETZEL, C.E.; NIELSEN, S.; UTSUMI, S.A. Differential rumination, intake, and enteric methane production of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.7248-7263. 2015. [10.3168/jds.2015-9463](https://doi.org/10.3168/jds.2015-9463)

WERNCKE, D.; GABBI, A.M.; ABREU, A.S.; FELIPUS, N.C.; MACHADO, N.L.; CARDOSO, L.L.; SCHMID, F.A.; FISCHER, A.D.R.M.; THALER NETO, V.A.

Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina: abordagem multivariada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Minas Gerais, v.68, p.506-516, 2016.

ZAMBELIS A. WOLFE T. VASSEUR E. Technical note: Validation of an ear-tag accelerometer to identify feeding and activity behaviors of tiestall-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.102, p.4536-4540. 2019.

ZEHNER, N.; UMSTÄTTER, C.; NIEDERHAUSER, J.J.; SCHICK, M.; System specification and validation of a noseband pressure sensor for measurement of ruminating and eating behavior in stable-fed cows. **Comput. Electron. Agric.** v.136, p. 31-41. 2017.