

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

EDIANE ZANIN

**AVALIAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA ESTIMAR O CONSUMO DE
VACAS LEITEIRAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS
2014

EDIANE ZANIN

**AVALIAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA ESTIMAR O CONSUMO DE
VACAS LEITEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Sampaio Henrique

DOIS VIZINHOS
2014

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Gerência de Ensino e Pesquisa
Curso de Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO
TCC

AVALIAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA ESTIMAR O CONSUMO DE VACAS
LEITEIRAS

Autor: Ediane Zanin

Orientador: Prof. Dr. Douglas Sampaio Henrique

TITULAÇÃO: Zootecnista

APROVADA de de 2014.

Fernando Kuss

Cassiano Albino Lorensetti

Prof. Dr. Douglas Sampaio Henrique
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar e atender em todos os minutos de aflição estando sempre junto e designando o melhor caminho a ser andado.

Em especial minha querida e honrada mãe Luiza Baldo Zanin, que possibilitou a realização financeiramente desse sonho, fundamentando minha vida com seu belo exemplo de mulher, mãe, espírito de bondade e serenidade.

Ao meu pai Odolir Zanin pelo exemplo de coragem e persistência no que anseia durante a vida.

A minha amada irmã Ediciane Zanin e cunhado Hatos Felipe que mesmo distantes enfrentando chuva e sol, noites de vigílias nas estradas, sempre estiveram muito perto. Serei eternamente grata.

A minha irmã Rosane Zanin e cunhado Luiz Alberto Dalmagro por me oferecer abrigo e apoio nos primeiros anos de curso.

Aos meus irmãos Silvano e Gilvani exemplos de força de vontade, determinação e trabalho. E meu amado irmão Celio Zanin, motorista, herói de tantas jornadas pelas estradas cheias de surpresas e perigos, dono de uma profissão admirável, merecedora de respeito que nunca deixou faltar nada.

Aos meus sobrinhos Matheus, Vinícius, Gustavo, Isadora, Karine, Maria e cunhada Viviane, pela participação de muitos sonhos, inspirações, confortos e alegrias.

Ao meu namorado Anathan Bichel fonte de inspiração, simplicidade, coragem e determinação. Pela sua indispensável companhia e amor incondicional.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos pela oportunidade de realização do curso de Zootecnia.

A todos os professores pelos ensinamentos específicos de Zootecnia e de vida, em especial Katia Atoji.

Ao professor Douglas Sampaio Henrique pela orientação, amizade, dedicação e sabedoria nos ensinamentos, principalmente em nutrição de ruminantes. Minha eterna gratidão e admiração!

Aos meus amigos que participaram dessa caminhada e a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação.

RESUMO

ZANIN, Ediane. Avaliação de equações para estimar o consumo de vacas leiteiras. 2014. 33 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso – Programa de Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

O presente estudo teve por objetivo realizar uma comparação do poder de predição de diferentes equações de consumo de vacas leiteiras. O trabalho foi conduzido através de pesquisas na literatura coletando informações sobre massa corporal, produção de leite, dias de lactação, consumo de matéria seca e teor de gordura no leite de vacas leiteiras criadas no Brasil. Todas estas informações, menos o consumo de matéria seca observado, foram utilizadas para calcular o consumo de matéria seca predito com as equações dos modelos: National Research Council (NRC) 2001, Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), Agricultural and Food Research Council (AFRC) 1993 e De Freitas et al., (2006). Posteriormente, estes dados calculados com as equações foram usados para avaliar o poder de predição por meio da comparação gráfica dos seus resíduos padronizados conforme Draper e Smith (1966) e Montgomery (2005) e por meio do critério de Akaike (AKAIKE, 1974). Os modelos 2, 3 e 4 falharam em representar o comportamento dos dados observados, pois apresentaram valores de $\Delta_r > 10$. O modelo do NRC, 2001 (modelo 1) foi considerado como melhor escolha por apresentar o $ER_r = 1$, todos os outros apresentaram ER_r muito maior do que 20 e portanto, devem ser considerados piores escolhas. O modelo 3 apresentou tendência à subestimar os valores preditos com 76% dos pontos acima da linha de nulidade. O modelo 1 é o que melhor prediz o consumo de matéria seca de vacas leiteiras nas condições estudadas.

Palavras-chave: Nutrição de ruminantes. Consumo predito. Formulações de dietas. Bovinocultura de leite.

ABSTRACT

ZANIN, Ediane. Evaluation of equations for estimating the consumption of dairy cows. 2014. 33 sheets. Completion of course work - Graduate Program in Animal Science, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

The present study aimed to perform a comparison of the predictive power of different equations to estimate intake by dairy cows. The work was conducted through collecting information in literature about body weight, milk yield, days in milk, dry matter intake and fat content of milk of dairy cows raised in Brazil. All this information, with the exception of dry matter intake, were used to predict the dry matter intake with equations of the model: National Research Council (NRC) 2001, Cornell Net Protein and Carbohydrate System (CNCPS), Agricultural and Food Research Council (AFRC) 1993 and De Freitas et al., (2006). Subsequently, the predictive power of the mathematical equations was compared through the graphical comparison of the standard as Draper and Smith (1966) and Montgomery (2005) and by means of Akaike's criterion (Akaike, 1974) waste. Models 2, 3 and 4 failed to represent the behavior of the observed data, as presented values of $\Delta r > 10$. Model NRC, 2001 (Model 1) was the best choice for presenting the $ER_r = 1$, all others showed ER_r much greater than 20 and therefore must be considered worse choices. Model 3 tended to underestimate the predicted values with 76% points above the line of invalidity. Model 1 is the one that best predicts the dry matter intake of dairy cows under the conditions studied.

Keywords: Ruminant nutrition. Diet formulation. Intake prediction. Dairy cattle.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL.....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1 MECANISMOS REGULADORES DE CONSUMO.....	10
3.2 FATORES RELACIONADOS À DIETA E AO ANIMAL QUE AFETAM O CONSUMO DE MATÉRIA SECA.....	13
3.4 MODELOS MATEMÁTICOS PARA PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	21
6 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O gasto com a alimentação perfaz uma proporção significativa do custo total de produção de leite. Portanto existe grande necessidade de se realizar com precisão a formulação de dietas para se utilizar adequadamente os alimentos e obter otimização econômica na produção de ruminantes (SOUSA, 2009).

Dentro do processo produtivo as informações referentes ao consumo de matéria seca (CMS) pelos animais são necessárias já que o desempenho animal depende diretamente da ingestão de alimentos. Então quando se tem informações de consumo de matéria seca e composição dos alimentos ingeridos pode-se estimar o ingresso de nutrientes como energia e proteína que irão atender as exigências de manutenção e produção do animal (RIBEIRO et al., 2012).

Segundo Mertens (1987) o CMS corresponde de 60 a 90% das variações no desempenho dos bovinos e de 10 a 40% restante são relacionados a variações na qualidade nutricional dos alimentos.

Através do CMS é possível estabelecer a quantidade disponível de nutrientes para atender as exigências nutricionais. Portanto, nas formulações de dietas o CMS predito deve ser preciso para evitar a subalimentação, a qual restringe a produção e afeta a saúde do animal devido a falta nutrientes para suas exigências de manutenção e produção. E também para prevenir a superalimentação que é um fornecimento excessivo de nutrientes para o animal fazendo com que ocorra uma excreção desses para o ambiente. Em elevadas quantidades pode ser tóxico afetando a sanidade e principalmente onera os custos com a alimentação (NRC, 2001).

A falta de precisão nas equações de consumo de matéria seca está relacionada aos principais fatores que interagem entre o manejo, a dieta, o animal e o ambiente (McMENIMAM et al., 2009).

O objetivo do presente estudo foi realizar uma comparação do poder de predição de diferentes equações de consumo de vacas leiteiras.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve por objetivo realizar uma comparação do poder de predição de diferentes equações para estimar o consumo de vacas leiteiras.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o presente estudo os objetivos específicos buscados foram:

1. Pesquisar diferentes equações para predição de consumo de vacas leiteiras;
2. Comparar o poder de predição das equações obtidas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem mecanismos de regulação de consumo de curto e de longo prazo. A regulação de curto prazo se refere a eventos diários, os quais implicam na quantidade, frequência e padrão das refeições. Já o de longo prazo está relacionado ao consumo médio diário de alimentação por vários períodos de tempo que irá atender a manutenção e a produção (MERTENS, 1987). Para prever o CMS voluntário existem ainda teorias como: enchimento físico do retículo-rúmen, fatores de *feedback* metabólico, teoria lipostática, consumo de oxigênio e desconforto total (ILLIUS e JESSOP, 1996; KENEDY, 1953; KETELLARS e TOLKAMP, 1996; FORBES, 1996).

Conforme descrito pelo NRC (2001) os principais fatores dietéticos que afetam o CMS são a quantidade e degradação da proteína, fibra da dieta, tamanho de partícula, fonte de fibra, fragilidade da partícula, hidrólise de fibra e amido, digestibilidade da fibra em detergente neutro, fermentação de silagens, concentração e característica da gordura suplementada. Outros fatores que podem alterar o CMS são a umidade das dietas, relação de volumoso:concentrado e ingestão de água. Além de todos esses fatores, existem ainda os fatores ambientais, comportamentais, de manejo e climáticos que afetam o CMS.

Diversas equações de consumo já foram desenvolvidas e publicadas na literatura científica baseadas na regra de que os animais se alimentam de matéria seca para suprir as suas necessidades de energia. Entretanto a utilização de fatores que estão ligados aos animais como massa corporal, produção de leite, período de lactação e teor de gordura oferecem maior exatidão na predição de CMS de vacas leiteiras (NRC, 2001).

3.1 MECANISMOS REGULADORES DE CONSUMO

Os fatores de consumo de curto prazo são regulados por mecanismos físicos, ambientais, metabólicos, neuro-hormonais e psicogênicos. No mecanismo psicogênico é envolvido respostas no comportamento do animal, como fatores inibidores ou estimuladores ao alimento que está sendo ingerido ou ao ambiente. Esses fatores estão relacionados com as características olfativas, visuais e

gustativas do alimento, além de dominância e comportamento fazendo com que ocorra modificação na intensidade do consumo de um alimento (COLLINS et al., 1994).

Os alimentos quando ingeridos são selecionados por visão ou odor, então a decisão de comer ou não é tomada. No momento que está na boca o alimento pode ser engolido ou rejeitado e isso dependerá do seu gosto e textura. Se a decisão for de engolir ocorrerá à digestão, absorção e metabolismo do que foi ingerido, mas se apresentar toxidade pode ser vomitado. Essa rejeição ocorre pelo desconforto metabólico associado com propriedades sensoriais do alimento recentemente ingerido pelo animal. Essas associações são de aprendizado do próprio animal, podendo ser visualizada ao passo que o animal tem poder de escolha entre dois ou mais alimentos, com aromas, texturas diferentes e padrão de suprimento de nutrientes, então irá optar pelo alimento que melhor lhe satisfaz (NASCIMENTO et al., 2009).

No mecanismo físico o consumo é regulado através de limitações físicas, ou seja, a quantidade ingerida de forragem em uma refeição pode ser limitada pela capacidade do rúmen (CAMPLING, 1970 apud BERCHIELLI et al., 2011). A massa de fibra ingerida causa uma distensão no rúmen-retículo que é identificada por receptores de tensão existentes na parede ruminal (ALLEN, 1996). Alimentos com baixa taxa de digestão da fração fibrosa ficam mais tempo retidos no rúmen, causando pressão nos receptores e inibindo o consumo (BERCHIELLI et al., 2011).

A relação entre digestibilidade e consumo pode ser negativa ou positiva. Quando um animal se alimentar até atingir a saciedade, então quanto maior a digestibilidade de um alimento, menos desse alimento poderá ser consumido para que o animal atenda suas demandas, caracterizando como relação negativa. Entretanto, se considerarmos que os alimentos menos digestíveis possuem fatores que limitam o consumo (alto teor de fibra) ou alguma deficiência nutricional haverá uma relação positiva entre digestibilidade e consumo (MERTENS, 1987).

Portanto, pode-se conceber que existe uma regulação metabólica dependendo, principalmente, da concentração energética da ração, da demanda de energia do animal e uma regulação física relacionada ao teor de fibra, qualidade da ração e a capacidade de retenção da fibra no rúmen (MERTENS, 1987).

O aumento no nível de produção causa um acréscimo nas exigências nutricionais dos animais, elevando o limite máximo de consumo regulado

metabolicamente. Para que o animal consiga consumir a quantidade de matéria seca suficiente para atender suas demandas o teor de fibra da ração não deve ser muito alto para não limitar a ingestão pelo efeito de enchimento. A concentração ideal de fibra dependerá do nível produtivo do animal, quanto maior a produção menor a concentração de fibra na dieta. Contudo o limite mínimo de 25% de fibra nas dietas deve ser levado em consideração para evitar doenças metabólicas como a acidose, laminite e cetose (VAN SOEST, 1994).

Os fatores ambientais estão relacionados com a disponibilidade de alimentos. Os ruminantes não possuem hábito de ingerir alimentos mais que 12 horas por dia, portanto se o pasto for esparso a ingestão se limita ao tempo de pastejo não havendo atendimento das exigências nutricionais. O acesso à alimentação age sobre o CMS, pois os animais precisam tempo suficiente para ingerir o alimento até atingir o consumo máximo de matéria seca. Se houver limitação ao acesso de alimentos menor que 8 horas por dia a produção de leite pode diminuir até 5% (NRC, 2001).

Outro fator ambiental que afeta o consumo é a temperatura, os animais tendem a se alimentar menos em temperaturas maiores para ajudar a manter a temperatura corporal. Quando ocorrem variações bruscas de temperatura pode gerar uma desestabilização em sua homeotermia, ou seja, temperatura ótima para realização de consumo, digestão, absorção e metabolismo. Para se obter sobrevivência e produtividade dos animais é necessário que o animal tenha capacidade de manter a temperatura corporal (DIJKSTRA et al., 2005).

O mecanismo neuro hormonal também é um regulador de consumo de curto prazo. O sistema nervoso central é responsável por muitas ações nos animais, como, por exemplo, controlar o consumo voluntário, crescimento do animal, deposição de gordura e sistema reprodutivo. O cérebro recebe sinais de sensores e receptores na parede do trato gastrointestinal e essas informações recebidas determinam se o consumo deve iniciar ou cessar (DIJKSTRA et al., 2005). Vários hormônios como os reprodutivos, do estresse, leptina, insulina, glucagon, são evidenciados como os reguladores de consumo (INGVARTSEN e ANDERSEN, 2000). Nos mecanismos metabólicos a influência sobre o consumo está relacionada com a concentração de determinadas substâncias químicas oriundas da digestão de alimentos no plasma, as quais são responsáveis pelo sinal de saciedade (BERCHIELLI et al., 2011).

Nos ruminantes existem estudos mostram que consumo é influenciado pela concentração ruminal de ácidos graxos voláteis (AGV), principalmente acetato e propionato que exercem uma função no controle do tamanho das refeições e que existem receptores diferentes para esses ácidos graxos atuarem no controle da ingestão. Além disso, o consumo pode ser influenciado pela variação da acidez no duodeno, produção de colecistocinina no intestino e concentração de propionato no fígado e ainda interações entre esses fatores (FORBES, 1996).

Algumas teorias individuais têm sido estudadas e propostas para determinar o consumo de matéria seca. Uma das teorias é a lipostática proposta por Kenedy (1953), este autor defende que a regulação do balanço energético é interferida por um produto metabólico presente na corrente sanguínea que realiza uma interação com receptores associados com o sistema nervoso central. Assim, quando as reservas do tecido adiposo estiverem altas, a saciedade será ativada diminuindo o consumo alimentar. E se ocorrer restrição alimentar as reservas energéticas serão imobilizadas para produzir energia, aumentando o apetite.

A teoria de consumo de oxigênio se baseia que os animais consomem energia líquida e melhora o uso do oxigênio reduzindo a produção de radicais livres que aparecem com a idade (KETELAARS e TOLKAMP, 1996). Outra teoria proposta é a do feedback metabólico, a qual é estruturada por o animal apresentar uma capacidade máxima produtiva e uma taxa máxima em que os nutrientes podem ser utilizados para atender as exigências produtivas (ILLIUS e JESSOP, 1996). Se ocorrer absorção de nutrientes, principalmente energia e proteína excedendo as exigências do animal, o feedback negativo pode impactar negativamente o consumo de matéria seca (NRC, 2001).

Reunindo conceitos de todas estas teorias a teoria do mínimo desconforto total proposta por Forbes (1996), descreve que não existe apenas um fator responsável pela regulação do consumo, ou seja, os animais procuram minimizar o desconforto total gerado pelo somatório de todos os fatores (psicogênicos, ambientais, físicos e químicos) descritos anteriormente e desta forma regulam o consumo.

3.2 FATORES RELACIONADOS À DIETA E AO ANIMAL QUE AFETAM O CONSUMO DE MATÉRIA SECA

Um dos principais fatores que afetam o CMS é a massa corporal, essa medida é utilizada em equações para prever o CMS sendo alterado de acordo com suas mudanças. O peso metabólico se relaciona com a massa corporal e leva em consideração o crescimento alométrico do animal, elevando o peso vivo do animal a 0,75. As necessidades energéticas são mais dependentes do peso metabólico do animal de que a massa corporal, quanto mais elevado for o metabolismo, maiores serão as necessidades energéticas (SOUZA, 2013).

O CMS em vacas leiteiras é afetado pela massa corporal que se expressa em quilograma e é alterado nas equações dependendo das mudanças durante a lactação. O período de lactação influencia no CMS, pois no início o consumo é menor devido às adaptações metabólicas e do trato gastrintestinal que vai sendo ajustado com o decorrer do período. Vacas em lactação e no período seco mudam constantemente a composição corporal, refletindo na mobilização ou reposição de tecidos corporais quando as dietas apresentam energia em falta ou excesso para atender as exigências nutricionais (KOMARAGIRI et al., 1998).

O consumo de alimentos é influenciado por vários fatores e, quando a concentração energética é mais baixa, como é o caso de dietas à base de volumosos, o consumo poderá ser limitado pelo efeito do enchimento. Um dos principais fatores determinantes da regulação física do consumo é a fibra em detergente neutro (FDN) da dieta, e acaba sendo o fator que mais afeta o consumo à medida que a exigência energética do animal e o efeito do enchimento aumentam nas dietas (ALLEN, 2000).

A FDN é uma medida do conteúdo total de fibra insolúvel do alimento sendo o parâmetro mais utilizado nos balanceamentos de dietas já que possui relação com o consumo dos ruminantes, devido suas características físicas e químicas que apresentam uma fração insolúvel em meio neutro lentamente degradável e ou indegradável sendo responsáveis por ocupar espaço no trato digestivo dos animais (JÚNIOR et al., 2007).

Vacas em lactação devem consumir diariamente quantidades mínimas de fibra para estimular a atividade de regurgitação e ruminação para manter o fluxo de saliva e um ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento de microrganismos. O NRC (2001) recomenda teores mínimos de 25% de FDN total sendo que 19% de FDN deve ser proveniente de forragem.

Nos casos em que as vacas são alimentadas com dietas contendo uma quantidade insuficiente de fibra, ou fibra com partículas de tamanho muito reduzido, pode haver pouca fibra efetiva e será insuficiente para ocorrer ótima fermentação prejudicando a produção do animal (JÚNIOR et al., 2007). Dietas com baixa fibra efetiva ocasiona rápida fermentação o que resulta em rápido acúmulo de ácidos no rúmen, reduzindo o pH. Num efeito cascata, as bactérias acidificadoras acéticas responsáveis por digerir a fibra não sobrevivem a redução do pH e os microrganismos que produzem propionato e lactato se tornam superiores, causando mais acúmulo de ácidos e reduzindo ainda mais o pH (BEZERRA et al., 2002).

A fibra efetiva é definida como a capacidade da fonte de fibra para manter a porcentagem normal de gordura no leite e a fibra fisicamente efetiva se refere às propriedades físicas da fibra que estimulam a regurgitação e ruminação e estabelecem uma estratificação bifásica do conteúdo ruminal. Sendo assim, as formulações de rações para vacas leiteiras não devem levar em conta apenas a concentração de FDN e sim de fibra efetiva e fisicamente efetiva (MERTENS, 1997).

Estudos sobre o teor de umidade dos alimentos apresentaram relação negativa com o CMS. Foi verificado que a inclusão de alimentos fermentados na ração reduziu o CMS em 0,02 kg para cada 100 kg de peso vivo do animal para cada aumento de 1% além de 50% no teor de umidade da dieta controle. A maioria dos alimentos que possuem altos teores de umidade utilizados nas dietas de vacas leiteiras são fermentados, e a redução no CMS pode ser ocasionada pelos produtos finais de fermentação e não pelo teor de umidade do alimento (NRC, 2001).

A proteína é o segundo nutriente mais exigido pelos ruminantes e possui relação positiva com o consumo. O excesso ou deficiência de proteína nas dietas pode provocar redução de consumo, em casos de deficiência não haverá atendimento das exigências nutricionais dos microrganismos ruminais e o excesso causa toxidez através da liberação da amônia que aumenta o teor de uréia que será liberada na urina ocasionando perdas de proteína (CAVALCANTE et al., 2005).

A relação volumoso:concentrado influencia o CMS de vacas leiteiras, principalmente, porque está associado ao volume de alimento ingerido, a digestibilidade da fibra da forragem é um efeito limitante na produção de ácido propiônico a nível ruminal (ALLEN, 2000). Em geral o CMS aumenta com adição de até 60% de concentrado na dieta, se a quantidade de concentrado ultrapassar essa porcentagem o consumo será limitado, além de provocar problemas com

fermentação ruminal, distúrbios digestivos e queda no teor de gordura do leite (NRC, 2001).

A suplementação de lipídeos em dietas pode afetar o consumo de matéria seca dependendo do tipo e nível utilizado. Além disso, a adição de gordura nas rações pode reduzir a fermentação ruminal, digestão de fibras, contribuir para o enchimento do rúmen e conseqüentemente diminuir a taxa de passagem. A gordura pode ainda afetar o consumo voluntário pela liberação de colecistocinina contribuindo para a saciedade do animal (NRC, 2001).

A água é um nutriente essencial e está ligado aos processos fisiológicos do organismo, representa um total de 50 a 80% do peso vivo animal. A ingestão de água possui relação direta com o consumo, se houver fatores que influenciam o baixo consumo de água a ingestão de alimentos será menor (NRC, 2001). O consumo da água sofre influência de variáveis ambientais, como a composição do alimento, temperatura ambiente e demandas produtivas, como, por exemplo, o período de lactação (BERCHIELLI et al., 2011).

Além dos fatores dietéticos que afetam o CMS existem ainda os comportamentais e de manejo. Dentro dos parâmetros comportamentais a ingestão de alimentos pode ser influenciada quando não ocorre separação dos animais por lote. Vacas lactantes de alta produção apresentam um CMS maior e menor tempo de ruminação que vacas de baixa produção. Para evitar inadequados consumos de matéria seca é necessário separar os lotes de acordo com as exigências dos animais levando em consideração o comportamento de dominância entre os grupos de diferentes idades, em que animais mais velhos são mais hierárquicos que os animais jovens, principalmente nos comedouros, os quais devem seguir os espaços recomendados de acordo com cada categoria para evitar competições (NRC, 2001).

O método de arraçãoamento é uma forma de manejo que deve ser levado em consideração nos sistemas produtivos, utilizando da melhor forma possível as instalações, equipamentos, categoria, condição dos animais, mão de obra e os custos da propriedade (SOUZA, 2013). Sem depender do tipo de dieta e fornecimento é ideal que as exigências nutricionais dos animais sejam atendidas. Contudo, quando se oferece a ração total misturando todos os ingredientes é mais eficiente, pois evita que os animais selecionem e ocorra uma maior homogeneização dos alimentos ingeridos, permitindo melhor fermentação no rúmen. A frequência de fornecimento dos alimentos pode ser aumentado por dia, permitindo ao animal

acesso ao alimento mais fresco que incentiva o consumo e melhora as condições de fermentação ruminal (NRC, 2001).

3.4 MODELOS MATEMÁTICOS PARA PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA

Os modelos matemáticos são utilizados como ferramentas eficientes em tomada de decisão para estimar as exigências nutricionais dos animais e valor nutritivo dos alimentos que serão usados nas formulações de rações objetivando eficiência em sistemas de alimentação (REZENDE et al., 2011).

A principal limitação dos programas de formulação de rações consiste na inconsistência da predição do CMS, fato que explica a preocupação contínua no desenvolvimento de sistemas para predizer as estimativas de forma mais correta (DETMAN et al., 2003). Os principais modelos utilizados para predizer o CMS de vacas em lactação foram desenvolvidos levando em consideração as variáveis referentes ao animal, ambiente e dieta.

O modelo americano National Research Council (NRC) 2001 para predizer o CMS de vacas leiteiras se baseou em dados reais com inclusão de fatores únicos do animal não incluindo fatores dietéticos já que é mais utilizado estabelecer as exigências nutricionais e a estimativa de CMS antes de definir os ingredientes para a dieta. Foram utilizados dados de 17.087 vacas em lactação, sendo que 5962 estavam na primeira semana de lactação e 11.125 na segunda ou mais semanas para desenvolver a equação. Outro modelo americano é o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) que estima os valores de exigências nutricionais para lactação das vacas através da produção e composição de leite (FOX et al., 2004).

No modelo britânico Agricultural and Food Research Council (AFRC) 1993, se utiliza na equação de predição de CMS os componentes de nível de consumo de concentrado, massa corporal, semana de lactação e produção de leite.

De Freitas et al. (2006) desenvolveram um modelo brasileiro de equações para predizer o desempenho de vacas leiteiras sobre CMS, consumo e exigências de energia e proteína. Para obter a equação foi necessário analisar 132 dados referentes ao peso corporal, produção de leite, teor de gordura no leite, proteína e CMS de 33 vacas das raças Holandês PCOD e $\frac{3}{4}$ Holandês Zebu.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Informações sobre massa corporal, produção de leite, dias de lactação, consumo de matéria seca observado e teor de gordura no leite de vacas leiteiras criadas no Brasil foram obtidas na literatura de 18 artigos científicos, 3 dissertações e 3 teses, totalizando 100 números de observações. Todas estas informações, com exceção do consumo de matéria seca observado, foram utilizadas para calcular o consumo de matéria seca predito, usando os seguintes modelos de estimativa de consumo:

Modelo 1 (NRC, 2001):

$$CMS = [0,372 \times LCG + 0,0968 \times MC^{0,75}] \times \{1 - e^{-0,192 \times (SL + 3,67)}\}$$

em que:

CMS = Consumo de matéria seca, kg/d;

LCG = leite corrigido para 4% de gordura;

MC = massa corporal, kg;

SL = semana de lactação;

e = base dos logaritmos naturais.

Modelo 2 (CNCPS – adaptada de FOX et al., 2004):

$$CMS = 0,0185 \times MC \times 0,95 \times LCG$$

Modelo 3 (AFRC, 1993):

$$CMS = 0,076 + 0,404 \times CC + 0,013 \times MC - 0,129 \times SL + 4,12 \times \text{Log}(SL) + 0,14 \times PL$$

em que:

CC = consumo de concentrado, kg/d;

Log = logaritmo na base 10;

PL = produção de leite, kg/d.

Modelo 4 (DE FREITAS et al., 2006):

$$\text{CMS} = -100 + 0,116 \times \text{MC} + 2,91 \times \text{PL} + 22,8 \times \text{G} - 2,6 \times \text{G}^2 - 0,00483 \times \text{MC} \times \text{PL}$$

em que:

G = teor de gordura no leite, %.

Posteriormente, os dados foram utilizados para avaliar o poder de predição das equações por meio da comparação gráfica dos seus resíduos padronizados conforme Draper e Smith (1966) e Montgomery (2005) e por meio do critério de Akaike (AKAIKE, 1974). De acordo com Burnham e Anderson (2004) o critério de Akaike (AIC) é fundamentado filosoficamente e estatisticamente para avaliar a qualidade de ajuste de modelos matemáticos auxiliando na seleção do modelo mais adequado. O AIC_{cr} (AIC corrigido) é uma versão do AIC que pode ser usada na prática mesmo quando o número de observações (n) não for suficientemente grande (ao contrário do AIC) e o aumento do “n” faz com que AIC_{cr} tenda a AIC. Através da soma de quadrado dos resíduos, do número de observações utilizadas e do número de parâmetros do modelo (incluindo o parâmetro do erro aleatório) se determina o AIC_{cr} , sendo que o valor individual do AIC_{cr} não possui uma interpretação.

Para realizar a seleção dos modelos se calcula: a diferença entre o AIC_{cr} do modelo em questão e o AIC_{cr} mínimo do rol de modelos (Δ_r); a probabilidade de verossimilhança (w_r) a partir do Δ_r e do número de modelos e a verossimilhança relativa (ER_r) que é a razão entre o w_r máximo e o w_r do modelo em questão (BURNHAM e ANDERSON, 2004, VIEIRA et al., 2012).

Para que os modelos sejam considerados semelhantes em reproduzir o comportamento dos dados observados e reduzir a perda de informação, os valores de Δ_r devem estar entre 0 e 2 (a preferência deve ser ao modelo com o menor número de parâmetros). Valores de Δ_r maiores que 2 e menores ou iguais a 10 significam que o desempenho do modelo foi razoável e valores maiores que 10 indicam que o modelo falhou na reprodução dos dados e na minimização da perda de informação (BURNHAM e ANDERSON, 2004, VIEIRA et al., 2012).

Quando o valor do w_r for superior a 0,8 considera-se que o modelo é uma representação verossímil da realidade, não tanto para um w_r maior que 0,5 e menor

ou igual a 0,8 e não verossímil quando w_r for menor ou igual a 0,5 (VIEIRA et al., 2012). Na escolha do melhor modelo, aquele que possuir o valor de $ER_r = 1$ será a melhor escolha, os modelos cujos valores de ER_r forem maiores que 1 e menores ou iguais a 20 serão considerados modelos menos prováveis e aqueles cujo ER_r superar o valor 20 serão as piores escolhas (VIEIRA et al., 2012).

Tabela 1 - Descrição dos dados utilizados para calcular o consumo de matéria seca predito

MC Kg	PL kg/d	G %	Dias de lactação	CMS_o kg/d	Referências
471	23,8	3,4	97	17,4	Chagas, 2011
616	33,6	3,6	123	22,6	Corrêa et al. 2003
587	19,1	3,4	154	18,1	Costa et al. 2005
585	31,2	3,1	35	17,0	Filho, 2009
568	23,9	3,1	106	19,4	Fontaneli, 2005
486	16,5	3,7	270	7,9	Fruscalso, 2007
537	16,2	4,1	95	15,3	Leggi et al. 1998
494	9,9	4,2	190	13,3	Lopes, et al. 2005
516	15,3	3,5	141	14,3	Martinez, 2008
616	18,5	3,4	91	18,6	Melo et al. 2003
511	19,9	3,8	57	15,7	Mendonça et al. 2004
584	24,2	3,1	45	18,4	Neto et al. 2013
456	18,9	4,4	38	15,8	Oliveira et al. 2001
578	19,7	3,8	176	19,4	Oliveira et al. 2007
558	26,1	4,1	25	18,8	Pereira et al. 2005
526	15,9	3,3	85	13,3	Pires et al. 2010
514	15,1	3,8	30	16,6	Ramalho et al. 2006
588	31,8	4,4	30	16,0	Santos et al. 2009
466	12,3	3,7	100	12,8	Santos et al. 2012
500	21,4	4,3	84	14,0	Silva et al. 2001
538	20,7	3,8	101	16,8	Soares et al. 2004
558	9,7	3,4	110	13,6	Costa et al. 2009
422	7,2	3,5	45	6,7	Vilela et al. 2003
421	19,8	3,5	85	18,7	Wilbert, 2012

MC: massa corporal; **PL:** produção de leite; **G:** porcentagem de gordura; **CMS_o:** consumo de matéria seca observado

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os modelos 2, 3 e 4 falharam em representar o comportamento dos dados observados, pois apresentaram valores de $\Delta_r > 10$ (tabela 2). Apenas o modelo 1 apresentou valor de Δ_r entre 0 e 2, o que significa que nenhum outro modelo foi equivalente ao modelo 1 em simular o comportamento observado. Com relação ao w_r os valores maiores que 0,8 são considerados uma representação verossímil da realidade, nesse caso apenas o modelo 1 apresentou valor maior que 0,8 e como o w_r dos demais modelos foram todos muito abaixo de 0,5 (tabela 2) considera-se que os mesmos não são verossímeis (BURNHAM E ANDERSON, 2004; VIEIRA et al., 2012). O modelo do NRC, 2001 (modelo 1) foi considerado como melhor escolha por apresentar o $ER_r = 1$, todos os outros apresentaram ER_r muito maior do que 20 (tabela 2) e portanto, devem ser considerados piores escolhas.

Tabela 2 - Resultados das avaliações dos modelos propostos

	AICcr	Δ_r	W_r	ER_r
Modelo 1	214	0,0	0,99	1,0
Modelo 2	237	23,0	$1,04 \cdot 10^{-5}$	96.406
Modelo 3	230	15,8	$3,63 \cdot 10^{-4}$	2.750
Modelo 4	235	20,6	$3,40 \cdot 10^{-5}$	29.380

AIC_{cr}: critério de Akaike corrigido; **Δ_r** : mínimo de rol dos modelos; **w_r** : probabilidade de verossimilhança; **ER_r** : verossimilhança relativa.

A análise gráfica dos resíduos padronizados (figura 1) confirmou a superioridade do modelo 1, pois o mesmo não apresentou tendência, o que indica que não há correlação entre os valores preditos e os resíduos padronizados, enquanto os outros modelos apresentaram heterogeneidade de variâncias. No caso do modelo 2 houve uma tendência não linear quadrática de variação dos resíduos em função dos valores preditos, o modelo 3 apresentou tendência à subestimar os valores preditos (76% dos pontos se encontram acima da linha de nulidade enquanto o modelo 1 apresentou uma distribuição bastante aleatória com 51% dos

pontos acima e 49% abaixo da linha de nulidade) e o modelo 4 teve uma tendência linear negativa dos resíduos padronizados em função dos valores preditos.

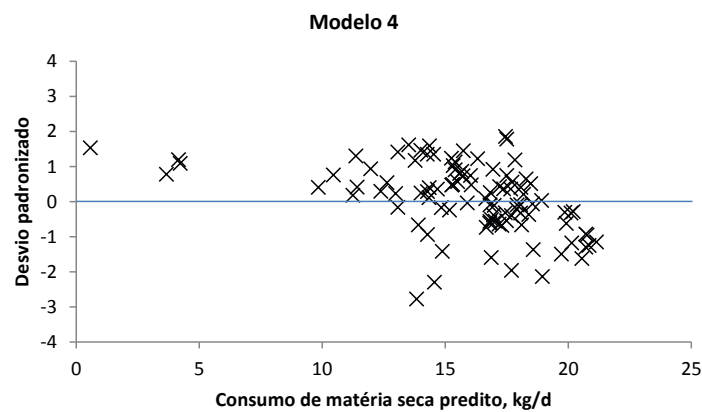
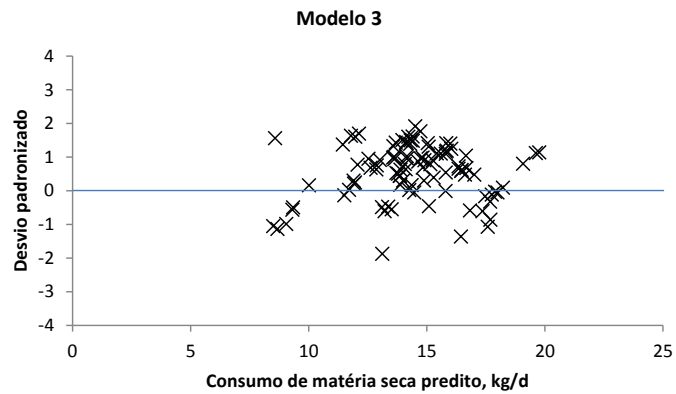
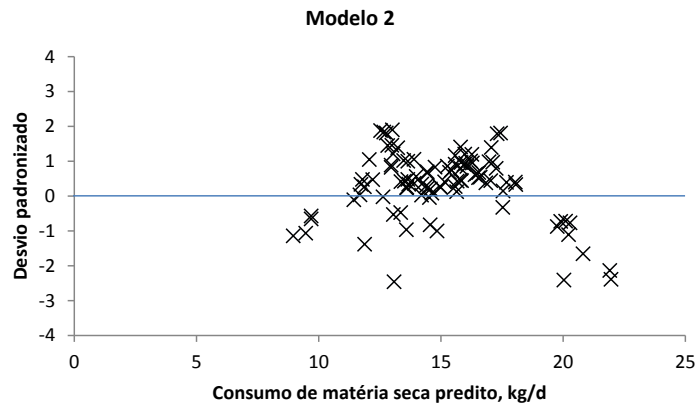
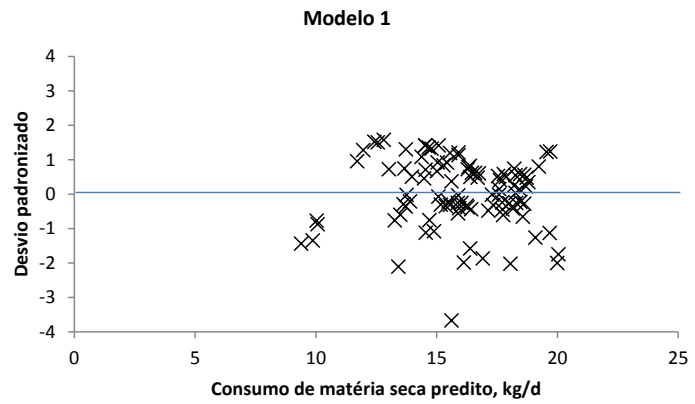


Gráfico 1 - Desvios padronizados dispersos em função do consumo de matéria seca predito para cada um dos modelos (1, 2, 3 e 4)

Um modelo de predição de CMS é uma representação simplificada da ingestão voluntária dos animais. Porque se levassem em consideração todos os fatores que influenciam o consumo (fatores dietéticos, psicogênicos, comportamentais, ambientais, manejo, etc.), se tornariam muito complexos e intratáveis matematicamente. Diversos modelos foram desenvolvidos para prever o CMS dos bovinos, alternando desde equações de regressão simples até mais elaborados com características de ambiente, animal e alimento (KEADY et al., 2004).

O AIC_{cr} , além de outros fatores, utiliza também a simplicidade do modelo como critério de escolha. Portanto, quando dois modelos apresentam poder de predição semelhantes, aquele que possui menor número de parâmetros consegue obter melhor desempenho. O número de parâmetros dos modelos avaliados é diferente (o modelo 1 possui cinco parâmetros, o 2 quatro parâmetros, o 3 e o 4 possuem sete parâmetros, incluído o parâmetro relativo ao erro aleatório). Apesar de não ter o menor número de parâmetros, o modelo 1 apresentou o melhor desempenho, pois é composto por parâmetros que quantificam fatores importantes na variação do consumo como: massa corporal, semana de lactação e produção de leite corrigido para 4% de gordura proporcionando assim, maior exatidão na predição de consumo de matéria seca.

Os modelos 2 e 4 não possuem um parâmetro que considere tempo de lactação, um fator importante já que consumo varia de acordo com o período em que o animal lactante se encontra. Nos primeiros dias de lactação o CMS é baixo devido às adaptações metabólicas que ocorrem entre o pós-parto e o início da lactação, depois ele aumenta para acompanhar o acréscimo nas demandas nutricionais devidas à produção leiteira e diminuiu no final da lactação em decorrência da redução na produção de leite (NRC, 2001; FISCHER et al., 2002).

Apenas o modelo 3 apresenta um parâmetro relacionado à dieta, ou seja, o CC (consumo de concentrado). O CC pode indicar de forma indireta a quantidade de fibra que a vaca está ingerindo, pois os alimentos concentrados possuem menos fibra do que os volumosos e, a ingestão inadequada de fibra pode causar doenças metabólicas (acidose) e redução na gordura do leite, quando há escassez de fibra

na dieta e limitação de consumo nos casos em que fibra em excesso ou de baixa qualidade é ingerida pelos ruminantes (MERTENS, 1987).

Equações contendo os fatores dietéticos são mais utilizadas para avaliar pós consumo em vez de prever o que será consumido (NRC, 2001). Contudo, a consideração do teor de fibra no alimento, possibilita uma melhor formulação de ração levando-se em conta que alimentos com lenta taxa de digestão da fibra provocam limitação do consumo, pelo efeito do enchimento, restringindo assim a quantidade necessária que deveria ser ingerida para suprir as demandas do animal.

Todos os modelos avaliados apresentaram o parâmetro massa corporal (MC) evidente, sendo o mais importante ao se tratar de balanceamentos de dietas, já que as vacas modificam constantemente o peso corporal durante o período de lactação e conseqüentemente o consumo de matéria seca também é modificado. Rennó et al. (2006) relataram perdas de massa corporal média de vacas leiteiras de 77 kg após o parto devido à expulsão da placenta, feto e demais conteúdos uterinos. Essa perda se caracteriza também pelo intenso catabolismo das reservas corporais no fornecimento de energia para produção de leite.

Outro fator importante na predição de CMS é a produção de leite, que obviamente, é considerada em todos os modelos avaliados. Diversos autores encontraram relação direta entre a produção de leite e o CMS (ALVIM et al. 1999; VASORI et al. 1995; SANTOS et al. 1998; SOUSA, 2009; GOMIDE et al., 2001; EIFERT et al., 2006).

Apesar do modelo 1 (publicado pelo NRC, 2001) ter sido considerado a melhor escolha no presente trabalho, Mello (2011) concluiu que o NRC (2001) prediz o CMS com exatidão, porém necessita de alguns ajustes visando melhor aplicabilidade na predição do CMS em condições de climas tropicais, principalmente nos períodos chuvosos do ano em que o teor de umidade e fibra do pasto aumentam influenciando no consumo. Quando se trata de alimentos forrageiros frescos, a exatidão e predição no CMS perde confiança.

Segundo NRC (1996) não existem equações que podem ser usadas em todas as situações de produção, seria necessário desenvolver equações de predição de CMS para situações específicas e assim obter melhor resposta. Diante disso, há uma grande necessidade de desenvolver e validar modelos para predizer o CMS que sejam mais precisos e ajustados para as diversas regiões brasileiras.

De acordo com Van Soest (1994) os modelos mecanicistas apresentam condições de aplicabilidade mais amplas que os empíricos, pois estabelecem relações de causa e efeito nas equações e não apenas uma correlação entre variáveis como acontece no modelo 4 que é um modelo totalmente empírico. Os métodos empíricos consistem num conjunto de técnicas de análises de regressão em que a associação entre o consumo e as demais variáveis que possam influenciá-lo é descrita por uma equação que apresente melhor ajuste aos dados (NRC, 2001). Equações empíricas, normalmente, não apresentam bom desempenho quando são usadas em condições diferentes das que geraram as estimativas de seus parâmetros (VAN SOEST, 1994).

Diante do exposto, talvez o desenvolvimento de um bom modelo mecanicista que leve em consideração os principais fatores que influenciam o consumo, relativos não apenas ao animal, mas também à dieta e ao ambiente, possa reduzir a necessidade de criar um modelo para cada situação. Esse modelo teria ampla aplicabilidade, mas teria como limitações a serem vencidas: sua operacionalização matemática e a obtenção de dados confiáveis para serem utilizados como entrada no modelo.

6 CONCLUSÃO

O modelo 1 é o que melhor prediz o consumo de matéria seca de vacas leiteiras nas condições brasileiras.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD REASERCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Oxon: CAB international, 1993.

AKAIKE, HIROTUGU. "A New Look at the Statistical Model Identification." **IEEE Transactions on Automatic Control**, AC-19:716-23.1974.

ALLEN, Michael S. Physical constraints on voluntary intake of forage by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 3063–3075, 1996.

ALLEN, Michael S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1447, 1997.

ALLEN, Michael. S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle, **Journal of Dairy Science** v. 83, n.7, 2000.

ALVIM, Maurilio J. et al. Estratégia de fornecimento de concentrado para vacas da raça holandesa em pastagem de coast-cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1711-1720, 1999.

BURNHAM, Kenneth P.; ANDERSON, David R. Multimodel inference understanding AIC and BIC in model selection. **Sociological Methods and Research**, v.33, p. 261-304, 2004.

BERCHIELLI, Teresinha T.; PIRES, Alexandre V.; OLIVEIRA, Simone G. de. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal:Funep, São Paulo, 2011.

BEZERRA, Edinaldo S. et al. Efeito do perfil granulométrico das partículas dietéticas sobre parâmetros de desempenho de vacas leiteiras em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1511-1520, 2002.

CAVALCANTE, Maria Andréa B. et al. Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Bovinos de Corte: Consumo e Digestibilidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2200-2208, 2005.

CHAGAS, Lucas. J. **Teor de proteína no concentrado de vacas no terço inicial de lactação, mantidas em pasto de capim elefante**. 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

COLLINS, Michael.; MERTENS, David R.; MOSER, Lowell E. **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. Madison, Wisconsin, Estados Unidos, p. 450–493, 1994.

CORRÊA, Clóvis E. S. et al. Desempenho de vacas holandesas alimentadas com cana-de-açúcar ou silagens de milho de diferentes textura de grão. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 4, p. 621-629, 2003.

COSTA, Marcone G. et al. Desempenho Produtivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Diferentes Proporções deCana-de-Açúcar e Concentrado ou Silagem de Milho na Dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2437-2445, 2005.

COSTA, Lucas T. et al. Teores de concentrado em dietas a base de cana-de-açúcar para vacas mestiças em lactação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 4, p. 1019-1031, 2009.

DETMAN, Edenio et al. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 6, p. 1763-1717, 2003.

DRAPER, Normam R.; SMITH, Harry. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, p. 407, 1966.

DE FREITAS, José A. et al. Predição e validação do desempenho de vacas de leite nas condições brasileiras. **Arquivo Latino Americano de produção animal**, v. 14, p. 120-134, 2006.

DIJKSTRA, Jan; FORBES, Michael J.; FRANCE, James. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2. ed. USA: CABI Publishing, 2005.

EIFERT, Eduardo da Costa et al. Consumo, produção e composição do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e diferentes fontes de carboidratos na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35 n.1 p.211-218, 2006.

FORBES, Michael J. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 3029-3035, 1996.

FOX, Danny G. et al. The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, v. 112, p. 29-78, 2004.

FILHO, Milton M. **Desempenho produtivo e reprodutivo e parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras alimentadas com diferentes fontes de gordura no período de transição e início de lactação**. 2009. 102f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Programa de Pós-graduação em Nutrição e Produção Animal - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

FISCHER, Vivian et al. Padrões da distribuição nictemeral do comportamento ingestivo de vacas leiteiras, ao Início e ao final da lactação, alimentadas com dieta à base de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2129-2138, 2002.

FONTANELI, Roberto S. **Produção de leite de vacas Holandesas em pastagens tropicais perenes no planalto médio do Rio Grande do Sul**. 2005. 193f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Programa de Pós-graduação em Zootecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FRUSCALSO, Vilmar. **Influência da oferta da dieta, ordem e estágio de lactação sobre as propriedades físico-químicas e microbiológicas do leite bovino e a ocorrência de leite instável não ácido**. 2007. 147f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Programa de Pós-graduação em Zootecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GOMIDE, José A. et al. consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagem de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1194-1199, 2001.

ILLIUS, Andrew W.; JESSOP, N. S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 3052-3062, 1996.

INGVARTSEN, Klaus. L.; ANDERSEN, Jens B. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1573-1597, 2000.

JÚNIOR, Gilberto M. L. et al. Qualidade da fibra para dieta de ruminantes, **Ciência Animal**, v. 17, n. 1, p. 7-17, 2007.

KEADY, T.; MAYNE, C.; KILPATRICK, D. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. **Livestock Production Science**, Volume 89, Issue 2-3, 129-138p. 2004.

KENNEDY, George C. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. **Proceedings of the Royal Society**, p. 578–592, 1953.

KETELAARS, Jan J. M. H.; TOLKAMP, Bert J. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 3036–3051, 1996.

KOMARAGIRI, Madhav V. S.; CASPER, David P.; ERDMAN, Richard A. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat mobilization of body fat and protein. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 169-175, 1998.

LEGGI, Thelma S. S. C. et al. Utilização do farelo de canola (*Brassica napus*) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 4, p. 770-776, 1998.

LOPES, Fernando F. C. et al. Predição do Consumo de Pasto de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) por Vacas Mestiças Holandês x Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 1017-1028, 2005.

MARTINEZ, Junio C. **Avaliação de co-produtos na alimentação de vacas leiteiras mantidas em pastagens tropicais durante a estação chuvosa e alimentadas no cocho durante a estação seca do ano**. 2008. 352f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

McMENIMAN, Joseph P.; DEFOOR, P. J.; GALYEAN, Michael L. Evaluation of the national research council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1138-1146, 2009.

MELO, Airon S. A. et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* mill) em dietas para vacas em lactação. I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2003.

MELLO, Bernardo L. B. **Avaliação do modelo NRC para predição do consumo de matéria seca por vacas leiteiras manejadas em pastagens tropicais**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2011.

MENDONÇA, Sandro S. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 481-492, 2004.

MERTENS, David R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, David R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. 6. ed. Nova Iorque. John Wiley & Sons, p. 643, 2005.

NASCIMENTO, Paula M. L.; FARJALLA, Yuri B.; NASCIMENTO, Jackline L. Consumo voluntário de Bovinos, **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.10, n. 10, outubro, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2001.

NETO, Ja F. et al. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com cana de açúcar suplementada com fontes de nitrogênio não proteico de diferentes degradabilidades ruminal. **Revista ARS Veterinária**, v. 29, n. 1, 052-059, 2013.

OLIVEIRA, Antonia S. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30 n. 4 p.1358-1366, 2001.

OLIVEIRA, André S. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1172-1182, 2007.

PEREIRA, Mara A. L. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 1029-1039, 2005.

PIRES, Alexandre V. et al. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão sobre o desempenho de vacas holandesas em lactação. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 251-257, 2010.

RAMALHO, Ricardo P. et al. Substituição do farelo de soja pela mistura raspa de mandioca e uréia em dietas para vacas mestiças em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1212-1220, 2006.

REZENDE, Pedro L. P. et al. Validação de modelos matemáticos para predição de consumo voluntário e ganho em peso de bovinos, **Arquivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 921-930, Dezembro, 2011.

RENNÓ, Francisco P. et al. Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, a curva de lactação e a mobilização de reservas corporais em vacas da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 2, p. 220-233, 2006.

RIBEIRO, Julimar S. et al. Consumo alimentar e sua predição pelos sistemas NRC, CNCPS e BR-Corte, para tourinhos zebuínos confinados. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, Dezembro, 2012.

SANTOS, Mércia V. F. et al. Colheita da palma forrageira (*Opuntia ficus indica mill*) cv. gigante sobre o desempenho de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 1, p. 33-39, 1998.

SANTOS, Anselmo D. F. et al. Utilização de óleo de soja em rações para vacas leiteiras no período de transição: consumo, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1363-1371, 2009.

SANTOS, Alana B. et al. Vacas lactantes alimentadas com silagem de cana-de-açúcar com e sem aditivo bacteriano: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p. 720-731, 2012.

SILVA, Rosângela M. N. et al. Uréia para vacas em lactação. 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1639-1649, 2001.

SOARES, Carla A. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com farelo de trigo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2161-2169, 2004.

SOUSA, Clayson C. de. Modelos para predição do consumo de matéria seca e produção de leite por vacas, **Scientific Journal of Animal production**. v. 11, n. 2, p. 94-102, 2009.

SOUZA, Márcia C. **Meta-análise do consumo de matéria seca de vacas leiteiras em condições tropicais**. 2013. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Programa de Pós-graduação em Zootecnia - Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2013.

VAN SOEST, Peter J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VASORI, Edison V. et al. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição a silagem de milho para vacas leiteiras. **Revista Brasileira de pesquisa Veterinária e Ciência Animal**, v. 32. n. 4, p. 224-225, 1995.

VIEIRA, Ricardo A. M. et al. Heterogeneity of the insoluble fiber os selected forages in situ. **Animal Feed Science and Technology**. v.171, n. 2, p. 154-166, 2012.

VILELA, Márcio S. et al. Avaliação de diferentes suplementos para vacas mestiças em lactação alimentadas com cana-de-açúcar: desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 768-777, 2003.

WIRBELT, Cássio A. **Glicerina bruta na alimentação de vacas leiteiras**. 2012. 163f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Programa de Pós-graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.