

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AROVETERINÁRIAS – CAV  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA  
ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO  
BRASIL**

**DILETA REGINA MORO ALESSIO**

**LAGES, SC,  
OUTUBRO, 2017**



**DILETA REGINA MORO ALESSIO**

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DE  
VACAS EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Pós – Graduação em Ciência Animal na  
Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de  
Doutor em Ciência Animal.

Orientador: André Thaler Neto

Co-orientador: João Pedro Velho

**LAGES, SC,  
OUTUBRO, 2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Moro Alessio, Dileta Regina  
PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA  
ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO  
BRASIL / Dileta Regina Moro Alessio. - Lages , 2017.  
175 p.

Orientador: Andre Thaler Neto  
Co-orientador: João Pedro Velho  
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal, Lages, 2017.

1. Carboidratos. 2. Digestibilidade. 3. Fibra em  
detergente neutro. 4. Nutrientes digestíveis totais.  
5. Volumosos. I. Thaler Neto, Andre . II. Velho,  
João Pedro. , .III. Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal. IV. Título.

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DE  
VACAS EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Pós – Graduação em Ciência Animal na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal.

Banca Examinadora:

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. André Thaler Neto  
CAV – UDESC, Lages, SC.

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Vicente Celestino Pires Silveira  
UFMS – Santa Maria, RS.

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida  
UFPR – Curitiba, PR.

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Ivan Pedro de Oliveira Gomes  
CAV – UDESC, Lages, SC.

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. André Hess  
CAV – UDESC, Lages, SC.

**LAGES, SC,  
OUTUBRO, 2017**



A todos aqueles que superam desafios e que conhecem o significado da palavra  
determinação.





## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, pelas bênçãos de cada dia, pela certeza de sua presença me protegendo e iluminando meu caminho.

À minha família, meu pai Luizinho Alessio, minha mãe Inês Moro Alessio, a que devo tudo o que sou hoje. Aos meus irmãos Mari, Lucio, Mario e Marli obrigado pelo amor, pelo apoio e pela confiança.

Ao meu orientador e co-orientador, professor André Thaler Neto e professor João Pedro Velho, pela orientação, confiança, amizade, ajuda, sugestões, críticas e horas de estudos para a realização deste trabalho e, principalmente pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores André Hess, Vicente Celestino Pires Silveira e Ione Maria Pereira Haygert-Velho pela orientação, confiança, sugestões, críticas construtivas, horas de estudos para a realização deste trabalho e, principalmente pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (Produção Animal) da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV por proporcionar ensino gratuito e de qualidade. A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação – PROMOP, pela bolsa de estudo concedida durante o doutorado.

Um agradecimento especial aos colegas e grandes amigos João Pedro Velho e Ione Maria Pereira Haygert-Velho pelas oportunidades, pela confiança, amizade e, principalmente pelo conhecimento transmitido e atenção.

Aos meus amigos, em especial João Costa Filho e Deise Aline Knob, principalmente a Deise pela ajuda, palavras de ânimo, ensinamentos e paciência. Através dela agradeço a todos os verdadeiros e eternos amigos.

A todos os componentes (acadêmicos, mestrandos, doutorandos) dos grupos de pesquisa Produção Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina e Gestão na Integração Produção Vegetal com a Produção de Ruminantes da Universidade Federal de Santa Maria Campus Palmeira das Missões que participaram mais a fundo dos trabalhos referentes à tese e/ou os que em algum momento participaram das conversas e discussões dos dados.

A todos, muito obrigada!!



“Que Deus nos dê forças para mudar as coisas que podem ser mudadas. Serenidade para aceitar as coisas que não podemos mudar e sabedoria para perceber a diferença. Mas nos dê, sobretudo coragem para não desistir daquilo que pensamos estar certo.”

Chester W. Nimitz

“Vá onde outros nunca foram.  
Explore novas ideias.  
Tenha ideias únicas e arrisque fazer  
o que nunca foi feito.”

Richard Branson



## RESUMO

ALESSIO, Dileta Regina Moro. **Produção e composição do leite em função da alimentação de vacas em condições experimentais no Brasil.** 2017. 175 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UEDESC), Lages, SC, 2017.

O estudo meta-analítico permite a integração dos fatores relacionados as condições fisiológicas e alimentação das vacas em lactação que interferem na produção e composição do leite. Objetivou-se avaliar o estado da arte referente aos fatores que interferem na variação da produção e composição do leite e sua relação com alimentação das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil. As técnicas de metanálise foram utilizadas para a formação da base de dados, compreendendo 16 anos de pesquisa. A base de dados ficou composta de 170 experimentos, com 674 tratamentos e envolveu 5.489 vacas em lactação, a qual foi subdividida em função do objetivo de cada artigo para responder ao objetivo geral: 1) Objetivou-se avaliar as relações entre a proporção de volumoso, a composição da dieta, o consumo voluntário, a digestibilidade aparente dos nutrientes sobre a produção e composição do leite de vacas em condições experimentais no Brasil. A maioria das dietas são constituídas por um volumoso (67%), sendo que o volumoso mais utilizado é silagem de milho, seguido da cana-de-açúcar. Observa-se redução no teor de matéria seca (MS) da dieta em função do aumento na proporção de volumoso (PPV) na dieta. A base do concentrado utilizado é o milho triturado (64,11) e o farelo de soja (63,58), com considerável a utilização de ureia e/ou sulfato de amônio como fonte proteica. A análise de composição bromatológica das dietas não é publicada de forma completa. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) é influenciado pela PPV da dieta e principalmente pela digestibilidade da MS e da fibra em detergente neutro (NDT). A proporção de volumoso utilizado na dieta repercute diretamente no consumo de NDT, que juntamente com o aproveitamento dos nutrientes é responsável pelo déficit energético que compromete a produção e composição do leite, bem como a eficiência alimentar. 2) Objetivou-se avaliar os fatores relacionados a composição da dieta que influenciam o consumo voluntário e a digestibilidade aparente dos nutrientes e, conseqüentemente repercutem na produção e composição do leite das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil. Os dados foram avaliados pela análise de agrupamento, a qual formou três grupos, sendo que os principais fatores responsáveis pela separação dos grupos foram o teor de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta e o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT). O teor de FDN da dieta repercute no consumo de NDT, comprometendo o atendimento das exigências energéticas para produção e, o fornecimento de nutrientes para a composição do leite, com ênfase para a síntese de lactose e proteína do leite. 3) Objetivou-se avaliar quais os fatores da composição da dieta podem interferir no consumo voluntário e na digestibilidade aparente dos nutrientes, repercutindo na produção e composição do leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil. Os dados foram avaliados pela análise de agrupamento, a qual formou três grupos, sendo que os principais fatores responsáveis pela separação dos grupos foram o consumo de (NDT), o teor de fibra em detergente ácido (FDA) da dieta e a digestibilidade da matéria seca (MS). O consumo de NDT da dieta é prejudicado pela digestibilidade da MS e, principalmente da FDN em função da proporção e das características dos volumosos utilizados na dieta, sendo que estes fatores repercutem na EA, bem como na composição do leite, com ênfase no teor de lactose do leite das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil. 4) Objetivou-se avaliar a produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado nas dietas das vacas em lactação da raça Holandês e Mestiças Holandês x Zebu (Holandês x Zebu) em condições experimentais no Brasil, por meio de metanálise. Os dados foram avaliados pela análise de variância, considerando a



distribuição das variáveis. As dietas baseadas em silagem de milho apresentam maior produção e composição do leite comparada as dietas com um volumoso para as vacas em lactação da raça Holandês e para as dietas com um volumoso e baseadas na combinação de dois volumosos para as mestiças Holandês x Zebu. Na alimentação das vacas em lactação da raça Holandês e das mestiças Holandês x Zebu destaca-se a eficiência das dietas baseadas em silagem de milho na produção e composição do leite.

**Palavras chaves:** carboidratos, digestibilidade, fibra em detergente neutro, multivariada, nutrientes digestíveis totais, volumosos





## ABSTRACT

ALESSIO, Dileta Regina Moro. **Milk yield and composition according to the alimentation of cows under experimental conditions in Brazil.** 2017. 175 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC), Lages, SC, 2017.

The meta-analysis study allows the integration of the factors related to the cow physiology and nutrition that influence milk yield and composition. The objective was to evaluate the state of the art concerning the factors that interfere in the variation of milk yield and composition and its relation with feeding of lactating cows under experimental conditions in Brazil. The meta-analysis techniques were used for the formation of the database, comprising 16 years of research. The database was composed of 170 experiments with 674 treatments and involved 5,489 lactating cows, which was subdivided according to the objective of each article to respond to the general objective: 1) The aim was to evaluate the relation between the proportion of roughage, the composition of the diet, the voluntary intake, the apparent digestibility of nutrients and the milk yield and composition of cows under experimental conditions in Brazil. Most of the diets are composed of one roughage (67%), the most commonly used is corn silage, followed by sugarcane. Reduction in the dry matter (DM) content of the diet was observed as a function of the increase in the roughage proportion (RP) in the diet. The base of the concentrate used is maize corn (64.11) and soybean meal (63.58), with considerable use of urea and / or ammonium sulfate as the protein source. The analysis of the bromatological composition of the diets is not published in full. The total digestible nutrient intake (TDN) is influenced by the RP of the diet and mainly by the digestibility of DM and neutral detergent fiber (NDT). The proportion of roughage used in the diet directly affects the consumption of NDT, which together with the exploitation of nutrients is responsible for the energy deficit which compromises milk yield and composition as well as food efficiency. 2) The objective was to evaluate the factors related to diet composition that influence voluntary intake and apparent digestibility of nutrients and, consequently, the milk yield and composition of Holstein under experimental conditions in Brazil. The data set was analyzed by cluster analysis, which formed three groups, and the main components of the separation of the groups are the dietary neutral detergent fiber (NDF) content and total digestible nutrient (TDN) intake. The NDF content of the diet affects the intake of NDT, compromising the energy requirements for the production and the supply of nutrients to a milk composition, with emphasis on milk lactose and protein synthesis. 3) The aim was to evaluate which factors of diet composition may interfere on the voluntary intake and the apparent digestibility of nutrients, with repercussion on milk yield and composition of crossbred Holstein x Zebu cows under experimental conditions in Brazil. The data were evaluated by the cluster analysis, which formed three groups, and the main factors responsible for the separation of the groups were the consumption of TDN, the acid detergent fiber content (ADF) of the diet and the digestibility of dry matter (DM). Dietary TDN consumption is affected by the digestibility of DM and, mainly, of NDF as a function of the proportion and characteristics of the roughage used in the diet, and these factors have repercussions on food efficiency, as well as on milk composition, with emphasis on the content of milk lactose. 4) The aim of this study was to evaluate milk yield and composition according to the type of roughage used in the diets Holstein and crossbred Holstein x Zebus lactating cows confined under experimental conditions in Brazil. Data were analyzed by analysis of variance, considering the distribution of variables. The diets based on corn silage present higher milk yield and composition compared to the diets with one roughage for Holstein lactating cows and for the diets with one roughage and based on the combination



of two roughage for the crossbred Holstein x Zebus cows. The efficiency of diets based on corn silage in the milk yield and composition is highlighted in the diet of Holstein cows and the crossbred Holstein x Zebus cows.

**Key-words:** carbohydrates, digestibility, neutral detergent fiber, multivariate, roughages, total digestible nutrients



## **LISTA DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO II**

Figura 1 – Mapa conceitual resumido da alimentação das vacas em lactação com a finalidade de atender as exigências energéticas e proteicas para fornecer os nutrientes necessários para a produção e composição do leite.....57

### **CAPÍTULO III**

Figura 1 – Análise canônica demonstra as distancias euclidianas entre e dentro dos grupos formados pelas variáveis que representam a alimentação de vacas em lactação em condições experimentais no Brasil, Grupo 1 (■), grupo 2 (▲), grupo 3 (◆) e grupo 4 (●). ..... 87

### **CAPÍTULO IV**

Figura 1 - Análise canônica demonstra as distancias euclidianas entre e dentro dos grupos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil, Grupo 1 (■), grupo 2 (▲) e grupo 3 (◆). ..... 123

### **CAPÍTULO V**

Figura 1 – Análise canônica demonstra as distancias euclidianas entre e dentro dos grupos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil. Grupo 1 (■); grupo 2 (▲); grupo 3 (◆). ..... 142

### **CAPÍTULO VII**

Figura 1 – Diagrama resumido dos principais resultados do estudo metanalítico do estado da arte referente aos fatores que interferem na variação da produção e composição do leite e sua relação com alimentação das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil ..... 175



## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO III**

Tabela 1 – Frequência absoluta e relativa do número de volumosos e de ingredientes que constituem o concentrado utilizado na dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil.....	86
Tabela 2 – Análise discriminante das variáveis determinantes para a diferenciação dos grupos e seus respectivos parâmetros estatísticos para as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil .....	88
Tabela 3 – Agrupamentos formados pelas variáveis referentes a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil .....	90

### **APÊNDICE**

Tabela 1 - Frequência absoluta e relativa do número de tratamentos que apresentam dietas com apenas um volumoso utilizado na alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil.....	104
Tabela 2 - Frequência absoluta e relativa do número de tratamentos que apresentam dietas com dois volumosos utilizados na alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil.....	105
Tabela 3 - Frequência absoluta e relativa do número de tratamentos que apresentam dietas com três volumosos utilizados na alimentação das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil.....	106
Tabela 4 - Frequência absoluta e relativa dos ingredientes que compõem o concentrado utilizados na dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil.....	107
Tabela 5 - Composição bromatológica da dieta utilizada na alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil .....	110
Tabela 6 - Consumo voluntário expresso na forma absoluta, em percentual do peso vivo e em função do peso metabólico para a alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil.....	111
Tabela 7 - Digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil .....	112
Tabela 8 - Produção e composição do leite de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil.....	113

### **CAPÍTULO VI**

Tabela 1 – Análise descritiva referente as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil .....	122
Tabela 2 – Análise discriminante das variáveis determinantes para a diferenciação dos grupos e seus respectivos parâmetros estatísticos para as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil .....	124
Tabela 3 – Agrupamentos formados pelas variáveis referentes a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil .....	126

### **CAPÍTULO V**

Tabela 1 – Análise descritiva referente as variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil .....	141
Tabela 2 – Análise discriminante das variáveis determinantes para a diferenciação dos grupos e seus respectivos parâmetros estatísticos para as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil .....	143
Tabela 3 – Agrupamentos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil .....	145





## **CAPÍTULO VI**

Tabela 1 - Médias $\pm$ erro-padrão das informações gerais, composição da dieta consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado na alimentação das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil.....	163
Tabela 2 - Médias $\pm$ erro padrão das informações gerais, composição da dieta consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado na alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil .....	166



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CNF= carboidratos não fibrosos.

CT= carboidratos totais.

DDOISV= dietas baseadas na combinação de dois volumosos.

DSM= dietas baseadas em silagem de milho.

DUMV= dietas baseadas em um volumoso.

EA= eficiência alimentar.

EE= extrato etéreo.

ESD= extrato seco desengordurado.

EST= extrato seco total.

FDA= fibra em detergente ácido.

FDN= fibra em detergente neutro.

LDA= lignina em detergente ácido.

MN= matéria natural.

MO= matéria orgânica.

MS= matéria seca.

NDT= nutrientes digestíveis totais.

NUL= nitrogênio ureico do leite.

PB= proteína bruta.

PPC= proporção de concentrado.

PPV= proporção de volumoso.

PV= peso vivo.



## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	31
1 INTRODUÇÃO.....	31
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
2.1 PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO.....	33
2.2 META-ANÁLISE E ANÁLISE MULTIVARIADA.....	41
2.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO II.....	51
1 ANÁLISE DE META MULTIVARIADA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO.....	51
1.1 FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS.....	51
1.2 MAPA CONCEITUAL RESUMIDO.....	55
1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
CAPÍTULO III.....	79
SISTEMATIZAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE OS ALIMENTOS UTILIZADOS QUE COMPÕEM AS DIETAS EM EXPERIMENTOS COM VACAS LEITEIRAS NO BRASIL.....	79
Sistematização científica sobre os alimentos utilizados que compõem as dietas em experimentos com vacas leiteiras no Brasil.....	80
CAPÍTULO IV.....	115
PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DE VACAS DA RAÇA HOLANDÊS EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO BRASIL – METANÁLISE.....	115
CAPÍTULO V.....	135
PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DE VACAS MISTIÇAS HOLANDÊS X ZEBU EM CONDIÇÃO EXPERIMENTAL NO BRASIL – METANÁLISE.....	135
CAPÍTULO VI.....	155
VOLUMOSOS NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS DAS RAÇA HOLANDÊS E MISTIÇAS HOLANDÊS X ZEBU EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO BRASIL.....	155
CAPÍTULO VII.....	175
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175



# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUÇÃO

A alimentação é responsável por até 70% do custo de produção, porém dietas formuladas, visando o custo mínimo necessariamente precisam atender as exigências de manutenção, produção e reprodução das vacas em lactação, bem como disponibilizar os nutrientes para a síntese dos componentes do leite, potencializando a genética em ambiente adequado. Logo, a alimentação de vacas em lactação é imprescindível para modificar e melhorar a composição do leite (JENKINS; MCGUIRE, 2006; NRC, 2001), visando melhorar a transformação do leite em derivados lácteos, bem como alterando o valor nutricional do leite e até mesmo produzindo alimentos nutracêuticos (JENKINS; MCGUIRE, 2006). Desta forma, a composição da dieta influi na fermentação do rúmen e os produtos dessa fermentação não somente fornecem ao animal a energia necessária para o seu metabolismo, como também disponibilizam os principais precursores para a síntese da gordura, da proteína e da lactose do leite (NRC, 2001). Porém, destaca-se que existe dificuldade de mensurar esta situação por falta de banco de dados apropriados para a análise individual e, principalmente, conjunta destes fatores nutricionais que influenciam a produção e composição do leite. Quanto à questão experimental, desenvolvida pelos pesquisadores brasileiros e publicada, é possível através da utilização das técnicas de metanálise formar um banco de dados que permite avaliar o estado da arte com a finalidade de relacionar a alimentação das vacas leiteiras em condições experimentais com a produção e composição do leite, apesar da complexidade das variáveis envolvidas.

A metanálise é uma disciplina científica que realiza revisões críticas e estudos estatísticos de pesquisas anteriores para melhorar o conhecimento sobre o assunto. Logo a metanálise apresenta vantagem sobre as revisões clássicas por integrar os resultados da pesquisa e, principalmente, por fornecer uma conclusão quantitativa utilizável (LOVATTO et al., 2007; SAUVANT et al., 2008). O uso adequado das informações disponíveis pelo avanço da pesquisa possibilita a formação de banco de dados, através da metanálise, a qual permite estabelecer diagnósticos a partir de realidades já publicadas, bem como uma síntese do estado da arte sobre determinado tema, tendo uma perspectiva promissora. Assim, representa uma possibilidade de integrar o conhecimento produzido de forma fragmentada, presente nas principais revistas nacionais e internacionais (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006), visto que disponibiliza diagnósticos para a implantação de sistemas de gestão de controle de qualidade

na cadeia produtiva do leite, contribuindo para determinar o conjunto de práticas gerenciais desenvolvidas e utilizadas eficientemente para garantir o sucesso do setor leiteiro (MACHADO; CASSOLI; SILVA, 2009), visando a criação de modelos funcionais capazes de simular de forma satisfatória a realidade (LOVATTO et al., 2005).

A metanálise permite a integração dos vários fatores que influenciam na produção e composição do leite. Portanto, o uso de técnicas de análise multivariada é conveniente para avaliar os fatores envolvidos, uma vez que as análises convencionais podem capturar o efeito de apenas um ou dois fatores (MACCIOTTA et al., 2012). A análise de agrupamento permite que os parâmetros que formam o conjunto de dados sejam agrupados em subgrupos, considerando que a semelhança dentro do grupo é maior do que a semelhança entre os grupos (LEBART; MORINEAU; PIRON, 2000). No entanto, a quantidade de informações recuperados pela metanálise requer ferramentas estatísticas adequadas para fazer inferências sobre as causas de variações, tendo na análise de agrupamento uma opção apropriada.

O uso da metanálise, na formação de banco de dados, sendo precursora da modelagem para futuras e possíveis simulações dos sistemas produtivos de leite no Brasil, também pode ser utilizada para compreender as relações existentes entre a produção e composição do leite em função da alimentação fornecida pelos pesquisadores brasileiros para as vacas em lactação. A utilização das técnicas de metanálise tem por finalidade aproveitar as informações publicadas, visando transformá-las em conhecimento para auxiliar na identificação de problemas nutricionais através da composição do leite para dar suporte na tomada de decisão na gestão das propriedades. Por outro lado, estudos metanalíticos permitem direcionar o rumo das pesquisas, visto que em nosso país a pesquisa no geral, incluindo a alimentação de vacas em lactação, é considerada onerosa e enfrenta a escassez de recursos financeiros para ser realizada. Portanto, a utilização de modelos para simulações torna-se ferramenta imprescindível, visto que é melhor errar na simulação do que na prática (FOX et al., 2004). Assim, objetiva-se avaliar o estado da arte referente aos fatores que interferem na variação da produção e composição do leite e sua relação com a alimentação das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil por meio da metanálise.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO

A produção de ruminantes está relacionada à capacidade de utilizar recursos que não são bem utilizados por animais monogástricos, aproveitando alimentos como pastagem e silagem de milho, a qual é uma cultura altamente produtiva, bem como subprodutos da fabricação de alimentos humanos (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014). Os ruminantes podem utilizar material vegetal fibroso de forma eficiente porque seu sistema digestivo é baseado na degradação microbiana pelo mecanismo de retenção de partículas de alimentação no rúmen. A capacidade dos ruminantes em digerir paredes celulares dos vegetais pela ação das bactérias ruminais é definida como fibra em detergente neutro (FDN) digestível e a fração da parede celular indigestível é o FDN indigestível. Estas frações descrevem a cinética da digestão e as propriedades intrínsecas das paredes celulares de uma planta (MERTENS, 1994). Portanto, os ruminantes, apresentam a capacidade de converter paredes celulares de plantas (hemicelulose e celulose) e proteína de baixa qualidade em alimento humano de alta qualidade e ainda utilizar a lactação para produzir substâncias nutritivas específicas (MCNAMARA, 1995).

A produção de leite está intimamente relacionada ao consumo de alimentos. Os carboidratos (CHO) que compõem os alimentos possuem duas constituições: fibrosos e não fibrosos. Os fibrosos, no caso a celulose e hemicelulose, são aproveitados pela ação de aderência e liberação de enzimas dos microrganismos ruminais. A degradação dos CHO fibrosos, provenientes das pastagens ou de alimentos volumosos conservados (silagens e fenos), aumenta a produção de ácido acético, importante precursor da gordura no leite. Os carboidratos não fibrosos (CNF), como amido, aumentam a produção do ácido propiônico, principal precursor da lactose no leite, via gliconeogênese hepática. A proteína degradável no rúmen (PDR), que é utilizada pelas bactérias ruminais, compõem a proteína microbiana (PMIC), que juntamente com a proteína não degradável no rúmen (PNDR) fornecem os aminoácidos que serão absorvidos no intestino, constituindo a proteína metabolizável utilizada na síntese de proteína do leite. Em função destas informações a identificação de alterações nos componentes do leite pode indicar deficiências de nutrientes ou falta de sincronia na degradabilidade ruminal da energia e proteína na dieta de vacas em lactação, que provavelmente está abaixo da necessidade para suprir as exigências das vacas leiteiras (DRACKLEY; DONKIN; REYNOLDS, 2006; JENKINS; MCGUIRE, 2006; KEBREAB et al., 2009; NRC, 2001).

O volumoso compreende geralmente 50 a 60 % da matéria seca (MS) da dieta total fornecida para vacas de alta produção, sendo que a silagem de milho de planta inteira compreende normalmente 40 a 70 % da MS do volumoso ou ainda 100% quando é utilizada como único volumoso na dieta. Portanto, melhorias na qualidade nutricional da silagem de milho de planta inteira, através da seleção híbrida, pode beneficiar os produtores pelo melhor desempenho na lactação e/ou eficiência de utilização da alimentação pelas vacas em lactação (SHAVER; KAISER, 2011). O estudo da utilização de híbridos específicos para silagem tem o objetivo de melhorar as características nutricionais da silagem de milho de planta inteira para atender às necessidades de vacas de alta produção através de alterações nas características da haste para aumentar a digestibilidade da fibra. A seleção de híbridos para maior digestibilidade de fibras apresentaram maiores rendimentos de leite e proteína, devido ao aumento no consumo de MS, demonstrando a importância da digestibilidade da fibra em programas de melhoramento genético de híbridos para a produção de silagem, bem como sua utilização na formulação de dietas para vacas leiteiras de alta produção (FERRARETTO; SHAVER, 2015).

Assim, é fundamental conhecer a composição bromatológica dos volumosos, como as concentrações de MS, FDN, fibra em detergente ácido (FDA), bem com a digestibilidade da lignina em detergente ácido (LDA) que limita a digestão da fibra e está relacionada ao grau de FDN lignificado. Volumosos com alta LDA devem ser limitados para as vacas de alta produção em função da ingestão limitada, devido ao preenchimento do rúmen. As seguintes recomendações focam em atender as necessidades energéticas através da lactação, considerando a concentração e a digestibilidade da fibra e do amido e sua interação com o estágio de lactação (ALLEN; PIANTONI, 2014).

O consumo de MS e sua digestibilidade determinam a quantidade de nutrientes disponíveis para manutenção, produção e reprodução (NRC, 2001). No entanto, o controle da ingestão alimentar em ruminantes é baseado nas interações das restrições físicas com feedbacks metabólicos (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014) sendo que o teor de FDN pode ser usado como parâmetro para definir os limites inferiores e superiores de consumo de MS (MERTENS, 1994). Em dietas com altas concentrações de FDN, as limitações físicas de enchimento do rúmen limitam o consumo de MS, enquanto em baixas concentrações de FDN, o que limita o consumo de MS são os inibidores do *feedback* para consumo de energia (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014).

Os CHO altamente fermentáveis limitam a ingestão de alimentos através do controle da saciedade, por aumentar os precursores de glicose e a energia hepática, causando oxidação hepática, reduzindo o pH ruminal e, conseqüentemente podendo alterar as vias de

biohidrogenação ruminal, o que diminui a concentração e o rendimento de gordura do leite (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014). Por outro lado o alto teor de FDN limita o consumo voluntário em função do enchimento ruminal, sem que as exigências sejam atendidas (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014), sendo o valor inferior ao preconizado de 25 a 30 % de FDN na MS da dieta é prejudicial por comprometer a motilidade e a ruminação (NRC, 2001), enquanto que valores superiores podem comprometer o consumo pelo enchimento ruminal (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014), bem como pela redução da digestibilidade devido ao grau de lignificação da FDN que compromete o aproveitamento dos nutrientes e o consumo (HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

Desta forma, a compreensão e otimização da função do rúmen são fundamentais para a produção dos ruminantes. Os resultados da otimização da função do rúmen podem ser resumidos como o suprimento ideal de energia a partir de alimentos fermentáveis, sem causar acidose ou fornecer gordura em excesso, maximizando a produção de proteína metabolizável para o intestino delgado, representada pela produção microbiana ruminal, produzidos a partir da PDR e da PNDR. As eficiências digestivas do intestino delgado são importantes, especialmente no que se refere ao amido, às gorduras e às fontes de nitrogênio, fornecendo aminoácidos específicos. Portanto, a função ruminal ideal precisa ser considerada no contexto da digestão total do trato, incluindo a digestão intestinal. Para entender a dinâmica da digestão de proteínas e CHO, é necessário entender as interações entre a taxa de passagem e de digestão dos alimentos no rúmen. As taxas de fermentação e de passagem no rúmen determinam o quanto de cada fração é fermentada no rúmen e quanto escapa da fermentação ruminal, sendo digerido no abomaso e absorvido no intestino. As quantidades de CHO e proteínas fermentadas no rúmen são a base das quantidades de proteína microbiana, ácidos graxos voláteis e gases de efeito estufa produzidos pela fermentação ruminal (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014).

As vacas em lactação podem selecionar as dietas total, comportamento este que influencia a ingestão individual de nutrientes e reduz o valor nutritivo da ração ao longo do dia. Padrões típicos de seleção de alimento em vacas leiteiras em lactação, contra partículas de forragem mais longas, resultam em maior ingestão de CHO altamente fermentáveis e menor consumo de fibra efetiva do que o pretendido, os quais estão associados com pH do rúmen reduzido e alteração nos componentes do leite. A seleção é influenciada pela taxa de inclusão forrageira, tamanho de partícula e conteúdo de matéria seca, sendo que o tempo disponível para manipular o alimento, incluindo frequência e nível de alimentação pode resultar em maior seleção de alimentos (MILLER-CUSHON; DEVRIES, 2017). O tamanho de partícula da

foragem tem potencial de afetar a ingestão de alimentos e o desempenho das vacas em lactação, mas seus efeitos dependem da fonte, do nível e do método de preservação da foragem. Dietas com tamanho de partícula menor baseadas em silagem de milho aumentaram o teor de proteína do leite, enquanto dieta a base de feno aumentaram o teor de gordura (NASROLLAHI; IMANI; ZEBELI, 2015). As forragens são muitas vezes processadas fisicamente para maximizar a ingestão de vacas e melhorar a preservação, como no caso das silagens. Além disso, picar as forragens finamente ajuda a prevenir seleção da dieta total (DEVRIES; DOHME; BEAUCHEMIN, 2008), garantindo o consumo de uma dieta similar à formulada. A prevenção da seleção dos alimentos garante uma alimentação uniforme resultante da distribuição sincronizada de energia e proteína fermentáveis, o que melhora a síntese de proteína microbiana e, conseqüentemente a degradação dos CHO (MILLER-CUSHON; DEVRIES, 2017; NRC, 2001). Contudo, partículas longas de forragem, são necessárias para dietas de ruminantes, denominado FDN efetivo, o qual tem a finalidade estimular a ruminação e a motilidade ruminal, promovendo a secreção de saliva para manter a estabilidade do pH e a saúde do rúmen (MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2012), enquanto que o FDN fisicamente efetivo é criada para quantificar o tamanho de partícula adequado para o funcionamento ruminal, o qual é considera partículas maior que 8 mm (ZEBELI et al., 2012), ou o percentual da dieta total retida na peneira de 4,0 mm do separador de partículas (KMICIKEWYCZ; HEINRICHS, 2015).

O excesso de concentrado fornece carboidrato de alta fermentação ruminal, CNF e amido, que repercute em acidose subclínica e/ou clínica, comprometendo o funcionamento ruminal (GAO; OBA, 2014; OWENS et al., 1998) bem como elevado teor de extrato etéreo (EE) aumentam o teor energético da dieta, porém colocam em risco a saúde das vacas em lactação por causa da acidose e outros problemas metabólicos. Para que isso não ocorra é importante a ingestão de partículas grandes de volumoso, maiores de 8 mm ou o percentual da dieta total retida na peneira de 4,0 mm do separador de partículas, comumente conhecido como FDN fisicamente efetivo, proporcionando uma manta de fibra flutuante no rúmen, que está positivamente associada com a atividade de mastigação, pH ruminal e conteúdo de gordura do leite (MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2012; KMICIKEWYCZ; HEINRICHS, 2015). Porém a complexidade das interações entre a ingestão de alimentos, o tipo de grão, a quantidade de concentrado e a degradabilidade dos diferentes alimentos, bem como a incerteza na definição da resposta do pH ruminal dificulta a caracterização quantitativa dos efeitos do FDN fisicamente efetivo na fermentação e na prevenção da acidose ruminal (ZEBELI et al., 2012).

A composição da dieta influi na fermentação do rúmen e os produtos dessa fermentação não somente fornecem ao animal a energia necessária para o seu metabolismo, como também

disponibilizam os principais precursores para a síntese da gordura, da proteína e da lactose do leite (NRC, 2001). Dessa forma, a nutrição de vacas continua sendo explorada como meio de modificar a composição do leite (JENKINS; MCGUIRE, 2006; NRC, 2001), com o objetivo de melhorar a transformação do leite em derivados lácteos, alterando o valor nutricional do leite e/ou produzindo alimentos nutracêuticos (JENKINS; MCGUIRE, 2006). A constituição dos ingredientes, processamento e quantidade de cada alimento que compõem a dieta da vaca em lactação, bem como o efeito complementar entre os mesmos interferem no metabolismo, inclusive nos metabólitos produzidos que alcançam a glândula mamária e são utilizados para a síntese do leite.

Para obter alta produtividade é imprescindível a compreensão da dinâmica do metabolismo ruminal, bem como da utilização e absorção de nutrientes que possibilitam uma melhor previsão da eficiência de utilização dos mesmos. A melhor compreensão da função dinâmica do rúmen e a maior precisão do fluxo de nutrientes do rúmen são necessárias, visto que as estratégias de alimentação influenciam o comportamento e a produtividade das vacas, repercutindo na rentabilidade. Logo, sistemas de alimentação, gestão e dieta necessitam de técnicas de formulação que precisam ser desenvolvidas baseada na dinâmica fisiológica da vaca, na variabilidade dos alimentos e exigências nutricionais das vacas, sendo imprescindível para integração destes conceitos na gestão da propriedade o uso de novas tecnologias, como a modelagem (BRUN-LAFLEUR et al., 2010; SNIFFEN et al., 1993; TEDESCHI et al., 2008).

Por outro lado as condições climáticas têm efeito na composição do leite como um todo, visto que estão relacionadas com a produção de pastagem em quantidade e de qualidade (NORO et al., 2006), bem como interferem na ingestão dos alimentos pelos animais em função do estresse pelo calor e ainda devido aos maiores teores de FDN das pastagens tropicais. Logo, a produção e a composição do leite podem variar de acordo com as vacas individuais, bem como pela variabilidade das condições ambientais, principalmente em função da temperatura. Estudos anteriores sugerem que o calor exerce efeitos negativos consideráveis na produção e composição do leite. Para investigar os efeitos do calor foi desenvolvido uma estrutura de modelagem flexível, a qual sugere que as vacas individuais respondem de forma diferente ao calor e que vacas de alta produção tendem a ser mais sensíveis ao calor (YANO; SHIMADZU; ENDO, 2014). Assim o nível de produção reflete as boas condições de manejo e o potencial genético do rebanho, bem como o atendimento das exigências nutricionais do animal.

O estresse térmico têm se tornado um dos desafios mais importantes para cadeia produtiva do leite, visto que afeta a saúde, a reprodução, o comportamento e funcionamento biológico das vacas em lactação (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017), em função da

redução no consumo voluntário, conseqüentemente reduz a disponibilidade de nutrientes para a síntese do leite, diminuindo a produção de leite (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017; RHOADS et al., 2009) e, ainda pode estar relacionado a redução no teor de proteína e lactose do leite, visto que o estresse térmico aumenta a utilização sistêmica de aminoácidos, limitando o fornecimento de aminoácidos e glicose à glândula mamária para síntese de proteína e lactose do leite. Além disso, o aumento dos requisitos de aminoácidos durante o estresse térmico pode representar o aumento da necessidade de precursores gliconeogênicos (GAO et al., 2017). Em vacas leiteiras sob estresse térmico também observa-se redução de 200 a 400g diárias na produção de lactose, sendo que a glicose é consumida em maior velocidade (WHEELLOCK et al. (2010). Nestas condições ocorre aumento da glicólise e da respiração anaeróbia para manter o equilíbrio energético (TIAN et al., 2015), sendo que a diminuição da glicemia pode explicar a redução do teor de lactose (SHWARTZ et al., 2009). As variações nos teores de proteína e lactose podem estar relacionadas a redução no consumo de alimento pelas vacas leiteiras em estresse térmico (RHOADS et al., 2009).

A eficiência alimentar (EA) em vacas em lactação tem se destacado em função da dificuldade de considerar os custos da alimentação individual, surgindo a necessidade de utilizar a informação genômica para modelar a heterogeneidade genética das vacas em lactação para EA, com finalidade de selecionar vacas mais eficientes na transformação do alimento consumido em leite produzido, considerando também o efeito do ambiente (HARDIE et al., 2017; YAO et al., 2017). A interação do modelo forneceu a maior precisão de previsão para peso corporal metabólico, que apresentou a maior estimativa de herdabilidade, variando de 0,37 a 0,55 para a EA, considerando o efeito ambiental (YAO et al., 2017).

O peso metabólico é o peso vivo (PV) elevado à potência 0,75 ( $PV^{0,75}$ ), o qual deveria ser utilizado apenas para as comparações entre espécies animais, entretanto tem sido utilizado para expressar o requerimento de energia e de consumo dos animais (VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994), o qual é uma medida importante porque evita erros muito grosseiros, cometidos quando se compara simplesmente o peso vivo dos animais, correlacionando o consumo de alimentos e as exigências nutricionais. O peso metabólico considera a taxa metabólica basal definida como o consumo de energia por unidade de peso corporal por unidade de tempo e varia como uma função da potência de expoente fracionário do peso corporal, então poderia ser uma alternativa como critério de seleção para eficiência alimentar (FORBES, 2007; NRC, 2001; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994; YAO et al., 2017).

A gestão do balanço energético através da lactação é necessária para maximizar a eficiência de produção de leite e a saúde animal. Os CHO compõem a maior fração da MS da dieta das vacas em lactação e variam muito em forma física e produtos de digestão. O tipo e oferta dos CHO interagem com o estado fisiológico das vacas para afetar a ingestão e partição de energia. A consideração das características físicas e de digestão das dietas, além da sua composição de nutrientes e a forma como elas interagem com os estágios fisiológicos das vacas em lactação podem afetar a ingestão e a partição de energia. Logo apresentam importância crucial para otimizar a alocação de forragem e suplementação de CHO para vacas em lactação, bem como para formular e ajustar dietas para maximizar o consumo voluntário e a produção de leite, bem como promover a saúde animal (ALLEN; PIANTONI, 2014).





## 2.2 META-ANÁLISE E ANÁLISE MULTIVARIADA

A metanálise e a modelagem animal são consideradas novas metodologias de pesquisa, que permitem identificar as lacunas que ainda necessitam de estudos aprofundados, podendo assim determinar o rumo dos novos investimentos da pesquisa (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006). A metanálise e a modelagem têm por vantagem a relação custo/benefício na pesquisa, melhorando a aplicação dos escassos recursos, porém necessitam que os dados obtidos sejam armazenados de maneira segura e recuperável (LUIZ, 2002). Porém, a maior frequência de metanálises publicadas na literatura científica, juntamente com o escasso financiamento para pesquisa, deve criar uma necessidade adicional para que as revistas científicas passem a garantir que os artigos publicados forneçam informações imprescindíveis para serem usadas em futuras metanálises (SAUVANT et al., 2008).

As etapas que devem ser seguidas para realizar a metanálise são a determinação do tema a ser estudado, seleção prévia das publicações a serem utilizadas na construção da base de dados, avaliação cuidadosa da literatura disponível para que a mesma contenha os parâmetros definidos como essenciais para a tabulação, interpretação e codificação precisa para o correto registro dos dados. Após formada a base de dados faz-se a análise gráfica para obter uma visão global e identificação das relações específicas a serem investigadas, seguida da escolha e aplicação de técnicas estatísticas apropriadas para análise de dados, seguida da interpretação dos resultados (SAUVANT et al., 2008). A metanálise é um método estatístico utilizado na análise, síntese e integração dos resultados dos estudos realizados por meio de sistematização, evitando tendenciosidade na seleção dos trabalhos e na interpretação dos resultados. Por sua vez a sistematização é uma revisão planejada para responder a uma pergunta específica e que utiliza métodos explícitos e sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar criticamente os estudos e para coletar e analisar os dados dos mesmos (CASTRO, 2001).

As metanálises podem ser definidas como revisões sistemáticas com dados agrupados, nos quais podem surgir problemas com agrupamento, correlações não lineares, falta de normalidade, os efeitos são multifatoriais e não uniformes, estudos pobres podem ser incluídos, a abrangência pode ser limitada e falta de homogeneidade. Porém apesar desses problemas a metanálise é uma atividade inestimável, visto que permite demonstrar que os dados científicos são consistentes e, conseqüentemente se podem ser generalizados para populações, variação de tratamentos e variação entre subgrupos. Os métodos metanalíticos também limitam o viés, melhoram a confiabilidade e a precisão das conclusões, e aumentam a potência e precisão do efeito de tratamento e exposição ao risco (CLEOPHAS; ZWINDERMAN, 2007), sendo que a

metanálise apresenta vantagem sobre as revisões clássicas por integrar os resultados da pesquisa e, principalmente, por fornecer uma conclusão quantitativa utilizável (LOVATTO et al., 2007; MARÍN et al., 2015; NORMAND, 1999).

Para avaliar os sistemas de produção de leite, assim como a cadeia produtiva do leite, deve-se utilizar a integração das variáveis qualitativas e quantitativas de interesse que o representam. A medida que aumenta a quantidade de estudos referente a determinado sistema, possibilita mensurar parâmetros, os quais em um único experimento não podem ser avaliados (ANDRETTA et al., 2009; RABIEE et al., 2012). O aumento do número de observações possibilita inferir maior confiabilidade aos resultados que serão usados para alterar os sistemas de produção, realizando uma abordagem sistêmica sobre o que foi estudado isoladamente (ANDRETTA et al., 2009; GIANNOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2002; HAUSCHILD et al., 2008), logo o maior poder estatístico pelo aumento substancial do tamanho da amostra estudada permite quantificar a resposta global de vários estudos (RABIEE et al., 2012).

O uso da informação já disponível pelo avanço da pesquisa permite uma síntese do estado da arte sobre o tema em estudo, podendo representar uma possibilidade de integrar o conhecimento produzido de forma fragmentada, presente nas principais revistas nacionais e internacionais (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006; SAUVANT et al., 2008), para usar estes diagnósticos na implantação de um sistema de gestão de controle de qualidade na cadeia produtiva do leite, contribuindo para determinar o conjunto de práticas gerenciais desenvolvidas e utilizadas eficientemente para garantir o sucesso do setor leiteiro (MACHADO; CASSOLI; SILVA, 2009), visando integrar o conhecimento disponível (OVIEDO-RONDÓN, 2007) na busca de criar modelos funcionais capazes de simular de forma satisfatória a realidade (LOVATTO et al., 2005). Portanto, a metanálise pode ser considerada uma opção promissora para a formação de banco de dados, visto que possui a capacidade de estabelecer diagnósticos, a partir de realidades já publicadas, utilizando adequadamente as informações disponíveis (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006), as quais permitem a integrar os resultados da pesquisa e, principalmente, por fornecer uma conclusão quantitativa utilizável (LOVATTO et al., 2007; MARÍN et al., 2015; NORMAND, 1999), bem como gerar modelos matemáticos que podem ser utilizados para melhorar o desempenho, reduzir os custos de produção e reduzir a excreção dos nutrientes, sendo que sua utilização para auxiliar nas decisões de produção está limitado pela disponibilidade de informações (TEDESCHI et al., 2005).

Logo, a metanálise permite integrar diversos fatores que relacionam a produção e composição do leite com a alimentação das vacas leiteiras. Desta forma, para considerar os

múltiplos fatores precisamos utilizar algumas técnicas de análise multivariada, como análise fatorial e de agrupamento, as quais permitem uma redução no número de parâmetros estimados sem causar redução significativa no ajuste. A utilização da análise fatorial permitiu a extração de quatro fatores que representam as relações entre a produção de leite, composição e capacidade de coagulação do leite, os quais foram interpretados como indicadores de composição do leite, coagulação, acidez e saúde da glândula mamária. No entanto, como uma enorme quantidade de informação vai exigir ferramentas estatísticas adequadas para fazer inferências sobre as causas de variação e estudar o padrão de relacionamentos, sendo que análise fatorial poderia representar uma opção valiosa nesse sentido (MACCIOTTA et al., 2012).

A análise de agrupamento é um conjunto de procedimentos que visa agrupar e discriminar grupos de indivíduos, regiões ou qualquer objeto. Os agrupamentos são baseados em distâncias, as quais são medidas matemáticas de similaridade, que podem ser geográficas, temporais ou baseadas em qualquer característica do objeto. Quando são utilizadas diversas variáveis é possível a construção de grupamentos onde o critério de similaridade está baseado entre diversas características. Na construção dos grupos a finalidade é que os objetos próximos fiquem no mesmo grupo, enquanto as maiores distâncias separem grupos (LEBART; MORINEAU; PIRON, 2000). A utilização de técnicas multivariadas como análise de agrupamento possibilita melhoria na caracterização e interpretação dos grupos formados, visto que permite a comparação dentro da unidade de produção e entre as unidades de produções que utilizam o sistema (TREMBLAY et al., 2016). A análise de componentes principais seguida da análise de agrupamento foram utilizadas para filtrar dados para obter estimativas precisas da composição médias dos nutrientes dos alimentos (YODER; R.; WEISS, 2014), bem como pode ser utilizado para identificar agrupamentos similares para serem utilizados em regressões logísticas (SISCHO et al., 2017).

O propósito de um modelo de simulação é descrever matematicamente a resposta de cada compartimento ou vários compartimentos ligados a uma variável ou a combinação de variáveis (THORNLEY; FRANCE, 2007). Portanto, a maioria dos modelos utilizados para a formulação de dietas animais usam combinações de abordagens mecanicistas e empíricas, são geralmente estáveis e estáticos e utilizam representações estatísticas de dados que representam a resposta de compartimentos inteiros agregados (TEDESCHI et al., 2005). Logo, modelos nos fornecem representações que podem ser utilizadas e um meio de aplicar os conhecimentos, de expressar a teoria e a avançar o entendimento, sendo que modelos são simplificações e não duplicação da realidade (FRANCE; KEBREAB, 2008). Proposta de pesquisa envolvendo

modelagem compreende um trabalho longo e coordenado entre pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento, mas principalmente uma mudança no pensamento dos pesquisadores do empirismo para o mecanicismo e a pesquisa guiada por hipóteses originadas por conhecimento integrado de todos os fatores que afetam ao animal. Os outros tipos de modelos não devem ser abandonados e seu desenvolvimento não foi inválido, pelo contrário, estes modelos mecânicos ao nível de componentes químicos ou de tecidos, ou ainda aqueles totalmente empíricos são válidos para estabelecer simulações e predições que podem complementar as descobertas em modelagem mecanicista. Portanto, é importante começar a integrar o conhecimento disponível em nutrição animal, o metabolismo e a expressão gênica para poder aplicar estas novas informações na vida prática e definir áreas de pesquisa cruciais para a evolução da nutrição animal (OVIEDO-RONDÓN, 2007). As colocações supracitadas são fundamentais para entender que a modelagem necessita de etapas básicas como a formação de banco de dados e o conhecimento do assunto como um todo para finalmente chegar na construção de um modelo matemático.

A falta de conhecimento ou conhecimento limitado de modelos matemáticos e como eles podem ser usados para projetar sistemas de alimentação e manejo de animais mais eficientes e rentáveis são os principais fatores que promovem uma percepção negativa de modelagem e simulação, dificultando assim seu desenvolvimento e aplicação mais ampla. Os modelos matemáticos têm um papel crucial na identificação das relações e na quantificação dos resultados esperados decorrentes de decisões alternativas nos cenários de produção, dado o contexto para o qual o modelo foi destinado a ser usado (TEDESCHI et al., 2015).

### 2.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.
- ALLEN, M. S.; PIANTONI, P. Carbohydrate Nutrition: Managing energy intake and partitioning through lactation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p.577–597, 2014.
- ANDRETTA, I. et al. Meta-análise do uso de ácido linoléico conjugado na alimentação de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 754–760, 2009.
- BRUN-LAFLEUR, L. et al. Predicting energy × protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 9, p. 4128–4143, 2010.
- CARVALHO, G. R.; ROCHA, D. T.; CARNEIRO, A. V. Indicadores: Leite e derivados. **Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite**, v. 8, n. 70, p. 19, 2017.
- CASTRO, A. A. **Revisão Sistemática e Meta-análise**. Disponível em: <<http://metodologia.org/wp-content/uploads/2010/08/meta1.PDF>>. Acesso em mar. 2017.
- CLEOPHAS, T. J.; ZWINDERMAN, A. H. Meta-analysis. **Circulation**, v. 115, n. 22, p. 2870–2875, 2007.
- DEVRIES, T. J.; DOHME, F.; BEAUCHEMIN, K. A. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3958–3967, 2008.
- DRACKLEY, J. K.; DONKIN, S. S.; REYNOLDS, C. K. Major advances in fundamental dairy cattle nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1324–1336, 2006.
- FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 4, p. 2662–2675, 2015.
- FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford, UK: CAB international, 2007.
- FOX, D. 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, n. 1–4, p. 29–78, fev. 2004.
- FRANCE, J.; KEBREAB, E. **Mathematical Modelling in Animal Nutrition**. Wallingford, UK: CABI, 2008.
- GAO, S. T. et al. The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 5040–5049, 2017.
- GAO, X.; OBA, M. Relationship of severity of subacute ruminal acidosis to rumen fermentation, chewing activities, sorting behavior and milk production in lactating dairy cows fed a high-grain diet. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 2009, p. 3006–3016, 2014.

GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Z. Meta-análise para estimativas de correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 435–440, 2002.

HALL, M. B. Feed analyses and their interpretation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, p. 487–505, 2014.

HARDIE, L. C. et al. The genetic and biological basis of feed efficiency in mid-lactation Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 9061–9075, 2017.

HAUSCHILD, L. et al. Relação do zinco e cobre plasmáticos com componentes nutricionais e desempenho de leitões : uma meta-análise. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 427–432, 2008.

HUHTANEN, P.; DETMANN, E.; KRIZSAN, S. J. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary , fecal , and animal variables. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5345–5357, 2016.

JENKINS, T. C.; HARVATINE, K. J. Lipid feeding and milk fat depression. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p. 623–642, 2014.

JENKINS, T. C.; MCGUIRE, M. A. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1302–1310, abr. 2006.

KEBREAB, E. et al. Recent advances in modeling nutrient utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 111–122, 2009.

KMICIKIEWYCZ, A. D.; HEINRICHS, A. J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 373–385, 2015.

LANZAS, C. et al. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 136, n. 3–4, p. 167–190, 2007.

LEAN, I. J.; GOLDER, H. M.; HALL, M. B. Feeding, evaluating and controlling rumen function. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, n. 3, p. 539–575, 2014.

LEBART, L.; MORINEAU, A.; PIRON, M. **Statistique exploratoire multidimensionnelle**. 3. ed. Paris: Dunod, 2000.

LE MOSQUET, S.; DELAMAIRE, E.; LAPIERRE, H. Effects of glucose, propionic acid and nonessential amino acids on glucose metabolism and milk yield in Holstein dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 7, p. 3244–57, jul. 2009.

LOVATTO, P. A. et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura Brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2348–2354, 2005.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - Enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

LOVATTO, P. A.; QUADROS, F. L. F.; SILVEIRA, V. A. **Modelagem animal: Análise e**

**perspectivas do ponto de vista acadêmico brasileiro.** (2, Ed.). SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM PRODUÇÃO ANIMAL. **Anais...**Santa Maria: Unipress Disc Records Ltda, 1 CD-ROM, 2006.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: Definição, Aplicações e Sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 407–428, 2002.

MACCIOTTA, N. P. P. et al. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 12, p. 7346–54, 2012.

MACHADO, P. F.; CASSOLI, L. D.; SILVA, A. L. DA. Metodo de gestão em sistema de produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 405–411, 2009.

MARÍN, A. L. M. et al. Metaanálisis del uso de semillas y aceites en la dieta de ovejas y cabras. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 821–828, 2015.

MCNAMARA, J. P. Role and regulation of metabolism in adipose tissue during lactation. **Nutritional Biochemistry**, v. 6, p. 120–129, 1995.

MERTENS, .D.R. Nonstrutural and strutural carbohydrates. In: **Large Dairy Herd Management**. Champaign: American Society of Agronomy, 1992. p. 219–235.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. G. C. Fahey,. 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450–493.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997.

MILLER-CUSHON, E. K.; DEVRIES, T. J. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 5, p. 4172–4183, 2017.

NASROLLAHI, S. M.; IMANI, M.; ZEBELI, Q. A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source and preservation method on feed intake, nutrient digestibility and performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 8926–8939, 2015.

NORMAND, S. T. Tutorial in biostatistics: Meta-analysis:formulating, evaluating, combining and reporting. **Statistics in Medicine**, v. 359, n. 18, p. 321–359, 1999.

NORO, G. et al. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1129–1135, 2006.

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

OVIEDO-RONDÓN, E. O. Modelagem por compartimentos para integrar e comunicar conhecimento em nutrição. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 305–313, 2007.

OWENS, F. N. et al. Acidosis in cattle : A review. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 275–

286, 1998.

PATTON, R. A.; HRISTOV, A. N.; LAPIERRE, H. Protein Feeding and balancing for amino acids in lactating dairy cattle. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, p. 599–621 2014.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of dairy science**, v. 0, n. 0, p. 1–13, 2017.

RABIEE, A. R. et al. effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components : a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3225–3247, 2012.

SAUVANT, D. et al. Meta-analysis of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.

SHAVER, R.; KAISER, R. **Top producing dairy herds in Wisconsin feed more forage than you may think.** Disponível em: <[http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/mfaforage\\_focusnov-2011shaver.pdf](http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/mfaforage_focusnov-2011shaver.pdf)>. Acesso em: set. 2017.

SISCHO, W. M. et al. Comparative composition, diversity and abundance of oligosaccharides in early lactation milk from commercial dairy and beef cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 5, p. 3883–3892, 2017.

SNIFFEN, C. J. et al. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow : Strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 10, p. 3160–3178, 1993.

TEDESCHI, L. O. et al. Mathematical models in ruminant nutrition. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 1, p. 76–91, 2005.

TEDESCHI, L. O. et al. Evaluation and application of the CPM Dairy Nutrition model. **The Journal of Agricultural Science**, v. 146, n. 2, p. 171–182, 2008.

TEDESCHI, L. O. et al. The role of ruminant animals in sustainable livestock intensification programs. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 22, n. 5, p. 452–465, 2015.

THORNLEY, J. H. M.; FRANCE, J. **Mathematical models in agriculture – Quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences.** 2. ed. Wallingford, UK: CABI, 2007.

TREMBLAY, M. et al. Customized recommendations for production management clusters of North American automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 7, p. 5671–5680, 2016.

VAN SOEST, A. J.; BOBBERT, M. F.; SCHENAU, G. J. V. I. A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. **Journal of Neurophysiology**, v. 71, n. 4, p. 1390–1402, 1994.

YANO, M.; SHIMADZU, H.; ENDO, T. Modelling temperature effects on milk production: A study on Holstein cows at a Japanese farm. **SpringerPlus**, v. 3, n. 1, p. 129–140, 2014.



YAO, C. et al. Use of genotype  $\times$  environment interaction model to accommodate genetic heterogeneity for residual feed intake, dry matter intake, net energy in milk and metabolic body weight in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2007–2016, 2017.

YODER, P. S.; R., S.-P. N.; WEISS, W. P. A statistical filtering procedure to improve the accuracy of estimating population parameters in feed composition databases. **Journal of dairy science**, v. 97, p. 5645–5656, 2014.

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



## CAPÍTULO II

### 1 ANÁLISE DE META MULTIVARIADA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO

#### 1.1 FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS

Este trabalho é oriundo do projeto de pesquisa “Sistemas de Alimentação de Bovinos de Leite no Brasil – Estudo Metanalítico”, realizado em parceria entre os grupos de pesquisa Gestão na Integração Produção Vegetal com a Produção de Ruminantes da Universidade Federal de Santa Maria Campus Palmeira das Missões e o grupo de Produção Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina. Ambos têm trabalhado em conjunto utilizando a técnica de metanálise com objetivo de conhecer o atual estado da arte das pesquisas brasileiras na área de produção de alimentos, alimentação e desempenho de vacas leiteiras, buscando identificar os caminhos que necessitam de estudos para o avanço da cadeia produtiva do leite como um todo.

As etapas que devem ser seguidas para realizar a metanálise são a determinação do tema a ser estudado, seleção prévia das publicações a serem utilizadas na construção da base de dados, avaliação cuidadosa da literatura disponível para que a mesma contenha os parâmetros definidos como essenciais para a tabulação, interpretação, codificação e correto registro dos dados. Após formada a base de dados faz-se necessária a análise gráfica das variáveis para obter uma visão global e identificar as relações específicas a serem investigadas, seguida da escolha e aplicação de técnicas estatísticas apropriadas para análise dos dados e interpretação dos resultados (SAUVANT et al., 2008). Porém diante da visão global do sistema proporcionado pelos estudos metanalíticos, a utilização de mapas conceituais para integrar os diferentes fatores envolvidos torna-se indispensável. Logo, o mapa conceitual da produção e composição do leite em função da alimentação das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil será apresentado na sequência.

A técnica de metanálise foi utilizada para a formação da base de dados sobre a produção e composição do leite em função da alimentação das vacas em condições experimentais no Brasil, a qual foi constituída pelo levantamento de trabalhos científicos, de domínio público, através de pesquisas eletrônicas nos sites do *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) <http://www.scielo.br>, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) <http://www.ibict.br>, Google Acadêmico <http://scholar.google.com.br/> e nas principais revistas da área. Anteriormente à busca definiu-se que seriam coletados trabalhos publicados e/ou

desenvolvidos entre janeiro de 2000 e dezembro de 2015, período no qual as pesquisas relacionadas a alimentação de vacas em lactação foram intensificadas no Brasil, compreendendo 16 anos de pesquisas sobre o número e a proporção de volumosos e dos ingredientes do concentrado, composição da dieta, consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e composição do leite das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil. O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se nas metodologias descritas por LOVATTO et al. (2007), NORMAND (1999) e SAUVANT et al. (2008).

As publicações (artigos, teses e dissertações) foram recuperadas por meio da leitura do resumo. Posteriormente, os trabalhos foram lidos em sua totalidade, sendo que para ser selecionado para a tabulação em planilha eletrônica do Microsoft Excel<sup>®</sup> era imprescindível que os trabalhos apresentassem dados sobre o número e a proporção de volumosos e dos ingredientes do concentrado, composição da dieta, consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e composição do leite das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil. Ressalta-se que foram tabulados somente as publicações em sistema de confinamento, portanto experimentos a pasto não foram tabulados, bem como experimentos que apresentavam inconsistência nos resultados. Além disso, também houve o cuidado para que o trabalho não fosse tabulado duas vezes, ou seja, na forma de dissertação ou tese e como artigo.

A base de dados geral utilizada para a realização de cálculos, bem como possíveis divisões para estudos posteriores que serão apresentados na sequência e estudos futuros ficou composta de 169 experimentos, com 670 tratamentos, envolvendo 5.457 vacas em lactação. Ressalta-se que as referências bibliográficas citadas nos estudos futuros serão reportadas a este capítulo da tese.

Os trabalhos tabulados compreendem variáveis referente ao número e a proporção de volumosos e de ingredientes do concentrado, peso vivo, dias em lactação, composição da dieta, consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e composição do leite das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil, os quais são citados na sequência: Abud (2012), Almeida (2014), Alves et al. (2007), Alves (2010), Alves et al. (2010ab), Amaral et al. (2014), Amorim (2011), Andrade et al. (2002), Aquino et al. (2007), Araújo et al. (2004), Araújo (2013), Arcari (2013), Assis et al. (2004), Barbabé et al. (2007), Barbosa et al. (2004), Barletta et al. (2012), Bezerra et al. (2002), Bispo et al. (2010), Bitencourt (2008), Bumbieris Junior et al. (2007), Caetano (2014), Calomeni (2011), Carareto (2007), Carvalho (2010), Cavalcanti et al. (2008), Chizzotti et al. (2007), Cordeiro et al. (2007), Corrêa et al. (2003), Costa et al. (2005), Costa et al. (2009), Costa et al. (2011), Cortinhas et al. (2012), Coutinho et al. (2014), Cunha et al. (2012), D'Angelo (2009), Dias et al. (2001), Del Valle (2014), Duarte

et al. (2005), Eifert et al. (2005), Eifert et al. (2006), Fernandes et al. (2002), Figueiroa (2010), Filgueiras Neto (2011), Freitas et al. (2009), Freitas Júnior et al. (2010), Freitas Júnior et al. (2013), Frota et al. (2014), Geron et al. (2010), Gonçalves et al. (2014), Granda et al. (2010), Granda (2012), Guidi et al. (2007), Imaizumi et al. (2002), Imaizumi et al. (2006), Jesus (2011), Jobim et al. (2002), Jobim et al. (2006), Laguna et al. (2013), Leite et al. (2006), Leite (2006), Lima et al. (2002), Lima (2003), Lima et al. (2009), Machado (2014), Madeira (2004), Magalhães et al. (2003), Magalhães et al. (2006), Magalhães et al. (2008), Martins et al. (2011), Matos et al. (2000), Melo et al. (2003), Melo et al. (2005), Melo et al. (2006), Mendonça et al. (2004), Migliano (2013), Mingoti (2013), Morais Junior (2013), Moreira et al. (2001), Naves et al. (2013), Naves et al. (2015), Neto et al. (2013), Neves Neto (2009), Nörnberg et al. (2004), Nörnberg et al. (2006), Nussio et al. (2002), Oliveira (2001), Oliveira et al. (2001), Oliveira et al. (2007abcd), Oliveira et al. (2010), Oliveira et al. (2011), Oliveira et al. (2014), Paiva et al. (2013), Panichi (2009), Pedroso et al. (2007), Pedroso et al. (2009), Pereira et al. (2003), Pereira et al. (2005ab), Pereira et al. (2011), Pereira et al. (2012), Pimentel et al. (2007), Pimentel et al. (2013), Pimentel et al. (2014), Pina et al. (2006), Pires et al. (2008ab), Pires et al. (2010), Possatti et al. (2015), Queiroz et al. (2008), Ramalho et al. (2006ab), Ramos et al. (2015), Rangel et al. (2008), Rennó et al. (2006), Ribeiro et al. (2004), Ribeiro (2009), Rocha et al. (2006ab), Rocha Filho (2012), Sá Fortes et al. (2008), Salvador et al. (2008), Sancanari et al. (2001), Santiago (2013), Santos et al. (2001abc), Santos et al. (2006), Santos et al. (2007), Santos (2008), Santos et al. (2009ab), Santos (2010ab), Santos et al. (2011), Santos (2011), Santos et al. (2012), Scoton (2003), Sforcini (2009), Sforcini (2014), Siécola Júnior et al. (2014), Silva et al. (2001), Silva et al. (2004), Silva et al. (2005), Silva (2006), Silva et al. (2007), Silva et al. (2009), Silva et al. (2011), Silva (2014), Soares et al. (2004), Soares et al. (2005), Souza et al. (2005), Souza et al. (2009), Souza et al. (2010), Souza et al. (2015), Stelzer et al. (2009), Tavares et al. (2011), Teixeira et al. (2010), Teixeira Junior (2008), Todero (2014), Wanderley et al. (2002), Wanderley et al. (2012), Welter (2015), Wernersbach Filho et al. (2006), Wilbert et al. (2013), Vargas et al. (2002), Venturelli (2011), Viero et al. (2010), Vilela et al. (2003), Vilela et al. (2007), Vilela (2009), Voltolini et al. (2008), Zervoudakis et al. (2010).



## 1.2 MAPA CONCEITUAL RESUMIDO

A nutrição de vacas em lactação de raças especializadas (Holandês e Jersey) em países tropicais como o Brasil, pode ser considerada complexa, em função das distintas interações que ocorrem entre os diversos fatores que agem sobre o desempenho animal. Assim, muitas vezes o consumo voluntário potencializado não é alcançado e, por conseguinte gera mudanças metabólicas indesejadas, comprometendo o atendimento das exigências energéticas e repercutindo sobre os índices produtivos e reprodutivos do rebanho. Como a tese foi desenvolvida com banco de dados envolvendo trabalhos científicos publicados no Brasil durante 16 anos consecutivos, entende-se que a melhor forma para compreender as distintas interações possíveis é através de um mapa conceitual resumido, o qual é apresentado na Figura 1.

Dessa forma, começa com as análises da composição bromatológica de cada alimento que compõem a dieta, visando o conhecimento das características individuais para conseguir formular de forma diversificada e balanceada a dieta. Os ruminantes possuem um diferencial que é a degradação dos carboidratos (CHO), os quais compreendem entre 70 a 80% da ração e são importantes na nutrição, porque fornecem grande parte da energia e são precursores para síntese de componentes do leite (HALL, 2014; MERTENS, 1992, 1994). Os CHO que compõem os alimentos possuem duas constituições, fibrosos e não fibrosos. Os fibrosos, no caso a celulose e hemicelulose, provenientes das pastagens ou de alimentos volumosos conservados (silagens e fenos) e os CNF, como o amido, pectina e açúcares, proveniente dos grãos e subprodutos que compõem o concentrado.

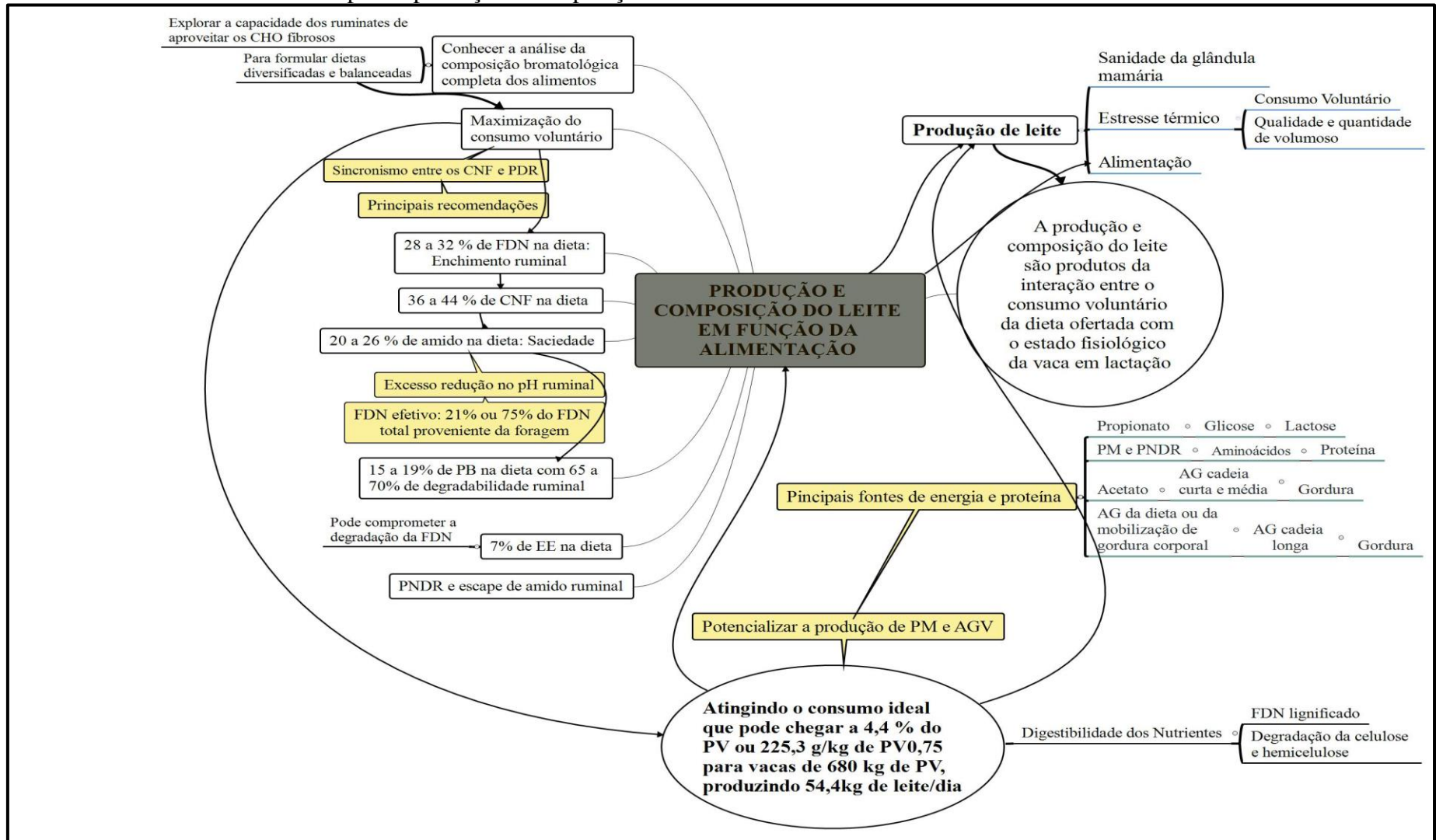
A degradação dos CHO ocorre pela ação das bactérias ruminais, que são classificadas como bactérias que fermentam CHO fibrosos, as quais degradam celulose e hemicelulose, possuem crescimento lento e utilizam amônia para a síntese de proteína microbiana e como bactérias que fermentam CHO não fibrosos, amido, pectina e açúcares que apresentam crescimento mais rápido e utilizam amônia e aminoácidos como fonte de nitrogênio. Assim, taxa de crescimento bacteriano é definida pela quantidade de carboidrato que é degradada no rúmen e a taxa de digestão dos CHO, desde que as fontes de nitrogênio e outros nutrientes essenciais estejam disponíveis (HALL, 2014; LANZAS et al., 2007; NRC, 2001).

A dieta fornecida conseqüentemente precisa ser consumida, buscando maximizar o consumo voluntário, o qual para vacas com 680kg de peso vivo (PV) é de 3,5% do PV, quando produzem 35Kg de leite/dia e de 4,4% do PV com produção de 54,4kg de leite/dia, sendo que ambos são constituídos por 3,5, 3,0 e 4,8% para os teores de gordura, proteína e lactose, o que

corresponde a aproximadamente 173,3 e 225,3 g/kg PV<sup>0,75</sup> (NRC, 2001). Para conseguir potencializar o consumo voluntário é imprescindível observar alguns fatores fundamentais no momento da formulação das dietas, como o sincronismo entre os CHO não fibrosos (CNF) com a proteína degradável no rúmen (PDR), potencializando a produção de proteína microbiana (PMIC) e, conseqüentemente a produção de ácidos graxos voláteis que são as principais fontes de energia e proteína para as vacas em lactação.



Figura 1 – Mapa conceitual resumido da alimentação das vacas em lactação com a finalidade de atender as exigências energéticas e proteicas para fornecer os nutrientes necessários para a produção e composição do leite.



As recomendações de 28 a 32% de FDN nas dietas devem ser respeitadas em função da limitação do consumo voluntário pelo enchimento ruminal (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014; NRC, 2001). Quando o fornecimento de elevadas quantidades de concentrado é necessário, deve-se tomar cuidado para evitar acidose e outros problemas metabólicos, sendo que a concentração máxima indicada é de 36 a 44% de CNF (NRC, 2001). Considerando que os CNF são rapidamente fermentados no rúmen (HALL, 2014) e que dentre eles está o amido, o qual deve estar entre 20 e 30% na dieta (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014), sendo que a concentração ótima para vacas em lactação não está bem definida, mas para evitar acidose e outros problemas metabólicos, a concentração máxima é de 30 a 40% na MS (NOCEK, 1997). Uma vez que o elevado teor de CNF, principalmente com altos teores de amido, limitam a ingestão de alimentos através do controle da saciedade, por aumentar os precursores de glicose e a energia hepática, causando oxidação hepática, reduzindo o pH ruminal e, conseqüentemente podendo alterar as vias de biohidrogenação ruminal, o que diminui a concentração e o rendimento de gordura do leite (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014).

Em casos de acidose, ou qualquer outro problema que ocasione redução no pH ruminal deve-se observar o teor de FDN fisicamente efetivo, o qual é uma manta de fibra flutuante formada no rúmen por partículas de fibra longa, com a finalidade de estimular a ruminação e a motilidade ruminal, bem como promover a secreção de saliva, mantendo a estabilidade do pH e a saúde do rúmen e, conseqüentemente, conteúdo de gordura do leite (MERTENS, 1997, 1994; NRC, 2001). Os valores recomendados estão na faixa de 19 a 21% de FDN efetivo (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014), ou do total de 28 a 32% de FDN na MS da dieta 75% deve ser proveniente de volumosos (NRC, 1989) e, ainda, para cada unidade percentual de redução no teor de FDN oriundo de volumoso é recomendado aumentar duas unidades percentuais no teor de FDN total da dieta e reduzir duas unidades percentuais no teor de CNF da dieta (NRC, 2001), enquanto que o FDN fisicamente efetivo quantifica o tamanho de partícula, sendo considerada as partículas maior que 8 mm (ZEBELI et al., 2012), ou o percentual da dieta total retida na peneira de 4,0 mm do separador de partículas (KMICIKIEWYCZ; HEINRICHS, 2015).

Quando as vacas em lactação recebem uma dieta que permite alcançar o consumo ideal ainda é necessário observar a digestibilidade da MS e, principalmente do teor de FDN que em função do aumento da lignificação pode prejudicar o aproveitamento dos nutrientes, em especial a degradação da hemicelulose e celulose (VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994; HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016), visto que estes fatores podem

comprometer a produção e composição do leite. Ainda em relação a digestibilidade dos alimentos fibrosos é necessário ter cuidado com a redução do pH ruminal e a utilização de extrato etéreo na dieta, visto que ambos comprometem a degradação da FDN (ALLEN; PIANTONI, 2014; JENKINS; HARVATINE, 2014). Outro fator importante é o escape de amido ruminal que ocorre em função da taxa de passagem em vacas de alta produção, o qual é digerido e absorvido no intestino, contribuindo como fonte de energia (ALLEN; PIANTONI, 2014). Por outro lado, ressalta-se a importância PNDR, para complementar o fornecimento de aminoácidos que serão absorvidos no intestino delgado (PATTON; HRISTOV; LAPIERRE, 2014).

A composição da dieta influi na fermentação do rúmen e os produtos dessa fermentação não somente fornecem ao animal a energia necessária para o seu metabolismo, como também disponibilizam os principais precursores para a síntese da gordura, da proteína e da lactose do leite (NRC, 2001). A produção de leite está intimamente relacionada ao consumo de alimentos. Portanto, é imprescindível haver consumo de nutrientes em quantidade e com qualidade que atendam às exigências nutricionais de manutenção, produção e reprodução das vacas leiteiras (FOX et al., 2004), bem como forneçam nutrientes para a síntese dos componentes do leite.

A gordura do leite é constituída principalmente por triglicerídeos, os quais são formados por três moléculas de ácidos graxos em ligação covalente a molécula de glicerol. A maioria dos ácidos graxos de cadeia curta e média são formados no epitélio da glândula mamária, pela síntese *de novo*, tendo como principal precursor o ácido acético produzido no rúmen pela degradação dos CHO fibrosos. Enquanto que os ácidos graxos de cadeia longa são absorvidos da corrente sanguínea para glândula mamária, provenientes da dieta ou da mobilização de reservas corporais (JENKINS; MCGUIRE, 2006; NRC, 2001). A lactose, principal carboidrato do leite, tem como precursor a glicose (LEMOUQUET; DELAMAIRE; LAPIERRE, 2009), que é proveniente na grande maioria da fermentação dos CNF no rúmen, o qual produz ácido propiônico que é absorvido e metabolizado em glicose no fígado, logo a glicose é utilizada na síntese de lactose, principal determinante da produção de leite (NRC, 2001; ALLEN; PIANTONI, 2014). A proteína do leite é sintetizada no epitélio da glândula mamária utilizando os aminoácidos absorvidos no intestino e que são extraídos da corrente sanguínea, tendo como principal origem a PMIC (NRC, 2001; PATTON; HRISTOV; LAPIERRE, 2014). Em função destas informações o funcionamento e a saúde são primordiais para a produção e composição do leite.

A formação de banco de dados, por meio da metanálise, utilizando artigos já publicados necessita de análises estatísticas descritivas minuciosas para conhecer o conjunto de dados

formados, bem como exige análises apropriadas, como análise fatorial e de agrupamento, que permitem capturar o efeito dos múltiplos fatores envolvidos com integração da composição da dieta e sua influência no consumo voluntário, aproveitamento dos nutrientes e, conseqüentemente no fornecimento de nutrientes para a produção e composição do leite. Neste caso, a utilização da análise multivariada é fundamental, principalmente a análise de agrupamento que permite a formação de grupos com características distintas, permitindo caracterizar as diferentes situações que representam a produção e composição do leite em função da alimentação das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil.

A análise de agrupamento é um conjunto de procedimentos que visa agrupar e discriminar grupos de indivíduos, regiões ou qualquer objeto. Os agrupamentos são baseados em distâncias, as quais são medidas matemáticas de similaridade. Quando são utilizadas diversas variáveis é possível a construção de agrupamentos onde o critério de similaridade está baseado entre diversas características. Na construção dos grupos, a finalidade é que os objetos próximos fiquem no mesmo grupo, enquanto as maiores distâncias separem grupos (LEBART; MORINEAU; PIRON, 2000). A análise de agrupamento permite a melhor caracterização e interpretação dos grupos formados no estudo das unidades de produção de leite, auxiliando na tomada de decisão na gestão das propriedades, uma vez que permite comparar as características do sistema de produção dentro da unidade e entre as unidades de produção (TREMBLAY et al., 2016).

A presente tese de doutorado será apresentada em cinco capítulos, sendo que os quatro primeiros capítulos, na sequência, referem-se aos artigos que buscam responder o objetivo geral da tese que é avaliar o estado da arte referente aos fatores que interferem na variação da produção e composição do leite e sua relação com a alimentação das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil e finalizando com as considerações finais. Logo, o capítulo III refere-se a “Sistematização científica sobre os alimentos utilizados em experimentos com vacas leiteiras no Brasil”; o IV a “Produção e composição do leite em função da alimentação de vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil – Metanálise”; o V a “Produção e composição do leite em função da alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu em condição experimental no Brasil – Metanálise”; o VI a “Volumosos na alimentação de vacas das raça Holandês e Mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil”.

### 1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.

ALLEN, M. S.; PIANTONI, P. Carbohydrate Nutrition: Managing energy intake and partitioning through lactation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p.577–597, 2014.

FOX, D. 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, n. 1–4, p. 29–78, fev. 2004.

HALL, M. B. Feed analyses and their interpretation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, p. 487–505, 2014.

HUHTANEN, P.; DETMANN, E.; KRIZSAN, S. J. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary , fecal , and animal variables. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5345–5357, 2016.

JENKINS, T. C.; HARVATINE, K. J. Lipid feeding and milk fat depression. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p. 623–642, 2014.

JENKINS, T. C.; MCGUIRE, M. A. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1302–1310, abr. 2006.

KMICIKIEWYCZ, A. D.; HEINRICHS, A. J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 373–385, 2015.

LANZAS, C. et al. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 136, n. 3–4, p. 167–190, 2007.

LEAN, I. J.; GOLDBERGER, H. M.; HALL, M. B. Feeding, evaluating and controlling rumen function. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, n. 3, p. 539–575, 2014.

LEBART, L.; MORINEAU, A.; PIRON, M. **Statistique exploratoire multidimensionnelle**. 3. ed. Paris: Dunod, 2000.

LEMOSQUET, S.; DELAMAIRE, E.; LAPIERRE, H. Effects of glucose, propionic acid and nonessential amino acids on glucose metabolism and milk yield in Holstein dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 7, p. 3244–57, jul. 2009.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - Enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

MERTENS, .D.R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: **Large Dairy Herd Management**. Champaign: American Society of Agronomy, 1992. p. 219–235.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. G. C. Fahey, 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450–493.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997.

NOCEK, J. E.; Bovine acidosis: Implications on Laminitis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 5, p. 1005 – 1028, 1997.

NORMAND, S. T. Tutorial in biostatistics: Meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting. **Statistics in Medicine**, v. 359, n. 18, p. 321–359, 1999.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2001.

PATTON, R. A.; HRISTOV, A. N.; LAPIERRE, H. Protein feeding and balancing for amino acids in lactating dairy cattle. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30. p. 599–621 2014.

SAUVANT, D. et al. Meta-analysis of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.

TREMBLAY, M. et al. Customized recommendations for production management clusters of North American automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 7, p. 5671–5680, 2016.

VAN SOEST, A. J.; BOBBERT, M. F.; SCHENAU, G. J. V. I. A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. **Journal of Neurophysiology**, v. 71, n. 4, p. 1390–1402, 1994.

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

#### 1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA BASE DE DADOS

- ABUD, G. D. C. **Levedura (*saccharomyces cerevisiae*) na alimentação de vacas da raça holandesa**. 2012. 46 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal.2012
- ALMEIDA, G. F. DE. **Sementes oleaginosas na alimentação de vacas em lactação**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal. Pirassununga, 2014
- ALVES, A. C. D. N. **Utilização de cana-de-açúcar hidrolisada e fontes lipídicas na alimentação de vacas girolandas em lactação**. 2010. 134 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal 2010
- ALVES, A. C. D. N. et al. Desempenho produtivo de vacas mestiças alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada e “ in natura ”. **Nucleus Animalium**, v. 2, f. 123–130, 2010.
- ALVES, A. C. D. N. et al. Substituição parcial de silagem de milho por farelo de glúten de milho desidratado na alimentação de vacas holandesas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, f. 1590–1596, 2007.
- ALVES, A. F. et al. Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia em dietas para vacas leiteiras em produção: consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e produção leiteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, f. 532–540, 2010.
- AMARAL, R. C. DO et al. The influence of covering methods on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 9, f. 471–478, 2014.
- AMORIM, G. L. **Concentrados comerciais com diferentes teores de proteína bruta para vacas em lactação submetidas a dietas com palma forrageira**. 2011. 81 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.
- ANDRADE, D. K. B. DE et al. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, f. 2088–2097, 2002.
- AQUINO, A. A. et al.. Efeito de níveis crescentes de uréia na dieta de vacas em lactação sobre a produção e a composição físico-química do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, f. 881–887, 2007.
- ARAÚJO, C. E. DE. **Fontes de ácidos graxos  $\omega$  -6 na alimentação de vacas leiteiras**. 2013. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Pirassununga, 2013.
- ARAÚJO, F. R. B. et al. Substituição do Milho por Palma Forrageira em Dietas Completas para Vacas em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, f. 1850–1857, 2004.
- ARAÚJO TEIXEIRA, R. M. et al. Desempenho produtivo de vacas da raça Gir leiteira em

confinamento alimentadas com níveis de concentrado e proteína bruta nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, f. 2527–2534, 2010.

ARCARI, M. A. **Produção, composição, consumo e digestibilidade em vacas recebendo milho reidratado e ensilado com silagem de cana de açúcar como volumoso**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Pirassununga, 2014.

ASSIS, A. J. DE et al. Polpa Cítrica em Dietas de Vacas em Lactação . 2 . Digestibilidade dos Nutrientes em nutrientes em dois períodos de coleta de fezes, pH e nitrogênio amoniacal do líquido ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, f. 251–257, 2004.

BARBOSA, O. R. et al. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta na produção de leite e nas respostas fisiológicas em vacas lactantes da raça Holandesa em ambiente quente. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 26, n. 1, f. 109–114, 2004.

BARLETTA, R. V. et al. Desempenho e parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras alimentadas com grão de soja. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 236, f. 483–492, 2012.

BARNABÉ, É. D. C. et al. Fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais para vacas em lactação. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 29, n. 2, f. 209–216, 2007.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. DE A.; VÉRAS, A. S. C.; MODESTO, E. C.; GUIMARÃES, A. V.; PESSOA, R. A. S. Comportamento ingestivo de vacas em lactação e de ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, f. 2024–2031, 2010.

BITENCOURT, L. L. **Desempenho e eficiência alimentar de vacas leiteiras suplementadas com levedura viva**. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008

BUMBIERIS JUNIOR, V. H. et al. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa alimentadas com silagens de grama estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Acta Scientiarum. Animal sciences**, v. 29, n. 2007, f. 71–78, 2007.

CAETANO, L. B. U. **Desempenho produtivo e parâmetros metabólicos de vacas leiteiras alimentadas com rações contendo silagem de milho e/ou sorgo**. 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. 2014.

CALOMENI, G. D. **Utilização de ureia encapsulada de liberação lenta na alimentação de vacas em lactação**. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Pirassununga, 2012.

CARARETO, R. **Uso de uréia de liberação lenta para vacas alimentadas com silagem de milho ou pastagens de capim Elefante manejadas com intervalos fixos ou variáveis de desfolhas**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

CARVALHO, E. R. DE. **Valor nutritivo do glicerol e comportamento ingestivo de vacas leiteiras periparturientes**. 2010. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade



Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

CAVALCANTI, C. V. DE A. et al. Palma forrageira enriquecida com uréia em substituição ao feno de capimtifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 689–693, 2008.

CHIZZOTTI, M. L. et al. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 138–146, 2007.

CORDEIRO, C. F. D. A. et al. Consumo e digestibilidade total dos nutrientes e produção e composição do leite de vacas alimentadas com teores crescentes de proteína bruta na dieta contendo cana-de-açúcar e concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 2118–2126, 2007.

CORRÊA, C. E. S. et al. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 4, p. 621–629, 2003.

CORTINHAS, C. S. et al. Organic and inorganic sources of zinc , copper and selenium in diets for dairy cows : intake , blood metabolic profile , milk yield and composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 6, p. 1477–1483, 2012.

COSTA, D. A. DA et al. Produção e composição do leite de vacas submetidas à dieta contendo diferentes níveis de caroço de algodão. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 32, n. 1, p. 2001–2010, 2011.

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

COSTA, M. G. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2437–2445, 2005.

COUTINHO, D. A. et al. Intake, digestibility of nutrients , milk production and composition in dairy cows fed on diets containing cashew nut shell liquid. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 3, p. 311–316, 2014.

CUNHA, O. F. R. et al. Avaliação Bioeconômica Do Uso Da Torta De Dendê Na Alimentação De Vacas Leiteiras. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 3, p. 315–322, 2012.

D'ANGELO, L. S. **Fontes de gordura na alimentação de vacas leiteiras no período de transição e início de lactação**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Pirassununga, 2009.

DIAS, A. M. A. et al. Efeito do Estádio Vegetativo do Sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a Composição Química da Silagem, Consumo, Produção e Teor de Gordura do Leite para Vacas em lactação, em Comparação à Silagem de Milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2086–2092, 2001.

DUARTE, L. M. D. A. et al. Efeito de Diferentes Fontes de Gordura na Dieta de Vacas Jersey sobre o Consumo, a Produção e a Composição do Leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2020–2028, 2005.

EIFERT, E. D. C. 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.

EIFERT, E. D. C. et al. Efeitos do Fornecimento de Monensina e Óleo de Soja na Dieta sobre o Desempenho de Vacas Leiteiras na Fase Inicial da Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2123–2132, 2005.

FERNANDES, J. J. D. R. et al. Teores de caroço de algodão em dietas contendo silagem de milho para vacas em lactação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1071–1077, 2002.

FERREIRA FIGUEIROA, F. J. **Perfil De Ácidos Graxos Do Leite , Textura Da Manteiga E Comportamento Ingestivo De Vacas Da Raça Holandesa Alimentadas Com Grão De Girassol Peletizado E / Ou Lignosulfonato**. 2010. 41 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, 2010.

FILGUEIRAS NETO, G. **Substituição parcial do farelo de soja por ureia encapsulada para vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar**. 2011. 62 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

FREITAS, J. A. et al. Extrato etanólico de própolis na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 333–343, 2009.

FREITAS, J. E. J. DE et al. Desempenho produtivo e composição da fração proteica do leite de vacas leiteiras sob suplementação com fontes de gordura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 845–852, 2010.

FREITAS JÚNIOR, J. E. DE et al. Nutrients balances and milk fatty acid profile of mid lactation dairy cows supplemented with unsaturated fatty acid. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 14, n. 2, p. 322–335, 2013.

FROTA, H. N. et al. Suplementação de lisina e metionina em associação ou não com o óleo de soja na dieta de vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v. 66, n. 4, p. 1121–1128, 2014.

GANDRA, J. R. et al. Nutrients balances and milk fatty acid profile of mid lactation dairy cows supplemented with monensin. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 1180–1196, 2012.

GANDRA, J. R. et al. Productive performance and milk protein fraction composition of dairy cows supplemented with sodium monensin. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1810–1817, 2010.

GERON, L. J. V. et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 69–76, 2010.

GONÇALVES, G. D. S. et al. Replacement of soybean meal by conventional and coated urea in dairy cows: intake, digestibility, production and composition of milk. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 1, p. 71–78, 2014.

GUIDI, M. T. et al. Efeito de fontes e teores de proteína sobre digestibilidade de nutrientes e desempenho de vacas em lactação. p. 325–331, 2007.

IMAIZUMI, H. et al. Fontes protéicas e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para alimentar vacas leiteiras Hugo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1413–1420, 2006.

IMAIZUMI, H. et al. Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína na dieta sobre o desempenho, fermentação ruminal e parâmetros sanguíneos de vacas da raça Holandesa em final de lactação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1031–1037, 2002.

JESUS, E. F. DE. **Fontes nitrogenadas e teor de proteína bruta em dietas com cana-de-açúcar para vacas lactantes: consumo, digestibilidade, fermentação ruminal, balanço de energia, produção e composição do leite**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Pirassununga, 2011.

JOBIM, C. C. et al. Produção E Composição Do Leite De Vacas Da Raça Holandesa Alimentadas Com Fenos De Alfafa E De Tifton-85 E Silagem De Milho. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 1998, p. 1039–1043, 2002.

JOBIM, C. C. et al. Desempenho animal e viabilidade econômica do uso da silagem de capim-Elefante em substituição a silagem de milho para vacas em lactação. **Acta Scientiarum. Animal sciences**, v. 28, n. 2, p. 137–143, 2006.

LAGUNA, J. G. et al. Alimentação de vacas F1 Holandês x Zebu com suplementos nitrogenados e monensina sódica: avaliação do consumo, parâmetros ruminais e produção de leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 841–846, 2013.

LEITE, L. A. et al. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: Consumo e digestibilidade aparente. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 6, p. 1192–1198, 2006.

LEITE, L. C. **Perfil de ácidos graxos do leite e metabolismo de lipídios no rúmen de vacas recebendo dietas com ou baixo teor de concentrado e óleo de soja ou de peixe**. 2006. 97 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006

LIMA, L. G. DE et al. Fontes de amido e proteína para vacas leiteiras em dieta à base de capim elefante. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 19–27, 2002.

LIMA, M. L. M. **Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos**. 2003. 121 f. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

LIMA, M. L. M. et al.. Substituição do milho triturado por casca de soja em dietas para vacas mestiças em lactação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1037–1043, 2009.

- MACHADO, A. S. **Suplementação de vacas lactantes com gérmen integral de milho**. 2014. 118 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, 2014.
- MADEIRA, B. C. **Diferentes formas físicas da ração para vacas holandesas**. 2004. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2004
- MAGALHÃES, A. L. R. et al. Cana-de-Açúcar em Substituição à Silagem de Milho em Dietas para Vacas em Lactação: Desempenho e Viabilidade Econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1292–1302, 2004.
- MAGALHÃES, A. L. R. et al. Resíduo proveniente do beneficiamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para vacas em lactação: Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e eficiência de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 529–537, 2008.
- MAGALHÃES, V. J. DE A.; RODRIGUES, P. H. M. Desempenho Produtivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Silagem Pré-Seca de Alfafa Adicionada de Inoculante Microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 2016–2022, 2003.
- MARTINS, S. C. DOS S. G. et al. Consumo, digestibilidade, produção de leite e análise econômica de dietas com diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 12, n. 3, p. 691–708, 2011.
- MATTOS, L. M. E. DE; et al. Associação da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) com Diferentes Fontes de Fibra na Alimentação de Vacas 5/8 Holandês-Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2128–2134, 2000.
- MELO, A. A. S. DE et al. Carozo de algodão como fonte de fibra e proteína em dietas à base de palma forrageira para vacas em lactação: digestibilidade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 3, p. 355–362, 2005.
- MELO, A. A. S. DE et al. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com carozo de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1165–1171, 2006.
- MELO, A. A. S. DE 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.
- MENDONÇA, S. DE et al. 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.
- MIGLIANO, M. E. D. A. **Farelo de algodão e grão de soja integral em dietas com cana-de-açúcar para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite**. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Pirassununga, 2013.
- MINGOTI, R. D. **Desempenho produtivo, digestão e metabolismo de vacas leiteiras**

**alimentadas com diferentes concentrações de quitosana nas dietas.** 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Pirassununga, 2013.

MORAIS JÚNIOR, N. N. **Suplementação de vacas leiteiras com análogo de metionina e proteína de soja.** 2013. 132 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013

MOREIRA, A. L. et al. Produção de Leite , Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes, pH e Concentração de Amônia Ruminal em Vacas Lactantes Recebendo Rações Contendo Silagem de Milho e Fenos de Alfafa e de Capim- Coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 1089–1098, 2001.

NAVES, A. B. et al. Desempenho e perfil plasmático de vacas leiteiras alimentadas com grão de soja integral ou moído. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 240, p. 579–588, 2013.

NAVES, J. DE R. et al. Substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes nitrogenadas em dietas a base de cana de açúcar na alimentação de vacas leiteiras. **Veterinária e Zootecnia**, v. 22, n. 1, p. 101–113, 2015.

NETO, J. A. 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. **ARS Veterinária**, v. 29, n. 1, p. 52–59, 2013.

NEVES NETO, J. T. DAS. **Desempenho e parâmetros ruminais de vacas leiteiras alimentadas com silagem de cana-de-açúcar e fontes de nitrogênio não protéico e energia no concentrado.** 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009

NÖRNBERG, J. L. et al. Valor do farelo de arroz integral como fonte de gordura na dieta de vacas Jersey na fase inicial de lactação: Digestibilidade aparente de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2412–2421, 2004.

NÖRNBERG, J. L. et al. Desempenho de vacas Jersey suplementadas com diferentes fontes lipídicas na fase inicial da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1431–1438, 2006.

NUNES OLIVEIRA, H. B. et al. Desempenho de vacas em lactação consumindo dietas contendo misturas de óleos essenciais. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 15, n. 3, p. 670–678, 2014.

NUSSIO, C. M. B. et al. Fontes de amido de diferentes degradabilidades e sua substituição parcial por polpa de citrus em dietas para vacas leiteiras. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1079–1086, 2002.

OLIVEIRA, A. S. et al. Consumo, Digestibilidade Aparente, Produção e Composição do Leite em Vacas Alimentadas com Quatro Níveis de Compostos Nitrogenados Não-Protéicos. **Revista Brasileira Zootecnista**, v. 30, n. 4, p. 1358–1366, 2001.

OLIVEIRA, A. S. et al. Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de uréia em vacas lactantes alimentadas com rações isoprotéicas

contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1621–1629, 2001.

OLIVEIRA, B. M. L. et al. Suplementação de vacas leiteiras com *Saccharomyces cerevisiae* cepa KA500. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 5, p. 1174–1182, 2010.

OLIVEIRA, I. S. DE. **Avaliação de volumosos na dieta de vacas leiteiras na época seca : consumo , digestibilidade , produção de leite e simulação do CNCPS**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso, 2007.

OLIVEIRA, M. A. et al. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas com diferentes proporções de forragem e teores de lipídeos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 3, p. 759–766, 2007.

OLIVEIRA, T. S. DE et al. Desempenho produtivo de vacas recebendo dietas com capim-elfante submetido a diferentes adubações e níveis de concentrado. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 452–461, 2011.

OLIVEIRA, V. S. DE et al. Revista Brasileira de Zootecnia Substituição total do milho e parcial do feno do capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação . Produção , composição do leite e custos com alimentação 1 Effects of replacing corn and Tifton hay with f. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 928–935, 2007.

OLIVEIRA, V. S. DE et al. Substituição do milho e do feno de capim-tifton por palma forrageira. Produção de proteína microbiana e excreção de uréia e de derivados de purina em vacas lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 936–944, 2007a.

OLIVEIRA, V. S. DE et al. Substituição total do milho e parcial do feno de capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1419–1425, 2007b.

OLIVEIRA PIMENTEL, J. J. DE et al. Dairy cows feeding with sorghum silage supplemented with concentrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 255–261, 2013.

PAIVA, V. R. et al. Teores proteicos em dietas para vacas Holandesas leiteiras em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 4, p. 1183–1191, 2013.

PANICHI, A. **Substituição dos grãos secos de milho pela silagem de grãos úmidos de milho para vacas da raça Holandesa em lactação**. 2009. 39 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009.

PAULA SOUSA, D. DE et al. Comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade de nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com caroço de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 2053–2062, 2009.

PEDROSO, A. M.; PORTELA SANTOS, F. A.; BITTAR, C. M. M. Substituição do milho em grão por farelo de glúten de milho na ração de vacas em lactação em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1614–1619, 2009.

PEDROSO, A. M. et al. Substituição do milho moído por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1651–1657, 2007.

PEREIRA, E. S. et al. Efeito de diferentes volumosos conservados na forma de silagem sobre a ingestão de alimentos e produção de leite de vacas em lactação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p. 103–112, 2003.

PEREIRA, E. S. et al. Torta de girassol em rações de vacas em lactação: Produção microbiana, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 387–394, 2011.

PEREIRA, E. S. et al. Intake, nutrient digestibility and nitrogen balance in lactating dairy cows fed diets containing sunflower cake. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2461–2470, 2012.

PEREIRA, M. L. A. 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, 2005a.

PEREIRA, M. L. A. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço médio da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 1040–1050, 2005b.

PIMENTEL, L. R. et al. Inclusão da glicerina bruta na dieta de vacas da raça Holandesa sobre o consumo, produção e composição do leite. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1439–1446, 2014.

PIMENTEL, P. G. et al. Consumo, produção de leite e estresse térmico em vacas da raça Pardo-Suíça alimentadas com castanha de caju. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 6, p. 1523–1530, 2007.

PINA, D. D. S. et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1543–1551, 2006.

PIRES, A. V. et al. Efeito de fontes e formas de processamento do amido sobre o desempenho e o metabolismo do nitrogênio em vacas Holandesas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p. 1456–1462, 2008.

PIRES, A. V. et al. Substituição De Silagem De Milho Por Cana-De-Açúcar E Caroço De Algodão Sobre O Desempenho De Vacas Holandesas Em Lactação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 251–257, 2010.

PIRES, A. V. et al. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão nos parâmetros ruminais, síntese de proteína microbiana e utilização dos nutrientes em vacas lactantes. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 50–58, 2008.

POSSATTI, C. D. et al. Monensina sódica sobre vacas em fase inicial de lactação: produção de leite e peso vivo. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 92–97, 2015.

QUEIROZ, O. C. M. et al. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 358–365, 2008.

RAMALHO, R. 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.

RAMALHO, R. P. et al. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1221–1227, 2006.

RAMOS, A. O. et al. Associação de palma forrageira com feno de maniçoba ou silagem de sorgo e duas proporções de concentrado na dieta de vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 189–197, 2015.

RANGEL, A. H. DO N. et al. Produção, composição do leite e concentração de nitrogênio uréico no soro de vacas alimentadas com cana-de-açúcar corrigida. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 6–11, 2008.

RENNÓ, F. P. et al. Efeito da somatotropina bovina recombinante (rBST) sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 2, p. 158–166, 2006.

RIBEIRO, C. G. S. **Níveis crescentes de óleo de soja em dieta baseada em capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumack) picado sobre parâmetros e cinética ruminal, composição e perfil de ácidos graxos do leite de vacas mestiças**. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009.

RIBEIRO, C. V. D. M. et al. Substituição do Grão de Milho pelo Milheto ( *Pennisetum americanum* ) na Dieta de Vacas Holandesas em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1351–1359, 2004.

ROCHA, F. C. et al. Casca de café em dietas para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2163–2171, 2006.

ROCHA, F. C. et al. Consumo e digestibilidade de dietas formuladas com diferentes níveis de casca de café para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2154–2162, 2006.

ROCHA FILHO, R. R. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonila do carmim em dietas para ruminantes**. 2012. 74 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

RODRIGUES MAGALHÃES, A. L. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: Parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de**



**Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 591–599, 2006.

SÁ FORTES, R. V. et al. Propileno-glicol ou monensina na dieta de vacas leiteiras no período de transição: Saúde do úbere, produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 179–184, 2008.

SALVADOR, S. C. et al. Resposta de vacas leiteiras à substituição total de milho por polpa cítrica e à suplementação com microminerais orgânicos II: Desempenho e economia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 5, p. 1142–1149, 2008.

SANCANARI, J. B. D. et al. Efeito da Metionina Protegida e Não Protegida da Degradação Ruminal sobre a Produção e Composição do Leite de Vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 286–294, 2001.

SANTIAGO, B. T. **Ureia de liberação lenta em dietas de vacas mestiças em lactação**. 2013. 42 f. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

SANTOS, A. B. DOS 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 Saude e Producao Animal**, v. 13, n. 3, p. 720–731, 2012.

SANTOS, A. 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, D. C. DO et al. Desempenho Produtivo de Vacas 5 / 8 Holando / Zebu Alimentadas com Diferentes Cultivares de Palma Forrageira ( Opuntia e Nopalea ). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 12–17, 2001.

SANTOS, F. A. P. et al. Milho com diferentes graus de moagem em combinação com polpa cítrica peletizada ou casca de soja para vacas leiteiras no terço médio da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1183–1191, 2007.

SANTOS, F. A. P. et al. Desempenho de vacas em lactação recebendo dietas com diferentes teores de amido total, acrescidas ou não de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1568–1575, 2006.

SANTOS, F. A. P. et al. Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho , digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 923–931, 2001.

SANTOS, F. L. et al. Produção e composição do leite de vacas submetidas a dietas contendo diferentes níveis e formas de suplementação de lipídios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1376–1380, 2001.

SANTOS, G. T. DOS et al. Replacement of corn silage with cassava foliage silage in the diet of lactating dairy cows: Milk composition and economic evaluation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. Special, p. 259–267, 2009.

SANTOS, J. DOS. **Derivados da extração de óleo de girassol para vacas leiteiras**. 2008. 95 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2008.

SANTOS, J. F. et al. Resposta de vacas leiteiras à substituição parcial de farelo de soja por ureia encapsulada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 2, p. 423–432, 2011.

SANTOS, M. C. B. **Desempenho Produtivo e Resíduos no Leite de Vacas Suplementadas com Monensina Sódica nas Rações**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Pirassununga, 2011.

SANTOS, V. L. F. DOS. **Fontes alternativas de proteína para vacas em lactação**. 2010. 42 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

SANTOS, V. P. DOS. **Tamanho de partículas da cana-de-açúcar in natura na alimentação de vacas e cabras em lactação**. 2010. 119 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

SCOTON, R. DE A. **Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada e / ou raspa de mandioca na dieta de vacas leiteiras em final de lactação**. 2003. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

SFORCINI, M. P. R. **Silagem de milho, cana-de-açúcar in natura e hidrolisada, para vacas em lactação**. 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

SFORCINI, M. P. R. **Cana de açúcar Hidrolisada para vacas em lactação**. 2014. 66 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

SIÉCOLA JÚNIOR, S. et al. Despalha da cana-de-açúcar e desempenho de novilhas e vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 1, p. 219–228, 2014.

SILVA, B. O.; LEITE, L. A. et al. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: Consumo e digestibilidade aparente. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 6, p. 750–756, 2004.

SILVA, F. M. DA et al. Replacement of soybean meal by cottonseed meal in diets based on spineless cactus for lactating cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 10, p. 1995–2000, 2009.

SILVA, J. DA. **Efeitos de *L. buchneri* e 1-propanol no valor nutritivo de silagens de milho para vacas leiteiras**. [s.l: s.n.].

SILVA, J. G. M. DA et al. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl.) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science**, v. 34, n. 4, p. 1408–1417, 2005.

SILVA, J. R. M. et al. Suplementação de vacas leiteiras com homeopatia: Desempenho e

digestibilidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 4, p. 922–930, 2011.

SILVA, R. M. N. DA 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.

SILVA, R. R. DA et al. Palma forrageira ( *Opuntia ficus indica* Mill ) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça Holandesa em lactação. **Acta Scientiarum. Animal sciences**, v. 29, n. 3, p. 317–324, 2007.

SILVA, T. C. DA P. **Substituição do Farelo de Trigo pela Torta de Babaçu na Alimentação de Vacas Mestiças em Lactação**. 2006. 41 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006

SILVA BEZERRA, E. DA 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.

SILVA VILELA, M. DA 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.

SOARES, C. 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.

SOARES, C. A. et al. Produção de Proteína Microbiana e Parâmetros Ruminais em Vacas Leiteiras Alimentadas com farelo de trigo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 345–350, 2005.

SOUZA, A. L. DE et al. Casca de café em dietas de vacas em lactação: consumo, digestibilidade e produção de leite. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2496–2504, 2005.

SOUZA, R. C. et al. Efeito da adição de teores crescentes de ureia na cana-de-açúcar em dietas de vacas em lactação sobre a produção e composição do leite e viabilidade econômica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 564–572, 2015.

SOUZA, V. I. et al. Substituição parcial de farelo de soja por ureia protegida na produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1415–1422, 2010.

STELZER, F. S. et al. Desempenho de vacas leiteiras recebendo concentrado em diferentes níveis , associado ou não a própolis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1381–1389, 2009.

TAVARES, V. B. et al. Efeitos da adição de batata na silagem de capim-elefante sobre o consumo e a produção em vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2706–2712, 2011.

TEIXEIRA JUNIOR, D. J. **Hidrólise de cana-de-açúcar com cal virgem e cal hidratada na alimentação de vacas leiteiras.** 2008. 33 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

TODERO, C. **Suplementação com ácido palmítico em vacas lactates e seus efeitos sobre a produção e composição do leite.** 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

VALE, T. A. DEL. **Quitosana associada a fonte de lipídeos na alimentação de vacas em lactação** **Quitosana associada a fonte de lipídeos na alimentação de vacas em lactação.** 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Pirassununga, 2014.

VARGAS, L. H. et al. Adição de Lipídios na Ração de Vacas Leiteiras: Parâmetros Fermentativos Ruminais, Produção e Composição do Leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 522–529, 2002.

VENTURELLI, B. C. **Grão de soja cru e integral na alimentação de vacas leiteiras no terço final de lactação.** 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

VIERO, V. et al. Efeito da suplementação com diferentes níveis de selênio orgânico e inorgânico na produção e na composição do leite e no sangue de vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 382–390, 2010.

VILELA, F. G. et al. Efeito da substituição do farelo de soja pela amiréia 150s no consumo, produção e composição do leite. **Ciências Agrotecnicas**, v. 31, n. 5, p. 1512–1518, 2007.

VILELA, M. DA S. **Avaliação da forma de fornecimento da dieta e do processamento da palma forrageira (Opuntia ficus-indica MILL) para vacas em lactação.** 2009. 59 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

VOLTOLINI, T. V. et al. Diferentes teores de proteína metabolizável em rações com cana-de-açúcar para vacas em lactação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 309–318, 2008.

WANDERLEY, W. L. et al. Palma Forrageira (Opuntia ficus indica Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo ( Sorghum bicolor (L .) Moench ) na Alimentação de Vacas Leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 273–281, 2002.

WANDERLEY, W. L. et al. Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação. Consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 13, n. 3, p. 745–754, 2012.

WELTER, K. C. **Efeito da inclusão de óleo de canola na dieta de vacas em lactação.** 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

WERNERSBACH FILHO, H. L. et al. Consumo , digestibilidade aparente e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com concentrado processado de diferentes formas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1228–1235, 2006.

WILBERT, C. A. et al. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 183, n. 3–4, p. 116–123, 2013.

ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Substituição do farelo de soja por farelo de algodão alta energia em dietas para vacas leiteiras: composição do leite e custo de produção. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 1, p. 150–159, 2010.



## **CAPÍTULO III**

### **SISTEMATIZAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE OS ALIMENTOS UTILIZADOS QUE COMPÕEM AS DIETAS EM EXPERIMENTOS COM VACAS LEITEIRAS NO BRASIL**

## **Sistematização científica sobre os alimentos utilizados que compõem as dietas em experimentos com vacas leiteiras no Brasil**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar as relações entre a proporção de volumoso, a composição da dieta, o consumo voluntário, a digestibilidade aparente dos nutrientes sobre a produção e composição do leite de vacas em condições experimentais no Brasil. O banco de dados foi formado pelo levantamento de trabalhos científicos de domínio público, compreendendo o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015. As publicações foram selecionadas por meio da leitura do resumo e, posteriormente foram lidas em sua totalidade para serem tabulados. A base de dados ficou composta por 170 experimentos, com 674 tratamentos e envolveu 5.489 vacas em lactação. Enquanto que a base referente ao número e a proporção dos ingredientes do concentrado ficou constituída de 57 experimentos com 228 tratamentos e envolveu 1.780 vacas em lactação. Os dados foram avaliados através de estatística descritiva. A maioria das dietas são constituídas por um volumoso (67%), sendo que o volumoso mais utilizado é silagem de milho, seguido da cana-de-açúcar. Observa-se redução no teor de matéria seca em função do aumento na proporção de volumoso nas dietas. A base do concentrado utilizado é o milho triturado (64,11%) e o farelo de soja (63,58%), com considerável a utilização de ureia e/ou sulfato de amônio como fonte proteica. A análise de composição bromatológica das dietas não é publicada de forma completa. A proporção e qualidade de volumoso comprometem o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, comprometendo o atendimento das exigências energéticas das vacas em lactação e, conseqüentemente a produção e eficiência energética. A proporção de volumoso utilizado na dieta repercute diretamente no consumo de NDT, que juntamente com o aproveitamento dos nutrientes é responsável pelo déficit energético que compromete a produção e composição do leite, bem como a eficiência alimentar.

**Palavras chaves:** carboidratos, concentrado, metanálise, energia, volumoso

## **Scientific systematization of foods used in experiments with confined dairy cows in Brazil**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the relation between the proportion of roughage, the composition of the diet, the voluntary intake, the apparent digestibility of nutrients on milk yield and composition of cows in experimental conditions in Brazil. The database was formed by the survey of scientific works of public domain, comprising the period from January 2000 to December 2015. The publications were selected by reading the abstract and were later read in their entirety to be tabulated. The database consisted of 170 experiments with 674 treatments and involved 5,489 lactating cows. While the basis for the number and proportion of concentrate ingredients consisted of 57 experiments with 228 treatments and involved 1,780 lactating cows. The data were evaluated through descriptive statistics. Most of the diets are formed of one roughage (67%), the most commonly used is corn silage, followed by sugarcane. A reduction in the dry matter content was observed as a function of the increase in the proportion of roughage in the diets. The base of the concentrate used is crushed corn (64.11%) and soybean meal (63.58%), with considerable use of urea and / or ammonium sulfate as the protein source. The analysis of the bromatological composition of the diets is not published in full. The proportion and quality of roughage compromise the intake and the digestibility of nutrients, compromising the energy requirements of lactating cows and consequently the production and energy efficiency. The proportion of roughage used in the diet



directly affects the total digestible nutrients (TDN) intake, which, together with the utilization of nutrients is responsible for energy deficit that compromises milk yield and composition as well as food efficiency.

**Keywords:** carbohydrates, concentrate, energy, meta-analysis, roughages

## **Introdução**

A utilização isolada ou combinada de volumosos e dos ingredientes que compõem o concentrado que constituem as dietas fornecidas para as vacas em lactação são responsáveis pela disponibilidade de nutrientes em quantidade e qualidade para suprir as necessidades dos microrganismos ruminais e, conseqüentemente das vacas em lactação. Diante do número de publicações de experimentos realizados de forma individual, avaliando dietas para vacas em lactação, foi identificado a necessidade de estudar de forma conjunta, através da metanálise, como que a utilização de volumosos e de ingredientes do concentrado repercutem na composição da dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil, a qual é o ponto de partida para potencializar o desempenho produtivo das vacas leiteiras de forma fisiologicamente saudável.

A produção dos ruminantes está na capacidade de utilizar material vegetal fibroso, como silagem de milho altamente produtivas e subprodutos da fabricação de alimentos, porque seu sistema digestivo é baseado na degradação microbiana pelo mecanismo de retenção de partículas de alimento no rúmen (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014; MERTENS, 1994). Desta forma, a compreensão e otimização da função do rúmen são fundamentais para a produção dos ruminantes. Porém para entender a dinâmica da digestão de proteínas e carboidratos (CHO) é necessário entender as interações entre a taxa de degradação e passagem dos alimentos no rúmen, sendo que as quantidades de CHO e proteínas degradadas no rúmen são a base das quantidades de proteína microbiana (PMIC) e ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos pela fermentação ruminal (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014).

Ruminantes, apresentam a capacidade de converter paredes celulares de plantas (hemicelulose e celulose) e proteína de baixa qualidade em alimento humano de alta qualidade e ainda utilizar a lactação para produzir substâncias nutritivas específicas (MCNAMARA, 1995). Portanto, é imprescindível haver consumo de nutrientes em quantidade e com qualidade que atendam às exigências nutricionais de manutenção, produção e reprodução das vacas leiteiras (FOX et al., 2004), bem como forneçam nutrientes para a síntese dos componentes do leite. Desta forma, a composição da dieta influencia a fermentação do rúmen e os produtos dessa fermentação não somente fornecem ao animal a energia e proteína necessária para o seu

metabolismo, como também disponibilizam os principais precursores para a síntese da lactose, gordura e proteína do leite (NRC, 2001). Estes nutrientes, energia e proteína, são oriundos dos componentes da dieta que no caso de ruminantes é composta por volumoso e concentrado, constituindo a ração fornecida para a vaca em lactação durante o dia. O volumoso é proveniente de pastagens naturais e/ou cultivadas e de volumosos conservados como silagens e fenos, enquanto que o concentrado é formado pela mistura de cereais, oleaginosas e seus farelos, fonte de minerais, vitaminas, aditivos e, quando disponíveis, podem ser utilizados alguns subprodutos. Em vacas os volumosos compreendem geralmente 50 a 60 % da matéria seca (MS) da dieta total fornecida para vacas de alta produção, sendo que a silagem de milho de planta inteira compreende normalmente 40 a 70 % da MS do volumoso (SHAVER; KAISER, 2011).

A metanálise permite estabelecer diagnósticos a partir de realidades já publicadas, quando utiliza a informação disponível a partir do avanço da pesquisa, para realizar a síntese do estado da arte, com a finalidade de integrar o conhecimento produzido de forma fragmentada (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006), aumentando o número de amostra comparada com experimentos individuais o que permite maior poder de inferência em quantificar as respostas (RABIEE et al., 2012). Diante da importância da dieta consumida para o desempenho produtivo e reprodutivo das vacas leiteiras, existem vários grupos de pesquisa que desenvolvem experimentos relacionados ao tema. Portanto, em função da disponibilidade de publicações, é possível desenvolver estudo metanalítico inovador de modo a determinar o estado da arte da alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil. Assim, objetivou-se avaliar as relações entre a proporção de volumoso, a composição da dieta, o consumo voluntário, a digestibilidade aparente dos nutrientes sobre a produção e composição do leite de vacas em condições experimentais no Brasil.

## **Material e Métodos**

A metanálise foi utilizada para a formação do banco de dados por meio do levantamento de trabalhos científicos de domínio público, realizados no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015, através de pesquisas eletrônicas nos sites do *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) <http://www.scielo.br>, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) <http://www.ibict.br>, Google Acadêmico <http://scholar.google.com.br/> e nas principais revistas da área.

Para a pesquisa as publicações (artigos, teses e dissertações) foram selecionadas por meio da leitura do resumo. Posteriormente os trabalhos foram lidos em sua totalidade, sendo necessário apresentar informações sobre a produção e composição do leite, bem como relacionados ao número e a proporção de volumosos e dos ingredientes do concentrado, composição da dieta, consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes das vacas em condições experimentais no Brasil para serem tabulados em planilha eletrônica Microsoft Excel<sup>®</sup>. O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se nas metodologias descritas por Normand (1999), Lovatto et al. (2007) e Sauvant et al. (2008).

A base de dados utilizada para a realização da análise descritiva referente ao número e a proporção de volumosos, composição da dieta, consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes e desempenho das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil ficou composta de todos os experimentos que fazem parte da base geral e estão citados e referenciados no capítulo II, a qual é constituída de 169 experimentos, com 670 tratamentos e envolveu 5.457 vacas em lactação.

A base de dados utilizada para a realizar as análises estatísticas referente ao número e a proporção dos ingredientes do concentrado que compõem a dieta de vacas em condições experimentais no Brasil ficou composta de 57 experimentos com 228 tratamentos e envolveu 1.780 vacas em lactação, apresentados na sequência e referenciados no capítulo II: Almeida (2014), Alves et al. (2010), Amorim (2011), Andrade et al. (2002), Araújo (2013), Assis et al. (2004), Bezerra et al. (2002), Calomeni (2011), Chizzotti et al. (2007), Cordeiro et al. (2007), Cortinhas et al. (2012), Jesus (2011), Costa et al. (2009), Dias et al. (2001), Duarte et al. (2005), Geron et al. (2010), Granda et al. (2010), Granda (2012), Leite et al. (2006), Madeira (2004), Magalhães et al. (2004ab), Magalhães et al. (2006), Melo et al. (2003), Mendonça et al. (2004), Mingoti (2013), Moreira et al. (2001), Oliveira et al. (2001), Oliveira (2007), Oliveira et al. (2011), Paiva et al. (2013), Pereira et al. (2003), Pereira et al. (2005ab), Pimentel et al. (2007), Pimentel et al. (2013), Pina et al. (2006), Ramalho et al. (2006), Rangel et al. (2008), Rennó et al. (2006), Ribeiro (2009), Rocha et al. (2006ab), Santos (2008), Santos et al. (2009), Santos (2011), Santos et al. (2012), Silva et al. (2001), Silva et al. (2004), Silva et al. (2005), Soares et al. (2004), Soares et al. (2005), Souza et al. (2005), Stelzer et al. (2009), Teixeira Junior (2008), Todero (2014), Venturelli (2011), Vilela et al. (2007), Wanderley et al. (2002), Wernersbach Filho et al. (2006), Zervoudakis et al. (2010).

Neste estudo foram utilizados o número e proporção de volumosos, enquanto que com relação ao concentrado foram considerados o número e a proporção de ingredientes que contribuem com nutrientes orgânicos. A frequência relativa referente ao número de volumosos

e ao número de ingredientes do concentrado foi calculada pela frequência absoluta multiplicada por 100 e dividida pelo total da frequência absoluta. As informações gerais compreendem as variáveis raça (1 corresponde as vacas da raça Holandês e 2 as vacas mestiças Holandês x Zebu), peso vivo (PV), número de dias em lactação (DEL) e proporção de volumoso (PPV). A composição da dieta foi representada pelas variáveis proporção de volumoso (PPV), proporção de concentrado (PPC), matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), e nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta.

Os consumos voluntários expressos em valores absolutos (em kg/dia), através do qual foram calculados os consumos em percentual do peso vivo (% do PV) e em gramas por quilogramas de peso metabólico (g/kg de  $PV^{0,75}$ ) foram representados pelas variáveis consumo de MS, MO, PB, EE, CT, CNF, FDN, FDA e NDT. Para a digestibilidade aparente foram utilizadas as variáveis digestibilidade da MS, MO, PB, EE, CT, CNF e FDN. O desempenho das vacas em lactação foi expresso pela produção de leite, teor e produção das variáveis extrato seco total (EST), extrato seco desengordurado (ESD), gordura, proteína, lactose e nitrogênio ureico do leite (NUL).

Além das variáveis citadas acima foram calculados os requerimentos de energia digestível:  $ED$  (Mcal/kg) =  $0,04409 \times NDT$  (%); energia metabolizável:  $EM$  (Mcal/kg) =  $1,01 \times ED$  (Mcal/kg) -  $0,45$ ; energia líquida para lactação:  $ELL$  (Mcal/kg) =  $0,0245 \times NDT$  (%) -  $0,12$ ; eficiência alimentar:  $EA$  = produção de leite / consumo de MS; exigência de energia líquida para leite:  $ELe$  (Mcal/kg) =  $0,0929 \times Gordura$  (%) +  $0,0547 \times Proteína$  (%) +  $0,0395 \times Lactose$  (%); consumo de energia digestível:  $CED$  = consumo de MS x ED; eficiência energética de lactação:  $EEL$  (Mcal/dia) =  $(ELe / CED) \times 100$ ; produção de leite corrigida para energia e proteína:  $PCEP$  =  $(0,327 * produção de leite) + (12,95 * teor de gordura * produção de leite / 100) + (7,65 * teor de proteína * produção de leite / 100)$ , conforme o NRC, 2001.

Os dados foram avaliados através da técnica de análise multivariada, análise de agrupamento, utilizando-se o software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2002). As variáveis relativas aos alimentos utilizadas para a análise multivariada foram PPV, PPC, MS, CNF, FDN, FDA, PB, EE e NDT das dietas, os consumos de MS, CNF, FDN, FDA, PB, EE e NDT, expressos em relação ao peso metabólico (g/kg de  $PV^{0,75}$ ) e os dados de digestibilidade aparente dos seguintes nutrientes: MS, PB e FDN. Também foram incluídos os dados de desempenho das vacas, representados pela produção de leite (kg/dia), teores de gordura, proteína e lactose, nitrogênio

ureico do leite (NUL) e eficiência alimentar (EA), sendo  $EA = \text{produção de leite (kg/dia)} / \text{consumo de MS (kg/dia)}$ .

A análise de agrupamento foi realizada pelo procedimento FASTCLUS para formar grupos que apresentam características similares dentro do grupo e diferenças entre os grupos, utilizando o método hierárquico de Ward, baseado na distância euclidiana para estimar as médias padronizadas dos grupos, sendo depois transformadas nas médias originais para cada grupo.

Na sequência foi realizada a análise discriminante, pelo procedimento DISCRIM, com finalidade de classificar as observações corretamente dentro de cada grupo e a análise discriminante canônica (procedimento CANDIS) que é utilizada para demonstrar de forma gráfica as distâncias entre e dentro dos grupos formados, seguida pelo procedimento STEPDISC, utilizando o método STEPWISE com o objetivo de selecionar as variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos, considerando as variáveis que apresentaram  $P > 0,0001$ , sendo que o  $R^2$  parcial explica o quanto cada variável representa na diferenciação dos grupos.

As pressuposições de normalidade e homogeneidade da matriz de covariância não foram atendidas por nenhuma das variáveis estudadas. Em função disso, uma proporção considerável de observações foi distribuída incorretamente dentro dos seus respectivos grupos. Sendo assim, optou-se por utilizar a análise discriminante não paramétrica pelo método NPAR, através do algoritmo do vizinho mais próximo (KNN), que classificou corretamente todas as observações dentro dos grupos.

Por fim, para realizar a comparação das médias dos grupos formados pela análise de agrupamento foram testadas as pressuposições de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene), sendo que a maioria das variáveis apresentaram  $P > 0,0001$  para o teste de Shapiro-Wilk e Levene, sendo que pelo menos uma das pressuposições não foi atendida por todas as variáveis, indicando a falta de normalidade e homogeneidade de variâncias. Diante deste fato, optou-se pela análise de variância utilizando o procedimento GLIMMIX, a qual considera o tipo de distribuição da variável resposta para a comparação de médias e utiliza o procedimento LSMEANS, sendo que as médias foram comparadas pelo teste Tukey-Kamer, considerando a probabilidade de 5%. A distribuição utilizada foi normal identidade para todas as variáveis analisadas, na qual a função de ligação identidade faz a conexão entre a média das observações e parte sistemática.

## Resultados

A análise descritiva minuciosa que informa quais são os volumosos e os ingredientes do concentrado utilizados nas dietas das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil são apresentados no Apêndice (Tabelas 1, 2, 3 e 4), bem como a análise descritiva geral da composição da dieta, os consumos voluntários, a digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e composição das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil também estão disponíveis no Apêndice (Tabelas 5, 6, 7 e 8).

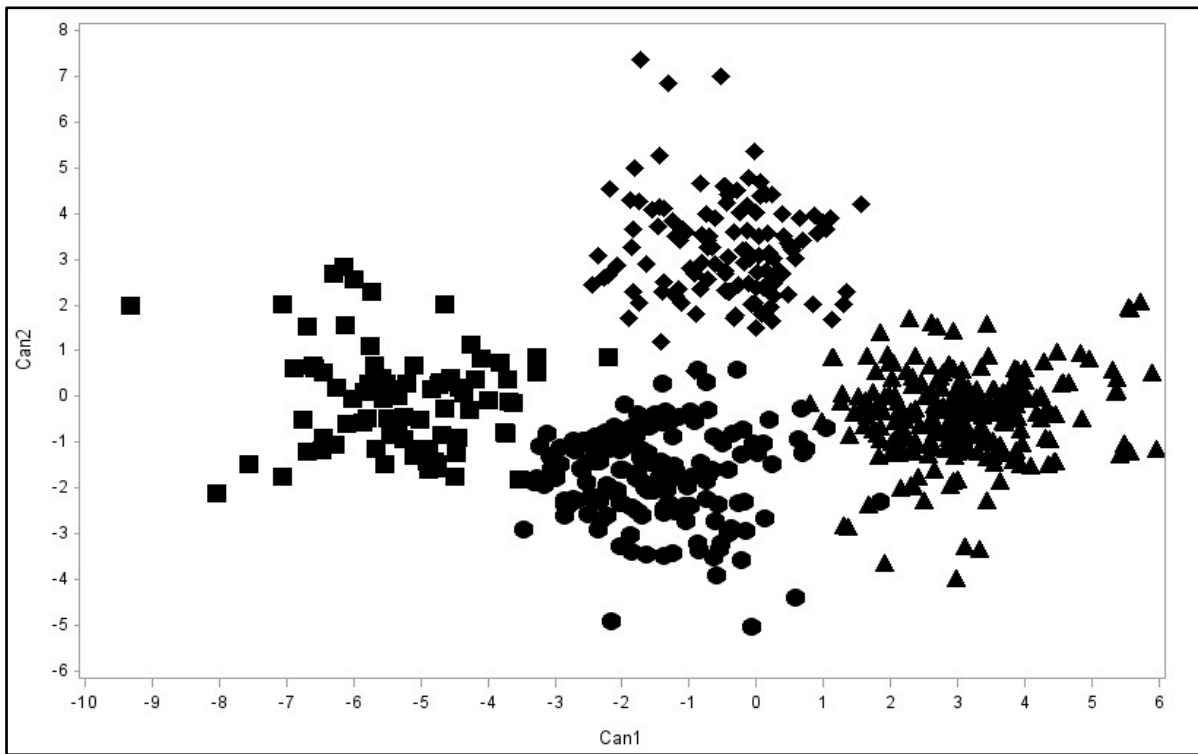
Tabela 1 – Frequência absoluta e relativa do número de volumosos e de ingredientes que constituem o concentrado utilizado na dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Número de alimentos	Frequência absoluta (N)	Frequência relativa (%)
Número de volumosos que constituem a dieta		
Um	401	68,20
Dois	177	30,10
Três	10	1,70
Ingredientes do concentrado que contribuem com nutrientes orgânicos		
Um	21	3,29
Dois	211	33,07
Três	261	40,91
Quatro	116	18,18
Cinco	22	3,45
Seis	6	0,94

N= número de observações.

A análise de agrupamento formou quatro grupos, os quais foram diferenciados pela análise canônica que tem a finalidade de demonstrar graficamente as distâncias euclidianas utilizadas na separação entre e dentro dos grupos (Figura 1).

Figura 1 – Análise canônica demonstra as distancias euclidianas entre e dentro dos grupos formados pelas variáveis que representam a alimentação de vacas em lactação em condições experimentais no Brasil, Grupo 1 (■), grupo 2 (▲), grupo 3 (◆) e grupo 4 (●).



Na sequência dentro da análise discriminante foi realizado o STEPDISC, pelo método STEPWISE, o qual é responsável por selecionar as variáveis que compuseram o modelo final ( $P < 0,0001$ ) e foram determinantes na diferenciação dos grupos (Tabela 2). Os grupos foram diferenciados pelas variáveis consumo de NDT, CNF da dieta, eficiência alimentar, digestibilidade da MS, teor de proteína do leite, FDA da dieta, PPV, consumo de EE, teor de lactose do leite, peso vivo, PB e MS da dieta, consumo de CNF e FDA, raça, dias em lactação, digestibilidade da FDN e produção de leite. De acordo com o  $R^2$  parcial 71,3 % da distância entre os grupos é explicada pelo consumo de NDT, direcionando a discussão para as variáveis que estão apresentadas na Tabela 2 em função do grau de importância de cada variável de acordo com  $R^2$  parcial.

Tabela 2 – Análise discriminante das variáveis determinantes para a diferenciação dos grupos e seus respectivos parâmetros estatísticos para as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil

Variáveis	R <sup>2</sup> parcial	F	P>F	Wilks Lambda	P<Lambda	ASCC*	P>ASCC
Consumo de nutrientes digestíveis totais (g de PV <sup>-0,75</sup> )	0,713	514,32	<0,0001	0,287	<0,0001	0,238	<0,0001
Carboidrato não fibroso da dieta (% da MS)	0,566	269,09	<0,0001	0,125	<0,0001	0,425	<0,0001
Eficiência alimentar**	0,309	92,36	<0,0001	0,086	<0,0001	0,458	<0,0001
Digestibilidade da matéria seca (%)	0,225	59,74	<0,0001	0,067	<0,0001	0,507	<0,0001
Teor de proteína do leite (%)	0,227	60,22	<0,0001	0,052	<0,0001	0,566	<0,0001
Fibra em detergente ácido da dieta (%)	0,189	47,89	<0,0001	0,042	<0,0001	0,592	<0,0001
Proporção de volumoso na dieta (%)	0,151	36,50	<0,0001	0,036	<0,0001	0,613	<0,0001
Consumo de extrato etéreo (g de PV <sup>-0,75</sup> )	0,110	25,35	<0,0001	0,032	<0,0001	0,623	<0,0001
Teor de lactose do leite (%)	0,102	23,12	<0,0001	0,028	<0,0001	0,635	<0,0001
Peso vivo (kg)	0,087	19,31	<0,0001	0,026	<0,0001	0,643	<0,0001
Proteína bruta da dieta (% da MS)	0,074	16,23	<0,0001	0,024	<0,0001	0,647	<0,0001
Matéria seca da dieta (% da MS)	0,060	12,89	<0,0001	0,023	<0,0001	0,658	<0,0001
Consumo de carboidrato não fibroso (g de PV <sup>-0,75</sup> )	0,053	11,25	<0,0001	0,021	<0,0001	0,667	<0,0001
Consumo de fibra em detergente ácido (g de PV <sup>-0,75</sup> )	0,052	11,18	<0,0001	0,020	<0,0001	0,673	<0,0001
Raça	0,048	10,20	<0,0001	0,019	<0,0001	0,679	<0,0001
Dias em lactação (dias)	0,041	8,71	<0,0001	0,019	<0,0001	0,683	<0,0001
Digestibilidade da fibra em detergente neutro (%)	0,039	8,12	<0,0001	0,018	<0,0001	0,687	<0,0001
Produção de leite (kg/dia)	0,038	7,87	<0,0001	0,017	<0,0001	0,691	<0,0001

ASCC: Average Squared Canonical Correlation



A análise de agrupamento formou três grupos (Tabela 3), que são descritos na sequência baseados nas principais variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos informados pela análise discriminante (Tabela 2). O grupo 1 apresenta o maior percentual de vacas mestiças Holandês x Zebu, seguido do grupo 3 e 4 com percentuais menores, nos quais predominam a raça Holandês e, principalmente no grupo 1 apresentam maiores, sendo que o 1 representa a raça Holandês e o 2 as vacas mestiças Holandês x Zebu. A caracterização racial dos grupos formados repercute nos respectivos pesos vivo (PV), sendo que as vacas da raça Holandês são mais pesadas, apresentando uma média de 584 kg de PV (grupo 2). O estado fisiológico das vacas em lactação representado pelo número de dias em lactação (DEL) demonstra a avaliação de vacas no final da primeira fase de lactação (1 aos 100 dias) e início da segunda fase de lactação (101 a 200 dias). Quanto a proporção de volumoso (PPV) utilizado na dieta observa-se que o grupo quanto maior o percentual de vacas mestiça na composição do agrupamento maior é PPV utilizado na dieta, por exemplo o grupo 1 composto pelo maior percentual de vacas mestiças utiliza o maior PPV na dieta. A PPV na dieta repercute na composição da dieta com respectivas consequências sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, bem como em relação a produção e a composição do leite. Logo, pode-se observar que o grupo 1 apresenta menor consumo de NDT, CNF, FDA e EE, eficiência alimentar (EA), digestibilidade da MS e da FDN, teor de lactose, produção de leite, teor MS, CNF e PB da dieta comparado aos demais grupos. O grupo 4 comparado ao grupo 2 e 3 apresenta menor consumo de NDT, FDA e EE, digestibilidade da MS e da FDN, teor de lactose, com maior CNF da dieta, com MS da dieta e consumo de CNF intermediários e PB da dieta, EA, produção de leite, teor de proteína do leite menor que o 2 e igual ao 3. O grupo 3 apresenta menor consumo de NDT, CNF e EE, teor de CNF e PB da dieta, EA e produção de leite, com igual teor MS, digestibilidade da MS, teor de lactose e maior consumo de FDA, digestibilidade da FDN, teor de proteína do leite comparado ao grupo 1. Desta forma, o grupo 1 apresenta o maior consumo de NDT e, conseqüentemente a melhor EA com maior produção de leite.

Tabela 3 – Agrupamentos formados pelas variáveis referentes a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil

Variáveis	Grupos*				P
	1	2	3	4	
	Informações gerais				
Raça**	1,80 a	1,08 d	1,48 b	1,24 c	<0,0001
Peso vivo (kg)	505,84 c	584,78 a	504,45 c	562,14 b	<0,0001
Dias em lactação (dias)	85,87 c	106,68 b	88,62 c	135,34 a	<0,0001
Proporção de volumoso (%)	77,61 a	48,33 d	62,75 b	55,97 c	<0,0001
	Composição da dieta (% MS)				
Matéria seca	31,24 c	53,40 ab	56,03 a	51,52 b	<0,0001
Carboidratos não fibrosos	35,52 c	39,32 b	27,77 d	41,27 a	<0,0001
Fibra em detergente neutro	44,00 b	33,98 d	47,39 a	35,38 c	<0,0001
Fibra em detergente em ácido	26,69 a	20,08 b	27,43 a	19,66 b	<0,0001
Proteína bruta	11,94 c	17,01 a	14,73 b	14,95 b	<0,0001
Extrato etéreo	2,41 c	4,17 a	3,40 b	2,60 c	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	57,67 d	71,30 a	68,15 b	66,84 c	<0,0001
	Consumo em gramas por quilograma de peso metabólico (g/kg de PV <sup>0,75</sup> )				
Matéria seca	128,98 d	166,60 a	150,74 b	145,15 c	<0,0001
Carboidratos não fibrosos	43,67 c	66,41 a	45,99 c	61,64 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	53,67 c	56,55 b	70,79 a	49,84 d	<0,0001
Fibra em detergente em ácido	32,41 b	33,59 b	41,86 a	28,06 c	<0,0001
Proteína bruta	15,46 c	28,74 a	21,81 b	21,39 b	=0,0035
Extrato etéreo	2,81 d	7,18 a	4,93 b	3,74 c	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	76,19 d	123,75 a	101,03 b	97,77 c	<0,0001
	Digestibilidade aparente da dieta (% MS)				
Matéria seca	58,27 c	67,97 a	68,64 a	64,68 b	<0,0001
Proteína bruta	64,00 c	72,52 a	72,86 a	66,92 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	39,40 d	51,71 b	56,96 a	43,00 c	<0,0001
	Desempenho animal em função da dieta				
Produção de leite (kg/dia)	12,23 c	27,24 a	18,06 b	18,57 b	<0,0001
Eficiência Alimentar***	0,92 c	1,39 a	1,11 b	1,10 b	<0,0001
Teor de gordura (%)	3,96 a	3,31 c	3,75 b	3,72 b	<0,0001
Teor de proteína (%)	3,19 b	3,04 c	3,22 b	3,36 a	<0,0001
Teor de lactose (%)	4,43 b	4,51 a	4,52 a	4,35 b	<0,0001
Número de observações	85	247	124	169	

\*Grupos formados pela análise de agrupamento; Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. \*\*Raça= 1 corresponde as vacas da raça Holandês e 2 as vacas mestiças Holandês x Zebu; \*\*\*Eficiência alimentar (EA) = produção de leite em kg/dia/consumo de MS em kg/dia.

## Discussão

Das dietas utilizadas para vacas em lactação 68,2 % são constituídas por um único volumoso (Tabela 1). O volumoso utilizado como base na alimentação em experimentos com vacas leiteiras em confinamento no Brasil é a silagem de milho de planta inteira, sendo que em regiões com estresse hídrico e em função da adaptação, rendimento e baixo custo a utilização da cana-de-açúcar tem se destacado (Tabela 1, Apêndice). Em condições experimentais o tipo

de volumoso utilizado necessita ser avaliado individualmente, quando é testada a substituição de um volumoso por outro ou avaliada a inclusão de novos volumosos ou subprodutos nas dietas. Porém, observa-se que alguns volumosos foram testados, mas são alternativas regionais em função da disponibilidade local, como é o caso da casca de café, silagem de batata, silagem de rama de mandioca, entre outros. A silagem de milho destaca-se pelo potencial produtivo, qualidade e densidade energética, facilidade de colheita e fermentação (ZARDIN et al., 2017), características que permitem reduzir a utilização de concentrado com menor comprometimento do desempenho das vacas leiteiras (SILVA et al., 2015).

As dietas baseadas na combinação de dois volumosos representam 30,1 % do total (Tabela 1), nas quais destaca-se a utilização de palma forrageira e silagem de milho combinados com diferentes volumosos e/ou subprodutos (Tabela 2, Apêndice). Neste caso, o uso da palma forrageira é uma alternativa para a produção de leite em regiões que enfrentam estresse hídrico que impossibilitam a produção de outro volumoso para alimentação das vacas em lactação. Raros (1,7%) são os experimentos que combinam três volumosos (Tabela 3), sendo que essa seria uma condição favorável para vacas de alta produção em função da diversidade de alimentos possíveis de serem produzidos em condições brasileiras, bem como subprodutos na forma concentrada que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes (VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017). A utilização de três volumosos na dieta, com maior diversidade de volumoso e, conseqüentemente diversidade de CHO fibrosos (pectina), necessita ser mais estudada, visto que podem ser uma alternativa interessante para alimentação das vacas em lactação em condições brasileiras. Uma vez que a composição de nutrientes e os ingredientes de dietas afetam a digestibilidade dos nutrientes, a composição e o rendimento de dejetos, bem como a composição de leite (NRC, 2001). Logo, a cinética da fermentação ruminal é descrita pela digestão e as características intrínsecas ao alimento, as quais limitam a disponibilidade e determinam a proporção de nutrientes consumidos que podem ser absorvidos e utilizados pelo animal, porém são dependentes do crescimento e desenvolvimento da população microbiana (MERTENS, 1994; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

Os experimentos publicados envolvendo a alimentação de vacas leiteiras demonstram que silagem de milho e cana-de-açúcar são bem estudados e com diferentes combinações, enquanto que outros volumosos não tem se destacado como um alimento corriqueiro na investigação e alimentação de vacas leiteiras em condições de confinamento no Brasil. Logo, diante da diversidade de volumosos e subprodutos que podem ser produzidos em condições brasileiras é necessário estudar o tipo de volumoso e composição de CHO, visando diversificar a dieta para suprir as exigências das vacas em lactação.

Além dessa diversidade, observa-se a necessidade de produzir volumoso que apresente quantidade com qualidade para alimentar um grande número de animais. A qualidade do volumoso produzido está diretamente relacionada com o consumo das dietas pelos animais, sendo que em condições experimentais a composição da silagem de milho, volumoso mais utilizado na alimentação de vacas leiteiras, muitas vezes apresenta valores incompatíveis com uma silagem de qualidade (grupo 1, Tabela 3 e Tabela 5, Apêndice). Este fato compromete o desempenho das vacas em lactação, que tem o teor de fibra como um limitante do consumo e, conseqüentemente repercute no atendimento das necessidades energéticas (ALLEN, 2000; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

Os concentrados fornecidos em experimentos para vacas leiteiras no Brasil são compostos na sua maioria por dois, três e quatro nutrientes orgânicos (Tabela 1), sendo que o grão de milho seco triturado é o primeiro ingrediente com 64,11% dos tratamentos experimentais, enquanto o farelo de soja é o segundo com 63,58% das dietas, sendo a base do concentrado para vacas em lactação (Tabela 4, Apêndice). A utilização do milho e soja, como principais suplementos energéticos e proteicos, respectivamente, na alimentação concentrada das vacas em lactação é devido à produtividade e disponibilidade dos dois grãos mais difundidos no mundo. Porém, em condições climáticas para a produção de grãos, o Brasil destaca-se pela diversidade de culturas para produção de grãos que geram subprodutos, os quais podem ser utilizados na alimentação das vacas em lactação (CONAB, 2017; VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017). Logo, estas estratégias de alimentação devem ser consideradas tanto na redução dos custos como na agregação de valor aos produtos lácteos, como é o caso da utilização de semente de canola, linhaça, girassol, entre outros (MARTINEAU; OUELLET; LAPIERRE, 2013; SANTOS, 2008; WELTER, 2015).

Dos ingredientes do concentrado destaca-se a utilização de suplemento mineral como terceiro (15,82 %) e quarto (30,00 %) componente, bem como o uso considerável de ureia e/ou sulfato de amônio, como quarto (13,00 %), quinto (28,75 %), sexto (21,90 %) e sétimo (26,17 %) ingrediente (Tabela 4, Apêndice), a qual geralmente é utilizada com fonte de nitrogênio em substituição ao farelo de soja e, geralmente é usada juntamente com a cana-de-açúcar, visando sincronizar a liberação de nitrogênio ao mesmo tempo da degradação dos CHO altamente fermentáveis que compõem a dieta, como é o caso da cana-de-açúcar. Após a mistura mineral, no terceiro ingrediente concentrado o farelo de trigo é utilizado em 11,08 % das dietas, o qual é muito utilizado em concentrados peletizados com a finalidade de fazer a ligação entre os demais ingredientes.

A análise descritiva demonstra que as análises bromatológicas dos alimentos e da dieta é incompleta (Tabela 3 e Tabela 5, Apêndice). Observa-se a falta de informações básicas como a ordem de parto, escore de condição corporal e contagem de células somáticas, bem como parâmetros onerosos, porém fundamentais para a discussão dos dados, como o fracionamento do teor de proteína em degradável e não degradável no rúmen, teor de amido das dietas que tem impacto direto na fermentação ruminal, juntamente com a taxa de passagem da dieta que nos permite conhecer o tempo de retenção do alimento, visto que a degradação do alimento é o resultado da taxa de degradação e de passagem que competem entre si e atuam simultaneamente (MERTENS, 1994; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

A maioria das publicações não apresentavam uma padronização nas informações disponibilizadas, visto que poucos trabalhos recuperados foram publicados de forma completas, com todas as informações. Além das publicações brasileiras apresentarem análise bromatológica incompleta e falta de padronização nas informações disponibilizadas, a maioria não informa as medidas de dispersão dos dados, fato que impede o uso de ponderações na metanálise, bem como aplicar técnicas para a seleção dos artigos (NORMAND, 1999). Mesmo nestas condições a metanálise ainda é uma ferramenta valiosa para o conhecimento do atual estado da arte (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006), visto que a utilização somente dos artigos que apresentam todas as informações bromatológicas e as medidas de dispersão compromete a variabilidade das informações geradas pela metanálise, levando a uma conclusão distorcida da realidade sobre a alimentação das vacas leiteiras no Brasil.

O consumo de MS e sua digestibilidade determinam a quantidade de nutrientes disponíveis para manutenção e produção de leite (NRC, 2001). O teor médio de MS da dieta é menor com o aumento da PPV da dieta (Tabela 3, grupo 1). A digestibilidade aparente da MS teve uma média de 65,35%, com redução na digestibilidade aparente da FDN em função do aumento PPV na dieta, que pode ser explicado pelo aumento do FDN lignificado que reduz a digestibilidade da FDN (Krizsan and Huhtanen 2013; Hall 2014). O NRC (2001) considera que para uma vaca produzindo 54,4Kg de leite/dia o consumo em função do peso vivo chega a uma estimativa máxima de 4,4% do PV que corresponde a 225,3 g/kg de  $PV^{0,75}$ , sabendo que a produção de leite encontrada no grupo 1 foi de 27, 24 Kg/dia (Tabela 3) com consumo de 166,60 g/kg de  $PV^{0,75}$  demonstra que o consumo e o desempenho das vacas foram compatíveis com a qualidade das dietas apresentadas.

A variabilidade dos dados referente a produção e composição do leite em alimentação de vacas em condições experimentais no Brasil demonstra a necessidade de observar o mínimo e o máximo utilizado na composição da dieta, visto que comprometem o consumo voluntário,

o aproveitamento de nutrientes e o desempenho animal (Tabela 5, 6, 7 e 8, Apêndice). Assim, por exemplo, dietas compostas por 73,10 % de concentrado ou dietas com 11,02% (cana-de-açúcar picada) ou 80,20 % de FDN na MS (feno de tifton com 83 % de FDN na MS) (Tabela 5, Apêndice), mesmo em condições experimentais, nas quais os pesquisadores necessitam testar a inclusão de novos volumosos e subprodutos na dieta, essas situações extremas precisam ser consideradas, visto que comprometem a produção e composição do leite das vacas em lactação, uma vez que o controle da ingestão alimentar em ruminantes é baseado nas interações das restrições físicas com feedbacks metabólicos (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014). Os CHO altamente fermentáveis limitam a ingestão de alimentos através do controle da saciedade, por aumentar os precursores de glicose e a energia hepática, causando oxidação hepática, reduzindo o pH ruminal e, conseqüentemente podendo alterar as vias de biohidrogenação ruminal, o que diminui a concentração e o rendimento de gordura do leite (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014). Por outro lado o teor de FDN é indicador do consumo da dieta, sendo que o valor mínimo encontrado (11,02 % de FDN na MS) é inferior ao preconizado como ideal para manter a motilidade e a ruminação, o qual é de 25 a 30 % de FDN na MS da dieta (NRC, 2001), enquanto que o máximo (80,28 % de FDN na MS) limita o consumo voluntário em função do enchimento ruminal sem que as exigências sejam atendidas (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014).

A FDN pode ser usada como parâmetro para definir os limites inferiores e superiores de consumo de MS (MERTENS, 1994). Em dietas com altas concentrações de FDN, as limitações físicas de enchimento do rúmen limitam o consumo de MS, enquanto em baixas concentrações de FDN, o que limita o consumo de MS são os inibidores do *feedback* para consumo de energia (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014). Observa-se que o consumo de MS e de NDT foi de 128,98 e 76,19 g/kg PV<sup>-0,75</sup>, com 77,61 de PPV na dieta, 44,00 % de FDN com 39,40 % de digestibilidade, produzindo 12,23 kg/dia de leite para o grupo 1, comparado ao grupo 3 que apresentou consumo de MS e de NDT de 166,60 e 123,75 g/kg PV<sup>-0,75</sup>, com 48,33 de PPV na dieta, 33,98, % de FDN com 51,71 % de digestibilidade, produzindo 27,24 kg/dia de leite (Tabela 3), demonstrando o efeito da FDN e de sua digestibilidade sobre o consumo ingestivo e o aporte energético para a produção de leite. Ainda, percebe-se que o aumento da proporção de volumosos reduz o consumo de MS com isso é fundamental observar a qualidade do volumoso utilizado na dieta.

O consumo de FDN em relação ao peso vivo das vacas ficou em média de 1,22 (Tabela 6, Apêndice), sendo que (MERTENS, 1994) verificou que o consumo de MS e a produção de leite foram máximos para consumo de FDN de 1,25% do peso vivo para vacas em meio e final

de lactação. Porém ao observar os consumos máximos de FDN de 2,37% do PV, constata-se que as vacas em lactação estão, provavelmente, sendo forçadas a consumir FDN pela redução no tamanho de partícula da dieta. Nesta condição foi utilizado 60% de cana-de-açúcar com 51,5% de FDN, com tamanho de partícula de 3,28mm, sendo que a dieta ficou composta por 11,2% de PB e 48,2% de FDN. O principal agravante desta situação é que o FDN consumido pode ser praticamente ou totalmente indigestível em função do grau de lignificação, comprometendo o aproveitamento dos nutrientes e consumo (VAN SOEST et al., 1994; HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016).

Desta forma o consumo excessivo de FDN com digestibilidade reduzida compromete quantidade e disponibilidade de nutrientes para a manutenção e produção, principalmente quando observamos valores mínimo de 14,80% de FDN na MS (Tabela 7, Apêndice). A digestibilidade média da FDN foi de 48,31, porém o valor máximo de 80,54% de digestibilidade da FDN é constituída por 60% de silagem de milho (com 57,5% de FDN), 26% de fubá de milho, 11% de farelo de soja, 1,6% de mineral e 1,4% de ureia, apresentando uma dieta com 13,5% de PB, 40% de FDN e 83% de NDT. Estes últimos dados demonstram que é possível produzir volumoso de qualidade, que apresente FDN degradável, permitindo a formulação de dietas com alto valor energético para suprir as exigências de vacas de alta produção.

O teor de CT das dietas é melhor representado de forma fragmentada como CNF, FDN, FDA e LDA da dieta. Em termos de CT as dietas com valores mínimos apresentam bem abaixo das necessidades energéticas de vacas em lactação, sendo que estes valores aquém do desejado repercutem no fracionamento dos CHO (Tabelas 5, Apêndice). Nos ruminantes, os CHO compreendem entre 70 a 80% da ração e são importantes na nutrição porque fornecem grande parte da energia e são precursores para síntese de componentes do leite (HALL, 2014; MERTENS, 1992). Porém, a informação isolada da concentração de CHO pode passar uma falsa impressão de sucesso da dieta formulada, quando observa-se o valor de 89,27 % de CT na MS (Tabelas 5, Apêndice), dado proveniente de uma dieta com 95% de cana-de-açúcar, 3,5% de ureia e 1,3% de mineral que apresentou composição de 28,4 % de MS, 12,4% de PB, 54,2% de FDN, 38,2% de CNF, 30,3% de FDA, 5,6% de LDA e 59% de NDT com consumo de MS de 5,3 kg/dia e produção de leite de 6,45 kg/dia. No caso dessa dieta fica evidente que as vacas em lactação não conseguem consumir o suficiente para suprir suas exigências energéticas, o que repercute na baixa produção de leite, comprometendo, assim o mérito genético pela deficiência energética. Nota-se que é imprescindível conhecer o fracionamento dos CHO, principalmente relacionado aos volumosos utilizados na dieta (HALL, 2014).

Os ruminantes possuem um diferencial que é a degradação dos CHO. Para isso contam com os microrganismos ruminais, que são classificados como bactérias que fermentam CHO fibrosos, as quais degradam celulose e hemicelulose, possuem crescimento lento e utilizam amônia para a síntese de proteína microbiana e com as bactérias que fermentam CNF, amido, pectina e açúcares que apresentam crescimento mais rápido e utilizam amônia e aminoácidos como fonte de nitrogênio. Assim, taxa de crescimento bacteriano é definida pela quantidade de carboidrato que é degradada no rúmen e a taxa de digestão dos CHO, desde que as fontes de nitrogênio e outros nutrientes essenciais estejam disponíveis (NRC, 2001; Lanzas et al. 2007; Hall 2014).

Lignina é um composto polifenólico indigestível que está ligado a outros componentes das paredes celulares das plantas, a qual aumenta com o avanço do estágio vegetativo da planta, visto que é um componente que ajuda a endurecer a planta e evita a ruptura da haste, tornando a fração da FDN mais lignificada. A lignina é extremamente não degradável para as bactérias ruminais e limita a fermentação de celulose e hemicelulose, reduzindo a digestibilidade dos FDN (Krizsan and Huhtanen 2013; Hall 2014), bem como, limita a ingestão alimentar pelo preenchimento ruminal (ALLEN; PIANTONI, 2014; HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016). O teor de lignina de 10.46 % foi encontrado em dietas contendo 35% de bagaço de cana-de-açúcar com 14% de lignina na MS.

Depois da energia, a proteína é o nutriente mais requerido para o desenvolvimento das funções metabólicas dos ruminantes (VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994). Os valores médios de aproximadamente 15% para PB estão de acordo com o preconizado que é de 15,5 a 19% de PB na MS, a qual deve apresentar 13% de proteína degradável no rúmen com 65 a 70% de degradabilidade ruminal (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014). Porém, ao observar os valores mínimos e máximos em função do número de volumosos, principalmente com um (7,32 e 27,16) e dois (10,14 e 20,50) volumosos, percebe-se que existem valores fora deste intervalo. Estes teores de PB da dieta repercutem no consumo de PB e nos teores de NUL, o qual por ser um dos parâmetros de excreção de ureia, é considerado um indicador da eficiência de utilização da PB na dieta (Tabela 5, 6 e 8, Apêndice). Tanto a falta quanto o excesso de PB na dieta de vacas em lactação ocasionam uma diminuição no consumo voluntário (FORBES, 2007).

A deficiência de proteína relaciona-se com a falta de nutrientes para garantir desenvolvimento das bactérias e funcionamento ruminal, visto que as bactérias ruminais necessitam de um mínimo de nitrogênio disponível para o início do seu crescimento e desenvolvimento, com a finalidade de maximizar a produção de proteína microbiana e potencializar a fermentação e degradação de CHO estruturais (NRC, 2001). Por outro lado, o



excesso proporciona uma maior produção de amônia ruminal, o que causa toxidez aos microrganismos e, em consequência maior excreção de ureia, desperdiçando proteína e energia, visto que a transformação de amônia em ureia para ser eliminada repercute em gasto energético (FOX et al., 2004; RUSSELL et al., 1992), bem como repercute em problemas reprodutivos, reduzindo a taxa de concepção das vacas em lactação (LEAN, 2011).

O valor máximo de EE na dieta foi de 8,82 % da MS (Tabelas 5, Apêndice), sendo que EE ideal para a dieta de vacas leiteiras não deve ultrapassar sete por cento (NRC, 1989). Este valor de EE foi utilizado para avaliar a utilização de óleo de canola na alimentação de vacas leiteiras como possível alternativa para modificar o perfil de ácidos graxos do leite. Porém, alguns experimentos utilizados no banco de dados, principalmente dietas com um e dois volumosos, podem estar utilizando um teor maior de EE com a finalidade de aumentar a densidade energética da dieta (JENKINS; MCGUIRE, 2006), visto que a baixa qualidade do volumoso utilizados na alimentação não consegue suprir as exigências energéticas das vacas em lactação e, ainda como neste caso, como forma de alterar a composição da gordura do leite (HARVATINE; BOISCLAIR; BAUMAN, 2009), produzindo leite e derivados com propriedades funcionais, agregando valor ao produto final. Porém, é necessário considerar que o aumento no teor de EE da dieta pode ter efeito negativo sobre a digestibilidade da fibra, e, conseqüentemente, sobre o consumo voluntário (HUHTANEN; RINNE; NOUSIAINEN, 2009; JENKINS; HARVATINE, 2014).

Outra forma de melhorar a densidade energética da dieta é pelo aumento dos CNF (Tabela 3, grupo 4), os quais determinam a quantidade de proteína bacteriana produzida no rúmen. A concentração ótima para vacas em lactação não está bem definida, mas para evitar acidose e outros problemas metabólicos, a concentração máxima indicada é de 36 a 44% na MS (NRC, 2001). Os CNF não fibrosos são rapidamente fermentados no rúmen (HALL, 2014), dentre eles está o amido, o qual deve estar entre 20 e 30% na dieta (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014), podendo chegar a 40% (Nocek, 1997). As médias dos CNF utilizados nas dietas estão dentro dos valores ideais, porém observa-se valores mínimos e máximos de 6,26 e 54,29% de CNF, demonstrando, que mesmo em condições experimentais em função dos tratamentos avaliados, algumas vacas produzem em condições de deficiência energética e outras com acidose. Estes percentuais de CNF repercutem nas médias de consumo encontradas (Tabela 5 e 6, Apêndice).

O excesso de concentrado fornece carboidrato de alta fermentação ruminal, CNF e amido, que repercute em acidose subclínica e/ou clínica, comprometendo o funcionamento ruminal (Owens et al. 1998; Gao 2014). Porém colocam em risco a saúde das vacas em lactação por causa da acidose clínica e/ou subclínica (GAO; OBA, 2014). Para que isso não ocorra é

importante a ingestão de partículas grandes de volumoso, comumente conhecido como FDN fisicamente efetivo, proporcionando uma manta de fibra flutuante no rúmen, que está positivamente associada com a atividade de mastigação, pH ruminal e, conseqüentemente, conteúdo de gordura do leite (MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2012). Os valores recomendados estão na faixa de 28 a 33% de FDN na MS total da ração para vacas leiteiras, sendo que 75% desse FDN deve ser proveniente da forragem (NRC, 1989) e para cada unidade percentual de redução no teor de FDN oriundo de volumoso é recomendado aumentar duas unidades percentuais no teor de FDN total da dieta e reduzir duas unidades percentuais no teor de CNF da dieta (NRC, 2001).

O NDT é uma medida de valor energético de um alimento e/ou dieta (WEISS, 1998), que é utilizado como base para calcular a energia digestível (ED), quando se desconta o que é eliminado nas fezes, energia metabolizável (EM), reduz o que é excretado pela urina e pelos gases e energia líquida (EL), quando contabilizada e diminui o incremento calórico, a qual é dividida em manutenção e produção (NRC, 2001). Portanto, os valores de NDT refletem na ED, EM e EL de lactação (ELL), os quais demonstram que mesmo com a combinação de dois volumosos observa-se valores abaixo da necessidade energética das vacas leiteiras (48,12%), dietas deficientes em energia reduzem a produção de leite, causam excessiva perda de peso, problemas reprodutivos e podem diminuir a resistência a doenças (WEISS, 1998). Por outro lado, observa-se dietas com 98,04% de NDT (Tabela 5, Apêndice), a qual apresenta 12% de semente de girassol com produção de leite de 14,78 kg/dia, demonstrando que é necessário ter cuidado porque o excesso de energia nas dietas aumenta o custo da alimentação, leva ao acúmulo de gordura nos animais e causa problemas metabólicos (WEISS, 1998).

Vacas leiteiras produzindo com déficit energético necessitam mobilizar reservas corporais para manter a produção de leite, ocasionando balanço energético negativo, comprometendo a reprodução até chegar ao limite fisiológico, a partir do qual passa a reduzir a produção e apresentar transtornos metabólicos (DÓREA; FRENCH; ARMENTANO, 2017). Logo observamos que as dietas que representam o grupo 2 apresentam o maior teor de NDT (Tabela 3), com média geral de 71,30 de NDT na dieta e conseqüentemente maior consumo médio de 123,75 g/kg de  $PV^{0,75}$ , sendo que os NRC (1989, 2001) consideram as exigências diárias de 11,76 à 11,82 kg/dia adequadas, repercutindo na produção e composição do leite. Logo, os valores estão dentro da faixa ideal, porém as condições supracitadas relacionadas a proporção e qualidade de volumoso, problemas de consumo voluntário e de digestibilidade de nutrientes acabam comprometendo o atendimento das exigências energéticas das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil.

A produção de leite e a produção de leite corrigida para gordura e proteína, bem como a eficiência alimentar e eficiência energética de lactação são resultado do consumo e do aproveitamento dos nutrientes disponibilizados pela dieta fornecida para a vaca em lactação. Portanto, as características positivas e negativas das dietas que foram apresentadas repercutem diretamente na produção e composição do leite. Desta forma, a composição da dieta influi na fermentação do rúmen e os produtos dessa fermentação, não somente fornecem ao animal a energia necessária para o seu metabolismo, como também disponibilizam os principais precursores para a síntese da gordura, da proteína e da lactose (NRC, 2001).

O ESD representado pelos teores de proteína e lactose do leite apresenta valor mínimo de 6,83 % bem abaixo de 8,4% (Tabela 8, Apêndice), valor preconizado pela Instrução Normativa nº 62/2011 (BRASIL, 2011) e pelo Decreto 9.013/2017 (BRASIL, 2017). Os teores de proteína no leite são afetados pela raça e pela produção de leite, enquanto na dieta principalmente o fornecimento de CNF aumenta o teor de proteína no leite, visto que em ruminantes a principal fonte de proteína é a proteína microbiana, sendo que normalmente a ingestão de CNF é o fator mais limitante para a síntese de proteína microbiana. Esta proteína possui perfil de aminoácidos semelhantes a proteína do leite, fator que favorece o aumento da síntese proteica na glândula mamária (MARTINEAU; OUELLET; LAPIERRE, 2013; PATTON; HRISTOV; LAPIERRE, 2014).

A lactose tem como precursor a glicose (LE MOSQUET; DELAMAIRE; LAPIERRE, 2009), que é proveniente na grande maioria da fermentação dos CNF no rúmen, o qual produz ácido propiônico que absorvido e metabolizado em glicose no fígado, logo a glicose é utilizada na síntese de lactose, principal determinante da produção de leite (NRC, 2001; ALLEN; PIANTONI; 2014), sendo que o teor de lactose do leite pode ser usado como indicador energético da dieta (ALESSIO, 2013). Portanto, fatores da dieta que afetam o funcionamento ruminal comprometem a produção e os teores de proteína, lactose e, principalmente gordura, que é considerado o principal indicador de saúde ruminal.

Os pontos discutidos permitem afirmar que mesmo em condições experimentais no Brasil o principal entrave da alimentação das vacas leiteiras é o fornecimento de dietas com capacidade de suprir a exigências energéticas, deixando de priorizar a proteína, a qual foi considerada o principal nutriente por muitos anos, em função de ser o suplemento de maior custo por quilograma da dieta. Logo, é necessário focar na produção de volumoso de qualidade, objetivando explorar ao máximo o diferencial dos ruminantes que é o aproveitamento dos CHO estruturais, bem como reduzir os custos com a utilização elevada de concentrado na dieta. A diversificação dos volumosos e dos ingredientes que compõem os concentrados utilizados na

dieta das vacas leiteiras podem melhorar a formulação das dietas, permitindo o fornecimento de nutrientes em quantidade e qualidade para suprir as exigências energéticas e proteicas de manutenção e produção, bem como reprodução, disponibilizando nutrientes para síntese dos componentes do leite. Estes fatores contribuem para o melhor funcionamento ruminal, maximizando o consumo e potencializando o aproveitamento dos nutrientes para que as vacas em lactação possam expressar seu potencial produtivo.

### **Conclusões**

A proporção de volumoso utilizado na dieta repercute diretamente no consumo de NDT, que juntamente com o aproveitamento dos nutrientes é responsável pelo déficit energético que compromete a produção e composição do leite, bem como a eficiência alimentar.

### **Agradecimentos**

Agradecemos a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) que possibilitou a Universidade Federal de Santa Maria – *Campus* de Palmeira das Missões estabelecesse o Laboratório de Estudos sobre Interface Planta-Animal, no qual há o Laboratório de Estudos Metanalíticos, a todos os pesquisadores brasileiros citados nas referências da base de dados, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação (PROMOP) pelas bolsas concedidas aos estudantes de pós-graduação que participam do estudo.

### **Referências Bibliográficas**

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.

ALLEN, M. S.; PIANTONI, P. Carbohydrate Nutrition: Managing energy intake and partitioning through lactation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p.577–597, 2014.

ALESSIO, D. R. M. **Estudo metanalítico e análise de banco de dados do teor de lactose no leite bovino**. 2013. 90 f. Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias. Lages. 2013.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 62, de 30 de dezembro de 2011**. Aprova os regulamentos técnicos de Composição e Requisitos Físicos, Químicos e Microbiológicos do Leite...Brasília, 31 dez. 2011. Seção 1. Diário Oficial da União, 2011.

BRASIL. **Decreto Nº 9.013, DE 29 de março de 2017**. Brasília. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2017.

CONAB, C. N. DE A. Acompanhamento da safra brasileira: Grãos. **Monitoramento agrícola-Safra 2016/17**, v. 4, n. 3, p. 1–152, 2017.

DÓREA, J. R. R.; FRENCH, E. A.; ARMENTANO, L. E. Use of milk fatty acids to estimate plasma nonesterified fatty acid concentrations as an indicator of animal energy balance. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 8, p. 6164–6176, 2017.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford, UK: CAB international, 2007.

FOX, D. 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, n. 1–4, p. 29–78, fev. 2004.

GAO, X.; OBA, M. Relationship of severity of subacute ruminal acidosis to rumen fermentation, chewing activities, sorting behavior and milk production in lactating dairy cows fed a high-grain diet. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 2009, p. 3006–3016, 2014.

HALL, M. B. Feed analyses and their interpretation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, p. 487–505, 2014.

HARVATINE, K. J.; BOISCLAIR, Y. R.; BAUMAN, D. E. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. **Animal**, v. 3, n. 1, p. 40–54, 2009.

HUHTANEN, P.; DETMANN, E.; KRIZSAN, S. J. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary, fecal and animal variables. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5345–5357, 2016.

HUHTANEN, P.; RINNE, M.; NOUSIAINEN, J. A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 2: The effects of feeding level and diet composition on digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 5031–5042, 2009.

JENKINS, T. C.; HARVATINE, K. J. Lipid feeding and milk fat depression. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p. 623–642, 2014.

JENKINS, T. C.; MCGUIRE, M. A. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1302–1310, 2006.

KRIZSAN, S. J.; HUHTANEN, P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1715–1726, 2013.

LANZAS, C. et al. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 136, n. 3–4, p. 167–190, 2007.

LEAN, I. J. Systems of describing nutritional requirements of dairy cattle. In: ROJINSKI H (Ed.). **Encyclopedia of dairy science**. 2. ed. Atlanta: Elsevier Science Ltd, 2011. p. 418–428.

LEAN, I. J.; GOLDBER, H. M.; HALL, M. B. Feeding, evaluating and controlling rumen function. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, n. 3, p. 539–

575, 2014.

LEMOSQUET, S.; DELAMAIRE, E.; LAPIERRE, H. Effects of glucose, propionic acid, and nonessential amino acids on glucose metabolism and milk yield in Holstein dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 7, p. 3244–57, jul. 2009.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - Enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

LOVATTO, P. A.; QUADROS, F. L. F.; SILVEIRA, V. A. **Modelagem animal: Análise e perspectivas do ponto de vista acadêmico brasileiro**. (2, Ed.). SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM PRODUÇÃO ANIMAL. **Anais...**Santa Maria: Unipress Disc Records Ltda, 1 CD-ROM, 2006.

MARTINEAU, R.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. Feeding canola meal to dairy cows : A meta-analysis on lactational responses. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1701–1714, 2013.

MCNAMARA, J. P. Role and regulation of metabolism in adipose tissue during lactation. **Nutritional Biochemistry**, v. 6, p. 120–129, 1995.

MERTENS, .D.R. Nonstrutural and strutural carbohydrates. In: **Large Dairy Herd Management**. Champaign: American Society of Agronomy, 1992. p. 219–235.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. G. C. Fahey, 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450–493.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997.

NOCEK, J. E.; Bovine acidosis: Implications on Laminitis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 5, p. 1005 – 1028, 1997.

NORMAND, S. T. Tutorial in biostatistics: Meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting. **Statistics in Medicine**, v. 359, n. 18, p. 321–359, 1999.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

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

OWENS, F. N. et al. Acidosis in cattle : A review. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 275–286, 1998.

PATTON, R. A.; HRISTOV, A. N.; LAPIERRE, H. Protein feeding and balancing for amino acids in lactating dairy cattle. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30. p. 599–621 2014.

RABIEE, A. R. et al. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components : A meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3225–3247, 2012.

RUSSELL, J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 1: Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3551–3561, 1992.

SANTOS, J. DOS. **Derivados da extração de óleo de girassol para vacas leiteiras**. 2008. 95 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2008.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **Statistical analysis system user's guide: statistics** Version 8.2, Cary: SAS Institute, , 2002.

SAUVANT, D. et al. Meta-analysis of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.

SHAVER, R.; KAISER, R. **Top producing dairy herds in Wisconsin feed more forage than you may think.** Disponível em: <[http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/mfaforage\\_focusnov-2011shaver.pdf](http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/mfaforage_focusnov-2011shaver.pdf)>. Acesso em set. de 2017.

SILVA, M. S. J. DA et al. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 9, p. 303–313, 2015.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L. **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos.** Disponível em : <[www.ufv.br/cqbal](http://www.ufv.br/cqbal)>. Acesso set. 2017.

VAN SOEST, A. J.; BOBBERT, M. F.; SCHENAU, G. J. V. I. A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. **Journal of Neurophysiology**, v. 71, n. 4, p. 1390–1402, 1994.

WEISS, W. P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. In: Symposium: energy availability. **Journal of dairy science**, v. 81, p. 830–839, 1998.

WEISS, W. P.; ST-PIERRE, N. R.; WILLETT, L. B. Varying type of forage , concentration of metabolizable protein , and source of carbohydrate affects nutrient digestibility and production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 11, p. 5595–5606, 2009.

WELTER, K. C. **Efeito da inclusão de óleo de canola na dieta de vacas em lactação**. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

ZARDIN, P. B. et al. Chemical composition of corn silage produced by scientific studies in Brazil - A meta-analysis. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 503–511, 2017.

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

## APÊNDICE

Tabela 1 - Frequência absoluta e relativa do número de tratamentos que apresentam dietas com apenas um volumoso utilizado na alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Volumosos	Número de tratamentos	Proporções médias (%)
Silagem de milho (SM)	242	54,13
Cana-de-açúcar (CA)	101	56,11
Silagem de sorgo (SS)	17	58,31
Silagem de cana-de-açúcar (SCA)	13	53,38
Capim elefante (CE)	11	55,21
Feno tifton (FT)	5	58,33
Silagem de capim elefante e sorgo (SCES)	5	90,26
Silagem de capim elefante (SCE)	4	50,00
Silagem pré-secada de grama estrela (SGE)	2	50,00
Silagem de girassol (SGI)	1	56,37
Total e percentual de tratamentos avaliados	401 (68,2)	



Tabela 2 - Frequência absoluta e relativa do número de tratamentos que apresentam dietas com dois volumosos utilizados na alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

1° Volumoso	N	Proporção média (%)	2° Volumoso	Proporção média (%)
CA	8	45,62	SM	34,17
CE	4	37,00	PF	43,00
FG	10	44,16	PF	27,66
FG	3	30,33	SCE	27,56
PF	33	38,39	SS	30,71
PF	11	47,23	BCA	26,87
PF	6	43,55	FCE	30,29
PF	3	--	SRMD	--
PF	2	51,50	FMN	35,75
PF	1	61,00	FGD	35,00
PF	1	63,00	FLC	33,70
PF	1	62,00	SGI	34,00
PF	1	49,81	FG	25,35
SCA	5	24,40	FG	14,50
SM	26	38,55	FG	6,15
SM	13	27,15	FA	26,43
SM	9	29,87	CA	20,21
SM	1	100,00	SGI	00,00
SM	1	66,00	SGI	34,00
SM	1	34,00	SGI	66,00
SM	2	00,00	SGI	100,00
SM	4	32,69	PF	35,74
SM	4	30,37	SAZP	11,74
SM	4	49,67	CCA	15,00
SM	3	30,00	SRAM	25,64
SM	3	31,70	SS	28,00
SM	2	38,80	T	5,00
SS	6	39,00	PF	24,00
SS	5	45,00	XX	31,25
SS	4	27,41	FA	24,42
Total e percentual de tratamentos avaliados			177 (30,1)	

N= número de tratamentos; CA= cana-de-açúcar; CE= capim elefante; FG= feno de gramínea; PF= palma forrageira; SCA= silagem de cana-de-açúcar; SCE= silagem de capim elefante; SM= silagem de milho; SS= silagem de sorgo; SRMD= silagem de restolho de milho doce; FMN= feno de maniçoba; BCA= bagaço de cana-de-açúcar; FCE= feno de capim elefante; FGD= feno de guandu; FLC= feno de leucena; SGI= silagem de girassol; FA= feno de alfafa; SAZP= silagem de azevém pré-secado; CCA= casca de café; SRAM= silagem de rama de mandioca; FCS= feno de capim sudão; T= tifton picado; XX= xique-xique.

Tabela 3 - Frequência absoluta e relativa do número de tratamentos que apresentam dietas com três volumosos utilizados na alimentação das vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

1° Volumoso	N	Proporção Média	2° Volumoso	N	Proporção Média	3° Volumoso	N	Proporção Média
PF	4	30,00	SCB	4	14,00	CMAND	4	14,00
PF	1	49,72	SS	1	12,72	BCA	1	12,72
SM	2	39,00	FCE	2	15,50	FA	2	3,50
SM	3	20,13	SAZ	3	20,12	SCEV	3	20,12
Total e percentual de tratamentos avaliados							10 (1,7)	

PF= palma forrageira; SM= silagem de milho; SCB= silagem pré-secada de capim buffel; AV= aveia verde; FCE= feno de capim elefante; SAZ= silagem pré-secada de azevém; SS= silagem de sorgo; CMAND= casca de mandioca; FG= feno de gramínea; FA= feno de alfafa; SCEV= silagem de cevada; BCA= bagaço de cana-de-açúcar.

Tabela 4 - Frequência absoluta e relativa dos ingredientes que compõem o concentrado utilizados na dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Ingrediente concentrado	Frequência absoluta (N)	Frequência relativa (%)
Primeiro ingrediente		
Milho	209	65,93
Farelo de soja	59	18,43
Polpa cítrica	19	5,99
Farelo de algodão	15	4,73
Farelo de trigo	5	1,57
Carroço de algodão	5	1,57
Silagem grão úmido de milho	4	1,26
Raspa mandioca	1	0,31
Segundo ingrediente		
Farelo de soja	206	63,37
Milho	48	15,00
Farelo de algodão	19	5,93
Grão de soja integral	16	5,00
Polpa cítrica	13	4,06
Levedura	5	1,56
Ureia e/ou sulfato de amônia	5	1,56
Raspa mandioca	4	1,25
Casca de soja	3	0,93
Óleo de soja	1	0,31
Terceiro ingrediente		
Mistura mineral	50	15,82
Farelo de trigo	35	11,08
Farelo de algodão	29	9,18
Farelo de soja	25	7,91
Ureia e/ou sulfato de amônia	23	7,28
Grão de soja integral	21	6,65
Milho	19	6,01
Carroço de algodão	19	6,01
Polpa cítrica	18	5,70
Fosfato bicálcico	14	4,43
Óleo de soja	12	3,80
Casca de café	8	2,53
Calcário calcítico	8	2,53
Casca de soja	6	1,90
Farelo de arroz	6	1,9
Milheto	5	1,58
Fubá de milho	5	1,58
Raspa de mandioca	5	1,58
Resíduo de feijão	4	1,27
Gordura protegida	3	0,95
Semente de linhaça	1	0,32
Quarto ingrediente		
Mistura mineral	90	30,00
Ureia e/ou sulfato de amônia	39	13,00
Calcário calcítico	36	12,00

Tabela 4 (Continuação) - Frequência absoluta e relativa dos ingredientes que compõem o concentrado utilizados na dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Mistura mineral e vitaminas	22	7,33
Farelo de trigo	19	6,33
Caroço de algodão	17	5,67
Farelo de algodão	12	4,00
Milho	11	3,67
Polpa cítrica	9	3,00
Bicarbonato de sódio	9	3,00
Fosfato bicálcico	8	2,67
Farelo de soja	7	2,33
Sal comum	6	2,00
Sorgo	4	1,33
Castanha de caju	4	1,33
Gordura protegida	4	1,33
Casca de soja	3	1,00
-----		
Quinto ingrediente		
Ureia e/ou sulfato de amônia	75	28,74
Bicarbonato de sódio	40	14,32
Sal comum	28	10,73
Calcário calcítico	26	9,96
Mistura mineral e vitaminas	26	9,96
Mistura mineral	22	8,43
Fosfato bicálcico	17	6,51
Farelo de algodão	12	4,60
Milho	8	3,07
Caroço de algodão	5	1,92
Casca de café	1	0,38
Casca de soja	1	0,38
-----		
Sexto ingrediente		
Ureia e/ou sulfato de amônia	46	21,90
Bicarbonato de sódio	44	20,95
Mistura mineral	32	15,24
Sal comum	27	12,86
Fosfato bicálcico	20	9,52
Calcário calcítico	20	9,52
Mistura mineral e vitaminas	5	2,38
Casca de soja	4	1,90
Gordura protegida	4	1,90
Óleo de soja	4	1,90
Óxido de magnésio	3	1,43
Milho	1	0,48
-----		
Sétimo ingrediente		
Ureia e/ou sulfato de amônia	39	26,17
Sal comum	36	24,16
Mistura mineral	27	18,12
Mistura mineral e vitaminas	9	6,04
Vitaminas	8	5,37
Calcário calcítico	8	5,37

Tabela 4 (Continuação) - Frequência absoluta e relativa dos ingredientes que compõem o concentrado utilizados na dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Bicarbonato de sódio	7	4,70
Fosfato bicálcico	7	4,70
Óxido de magnésio	4	2,68
Enxofre	4	2,68
Oitavo ingrediente		
Sal comum	36	36,00
Calcário calcítico	23	23,00
Mistura mineral	17	17,00
Ureia e/ou sulfato de amônia	16	16,00
Óxido de magnésio	4	4,00
Bicarbonato de sódio	4	4,00
Nono ingrediente		
Óxido de magnésio	20	28,57
Mistura mineral	14	20,00
Fosfato bicálcico	11	15,71
Sal comum	8	11,43
Vitaminas	7	10,00
Calcário calcítico	4	5,71
Ureia e/ou sulfato de amônia	4	5,71
Mistura mineral e vitaminas	2	2,86
Decimo ingrediente		
Enxofre	10	41,67
Óxido de magnésio	7	29,17
Calcário calcítico	5	20,83
Bicarbonato de sódio	2	8,33

Ureia= ureia, sulfato de amônia, amireia, MAP e optigen; gordura protegida= gordura animal, sais de cálcio, e ácidos graxos insaturados e Megalac; mistura mineral= minerais, premix mineral, núcleo mineral, premix ruminante, sal mineral, mistura mineral; Vitaminas= vitaminas, premix vitamínico; mistura mineral e vitaminas= vitaminas e minerais e premix vitamínico e mineral.

Tabela 5 - Composição bromatológica da dieta utilizada na alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Variáveis	N	Mínimo	Média	Máximo	DP
Proporção de volumoso da dieta (%)	625	26,90	57,31	100,00	13,50
Proporção de concentrado da dieta (%)	625	0,00	42,81	73,10	13,52
Matéria seca da dieta (% da MN)	497	11,50	50,10	95,15	17,18
Matéria orgânica da dieta (% da MS)	489	48,53	92,54	99,80	4,67
Proteína bruta da dieta (% da MS)	616	7,32	15,29	27,16	2,64
Extrato etéreo da dieta (% da MS)	544	0,75	3,34	8,82	1,51
Carboidratos totais da dieta (% da MS)	270	56,80	75,32	89,27	4,44
Carboidratos não fibrosos da dieta (% da MS)	391	6,26	36,91	54,91	7,31
Fibra em detergente neutro da dieta (% da MS)	571	11,02	38,63	80,28	8,39
Fibra em detergente ácido da dieta (% da MS)	454	6,11	22,40	39,90	5,37
Lignina em detergente ácido da dieta (% da MS)	228	0,36	4,26	10,46	1,54
Nutrientes digestíveis totais da dieta (% da MS)	304	48,12	67,66	98,04	7,01
Energia digestível da dieta (Mcal/kg)	387	2,12	2,96	4,32	0,31
Energia metabolizável da dieta (Mcal/kg)	390	1,69	2,54	3,92	0,31
Energia líquida de lactação (Mcal/kg)	390	1,06	1,52	2,28	0,17

MN= matéria natural; MS= matéria seca.

Tabela 6 - Consumo voluntário expresso na forma absoluta, em percentual do peso vivo e em função do peso metabólico para a alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Variáveis	N	Mínimo	Média	Máximo	DP
Consumo expresso em quilograma por dia (kg/dia)					
Consumo de matéria seca	641	5,32	17,35	25,30	3,39
Consumo de matéria orgânica	521	5,21	16,28	28,76	3,25
Consumo de carboidratos totais	291	5,14	12,43	18,19	2,46
Consumo de carboidratos não fibrosos	398	1,38	6,53	11,63	1,96
Consumo de fibra em detergente neutro	561	2,50	6,54	11,68	1,52
Consumo de fibra em detergente ácido	440	1,17	3,81	10,56	1,03
Consumo de proteína bruta	613	0,63	2,68	4,50	0,78
Consumo de extrato etéreo	534	0,049	0,58	1,87	0,31
Consumo de nutrientes digestíveis totais	397	3,94	11,72	18,66	2,82
Consumo de energia líquida de lactação <sup>1</sup>	355	7,05	27,10	42,76	6,74
Consumo expresso em percentual do peso vivo (% do PV)					
Consumo de matéria seca	551	1,30	3,16	4,96	0,55
Consumo de matéria orgânica	426	1,23	2,94	4,96	0,55
Consumo de carboidratos totais	271	1,07	2,32	3,28	0,41
Consumo de carboidratos não fibrosos	335	0,32	1,19	2,31	0,33
Consumo de fibra em detergente neutro	494	0,50	1,22	2,37	0,31
Consumo de fibra em detergente ácido	325	0,21	0,71	2,16	0,23
Consumo de proteína bruta	487	0,14	0,48	0,84	0,13
Consumo de extrato etéreo	434	0,01	0,10	0,31	0,06
Consumo de nutrientes digestíveis totais	353	0,88	2,13	3,37	0,44
Consumo de energia líquida de lactação	312	1,66	4,83	7,71	1,04
Consumo expresso em gramas por quilograma de peso metabólico (g/kg PV <sup>-0,75</sup> )					
Consumo de matéria seca	536	58,38	152,41	233,32	26,25
Consumo de matéria orgânica	430	55,66	142,09	243,34	26,50
Consumo de carboidratos totais	271	53,46	111,12	159,22	19,61
Consumo de carboidratos não fibrosos	339	15,76	56,75	97,56	15,93
Consumo de fibra em detergente neutro	466	5,03	58,62	111,48	15,20
Consumo de fibra em detergente ácido	325	10,37	34,29	101,40	10,39
Consumo de proteína bruta	495	6,45	23,29	37,83	6,41
Consumo de extrato etéreo	438	0,52	5,12	15,20	2,73
Consumo de nutrientes digestíveis totais	353	40,33	103,04	163,43	21,76
Consumo de energia líquida de lactação	312	75,40	233,85	374,38	52,39

<sup>1</sup>=Mcal/dia.

Tabela 7 - Digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Variáveis	N	Mínimo	Média	Máximo	DP
Digestibilidade da matéria seca (%)	391	44,50	65,35	85,23	6,16
Digestibilidade da matéria orgânica (%)	354	47,40	67,66	86,54	5,85
Digestibilidade dos carboidratos totais (%)	214	44,70	67,37	89,20	7,35
Digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (%)	250	53,77	83,37	100,00	9,27
Digestibilidade da fibra em detergente neutro (%)	389	14,80	48,31	80,54	11,20
Digestibilidade da fibra em detergente ácido (%)	74	20,80	47,14	78,17	14,46
Digestibilidade da proteína bruta (%)	354	43,10	69,16	98,23	8,11
Digestibilidade do extrato etéreo (%)	303	13,39	73,69	94,39	14,26



Tabela 8 - Produção e composição do leite de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil

Variáveis	N	Mínimo	Média	Máximo	DP
Produção de leite (kg/dia)	670	5,88	20,82	39,40	6,78
PCEP (kg/dia)	576	6,16	21,74	39,47	6,35
Eficiência alimentar	628	0,54	1,18	2,23	0,25
Eficiência energética de lactação <sup>1</sup>	248	7,93	24,84	42,10	6,49
Composição do leite em percentual					
Teor de extrato seco total	375	9,61	12,30	15,15	0,74
Teor de extrato seco desengordurado	381	6,83	8,62	10,47	0,44
Teor de gordura	656	1,89	3,61	5,80	0,48
Teor de proteína	580	2,29	3,18	4,46	0,25
Teor de lactose	390	3,36	4,44	5,00	0,22
Composição do leite em quilogramas por dia					
Produção de extrato seco total	377	0,843	2,39	4,57	0,77
Produção de extrato seco desengordurado	381	0,564	1,68	3,35	0,54
Produção de gordura	656	0,110	0,731	1,460	0,22
Produção de proteína	580	0,165	0,667	1,609	0,20
Produção de lactose	390	0,353	0,960	1,840	0,31
Nitrogênio ureico do leite (mg/dL)	271	2,96	14,20	27,46	4,10

PCEP= produção de leite corrigido para energia e proteína; 1= Mcal/kg.



## **CAPÍTULO IV**

### **PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DE VACAS DA RAÇA HOLANDÊS EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO BRASIL – METANÁLISE**

## **Produção e composição do leite em função da alimentação de vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil – Metanálise**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar os fatores relacionados a composição da dieta que influenciam o consumo voluntário e a digestibilidade aparente dos nutrientes e, conseqüentemente repercutem na produção e composição do leite das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil. O banco de dados foi formado pelo levantamento de trabalhos científicos de domínio público, compreendendo o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015. As publicações foram recuperadas por meio da leitura do resumo e posteriormente foram lidas em sua totalidade para serem tabulados. A base de dados ficou composta de 64 experimentos com 243 tratamentos e envolveu 1.757 vacas em lactação. Os dados foram avaliados pela análise de agrupamento, a qual formou três grupos, sendo que os principais fatores responsáveis pela separação dos grupos foram o teor de fibra em detergente neutro (FDN) da dieta e o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT). O grupo 1 foi representado pelo maior teor de FDN da dieta, nitrogênio ureico do leite (NUL), teores de proteína do leite e consumo de FDN, com menor consumo de NDT, proporção de concentrado (PPC) na dieta, teor de lactose. O grupo 2 apresenta o menor teor de FDN da dieta e consumo de FDN, com maior PPC na dieta, teor de lactose, com consumo de NDT, NUL e teor de proteína do leite intermediários. O grupo 3 é formado por dietas com teor de FDN e PPC na dieta intermediários, com maior consumo de NDT, teor de lactose do leite e consumo de FDN, com menor NUL, teor de proteína, podendo ser considerada a melhor dieta comparada ao grupo 1 e 2. O teor de FDN da dieta repercute no consumo de NDT, comprometendo o atendimento das exigências energéticas para produção e, o fornecimento de nutrientes para a composição do leite, com ênfase para a síntese de lactose e proteína do leite das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil.

**Palavras chaves:** consumo, lactose, fibra em detergente neutro, proteína, multivariada, nutrientes digestíveis totais

## **Milk yield and composition as a function of feeding of Holstein cows under confinement in experimental conditions in Brazil - Meta-analysis**

**Abstract:** The aim was to evaluate the factors related to diet composition that influence voluntary intake and apparent digestibility of nutrients and, consequently, have repercussions on the milk yield and composition of Holstein cows under experimental conditions in Brazil. The database was formed by the survey of scientific works of public domain, covering the period from January 2000 to December 2015. The publications were retrieved by reading the abstract and later read in their entirety to be tabulated. The data set was of composed of 64 experiments with 243 treatments and involved 1,757 lactating cows. The data were evaluated by the cluster analysis, which formed three groups, bee the main factors responsible for the separation of the groups the diet neutral detergent fiber (NDF) content and total digestible nutrients (TDN) intake. Group 1 was represented by the higher diet NDF content, milk urea nitrogen (MUN), milk protein content and NDF intake, with lower intake of TDN, dietary concentrate proportion (CPP), lactose content. Group 2 presented the lowest diet NDF content and NDF intake, with higher CPP in the diet, lactose content, and intermediate TDN intake, MUN and milk protein content. Group 3 is composed of diets with NDF content and proportion of concentrate in the diet intermediate, with higher consumption of TDN, milk lactose content and NDF intake, with lower MUN, protein content, and can be considered the best diet

compared to group 1 and 2. The NDF content of the diet affects the TDN intake, compromising the energy requirements for production and the nutrient supply for the milk composition, with emphasis on the lactose and milk protein synthesis of Holstein cows under experimental conditions in Brazil.

**Key words:** intake, lactose, neutral detergent fiber, protein content, total digestive nutrients

## **Introdução**

A cadeia produtiva do leite no Brasil conta com uma produção anual de 35.000.227 mil litros de leite, sendo que aproximadamente 62,5% é produzido nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Esta produção é oriunda de 21.751.073 vacas em lactação que apresentam produtividade média de 1.609 litros/vaca/ano (CARVALHO, GLAUCO RODRIGUES ROCHA, DENIS TEIXEIRA DA CARNEIRO, 2017). Dentre as várias raças utilizadas para a produção de leite, a Holandês, tem se destacado no Brasil e no mundo pelas elevadas produções de leite (FREYER et al., 2008).

Os carboidratos normalmente compõem de 60 a 80% da matéria seca (MS) das dietas de vacas em lactação (HALL, 2014) e pode ter efeitos consideráveis sobre a ingestão e partição da energia, porém esses efeitos dependem do tipo e das características de digestão dos carboidratos que interagem com o estado fisiológico das vacas (ALLEN; PIANTONI, 2014). Portanto, torna-se imprescindível a utilização de volumosos de alta qualidade, visto que o teor de fibra em detergente neutro (FDN) pode limitar o consumo alimentar em função do efeito de enchimento do rúmen (ALLEN, 2000). Assim, o equilíbrio e a formulação de dietas são essenciais para que possa ser melhor aproveitado os alimentos disponíveis, em cada situação de produção, de forma mais lucrativa, visando fornecer energia e nutrientes adequados que permitam aos animais expressar seu potencial genético de crescimento, desenvolvimento e produção (TEDESCHI et al., 2015).

O ponto chave na alimentação das vacas em lactação da raça Holandês em condições experimentais no Brasil é a pesquisa de dietas com capacidade de atender as exigências energéticas, sendo que o consumo e a digestibilidade da matéria seca da dieta determinam a quantidade de nutrientes disponíveis, os quais são destinados para a manutenção, produção, bem como reprodução e composição do leite. Nos ruminantes o sincronismo dos carboidratos não fibrosos (CNF) com a proteína degradável no rúmen (PDR) são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das bactérias, maximizando produção de proteína microbiana (PMIC) para potencializar a fermentação e degradação dos carboidratos estruturais e a produção de ácidos graxos voláteis (AGV), os quais são as principais fontes de energia e proteína metabolizáveis.

O uso adequado de banco de informações, com a metanálise, para estabelecer diagnósticos a partir de realidades já publicadas, tem uma perspectiva promissora, uma vez que permite utilizar as informações já disponíveis pelo avanço da pesquisa, podendo representar uma possibilidade de integrar o conhecimento produzido de forma fragmentada (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006), em função do maior poder estatístico pelo aumento substancial do tamanho da amostra estudada, a qual permite quantificar a resposta global de vários estudos (RABIEE et al., 2012). Diante da integração de vários fatores pelo uso da metanálise torna-se imprescindível a utilização de técnicas de análise multivariada avaliar os múltiplos fatores envolvidos, uma vez que as análises convencionais podem capturar o efeito de apenas um ou dois fatores (MACCIOTTA et al., 2012). Logo, a quantidade de informações recuperadas pela metanálise requer ferramentas estatísticas adequadas para fazer inferências sobre as causas de variações, tendo na análise de agrupamento uma opção valiosa, visto que permite a formação de grupos, nos quais a semelhança dentro do grupo é maior do que entre os grupos (CAMPOS; CARVALHO, 2007). Assim, objetivou-se avaliar os fatores relacionados a composição da dieta que influenciam o consumo voluntário e a digestibilidade aparente dos nutrientes e, conseqüentemente repercutem na produção e composição do leite das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil.

## **Material e Métodos**

A base de dados foi constituída pelo levantamento de trabalhos científicos de domínio público, realizado no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015, através de pesquisas eletrônicas nos sites do *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) <http://www.scielo.br>, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) <http://www.ibict.br>, Google Acadêmico <http://scholar.google.com.br/> e nas principais revistas da área de Zootecnia ou principais periódicos das Ciências Agrárias.

Na pesquisa as publicações (artigos, teses e dissertações) foram recuperadas por meio da leitura do resumo. Posteriormente os trabalhos foram lidos em sua totalidade, a fim de selecionar para tabulação em planilha eletrônica Microsoft Excel<sup>®</sup> aqueles trabalhos que apresentavam produção e composição do leite e pelo menos as informações consideradas essenciais referentes a alimentação, que foram: peso vivo (PV), dias em lactação (DEL), proporção de volumoso (PPV), proporção de concentrado (PPC), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas, consumo de MS, PB, CNF, FDN e NDT e digestibilidade

aparente da MS, PB e FDN. O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se nas metodologias descritas por LOVATTO et al., 2007, NORMAND, 1999 e SAUVANT et al., 2008.

Neste estudo metanalítico foram utilizados os trabalhos referente à alimentação de vacas em lactação da raça Holandês que foi composta de 64 experimentos com 243 tratamentos e envolveu 1.757 vacas em lactação. Os experimentos que fizeram parte da base de dados foram: Abud (2012), Almeida (2014), Alves et al. (2007), Amaral et al. (2014), Aquino et al. (2007), Araújo (2013), Arcari (2013), Barletta et al. (2012), Bitencourt (2008), Bumbieris Junior et al. (2007), Calomeni (2011), Carvalho (2010), Cavalcanti et al. (2008), Cortinhas et al. (2012), Coutinho et al. (2014), D'Angelo (2009), Del Vale (2014), Figueiroa (2010), Freitas et al. (2015), Freitas et al. (2010), Freitas Júnior et al. (2013), Gandra et al. (2010), Gandra et al. (2012), Imaizumi et al. (2006), Jesus (2011), Jobim et al. (2002), Jobim et al. (2006), Leite et al. (2006), Lima (2003), Melo et al. (2003 a, b), Melo et al. (2005), Melo et al. (2006), Migliano (2013), Mingoti (2013), Morais Junior (2013), Naves et al. (2013), Naves et al. (2015), Oliveira et al. (2001), Oliveira et al. (2007 a, b, c, d), Oliveira et al. (2014), Panichi (2009), Pedroso et al. (2007), Pereira et al. (2003), Pina et al. (2006), Pires et al. (2008 a, b), Pires et al. (2010), Possatti et al. (2015), Ramalho et al. (2006), Rocha et al. (2006 a, b), Salvador et al. (2008 a, b), Santos et al. (2007), Santos (2008), Santos et al. (2009), Santos et al. (2011), Sforcini (2009), Sforcini (2014), Silva et al. (2004), Silva et al. (2007), Silva et al. (2011), Silva (2014), Souza et al. (2005), Stelzer et al. (2009), Venturelli (2011), Vilela (2009), Voltolini et al. (2008), Welter (2015), referenciados no capítulo II.

Os dados foram avaliados através da técnica de análise multivariada, análise de agrupamento, utilizando-se o software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2002). As variáveis relativas aos alimentos utilizadas para a análise multivariada foram PPV, PPC, MS, CNF, FDN, FDA, PB, EE e NDT das dietas, os consumos de MS, CNF, FDN, FDA, PB, EE e NDT, expressos em relação ao peso metabólico (g/kg de PV<sup>0,75</sup>) e os dados de digestibilidade aparente dos seguintes nutrientes: MS, PB e FDN. Também foram incluídos os dados de desempenho das vacas, representados pela produção de leite (kg/dia), teores de gordura, proteína e lactose, nitrogênio ureico do leite (NUL) e eficiência alimentar (EA), sendo EA = produção de leite (kg/dia) / consumo de MS (kg/dia).

A análise de agrupamento foi realizada pelo procedimento FASTCLUS para formar grupos que apresentam características similares dentro do grupo e diferenças entre os grupos, utilizando o método hierárquico de Ward, baseado na distância euclidiana para estimar as

médias padronizadas dos grupos, sendo depois transformadas nas médias originais para cada grupo.

Na sequência foi realizada a análise discriminante, pelo procedimento DISCRIM, com finalidade de classificar as observações corretamente dentro de cada grupo e a análise discriminante canônica (procedimento CANDIS) que é utilizada para demonstrar de forma gráfica as distâncias entre e dentro dos grupos formados, seguida pelo procedimento STEPDISC, utilizando o método STEPWISE com o objetivo de selecionar as variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos, considerando as variáveis que apresentaram  $P > 0,0001$ , sendo que o  $R^2$  parcial explica o quanto cada variável representa na diferenciação dos grupos.

As pressuposições de normalidade e homogeneidade da matriz de covariância não foram atendidas por nenhuma das variáveis estudadas. Em função disso, uma proporção considerável de observações foram distribuídas incorretamente dentro dos seus respectivos grupos. Sendo assim, optou-se por utilizar a análise discriminante não paramétrica pelo método NPAR, através do algoritmo do vizinho mais próximo (KNN), que classificou corretamente todas as observações dentro dos grupos.

Por fim, para realizar a comparação das médias dos grupos formados pela análise de agrupamento foram testadas as pressuposições de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene), sendo que a maioria das variáveis apresentaram  $P > 0,0001$  para o teste de Shapiro-Wilk e Levene. Logo, pelo menos uma das pressuposições não foi atendida por todas as variáveis, indicando a falta de normalidade e/ou homogeneidade de variâncias. Diante deste fato, optou-se pela análise de variância utilizando o procedimento GLIMMIX, a qual considera o tipo de distribuição da variável resposta para a comparação de médias e utiliza o procedimento LSMEANS, sendo que as médias foram comparadas pelo teste Tukey-Kamer, considerando a probabilidade de 5%. A distribuição utilizada foi normal identidade para todas as variáveis analisadas, na qual a função de ligação identidade faz a conexão entre a média das observações e parte sistemática.

## **Resultados**

A variabilidade dos dados, representada pelo desvio padrão da média, demonstra que todas as variáveis analisadas não apresentam normalidade, bem como o mínimo e máximo demonstram que no período de 2000 a 2015, compreendendo 16 anos de pesquisa brasileira, a alimentação das vacas em lactação em condições experimentais apresenta grande amplitude em



função de que boa parte das pesquisas utilizadas tem por finalidade a avaliação de alimentos volumosos ou subprodutos regionais, os quais necessitam ser avaliados de forma isolada, porém muitas vezes acabam comprometendo a produção e a composição do leite (Tabela 1). No presente estudo condições extremas de alimentação foram mantidas, visto que as mesmas refletem no desempenho das vacas em lactação em condições experimentais brasileiras. O conhecimento detalhado da alimentação das vacas em lactação é fundamental para o planejamento de estratégias para a cadeia produtiva do leite, principalmente pela importância socioeconômica desta atividade para o Brasil.

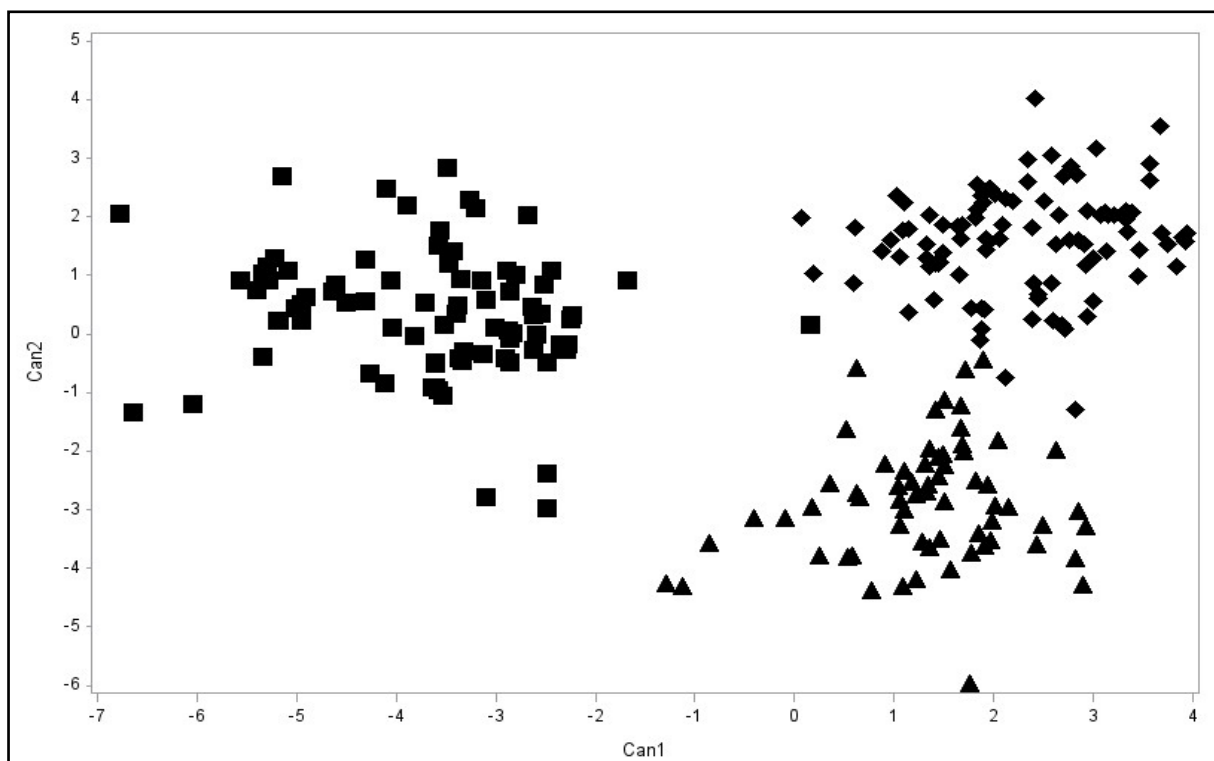
Tabela 1 – Análise descritiva referente as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil

Variáveis	N	Mínimo	Média	Máximo	DP
Informações gerais					
Peso vivo (kg)	243	448,40	572,41	718,40	53,94
Dias em lactação (dias)	226	20,00	109,07	235,00	51,26
Proporção de concentrado (%)	236	18,60	45,96	70,00	11,13
Composição da dieta (% MS)					
Matéria seca	198	16,81	51,40	91,07	14,39
Proteína bruta	232	7,32	15,95	23,75	2,45
Extrato etéreo	216	1,30	3,60	8,82	1,66
Carboidratos não fibrosos	167	15,06	38,31	52,10	6,09
Fibra em detergente neutro	209	11,02	36,38	59,87	7,14
Fibra em detergente ácido	168	6,11	21,39	35,09	5,01
Nutrientes digestíveis totais	168	51,50	69,06	83,44	5,37
Consumo voluntário expresso em gramas por quilograma de peso metabólico (g/kg de PV <sup>0,75</sup> )					
Matéria seca	232	91,10	159,45	221,35	25,32
Proteína bruta	236	9,81	25,89	37,83	5,64
Extrato etéreo	216	1,17	5,89	15,20	3,03
Carboidratos não fibrosos	178	28,41	62,49	93,28	12,90
Fibra em detergente neutro	215	27,51	57,73	98,45	12,58
Fibra em detergente ácido	164	10,37	33,21	52,26	8,89
Nutrientes digestíveis totais	164	64,82	112,85	163,43	20,15
Digestibilidade aparente (MS)					
Matéria seca	153	50,50	66,61	80,19	4,83
Proteína bruta	128	51,05	70,81	81,53	6,34
Fibra em detergente neutro	147	27,70	50,60	76,75	9,02
Desempenho animal					
Produção de leite (kg/dia)	243	9,55	24,17	38,00	6,16
Eficiência Alimentar*	239	0,76	1,28	2,02	0,24
Teor de gordura (%)	241	2,20	3,46	4,45	0,45
Teor de proteína (%)	207	2,54	3,15	3,93	0,22
Teor de lactose (%)	146	3,74	4,44	4,75	0,20
Nitrogênio ureico do leite (mg/dL)	132	7,20	14,46	27,46	3,71

\*Eficiência alimentar (EA)= produção de leite em kg/dia/consumo de MS em kg/dia.

A análise de agrupamento formou três grupos, os quais foram diferenciados pela análise canônica que tem a finalidade de demonstrar graficamente as distâncias euclidianas utilizadas na separação entre e dentro dos grupos (Figura 1).

Figura 1 – Análise canônica demonstra as distancias euclidianas entre e dentro dos grupos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil, Grupo 1 (■), grupo 2 (▲) e grupo 3 (◆).



Na sequência dentro da análise discriminante foi realizado o STEPDISC, pelo método STEPWISE, o qual é responsável por selecionar as variáveis que compuseram o modelo final ( $P < 0,0001$ ) e foram determinantes na diferenciação dos grupos (Tabela 2). Os grupos foram diferenciados pelas variáveis FDN da dieta, consumo de NDT, proporção de concentrado na dieta, NUL, teor de proteína e de lactose do leite, consumo de FDA, dias em lactação, consumo de FDN, digestibilidade da FDN e MS da dieta. As variáveis consideradas foram as que apresentaram  $P > 0,0001$ , sendo que o  $R^2$  parcial explica o quanto cada variável representa na diferenciação dos grupos, assim 60,5 % da distância entre os grupos é explicada pelo FDN da dieta, direcionando a discussão para as variáveis que estão apresentadas na Tabela 2 em função do grau de importância de cada variável de acordo com  $R^2$  parcial.

Tabela 2 – Análise discriminante das variáveis determinantes para a diferenciação dos grupos e seus respectivos parâmetros estatísticos para as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil

Variáveis	R <sup>2</sup> parcial	F	P>F	Wilks Lambda	P<Lambda	ASCC	P>ASCC
Fibra em detergente neutro da dieta (% MS)	0,605	183,48	<0,0001	0,395	<0,0001	0,302	<0,0001
Consumo de nutrientes digestíveis totais (g de PV <sup>-0,75</sup> )	0,542	141,58	<0,0001	0,181	<0,0001	0,572	<0,0001
Proporção de concentrado na dieta (%)	0,297	50,21	<0,0001	0,127	<0,0001	0,629	<0,0001
Nitrogênio ureico do leite (mg/dL)	0,239	37,29	<0,0001	0,097	<0,0001	0,680	<0,0001
Teor de proteína do leite (%)	0,146	20,20	<0,0001	0,083	<0,0001	0,700	<0,0001
Teor de lactose do leite (%)	0,129	17,44	<0,0001	0,072	<0,0001	0,713	<0,0001
Consumo de fibra em detergente ácido (g de PV <sup>-0,75</sup> )	0,121	16,05	<0,0001	0,063	<0,0001	0,735	<0,0001
Dias em lactação (dias)	0,114	15,03	<0,0001	0,056	<0,0001	0,749	<0,0001
Consumo de fibra em detergente neutro (g de PV <sup>-0,75</sup> )	0,087	10,89	<0,0001	0,040	<0,0001	0,785	<0,0001
Digestibilidade da fibra em detergente neutro (%)	0,085	10,73	<0,0001	0,047	<0,0001	0,772	<0,0001
Matéria seca da dieta (%)	0,080	10,04	<0,0001	0,052	<0,0001	0,760	<0,0001

ASCC: Average Squared Canonical Correlation

A análise de agrupamento formou três grupos (Tabela 3), que são descritos na sequência baseados nas principais variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos informados pela análise discriminante (Tabela 2). O grupo 1 foi representado pelo maior teor FDN da dieta, NUL, teores de proteína e gordura do leite e consumo de FDN, com menor consumo de NDT, proporção de concentrado na dieta, teor de lactose, dias em lactação e MS da dieta, com consumo de FDA e digestibilidade da FDN intermediários, sendo considerado uma dieta baseada em volumoso de qualidade inferior. O grupo 2 apresenta o menor teor FDN da dieta, consumo de FDN, consumo de FDA e digestibilidade da FDN, com maior proporção de concentrado na dieta, teor de lactose, dias em lactação e MS da dieta, com consumo de NDT, NUL e teor de proteína do leite intermediários, sendo uma dieta que demonstra que as exigências nutricionais são supridas pelo uso elevado de concentrado. O grupo 3 é formado por dietas com teor de FDN, proporção de concentrado na dieta, dias em lactação e MS da dieta intermediários, com maior consumo de NDT, teor de lactose do leite, consumo de FDA, digestibilidade da FDN e consumo de FDN, com menor NUL, teor de proteína, podendo ser considerada uma dieta melhor comparada ao grupo 1 e 2.

Tabela 3 – Agrupamentos formados pelas variáveis referentes a alimentação das vacas Holandês em condições experimentais no Brasil

Variáveis	Grupos*			P
	1	2	3	
	Informações gerais			
Peso vivo (kg)	542,85 b	595,70 a	582,44 a	<0,0001
Dias em lactação (dias)	82,15 c	130,17 a	114,35 b	<0,0001
Proporção de concentrado	34,24 c	54,29 a	50,34 b	<0,0001
	Composição da dieta (% MS)			
Matéria seca	46,45 b	57,50 a	50,98 b	<0,0001
Proteína bruta	13,77 b	17,20 a	16,92 a	<0,0001
Extrato etéreo	2,48 b	4,20 a	4,12 a	<0,0001
Carboidratos não fibrosos	34,68 c	42,78 a	38,43 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	43,43 a	29,59 c	36,34 b	<0,0001
Fibra em detergente em ácido	25,23 a	17,00 c	21,65 b	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	64,79 c	72,51 a	71,38 b	<0,0001
	Consumo em gramas por quilograma de peso metabólico (g/kg de PV <sup>0,75</sup> )			
Matéria seca	148,41 b	146,27 b	177,55 a	<0,0001
Proteína bruta	21,64 c	24,87 b	30,30 a	<0,0001
Extrato etéreo	3,86 c	6,03 b	7,55 a	<0,0001
Carboidratos não fibrosos	51,48 b	66,47 a	68,41 a	<0,0001
Fibra em detergente neutro	63,22 a	45,49 b	62,64 a	=0,0035
Fibra em detergente em ácido	34,77 b	24,47 c	38,59 a	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	98,20 c	111,40 b	130,19 a	<0,0001
	Digestibilidade aparente da dieta (% MS)			
Matéria seca	64,57 c	66,88 b	68,40 a	<0,0001
Proteína bruta	70,18 b	69,28 b	72,91 a	<0,0001
Fibra em detergente neutro	49,90 b	47,72 b	54,40 a	<0,0001
	Desempenho animal em função da dieta			
Produção de leite (kg/dia)	19,00 c	23,69 b	28,95 a	<0,0001
Eficiência Alimentar**	1,14 c	1,32 b	1,39 a	<0,0001
Teor de gordura (%)	3,70 a	3,43 b	3,28 c	<0,0001
Teor de proteína (%)	3,26 a	3,20 b	3,03 c	<0,0001
Teor de lactose (%)	4,33 b	4,49 a	4,46 a	<0,0001
Nitrogênio ureico do leite (mg/dL)	16,10 a	14,92 b	13,43 c	<0,0001
Número de observações	83	64	96	

\*Grupos formados pela análise de agrupamento; Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. \*\* Eficiência alimentar (EA) = produção de leite em kg/dia/consumo de MS em kg/dia.

## Discussão

Um dos gargalos na alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil é a não determinação de parâmetros importantes na análise bromatológica dos alimentos que compõem a dieta para ruminantes, como é o caso do fracionamento da proteína, da

determinação do teor de amido das dietas e na composição do leite o teor de caseína, sendo que a ausência destes parâmetros pode ser explicado pela complexidade das análises e em função do custo elevado. Porém a falta de informação sobre a ordem de parto das vacas, escore de condição corporal, peso vivo e contagem de células somáticas não tem justificativa para não ser realizadas já que são avaliações simples e com custo relativamente baixo para ser mensuradas. A não determinação de parâmetros simples juntamente com a falta de padronização das publicações, visto que em alguns casos pode ser que os parâmetros foram determinados, porém não foram informados na publicação constituem as principais lacunas encontradas com a formação da base de dados referente a alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil. Logo, é imprescindível salientar que a não determinação de parâmetros na maioria das vezes não é culpa dos pesquisadores, mas da falta de recursos, sobretudo financeiros. Assim a metanálise cumpre seu papel de identificar as lacunas que ainda necessitam de estudos e permite determinar o rumo dos novos investimentos (LOVATTO; QUADROS; SILVEIRA, 2006), melhorando a aplicação dos escassos recursos destinados a pesquisa brasileira (LUIZ, 2002). Porém com a maior frequência de metanálises publicadas na literatura científica, juntamente com o escasso financiamento para pesquisa, deve criar uma necessidade adicional para que as revistas científicas passem a garantir que os artigos publicados forneçam informações imprescindíveis para serem usadas em futuras metanálise (SAUVANT et al., 2008), visando criar modelos funcionais capazes de simular de forma satisfatória a realidade (LOVATTO et al., 2005).

As médias e o desvio padrão, bem como os valores mínimos e máximos para as variáveis utilizadas (Tabela 1) demonstram que experimentos envolvendo pesquisas de novos alimentos volumosos ou subprodutos na alimentação de vacas leiteiras necessitam ser testados, porém a composição bromatológica destes alimentos pode comprometer a produção e composição do leite, visto que as características da composição da dieta são primordiais para maximizar o consumo voluntário, funcionamento ruminal, aproveitamento de nutrientes energéticos e proteicos, que são destinados para a produção e síntese de componentes do leite. Quanto à falta de normalidade dos dados, a mesma foi resolvida utilizando procedimentos estatísticos adequados, os quais estão descritos na metodologia. No entanto, este fato remete à necessidade de estudos da distribuição das variáveis (LANZAS et al., 2007). A discussão dos resultados passam a ser baseados na Tabela 2, considerando as variáveis determinantes na diferenciação dos grupos e focando nas situações representadas por cada grupo (Tabela 3) e quando necessário será retomado os valores da Tabela 1 e discutido relações interessantes demonstradas nos grupos.

A alimentação de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil em função da avaliação de novos alimentos, volumosos e subprodutos, apresenta dietas com déficit energético, demonstrado pelas variáveis responsáveis na diferenciação dos grupos que foram o teor de FDN da dieta, seguido do consumo de NDT, PPC, NUL, consumos de FDA e FDN, dias em lactação, digestibilidade aparente da FDN e MS que comprometem o teor de proteína e lactose do leite, bem como a produção de leite (Tabela 2). Nos grupos formados, observa-se que o grupo 1 possui uma dieta baseada em volumoso de qualidade inferior, visto que o maior teor de FDN da dieta (43,43% de FDN na MS) aumenta o consumo de FDN, porém a disponibilidade de energia para o aproveitamento da PDR foi escassa o que pode ser percebido pelo aumento do NUL, como menor consumo de NDT, PPC, digestibilidade da FDN e da MS, repercutindo nos baixos teores de lactose do leite, com aumento no teor de proteína em função da redução na produção de leite e também pelo déficit energético.

O teor de FDN pode ser usada como parâmetro para definir os limites de consumo de MS (MERTENS, 1994), sendo que o valor preconizado é de 25 a 30 % de FDN na MS da dieta (NRC, 2001) e valores superiores encontrados nas dietas do grupo 1 (43,43% de FDN na MS) limitam o consumo de MS em função das limitações físicas de enchimento ruminal sem que as exigências sejam atendidas (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014). Ainda, em dietas com alto teor de FDN que apresenta elevado grau de lignificação observa-se uma redução da digestibilidade da FDN, a qual compromete o aproveitamento dos nutrientes, principalmente a degradabilidade da hemicelulose e celulose (HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

O suprimento estimado de proteína metabolizável, tanto de PMIC como a proteína não degradável no rúmen (PNDR), é o principal fator que determina a secreção de proteína do leite em lactação, uma vez que o perfil duodenal de aminoácidos deve ser semelhante ao da proteína do leite para aumentar o percentual de proteína do leite e que a maximização da proteína microbiana aumenta a proteína no leite porque possui perfil de aminoácidos semelhantes aos das proteínas do leite (MARTINEAU; OUELLET; LAPIERRE, 2013; NRC, 2001; PATTON; HRISTOV; LAPIERRE, 2014). Portanto, em ruminantes maximizar a produção de proteína microbiana é fundamental para síntese de proteína no leite. Porém dietas ricas em carboidratos não fibrosos melhoram a síntese de proteína no leite em função do aumento no crescimento e desenvolvimento da microbiota ruminal (NRC, 2001; PATTON; HRISTOV; LAPIERRE, 2014). Ainda, a proteína e a gordura do leite sofrem influência do nível de produção de leite (MIGLIOR et al., 2007), o que pode explicar as diferenças encontradas nos teores de proteína



e gordura entres os grupos formados é o efeito da diluição em função da produção de leite das vacas.

A glândula mamária das vacas em lactação absorve 70 a 80% do valor total da glicose disponível e a disponibilidade de glicose afeta a produção e composição do leite, especialmente o teor de lactose (LEMOSQUET; DELAMAIRE; LAPIERRE, 2009; POLLOTT, 2004), sendo altamente dependente da glicose (QIAO et al., 2005; RIGOUT, 2002). O amido fornece precursores de glicose e glicose para síntese de lactose do leite, cuja produção é o principal determinante da produção de leite (ALLEN; PIANTONI, 2014), a qual é proveniente na grande maioria do propionato, o qual é metabolizado no fígado (NRC, 2001). Logo, dos componentes do leite, o teor de lactose é o mais afetado pela deficiência energética, o qual pode ser observado nos grupos com menor teor de NDT na dieta e consumo de NDT (Tabela 3, grupo 1), podendo passar a utilizar o teor de lactose do leite com indicador da eficiência energética para vacas em lactação.

No grupo 2 observa-se a condição inversa ao grupo 1, na qual o teor de FDN da dieta, consumo de FDN e FDA é reduzido em função do aumento no PPC da dieta. Com 130 dias em lactação estas vacas apresentaram uma melhora considerável no teor de lactose do leite e digestibilidade da FDN, com consumo de NDT, NUL e teor de proteína do leite intermediários, porém a digestibilidade da FDN é comprometida, provavelmente pela elevada quantidade de concentrado que pode causar acidose, a qual em função da quantidade de carboidratos altamente fermentáveis reduz o pH ruminal, comprometendo o crescimento e desenvolvimento das bactérias que degradam a celulose e hemicelulose o que diminui a degradabilidade da fibra e o consumo voluntário (GAO; OBA, 2014; OWENS et al., 1998).

Em baixas concentrações de FDN, valor menor que 25 a 30 % de FDN na MS da dieta, a motilidade e a ruminação são prejudicadas (NRC, 2001). Nestas condições o que limita o consumo de MS são os inibidores do *feedback* para consumo de energia, visto que os carboidratos altamente fermentáveis limitam a ingestão de alimentos através do controle da saciedade, por aumentar os precursores de glicose e a energia hepática, causando oxidação hepática. Porém a redução no pH ruminal pode alterar as vias de biohidrogenação ruminal que diminui a concentração e o rendimento de gordura do leite (ALLEN, 2000; ALLEN; PIANTONI, 2014).

A gordura do leite composto por ácidos graxos de cadeia curta e média é sintetizada nos alvéolos da glândula mamária e tem como principal precursor o ácido acético que é produzido no rúmen, principalmente pela degradação dos carboidratos estruturais (ALLEN; PIANTONI, 2014; NRC, 2001). No entanto o teor de gordura no leite pode ser alterado pelo consumo de

ácidos graxos insaturados de cadeia longa e pela biohidrogenação microbiana incompleta dos mesmo, formando os isômeros do ácido linoleico conjugado. O isômero trans-10, cis-12 tem a capacidade de inibir a síntese da gordura do leite na glândula mamária pela regulação da expressão de vários genes envolvidos na lipogênese, diminuindo a síntese de ácidos graxos de cadeia curta na glândula mamária (HARVATINE; BOISCLAIR; BAUMAN, 2009), logo pode ser considerada um indicador do funcionamento e saúde ruminal.

Contudo, para o bom funcionamento ruminal alguns detalhes devem ser observados como as partículas longas de forragem, denominado FDN efetivo, que são necessárias para promover a secreção de saliva, estimulando a ruminação e a motilidade ruminal, para manter o pH e promover a saúde do rúmen (MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2012), enquanto que o FDN fisicamente efetivo quantifica o tamanho de partícula, sendo considerada as partículas maior que 8 mm (ZEBELI et al., 2012), ou o percentual da dieta total retida na peneira de 4,0 mm do separador de partículas (KMICIKEWYCZ; HEINRICHS, 2015) para o funcionamento ruminal adequado. O teor de amido deve ser observado para que não comprometa a degradação da fibra e não ative a saciedade, reduzindo o consumo (ALLEN; PIANTONI, 2014), bem como o teor de EE para não reduzir a degradação da fibra em função da toxicidade causada às bactérias responsáveis pela degradação da celulose (JENKINS; HARVATINE, 2014). Pode-se também explorar além da PMIC no ruminante PNDR, a qual é digerida e absorvida no intestino (PATTON; HRISTOV; LAPIERRE, 2014) e, ainda, em função da taxa de passagem, parte do amido que não é fermentado no rúmen é digerido e absorvido no intestino, contribuindo como fonte energética (ALLEN; PIANTONI, 2014).

As características apresentadas pelo grupo 3 demonstram que é possível melhorar a formulação das dietas comparado ao grupo 1 e 2, considerando o estado fisiológico da vaca (114 dias em lactação) e as características intrínsecas dos alimentos. As dietas deste grupo apresentaram PPC e teor de MS intermediários, os quais favorecem o consumo de NDT que repercute nos teores de lactose, sendo que o consumo de MS (221,35 g/kg de PV<sup>0,75</sup>) foi maximizado em função do teor de FDN da dieta (36,34% de FDN na MS) estar próximo do preconizado pelo NRC (2001) e LEAN; GOLDBER; HALL (2014) que é de 25 a 30 % de FDN na MS da dieta e apresentar digestibilidade aparente da FDN de 54,40% e produção de leite (28,95 kg/dia) melhor comparada aos demais grupos, com melhor eficiência alimentar, porém com menor teor de proteína no leite e NUL. Logo priorizar pelo fornecimento de dietas balanceadas e diversificadas, maximizando o consumo voluntário para atender as exigências energéticas das vacas em lactação é imprescindível para alcançar elevadas produções de leite com adequados teores de sólidos (aproximadamente 13 %).

Vacas de alta produção podem atingir consumo de MS de até 4,4% do peso vivo o que corresponde a 225,3 g/kg de PV<sup>0,75</sup>, considerando uma vaca com 680kg de PV, produzindo 54,4kg de leite/dia (NRC, 2001), desde que a dieta fornecida apresente características que permitam maximizar o consumo de MS, com teor de FDN entre 28 e 32%, 19 a 21 % de FDN efetivo, teor de amido entre 20 e 30 % e com teor de PB de 15 a 19 % com degradabilidade ruminal de 65 a 70% (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014; MERTENS, 1994), priorizando o aproveitamento dos nutrientes pelo ajuste do sincronismo entre as fontes de proteína e energia no rúmen para potencializar a produção de proteína microbiana e, conseqüentemente a degradação dos carboidratos fermentáveis e a produção de AGV, principais fontes de energia e proteína para os ruminantes.

Logo é imprescindível discutir a produção de volumosos, tanto *in natura* ou conservados, visto que quando a utilização de volumosos na dieta aumenta para 75 % a densidade energética e o consumo voluntário são reduzidos, sendo que nestas condições são utilizados como volumosos cana-de-açúcar, feno de gramínea, capim elefante, palma forrageira mais silagem de milho (Tabela 3, grupo 1). Os ruminantes podem utilizar material fibroso de forma eficiente porque seu sistema digestivo é baseado na degradação microbiana com potencial de digerir a parede celular dos vegetais (MERTENS, 1994). Portanto, é fundamental conhecer a composição bromatológica dos volumoso (HALL, 2014), bem como o fracionamento dos carboidratos, para potencializar o consumo voluntário e o aproveitamento dos nutrientes, visando atender as exigências energéticas de vacas de alta produção. Uma vez que volumoso compreende de 50 a 60 % da MS da dieta total fornecida para vacas de alta produção (SHAVER; KAISER, 2011) e que os carboidratos compreendem entre 70 a 80% da ração e são importantes na nutrição porque fornecem grande parte da energia e são precursores para síntese de componentes do leite (HALL, 2014; MERTENS, 1992).

A gestão do balanço energético através da lactação é necessário para maximizar a eficiência da produção de leite e a saúde animal (ALLEN; PIANTONI, 2014), bem como reprodução (RICO; YING; HARVATINE, 2014) e, principalmente a composição do leite de vacas leiteiras em condições experimentais no Brasil. A finalidade de potencializar a produção de PMIC e AGV ruminal está diretamente relacionada à produção e composição do leite. Portanto a dieta, teor de FDN e elevado teor de CNF podem interferir no funcionamento ruminal impactando no desempenho das vacas em lactação. Logo, o metabolismo energético e proteico da vaca em lactação está voltado para a produção de leite e produção da gordura, proteína e lactose que constituem o leite.

## Conclusão

O teor de FDN da dieta repercute no consumo de NDT, comprometendo o atendimento das exigências energéticas para produção e, o fornecimento de nutrientes para a composição do leite, com ênfase para a síntese de lactose e proteína do leite das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos os pesquisadores brasileiros citados nas referências da base de dados, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação (PROMOP) pelas bolsas concedidas aos estudantes de pós-graduação que participam do estudo.

## Referências Bibliográficas

- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.
- ALLEN, M. S.; PIANTONI, P. Carbohydrate Nutrition: Managing energy intake and partitioning through lactation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p.577–597, 2014.
- CARVALHO, GLAUCO RODRIGUES ROCHA, DENIS TEIXEIRA DA CARNEIRO, A. V. Indicadores Leite e Derivados. **Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite**, v. 8, n. 70, 2017.
- FREYER, G. et al. Invited review: Crossbreeding in dairy cattle from a german perspective of the past and today. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 10, p. 3725–3743, 2008.
- GAO, X.; OBA, M. Relationship of severity of subacute ruminal acidosis to rumen fermentation, chewing activities, sorting behavior and milk production in lactating dairy cows fed a high-grain diet. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 2009, p. 3006–3016, 2014.
- HALL, M. B. Feed analyses and their interpretation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, p. 487–505, 2014.
- HARVATINE, K. J.; BOISCLAIR, Y. R.; BAUMAN, D. E. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. **Animal**, v. 3, n. 1, p. 40–54, 2009.
- HUHTANEN, P.; DETMANN, E.; KRIZSAN, S. J. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary , fecal , and animal variables. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5345–5357, 2016.
- JENKINS, T. C.; MCGUIRE, M. A. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1302–1310, abr. 2006.

KMICIKEWYCZ, A. D.; HEINRICH, A. J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 373–385, 2015.

LANZAS, C. et al. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 136, n. 3–4, p. 167–190, 2007.

LEAN, I. J.; GOLDBERGER, H. M.; HALL, M. B. Feeding, evaluating, and controlling rumen function. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, n. 3, p. 539–575, 2014.

LEMOSQUET, S.; DELAMAIRE, E.; LAPIERRE, H. Effects of glucose, propionic acid and nonessential amino acids on glucose metabolism and milk yield in Holstein dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 7, p. 3244–57, jul. 2009.

LOVATTO, P. A. et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura Brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2348–2354, 2005.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - Enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

LOVATTO, P. A.; QUADROS, F. L. F.; SILVEIRA, V. A. **Modelagem animal: Análise e perspectivas do ponto de vista acadêmico brasileiro**. (2, Ed.). SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM PRODUÇÃO ANIMAL. **Anais...**Santa Maria: Unipress Disc Records Ltda, 1 CD-ROM, 2006.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: Definição, Aplicações e Sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 407–428, 2002.

MACCIOTTA, N. P. P. et al. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 12, p. 7346–54, 2012.

MARTINEAU, R.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. Feeding canola meal to dairy cows : A meta-analysis on lactational responses. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1701–1714, 2013.

MERTENS, D. R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: **Large Dairy Herd Management**. Champaign: American Society of Agronomy, 1992. p. 219–235.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. G. C. Fahey, 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450–493.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997.

MIGLIOR, F. et al. Genetic analysis of milk urea nitrogen and lactose and their relationships with other production traits in Canadian Holstein Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2468–2479, 2007.

NORMAND, S. T. Tutorial in biostatistics: Meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting. **Statistics in Medicine**, v. 359, n. 18, p. 321–359, 1999.

NRC, N. R. C.-. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2001.

OWENS, F. N. et al. Acidosis in cattle : A review. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 275–286, 1998.

PATTON, R. A.; HRISTOV, A. N.; LAPIERRE, H. Protein feeding and balancing for amino acids in lactating dairy cattle. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30. p. 599–621 2014.

POLLOTT, G. E. Deconstructing milk yield and composition during lactation using biologically based lactation models. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 8, p. 2375–2387, 2004.

QIAO, F. et al. Kinetics of glucose transport and sequestration in lactating bovine mammary glands measured in vivo with a paired indicator / nutrient dilution technique. **J Appl Physiol**, v. 99, p. 799–806, 2005.

RABIEE, A. R. et al. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components : A meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3225–3247, 2012.

RICO, D. E.; YING, Y.; HARVATINE, K. J. Effect of a high-palmitic acid fat supplement on milk production and apparent total-tract digestibility in high- and low-milk yield dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 6, p. 3739–3751, 2014.

RIGOUT, S. Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 3, p. 595–606, 2002.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **Statistical analysis system user's guide: statistics** Version 8.2, Cary: SAS Institute, , 2002.

SAUVANT, D. et al. Meta-analysis of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.

SHAVER, R.; KAISER, R. **Top producing dairy herds in Wisconsin feed more forage than you may think.** Disponível em: <[http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/mfaforage\\_focusnov-2011shaver.pdf](http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/mfaforage_focusnov-2011shaver.pdf)>. Acesso set. 2017.

TEDESCHI, L. O. et al. The role of ruminant animals in sustainable livestock intensification programs. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 22, n. 5, p. 452–465, 2015.

VAN SOEST, A. J.; BOBBERT, M. F.; SCHENAU, G. J. V. I. A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. **Journal of Neurophysiology**, v. 71, n. 4, p. 1390–1402, 1994.

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

## **CAPÍTULO V**

### **PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM FUNÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DE VACAS MESTIÇAS HOLANDÊS X ZEBU EM CONDIÇÃO EXPERIMENTAL NO BRASIL – METANÁLISE**

## **Produção e composição do leite em função da alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu em condição experimental no Brasil – Metanálise**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar quais os fatores da composição da dieta podem interferir no consumo voluntário e na digestibilidade aparente dos nutrientes, repercutindo na produção e composição do leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil. O banco de dados foi formado pelo levantamento de trabalhos científicos de domínio público, compreendendo o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015. As publicações foram recuperadas por meio da leitura do resumo e posteriormente foram lidas em sua totalidade para serem tabulados. A base de dados foi constituída de 40 experimentos com 159 tratamentos, envolvendo 735 vacas em lactação. Os dados foram avaliados pela análise de agrupamento, a qual formou três grupos, sendo que os principais fatores responsáveis pela separação dos grupos foram o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), o teor de fibra em detergente ácido (FDA) da dieta e a digestibilidade da matéria seca (MS). O grupo 1 foi representado pelo maior consumo de NDT, digestibilidade da MS, consumo de MS, produção de leite e teor de lactose, com intermediária FDA da dieta. O grupo 2 apresenta o menor consumo de NDT, digestibilidade da MS, FDA da dieta e teor de lactose, com produção de leite intermediária. O grupo 3 é representado pelo menor consumo de NDT, digestibilidade da MS, consumo de PB e produção de leite, com maior FDA da dieta, FDN da dieta e com teor de lactose intermediário. O consumo de NDT da dieta é prejudicado pela digestibilidade da MS e, principalmente da FDN em função da proporção e das características dos volumosos utilizados na dieta, sendo que estes fatores repercutem na EA, bem como na composição do leite, com ênfase no teor de lactose do leite das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil.

**Palavras chaves:** carboidratos não fibrosos, consumo, digestibilidade, lactose, nutrientes digestíveis totais

## **Milk yield and composition according to alimentention of crossbred Holstein x Zebu cows confined under experimental conditions in Brazil -Meta-analysis**

**Abstract:** The objective was to evaluate the diet composition factors that may interfere on the voluntary intake and the apparent digestibility of the nutrients, affecting the milk yield and composition of crossbred Holstein x Zebu cows confined under experimental conditions in Brazil. The meta-analysis techniques were used for the formation of the database, which was constituted by the survey of scientific works of public domain, comprising the period from January 2000 to December 2015. The publications were retrieved through the reading of the summary and later read in their entirety, being necessary to present information on milk yield and composition and at least inform the main parameters regarding diet composition, voluntary intake, apparent digestibility of nutrients for be tabulated. The database consisted of 40 experiments with 159 treatments involving 735 lactating cows. The data were evaluated by the cluster analysis, which formed three groups, and the main factors responsible for the separation of the groups were total digestible nutrient (TDN) intake, dietary acid detergent fiber (ADF) content and dry matter (DM) digestibility. Group 1 was represented by higher TDN intake, DM digestibility, DM intake, milk yield and lactose content, with an intermediary ADF from the diet. Group 2 showed the lowest TDN intake, DM digestibility, dietary intake and lactose content, with intermediate milk yield. Group 3 is represented by lower TDN intake, DM



digestibility, crude protein (CP) intake and milk yield, with higher dietary ADF, diet NDF and intermediate lactose content. Dietary TDN intake is affected by the digestibility of DM and, mainly, NDF, due to the proportion and characteristics of the nutrients used in the diet, and these factors have an impact on food efficiency, as well as on milk composition, with emphasis on the milk lactose from crossbred Holstein x Zebu cows under experimental conditions in Brazil

**Key words:** digestibility, intake, lactose, non-fibrous carbohydrates, total digestible nutrients

### **Introdução**

A utilização do cruzamento entre raças leiteiras explora a complementariedade e a heterose (BOURDON, 2000). Este fato pode ser observado nas vacas mestiças Holandês x Zebu (Holandês x Zebu), as quais apresentam as características provenientes da complementariedade, ou seja, maior produção de leite adquirida da raça Holandês e resistência ao calor característica da raça Zebu, sendo que neste cruzamento geralmente é utilizado a raça Gir. Porém, as condições ambientais que comprometem a produção e composição do leite das vacas em lactação também repercutem na produção e no valor nutricional dos volumosos em função do estresse hídrico (GAO et al., 2017; NRC, 2001; POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017).

As condições climáticas têm efeito na composição do leite como um todo, visto que estão relacionadas com a produção de volumoso em quantidade e de qualidade (NORO et al., 2006), bem como interferem na ingestão dos alimentos pelos animais em função do estresse pelo calor e, ainda devido aos maiores teores de fibra em detergente neutro (FDN) dos volumosos tropicais. Logo, a produção e a composição do leite podem variar de acordo com as vacas individuais e com a raça, bem como pela variabilidade das condições ambientais, principalmente em função da temperatura (POLSKY; VON KEYSERLINGK, 2017), visto que o calor exerce efeitos negativos consideráveis na produção e composição do leite, especialmente durante os meses de verão e vacas de alta produção tendem a ser mais sensíveis ao calor (YANO; SHIMADZU; ENDO, 2014).

Uma vez que o consumo voluntário e a digestibilidade determinam a quantidade de nutrientes disponíveis para manutenção e produção de leite (NRC, 2001), bem como para os componentes do leite e que as vacas mestiças Holandês x Zebu alimentadas em condições experimentais no Brasil enfrentam estresse pelo calor que compromete o consumo voluntário e a produção de volumoso, o qual em determinadas situações pode representar 70% do total da dieta fornecida, torna-se necessário utilizar as informações disponíveis, através da metanálise, visando integrar as variáveis qualitativas e quantitativas de interesse, as quais possibilitam mensurar parâmetros que não podem ser avaliados em um único experimento, inferindo maior confiabilidade aos resultados que podem ser usados para alterar os sistemas de produção

(NORMAND, 1999), por fornecer uma conclusão quantitativa utilizável (LOVATTO et al., 2007). Assim, objetivou-se avaliar quais os fatores da composição da dieta podem interferir no consumo voluntário e na digestibilidade aparente dos nutrientes, repercutindo na produção e composição do leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil.

### **Material e Métodos**

A técnica de metanálise foi constituída pelo levantamento de trabalhos científicos, de domínio público, através de pesquisas eletrônicas nos sites do *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) <http://www.scielo.br>, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) <http://www.ibict.br>, Google Acadêmico <http://scholar.google.com.br/> e nas principais revistas da área. Anteriormente, a busca propriamente dita, definiu-se que seriam coletados trabalhos publicados e/ou desenvolvidos entre janeiro de 2000 e dezembro de 2015, compreendendo os últimos dezesseis anos de pesquisas sobre a composição da dieta, consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas em condições experimentais no Brasil. O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se na metodologia descrita por LOVATTO et al. (2007), NORMAND (1999) e SAUVANT et al. (2008).

Na pesquisa acima discriminada as publicações (artigos, teses e dissertações) foram recuperadas por meio da leitura do resumo. Posteriormente os trabalhos foram lidos em sua totalidade, a fim de selecionar para tabulação os trabalhos que apresentavam produção e composição do leite e pelo menos as informações consideradas essenciais referentes a alimentação, que foram: peso vivo (PV), dias em lactação (DEL), proporção de volumoso (PPV), proporção de concentrado (PPC), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas, consumo de MS, PB, CNF, FDN e NDT e digestibilidade aparente da MS, PB e FDN em planilha eletrônica Microsoft Excel®. O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se nas metodologias descritas por LOVATTO et al., 2007, NORMAND, 1999 e SAUVANT et al., 2008.

Neste artigo foram utilizados os trabalhos referentes à alimentação de vacas em lactação mestiças Holandês x Zebu, sendo que a base foi constituída de 40 experimentos com 159 tratamentos, envolvendo 735 vacas em lactação. Ressalta-se que as vacas mestiças Holandês x Zebu compreendem as vacas em lactação da raça Girolando, vacas mestiças de Holandês com Gir com diferentes graus de sangue e um pequeno número de vacas mestiças Holandês com Guzerá.

Os experimentos que fizeram parte deste estudo foram Alves (2010), Alves et al. (2010 a, b), Amorim (2011), Araújo et al. (2004), Assis et al. (2004), Bispo et al. (2010), Cordeiro et al. (2007), Costa et al. (2009), Costa et al. (2011), Cunha et al. (2012), Eifert et al. (2005), Eifert et al., (2006), Filgueiras Neto (2011), Gonçalves et al. (2014), Lima et al. (2009), Machado (2014), Moreira et al. (2001), Neto et al. (2013), Oliveira (2007), Oliveira et al. (2011), Paiva et al. (2013), Pereira et al. (2011), Pereira et al. (2012), Ramalho et al. (2006), Ramos et al. (2015), Ribeiro (2009), Rocha Filho (2012), Santiago (2013), Santos et al. (2001), Santos (2010), Santos et al. (2012), Vargas et al. (2002), Silva (2006), Silva et al. (2009), Soares et al. (2004), Soares et al. (2005), Sousa et al. (2009), Souza et al. (2015), Vilela et al. (2003), Vilela et al. (2007), Wanderley et al. (2012), Zervoudakis et al. (2010), referenciados no capítulo II.

Os dados foram avaliados através da técnica de análise multivariada, análise de agrupamento, utilizando-se o software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2002). As variáveis utilizadas para a análise multivariada foram PV, DEL, PPV, PPC, MS, PB, extrato etéreo (EE), CNF, FDN, fibra em detergente ácido (FDA) e NDT das dietas. Para o consumo em relação ao peso metabólico as variáveis usadas foram consumo de MS, PB, EE, CNF, FDN e NDT. A digestibilidade aparente dos nutrientes ficou representada pela digestibilidade: da MS, PB e FDN. Os indicadores de desempenho avaliados foram a produção de leite (kg/dia), teores de gordura, proteína, lactose e eficiência alimentar (EA), sendo  $EA = \text{produção de leite (kg/dia)} / \text{consumo de MS (kg/dia)}$ .

A análise de agrupamento foi realizada pelo PROC FASTCLUS para formar grupos que apresentam características similares dentro do grupo e diferenças entre os grupos, utilizando o método hierárquico de Ward, baseado na distância euclidiana para estimar as médias padronizadas dos grupos, sendo depois transformadas nas médias originais para cada grupo.

Na sequência foi realizada a análise discriminante, pelo procedimento DISCRIM, com finalidade de classificar as observações corretamente dentro de cada grupo e a análise discriminante canônica (procedimento CANDIS) que é utilizada para demonstrar de forma gráfica as distâncias entre e dentro dos grupos formados, seguida pelo procedimento STEPDISC, utilizando o método STEPWISE com o objetivo de selecionar as variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos, considerando as variáveis que apresentaram  $P > 0,0001$ , sendo que o  $R^2$  parcial explica o quanto cada variável representa na diferenciação dos grupos.

As pressuposições de normalidade e homogeneidade da matriz de covariância não foram atendidas por nenhuma das variáveis estudadas. Em função disso, uma proporção considerável de observações foram distribuídas incorretamente dentro dos seus respectivos grupos. Sendo

assim, optou-se por utilizar a análise discriminante não paramétrica pelo método NPAR, através do algoritmo do vizinho mais próximo (KNN), que classificou corretamente todas as observações dentro dos grupos.

Por fim, para realizar a comparação das médias dos grupos formados pela análise de agrupamento foram testadas as pressuposições de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene), sendo que a maioria das variáveis apresentaram  $P > 0,0001$  para o teste de Shapiro-Wilk e Levene. Logo, pelo menos uma das pressuposições não foi atendida por todas as variáveis, indicando a falta de normalidade e/ou homogeneidade de variâncias. Diante deste fato, optou-se pela análise de variância utilizando o procedimento GLIMMIX, a qual considera o tipo de distribuição da variável resposta para a comparação de médias e utiliza o procedimento LSMEANS, sendo que as médias foram comparadas pelo teste Tukey-Kamer, considerando a probabilidade de 5%. A distribuição utilizada foi normal identidade para todas as variáveis analisadas, na qual a função de ligação identidade faz a conexão entre a média das observações e parte sistemática.

## **Resultados**

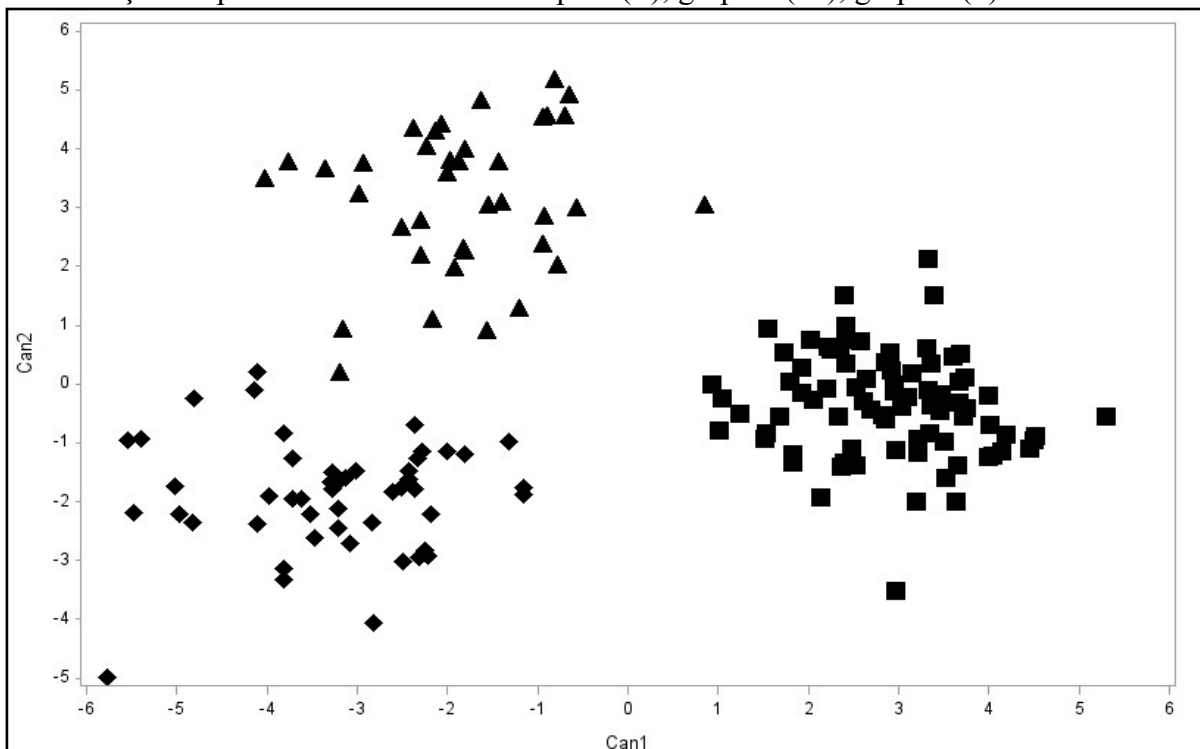
O desvio padrão da média, bem com os valores mínimos e máximos representam a variabilidade dos dados (Tabela 1). As médias devem ser observadas juntamente com os valores mínimos e máximos, visto que em condições experimentais valores extremos não podem ser ignorados uma vez que cada condição é única e determinante para o consumo voluntário, aproveitamento de nutrientes e, conseqüentemente para a produção e composição do leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais brasileiras.

Tabela 1 – Análise descritiva referente as variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil

Variáveis	N	Mínimo	Média	Máximo	DP
Informações gerais					
Peso vivo (kg)	145	350,00	498,68	616,00	59,10
Dias em lactação (dias)	159	29,00	95,92	304,00	53,26
Proporção de concentrado (%)	161	0,00	34,60	60,00	15,74
Composição da dieta (% MS)					
Matéria seca (%)	133	11,50	43,56	95,15	23,37
Proteína bruta	156	8,05	14,20	27,16	3,03
Extrato etéreo	151	0,75	3,12	7,92	1,54
Carboidrato não fibroso	113	6,26	32,70	53,97	8,09
Fibra em detergente neutro	142	24,52	43,19	80,28	9,02
Fibra em detergente ácido	118	12,23	24,98	39,90	5,75
Nutrientes digestíveis totais	113	48,12	63,90	98,04	9,17
Consumo voluntário expresse em gramas por quilograma de peso metabólico (g/PV <sup>0,75</sup> )					
Matéria seca	157	58,38	143,18	196,74	24,40
Proteína bruta	138	6,45	19,38	31,35	5,11
Extrato etéreo	129	0,52	4,22	10,08	2,15
Carboidrato não fibroso	103	15,76	45,74	90,00	14,67
Fibra em detergente neutro	140	24,07	64,24	101,58	16,17
Nutrientes digestíveis totais	114	40,33	88,50	132,70	17,80
Digestibilidade aparente (MS)					
Matéria seca	114	44,50	62,36	81,79	7,39
Proteína bruta	122	43,10	66,77	98,23	9,32
Fibra em detergente neutro	122	14,80	44,90	73,36	11,30
Desempenho animal					
Produção de leite (kg/dia)	167	6,45	15,80	28,84	5,46
Eficiência Alimentar	163	0,63	1,03	1,85	0,24
Teor de gordura (%)	164	2,74	3,77	5,00	0,43
Teor de proteína (%)	147	2,29	3,21	3,72	0,26
Teor de lactose (%)	103	4,20	4,49	5,00	0,16

A análise de agrupamento formou três grupos distintos e a análise canônica conseguiu capturar a diferença entre estes grupos, sendo possível demonstrar graficamente as distâncias euclidianas utilizadas na separação entre e dentro dos grupos (Figura 1).

Figura 1 – Análise canônica demonstra as distancias euclidianas entre e dentro dos grupos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil. Grupo 1 (■); grupo 2 (▲); grupo 3 (◆).



Na sequência dentro da análise discriminante foi realizado o STEPDISC, pelo método STEPWISE, o qual é responsável por selecionar as variáveis que compuseram o modelo final ( $P < 0,0001$ ) e foram determinantes na diferenciação dos grupos. Os grupos foram diferenciados pelas variáveis consumo de NDT, FDA da dieta, digestibilidade da MS, dias em lactação, EA, CNF da dieta, teor de lactose e MS da dieta (Tabela 2). As variáveis consideradas foram as que apresentaram  $P < 0,0001$ , sendo que o  $R^2$  parcial explica o quanto cada variável representa na diferenciação dos grupos, assim 56,8 % da diferenciação dos grupos é explicado pelo consumo de NDT, direcionando a discussão para as variáveis que compõem a Tabela 2 em função do grau de importância de cada variável de acordo com  $R^2$  parcial.

Tabela 2 – Análise discriminante das variáveis determinantes para a diferenciação dos grupos e seus respectivos parâmetros estatísticos para as variáveis que representam a alimentação das vacas Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil

Variáveis	R <sup>2</sup> parcial	F	P>F	Wilks Lambda	P<Lambda	ASCC	P>ASCC
Consumo de nutrientes digestíveis totais (g/kg de PV <sup>0,75</sup> )	0,568	107,88	<0,0001	0,432	<0,0001	0,284	<0,0001
Fibra em detergente ácido da dieta (% de MS)	0,413	57,22	<0,0001	0,254	<0,0001	0,476	<0,0001
Digestibilidade da matéria seca (%)	0,405	55,15	<0,0001	0,151	<0,0001	0,588	<0,0001
Dias em lactação (dias)	0,261	28,41	<0,0001	0,112	<0,0001	0,657	<0,0001
Eficiência alimentar	0,208	20,95	<0,0001	0,088	<0,0001	0,688	<0,0001
Carboidrato não fibroso da dieta (% de MS)	0,224	22,90	<0,0001	0,069	<0,0001	0,718	<0,0001
Teor de lactose (%)	0,155	14,54	<0,0001	0,058	<0,0001	0,744	<0,0001
Matéria seca da dieta (%)	0,140	12,74	<0,0001	0,050	<0,0001	0,761	<0,0001

ASCC: Average Squared Canonical Correlation.

A análise de agrupamento formou três grupos (Tabela 3), que são descritos na sequência baseados nas principais variáveis responsáveis pela diferenciação dos grupos informados pela análise discriminante (Tabela 2). O grupo 1 foi representado pelo maior consumo de NDT, digestibilidade da MS, MS da dieta, consumo de MS, produção de leite, EA e teor de lactose, com menor dias em lactação, teor de proteína do leite e CNF da dieta e intermediária FDA da dieta comparado ao grupo 2 e 3. O grupo 2 apresenta o menor consumo de NDT, digestibilidade da MS, MS da dieta, FDA da dieta, EA e o mais baixo teor de lactose, com maior dias em lactação, teor de proteína do leite, consumo de MS e CNF da dieta, com produção de leite e EE da dieta intermediários comparado ao grupo 1. O grupo 3 é representado pelo menor consumo de NDT, digestibilidade da MS, MS da dieta, consumo de PB, EE da dieta, dias em lactação, peso vivo, proporção de concentrado, produção de leite e EA, com maior FDA da dieta, FDN da dieta e com teor de lactose, e CNF da dieta intermediários comparado ao grupo 1 e 2.



Tabela 3 – Agrupamentos formados pelas variáveis que representam a alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil

Variáveis	Grupos*			P
	1	2	3	
Informações gerais				
Peso vivo (kg)	507,13 a	519,94 a	471,51 b	<0,0001
Dias em lactação (dias)	81,12 b	149,17 a	79,15 b	<0,0001
Proporção de concentrado (%)	40,33 a	35,95 a	23,82 b	<0,0001
Composição da dieta (% MS)				
Matéria seca (%)	55,40 a	44,09 b	30,01 c	<0,0001
Proteína bruta	15,83 a	13,60 b	12,06 c	<0,0001
Extrato etéreo	3,67 a	3,08 b	2,19 c	<0,0001
Carboidrato não fibroso	29,52 c	38,50 a	32,78 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	44,09 b	37,59 c	46,87 a	<0,0001
Fibra em detergente em ácido	23,91 b	19,78 c	29,76 a	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	70,18 a	61,87 b	56,86 c	<0,0001
Consumo voluntário em gramas por quilograma de peso metabólico (g/kg de PV <sup>0,75</sup> )				
Matéria seca	152,03 a	144,95 a	129,13 b	<0,0001
Proteína bruta	22,35 a	20,33 b	15,54 c	<0,0001
Extrato etéreo	5,62 a	3,95 b	2,70 c	<0,0001
Carboidrato não fibroso	45,66 b	51,21 a	42,00 b	=0,0009
Fibra em detergente neutro	67,81 a	52,54 b	57,59 b	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	102,40 a	89,41 b	73,81 c	<0,0001
Digestibilidade aparente (% MS)				
Matéria seca	68,61 a	60,13 b	57,38 c	<0,0001
Proteína bruta	71,77 a	61,64 b	64,38 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	53,28 a	39,24 b	38,60 b	<0,0001
Produção e composição do leite				
Produção de leite (kg/dia)	19,49 a	13,76 b	11,36 c	<0,0001
Eficiência Alimentar	1,18 a	0,88 b	0,91 b	<0,0001
Teor de gordura (%)	3,57 b	3,90 a	4,00 a	<0,0001
Teor de proteína (%)	3,12 b	3,44 a	3,18 b	<0,0001
Teor de lactose (%)	4,54 a	4,37 c	4,49 b	=0,0056
Número de observações	80	38	49	

Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## Discussão

As médias seguidas do desvio padrão, juntamente com os valores mínimos e máximos para as variáveis relacionadas a alimentação das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil permitem observar a magnitude da variabilidade encontrada para cada variável (Tabela 1). A falta de determinadas informações compromete a interpretação dos resultados, como por exemplo a ordem de parto e o escore de condição corporal das vacas em lactação, sendo que sem estes parâmetros não é possível identificar a origem de variação no peso vivo, o

qual pode estar relacionado à idade da vaca ou à redução no peso em função da mobilização de reservas corporais para manter a produção de leite. Destaca-se que são parâmetros simples de serem avaliados e geralmente sem custo. Outra informação importante é a determinação do nitrogênio ureico no leite (NUL) que permite avaliar a eficiência de utilização da proteína fornecida na dieta. Portanto, a padronização das publicações é indispensável, bem com a armazenagem segura e recuperável dos dados (LUIZ, 2002), visto que a metanálise visa extrair informações adicionais a partir de dados existentes (SAUVANT et al., 2008), com maior poder estatístico devido ao aumento substancial do tamanho da amostra (NORMAND, 1999; RABIEE et al., 2012). A partir daqui a discussão dos resultados passam a ser baseados na Tabela 2, considerando as variáveis determinantes na diferenciação dos grupos e focando nas situações representadas por cada grupo (Tabela 3) e quando necessário retoma-se os valores da Tabela 1.

O consumo de NDT representa o atendimento das necessidades energéticas das vacas em lactação. No caso dos experimentos com alimentação das vacas mestiças Holandês x Zebu no Brasil, o mesmo está limitado pelo teor de FDA da dieta, o qual está diretamente relacionado com o aproveitamento dos nutrientes da dieta, em especial com a digestibilidade da MS e da FDN, bem como a repercussão do aproveitamento dos nutrientes sobre a EA, que compreende a relação entre o consumo e produção de leite. Ainda, observa-se a relação do teor CNF da dieta com o teor de lactose, em função do aumento da densidade energética da dieta e o efeito do teor de MS dieta, evidenciado no grupo 3 (Tabela 3), o qual apresenta teores de MS menores comparados aos demais, bem com o elevado teor de FDN, características específicas dos tipos de volumoso utilizado, repercutindo na redução do consumo voluntário e na digestibilidade da MS e, principalmente da FDN. Não menos importante, porém mais conhecido, observa-se também a influência do estado fisiológico da vaca em lactação, representado pelos dias em lactação (Tabela 2 e 3).

O consumo de NDT para uma vaca com 500 kg de PV é em média de 11,8 kg/dia, equivalente a 111,60 g/kg de PV<sup>0,75</sup> (NRC, 1989, 2001). Portanto observa-se que mesmo nos grupos 1 e 2, nos quais o consumo de MS está de acordo com o valor previsto de 135 g/kg de PV<sup>0,75</sup> (ARC, 1980), as vacas não conseguem consumir a quantidade necessária de NDT (102,40 e 89,41 g/kg de PV<sup>0,75</sup>, grupo 1 e 2, respectivamente, Tabela 3). Enquanto que no grupo 3 o consumo de MS e, principalmente o de NDT encontram-se bem abaixo do preconizado (ARC, 1980; NRC, 1989, 2001). A redução gradativa no consumo de NDT pode ser explicada pela digestibilidade aparente da MS que diminui proporcionalmente, bem como a digestibilidade da FDN e da PB que são menores nos grupos 2 e 3. Ressalta-se que apesar dos grupos 2 e 3 apresentarem maiores teores de CNF o teor de PB é menor comparado ao grupo 1

e, ainda o grupo 3 possui o maior teor de FDN com o menor teor de MS, consumo de MS e de NDT. A baixa degradabilidade da MS e da FDN pode ser em função do aumento da lignina (HALL, 2014; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994), a qual é componente polifenólico que ajuda a endurecer a parede celular da planta e evita a ruptura da haste. Logo, o aumento do avanço do estágio vegetativo das plantas eleva o grau de lignificação, sendo que a mesma não é degradável pelas bactérias ruminais, fato este que aumenta o tempo de retenção no rúmen comprometendo o aproveitamento de nutrientes e o consumo da nova refeição (HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016; KRIZSAN; HUHTANEN, 2013; NRC, 2001).

O preenchimento do rúmen é composto pelos resíduos das refeições anteriores, sendo que cada refeição adiciona novo volume de conteúdo alimentar ao rúmen, o qual depende da taxa de degradação e passagem para dissipar lentamente o conteúdo alimentar. Logo, os resíduos das refeições anteriores possuem taxas de degradação mais lenta, enquanto que a alimentação mais recente fermenta rapidamente diluindo os resíduos acumulados. Assim, o FDN indigestível é o principal fator que determina a ingestão de alimentos (TRAXLER et al., 1998; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

A degradabilidade potencial da FDN é a fração que desaparece após um longo período de incubação e o restante é o FDN indigestível (FDNi) que não está disponível para a degradação microbiana. Portanto, a quantidade de NDFi desempenha papel significativo na degradação da dieta no rúmen e na ingestão voluntária, principalmente em sistemas de alimentação baseados em forragens C<sub>4</sub> caracterizadas pela lignificação que fornece resistência à degradação microbiana (VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994), visto que ao formular uma dieta baseado no teor de FDN sem referência ao FDNi pode afetar o consumo voluntário, a digestibilidade aparente e o teor de energia metabolizável da dieta. Desta forma o teor de FDNi precisa ser incluído nos modelos, permitindo equilibrar as dietas de forma mais eficaz, particularmente nos sistemas de produção de ruminantes subtropicais e tropicais (HARPER; MCNEILL, 2015).

A EA compreende a relação entre a produção de leite e consumo, sendo que pode-se observar que o grupo 1 apresenta melhor EA, ao contrário dos grupos 2 e 3 (Tabela 3). A EA dos grupos 2 e 3 é prejudicada em função da redução no aproveitamento dos nutrientes, devido a menor digestibilidade de MS e, principalmente da FDN, que acabam comprometendo o consumo (HALL, 2014; HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994) e repercutem na produção de leite. Logo, as vacas mais produtivas são mais eficientes pelo fato de que a taxa de passagem é maior em função das características intrínsecas dos alimentos que compõem a dieta, condição que prioriza a eficiência

produtiva das vacas em lactação. Por outro lado, nas vacas com menor eficiência (grupo 2 e 3) ocorre menor degradabilidade ruminal do alimento, com taxa de passagem reduzida, porém com redução no consumo voluntário, no aproveitamento dos nutrientes e na produção de leite. Uma vez que o AFRC (1993) considera uma taxa de passagem de  $2\% \cdot h^{-1}$  para animais com baixo nível de alimentação aproximando-se ao consumo de uma vez a manutenção, de  $5\% \cdot h^{-1}$  para vacas produzindo menos de 15 kg de leite por dia com consumo menor que duas vezes a manutenção e de  $8\% \cdot h^{-1}$  para vacas leiteiras com produção acima de 15 kg de leite por dia, com consumo superior a duas vezes a manutenção. Portanto, as vacas mais produtivas são mais eficientes (grupo 1), visto que o requerimento diário de nutrientes para a manutenção não muda em função da produção, mas o requerimento diário de energia aumenta à medida que a produção de leite aumenta, reduzindo assim a proporção de energia total utilizada para manutenção (CAPPER; CADY; BAUMAN, 2009).

As características dos volumosos utilizados nas dietas colaboram para explicar as condições adversas estudadas para a alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu. Este é o caso da cana-de-açúcar, forragem da espécie  $C_4$ , a qual tem se destacado pelo baixo custo, alta produção de MS por hectare, resistência a praga e doenças e disponibilidade no período seco, no qual que ocorre escassez de forragem. Porém apresenta baixos teores de proteína e baixa degradação ruminal da fração fibrosa. Geralmente é utilizada na forma in natura, apresentando em torno de 30 % de MS, 53,60% de FDN, 33,33% de FDA, com digestibilidade de 61,60 e 41,97% para a MS e FDN, respectivamente (VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017), valores estes que comprovam as limitações da cana-de-açúcar com relação à degradabilidade da FDN, a qual é composta pela celulose e hemicelulose que são potencialmente degradadas no rúmen pela ação das bactérias.

A utilização da palma forrageira em substituição ao concentrado (RIBEIRO et al., 2016), principalmente na alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu, tem se destacado em função das características da palma forrageira que são a adaptação as condições edafoclimáticas das regiões semiáridas e o baixo custo de produção, logo é considerada uma alternativa para alimentar o gado nas secas prolongadas (FARIAS et al., 2000; GALVÃO JÚNIOR et al., 2014). A palma forrageira apresenta altas produções de matéria seca por unidades de área, porém com baixos teores de MS, PB, FDN e FDA, no entanto é uma fonte de energia, rica em carboidratos não fibrosos, sendo que a variedade miúda pode alcançar até 77,79% de CNF (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014; VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017). Assim, dietas formuladas com alto teor de palma forrageira contribuem para solucionar escassez de água nas secas prolongadas em função do alto teor de umidade. Porém, é imprescindível destinar atenção

especial aos baixos teores de MS e FDN, sendo que na variedade miúda observa-se mínimos de 13,30% de MS e 16,60 % de FDN (VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017). Nesta condições em que ocorrem altas concentrações de CNF com baixos teores de FDN e MS da dieta é necessário observar o FDN fisicamente efetivo, o qual quantifica o tamanho de partícula, sendo considerada as partículas maior que 8 mm (ZEBELI et al., 2012), ou o percentual da dieta total retida na peneira de 4,0 mm do separador de partículas (KMICIKEWYCZ; HEINRICHS, 2015) para o funcionamento ruminal adequado. Logo, estas partículas de fibra longa formam uma manta de fibra flutuante no rúmen, a qual tem a função de manter a ruminação e motilidade ruminal, favorecendo a produção de saliva e estabilidade do pH ruminal e, conseqüentemente, conteúdo de gordura do leite (MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2012).

As dietas utilizadas também ajudam a explicar as condições enfrentadas pelas vacas mestiças Holandês x Zebu (Tabela 1), como é caso da dieta que apresenta 11,50% de MS, na qual está sendo utilizado cana-de-açúcar picada in natura, bem como dietas com silagem de capim elefante e sorgo, realizadas no mesmo silo e, ainda com teor proteico de 27,16% na dieta, o qual é proveniente de concentrado a base de farelo de soja, farelo de trigo e torta de babaçu que contem em média 14% de PB. Tanto excesso de água da foragem, quanto o excesso de proteína comprometem o consumo de alimentos (FORBES, 2007), sendo que as vacas em lactação tem o gasto energético para eliminar a proteína em excesso na forma de ureia (FORBES, 2007; NRC, 2001). Ainda dietas com alto teor de NDT (98,04% de NDT) baseadas na adição de EE, 12% de semente de girassol, podem prejudicar a degradabilidade da fibra (HUHTANEN; RINNE; NOUSIAINEN, 2009; JENKINS; HARVATINE, 2014). Por outro lado, observa-se os baixos consumos de FDN (24,07 (g/kg de PV<sup>0,75</sup>) proveniente de dietas com 60% de cana-de-açúcar ou capim elefante e com adição de farelo de arroz no concentrado à base de farelo de soja e milho, demonstrando que o elevado teor de FDN, provavelmente com alta lignificação influencia negativamente o consumo da dieta (ALLEN, 2000; MERTENS, 1994; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

O teor de lactose do leite é altamente dependente de energia (QIAO et al., 2005; RIGOUT, 2002). Porém o grupo 3 que apresenta o menor teor de MS, juntamente com o elevado teor de FDN, os quais repercutem no menor consumo de MS e, conseqüentemente consumo de NDT reduzido e, ainda com a menor digestibilidade aparente da MS e da FDN (Tabela 2 e 3) apresenta teor de lactose intermediário comparado ao grupo 2 que possui o valor mais baixo de lactose (4,37%). Este fato pode estar relacionado aos dias em lactação das vacas, visto que no grupo 2 as mesmas estão com 149 dias, portanto além do déficit energético a

redução no teor de lactose pode estar relacionada a contagem de células somáticas (ALESSIO et al., 2016; BERGLUND et al., 2007), porém este indicador de mastite subclínica e clínica é raramente avaliado nos experimentos de alimentação de vacas leiteiras, no entanto é um parâmetro que possui impacto fundamental na produção e composição do leite.

### **Conclusão**

O consumo de NDT da dieta é prejudicado pela digestibilidade da MS e, principalmente da FDN em função da proporção e das características dos volumosos utilizados na dieta, sendo que estes fatores repercutem na EA, bem como na composição do leite, com ênfase no teor de lactose do leite das vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil.

### **Agradecimentos**

Agradecemos a todos os pesquisadores brasileiros citados nas referências da base de dados, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação (PROMOP) pelas bolsas concedidas aos estudantes de pós-graduação que participam do estudo.

### **Referências Bibliográficas**

AFRC - AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK: CAB international, 1993.

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.

ALESSIO, D. R. M. et al. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2641–2652, 2016.

ANDRETTA, I. et al. Meta-análise do uso de ácido linoléico conjugado na alimentação de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 7, p. 754–760, 2009.

ARC - AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL WORKING PARTY. **The Nutrient requirements of Ruminant Livestock**. 1. ed. London, D.C.: CAB international, 1980.

BERGLUND, I. et al. Quarter milking for improved detection of increased SCC. **Reproduction in domestic animals**, v. 42, n. 4, p. 427–432, ago. 2007.

BOURDON, R. M. **Understanding Animal Breeding**. 2. ed. [s.l.] Pretinccce-Hall, 2000.

CAPPER, J. L.; CADY, R. A.; BAUMAN, D. E. The environmental impact of dairy production:

1944 compared with 2007. **Journal of animal science**, v. 87, n. 6, p. 2160–2167, 2009.

FARIAS, I. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341–347, 2000.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford, UK: CAB international, 2007.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78–85, 2014.

GAO, S. T. et al. The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 5040–5049, 2017.

HALL, M. B. Feed analyses and their interpretation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, p. 487–505, 2014.

HARPER, K.; MCNEILL, D. The Role of iNDF in the regulation of feed intake and the importance of its assessment in subtropical ruminant systems (the role of iNDF in the regulation of forage intake). **Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 778–790, 2015.

HAUSCHILD, L. et al. Relação do zinco e cobre plasmáticos com componentes nutricionais e desempenho de leitões : uma meta-análise. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 427–432, 2008.

HUHTANEN, P.; RINNE, M.; NOUSIAINEN, J. A meta-analysis of feed digestion in dairy cows . 2 . the effects of feeding level and diet composition on digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 5031–5042, 2009.

HUHTANEN, P.; DETMANN, E.; KRIZSAN, S. J. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary , fecal , and animal variables. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5345–5357, 2016.

JENKINS, T. C.; HARVATINE, K. J. Lipid feeding and milk fat depression. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p. 623–642, 2014.

KMICIKEWYCZ, A. D.; HEINRICHS, A. J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 373–385, 2015.

KRIZSAN, S. J.; HUHTANEN, P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1715–1726, 2013.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - Enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: Definição, Aplicações e Sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 407–428, 2002.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal**

**of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. G. C. Fahey, 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450–493.

NORMAND, S. T. Tutorial in biostatistics: Meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting. **Statistics in Medicine**, v. 359, n. 18, p. 321–359, 1999.

NORO, G. et al. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 1129–1135, 2006.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2001.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of dairy science**, v. 100, p. 1–13, 2017.

QIAO, F. et al. Kinetics of glucose transport and sequestration in lactating bovine mammary glands measured in vivo with a paired indicator / nutrient dilution technique. **J Appl Physiol**, v. 99, p. 799–806, 2005.

RABIEE, A. R. et al. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components : a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3225–3247, 2012.

RIBEIRO, R. S. et al. Tithonia diversifolia as a supplementary feed for dairy cows. **PLoS ONE**, v. 11, n. 12, p. 1–19, 2016.

RIGOUT, S. Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 3, p. 595–606, 2002.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **Statistical analysis system user's guide: statistics** Version 8.2, Cary: SAS Institute, , 2002.

SAUVANT, D. et al. Meta-analysis of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.

TRAXLER, M. J. et al. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 5, p. 1469–1480, 1998.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L. **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em : <[www.ufv.br/cqbal](http://www.ufv.br/cqbal)>. Acesso set. 2017.

VAN SOEST, A. J.; BOBBERT, M. F.; SCHENAU, G. J. V. I. A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. **Journal of Neurophysiology**, v. 71, n. 4, p. 1390–1402, 1994.



YANO, M.; SHIMADZU, H.; ENDO, T. Modelling temperature effects on milk production: a study on Holstein cows at a Japanese farm. **SpringerPlus**, v. 3, n. 1, p. 129–140, 2014.

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



## **CAPÍTULO VI**

### **VOLUMOSOS NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS DAS RAÇA HOLANDÊS E MESTIÇAS HOLANDÊS X ZEBU EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NO BRASIL**

## **Volumosos na alimentação de vacas das raça Holandês e Mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil – Metanálise**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar a produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado nas dietas das vacas em lactação da raça Holandês e Mestiças Holandês x Zebu (Holandês x Zebu) em condições experimentais no Brasil, por meio de metanálise. O banco de dados foi formado pelo levantamento de trabalhos científicos de domínio público, compreendendo o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015. As publicações foram recuperadas por meio da leitura do resumo e posteriormente foram lidas em sua totalidade para serem tabulados. Neste estudo metanalítico a base de dados ficou composta de 109 experimentos, com 424 tratamentos, envolvendo 3.903 vacas em lactação da raça Holandês e 44 experimentos, com 187 tratamentos, incluindo 975 vacas em lactação mestiças Holandês x Zebu. Os dados foram avaliados pela análise de variância, considerando a distribuição das variáveis. Nas vacas em lactação da raça Holandês dietas com um volumoso apresentaram consumo voluntário, produção e composição do leite inferior as dietas baseadas em silagem de milho e na combinação de dois volumosos em função da reduzida digestibilidade dos nutrientes. As dietas a base de silagem de milho destacam-se pela eficiência na produção e composição do leite, apresentando maior produção para as vacas da raça Holandês e mestiças Holandês x Zebu. Nas vacas mestiças Holandês x Zebu a silagem de milho apresenta maior produção e composição do leite comparada as dietas com um volumoso e, principalmente em relação as dietas baseadas na combinação de dois volumosos em função do aumento da proporção de volumoso na dieta. Vacas em lactação da raça Holandês e mestiças Holandês x Zebu alimentadas com silagem de milho apresentaram maior produção e melhor composição do leite, sendo que a utilização de dietas baseadas na combinação de dois volumosos para as vacas Holandês se equiparam em produção e composição do leite com as dietas a base de silagem de milho, enquanto que as dietas com um volumoso, mesmo com maior proporção de concentrado, apresentam resultados inferiores em função do menor aproveitamento dos nutrientes. Na vacas mestiças Holandês x Zebu o aumento da proporção de volumoso, assim como a maior utilização de alimentos alternativos com a finalidade de reduzir custos, compromete a produção e composição do leite das vacas em lactação.

**Palavras chaves:** cana-de-açúcar, digestibilidade, palma forrageira, nutrientes digestíveis totais

## **Roughages on alimentation of Holstein and crossbred Holstein x Zebu cows confined in experimental conditions in Brazil - Meta-analysis**

**Abstract:** The objective was to evaluate the milk yield and composition according to the type of roughage used in the diets of Holstein e crossbred Holstein x Zebus lactating cows confined under experimental conditions in Brazil, through meta-analysis. The meta-analysis techniques were used for the formation of the database, which was constituted by the survey of scientific works of public domain, comprising the period from January 2000 to December 2015. The publications were retrieved by reading the abstract and later read in their entirety, and it was necessary to present information on the number of roughages, breed, live weight (LW), days in milk (DIM), milk yield and composition and at minimum inform the main parameters regarding diet composition, voluntary intake, apparent digestibility of nutrients to be tabulated. In this

meta-analytic study, the database was composed of 155 papers with 612 treatments and involved 4,878 lactating cows, being divided according to the breed of lactating cows, in this way 109 experiments, with 424 treatments, involving 3,903 lactating cows represent the Holstein breed and 44 experiments, with 187 treatments, including 975 lactating cows, comprise the crossbred Holstein x Zebu database. Data were analyzed by analysis of variance, considering the distribution of variables. For Holstein lactating cows, diets with one roughage presented lower voluntary intake, milk yield and composition lower than diets based on corn silage and the combination of two roughages due to the reduced digestibility of the nutrients. The diets based on corn silage are characterized by efficiency in milk yield and composition, presenting the highest production for Holstein cows and crossbred Holstein x Zebus cross. For the crossbred Holstein x Zebus cows, corn silage presented higher milk yield and composition compared to diets with one roughage and, mainly in compare to the diets based on the combination of two roughages due to the increase of the proportion of roughages in the diet. The efficiency of the diets based on corn silage in the milk yield and composition was observed in the diet of Holstein and crossbred Holstein x Zebu cows, and the use of diets based on the combination of two roughages for Holstein cows were equipped to the diets with corn silage, while the diets with one roughage even with a higher proportion of concentrate presented lower results due to the lower utilization of the nutrients. For crossbred Holstein x Zebus cows, the increase of the proportion of roughage in order to reduce costs compromises the performance of lactating cows.

Key words: digestibility, forage palm, sugarcane, total digestible nutrients

## **Introdução**

Os volumosos são essenciais na alimentação das vacas em lactação, visto que são a principal fonte de carboidratos fibrosos, representados pela fibra em detergente neutro (FDN) que é constituída de celulose e hemicelulose, os quais são utilizados pela ação das bactérias ruminais, sendo que o produto da fermentação dos carboidratos (CHO) fibrosos e carboidratos não fibrosos (CNF) são responsáveis pela produção de proteína microbiana (PMIC) e de ácidos graxos voláteis (AGV), principais fontes de energia e proteína para o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas em lactação, bem como para o fornecimento de nutrientes para síntese do componentes do leite.

Dentre os principais volumosos utilizados em condições tropicais destaca-se a silagem de planta inteira de milho por ser uma das principais forrageiras utilizadas na alimentação de vacas leiteiras em confinamento em função de sua alta aptidão na produção de matéria seca, fácil colheita, facilidade de fermentação no silo, presença de fibra em detergente neutro digestível e alta concentração de energia líquida (ROBINSON et al., 2016; ZARDIN et al., 2017). A cana-de-açúcar, forragem da espécie C<sub>4</sub>, pelo baixo custo, alta produção de MS por hectare, resistência a praga e doenças, disponibilidade no período seco que ocorre escassez de forragem, porém apresenta baixos teores de proteína e baixa degradação ruminal da fração fibrosa (VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017). A utilização da palma

forrageira que tem como principal característica a adaptação às condições edafoclimáticas das regiões semiáridas e o baixo custo de produção, sendo considerada uma alternativa para alimentar o gado nas secas prolongadas (FARIAS et al., 2000; GALVÃO JÚNIOR et al., 2014).

Diante do número de trabalhos publicados avaliando o efeito da utilização de diferentes volumosos na alimentação de vacas leiteiras é possível, através de técnicas de metanálise, recuperar estes dados com a finalidade de realizar revisões críticas e estudos estatísticos de pesquisas anteriores para melhorar o conhecimento sobre o assunto (RABIEE et al., 2012; SAUVANT et al., 2008), sendo que a metanálise apresenta vantagem sobre as revisões clássicas por integrar os resultados da pesquisa e, principalmente, por fornecer uma conclusão quantitativa utilizável (LOVATTO et al., 2007; MARÍN et al., 2015; NORMAND, 1999). Assim, objetivou-se avaliar a produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado nas dietas das vacas em lactação da raça Holandês e Mestiças Holandês x Zebu (Holandês x Zebu) em condições experimentais no Brasil, por meio de metanálise.

## **Material e Métodos**

A base de dados foi constituída pelo levantamento de trabalhos científicos de domínio público, realizados no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015, através de pesquisas eletrônicas nos sites do *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) <http://www.scielo.br>, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) <http://www.ibict.br>, Google Acadêmico <http://scholar.google.com.br/> e nas principais revistas da área de Zootecnia ou principais periódicos das Ciências Agrárias.

Na pesquisa as publicações (artigos, teses e dissertações) foram recuperadas por meio da leitura do resumo. Posteriormente os trabalhos foram lidos em sua totalidade, sendo necessário apresentar no mínimo três das seguintes informações para serem tabulados: número de volumosos, raça, peso vivo (PV), dias em lactação (DEL), composição da dieta (proporção de volumoso (PPV), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), consumo voluntário, digestibilidade aparente dos nutrientes e produção e composição do leite das vacas em condições experimentais no Brasil em planilha eletrônica Microsoft Excel®. O desenvolvimento do presente trabalho baseia-se nas metodologias descritas por LOVATTO et al. (2007), NORMAND (1999) e SAUVANT et al. (2008).

Neste estudo metanalítico a base de dados utilizada para a realização das análises estatísticas ficou composta de 155 trabalhos com 612 tratamentos e envolveu 4.878 vacas em lactação, sendo que a mesma foi dividida em função da raça das vacas em lactação, logo 109 experimentos com 424 tratamentos e 3.903 vacas em lactação representam a raça Holandês e 44 experimentos com 187 tratamentos e 975 vacas em lactação compreendem o banco de dados das Mestiças Holandês x Zebu. Ressalta-se que as vacas mestiças Holandês x Zebu compreendem as vacas em lactação da raça Girolando, vacas mestiças de Holandês com Gir com diferentes grau se sangue e um pequeno número de vacas mestiças Holandês com Guzerá.

Dentro de cada raça foram utilizados os trabalhos referente a alimentação das vacas em lactação, nos quais a dieta era baseada em silagem de milho (DSM), comparados com dietas com somente um volumoso (DUMV) e com dietas compostas pela combinação de dois volumosos (DDOISV). Ressalta-se que DUMV para a raça Holandês são constituídas por cana-de-açúcar *in natura* ou na forma de silagem, capim elefante *in natura* ou na forma de silagem, pré-secado ou feno de alfafa, feno de gramínea, silagem de sorgo e de grama estrela, enquanto que DDOISV são compostas pelas combinações entre silagem de milho mais feno de gramínea ou silagem de girassol ou cana-de açúcar *in natura* ou palma forrageira ou pré-secado de azevém ou silagem de rama de mandioca, palma forrageira mais silagem de sorgo ou feno de gramínea ou bagaço de cana-de-açúcar, silagem de cana-de-açúcar mais feno de gramínea e feno de gramínea mais silagem de capim Napier. No caso das vacas mestiças Holandês x Zebu as DUMV são representadas pela cana-de-açúcar *in natura* ou na forma de silagem, silagem de sorgo, feno de alfafa, feno de gramínea, silagem de girassol, grama tanzânia *in natura*, capim elefante *in natura* picado ou na forma de silagem, silagem de capim elefante com sorgo e as DDOISV são caracterizadas pela associação de silagem de milho mais feno de gramínea ou feno de alfafa ou palma forrageira *in natura*, palma forrageira mais silagem de sorgo ou bagaço de cana-de-açúcar ou feno de gramínea ou silagem de girassol ou feno de leucena ou feno guandu ou feno de capim elefante ou capim elefante *in natura* ou feno de maniçoba ou silagem de restolho de milho doce.

Os experimentos que fizeram parte da base de dados foram Abud (2012), Almeida (2014), Amaral et al. (2014), Amorim (2011), Alves et al. (2007, 2010a, b, c), Aquino et al. (2007), Andrade et al. (2002), Araújo et al. (2004, 2013), Arcari (2013), Assis et al. (2004), Barbabé et al. (2007), Barbosa et al. (2004), Barletta et al. (2012), Bezerra et al. (2002), Bispo et al. (2010), Bitencourt (2008), Bumbieris Junior et al. (2007), Calomeni (2011), Carvalho (2010), Cavalcanti et al. (2008), Chizzotti et al. (2007), Cordeiro et al. (2007), Corrêa et al. (2003), Costa et al. (2005, 2009, 2011), Cortinhas et al. (2012), Coutinho et al. (2014), Cunha

et al. (2012), D'Angelo (2009), Del Valle (2014), Dias et al. (2001), Eifert et al. (2005, 2006), Fernandes et al. (2002), Figueiroa (2010), Filgueiras Neto (2011), Freitas et al. (2009, 2015), Freitas Júnior et al. (2010, 2013), Frota et al. (2014), Geron et al. (2010), Gonçalves et al. (2014), Granda et al. (2010, 2012), Guidi et al. (2007), Imaizumi et al. (2002, 2006), Jesus (2011), Jobim et al. (2002, 2006), Laguna et al. (2013), Leite et al. (2006a, b), Lima et al. (2002, 2003, 2009), Machado (2014), Madeira (2004), Magalhães et al. (2003, 2006, 2008), Martins et al. (2011), Matos et al. (2000), Melo et al. (2003, 2005, 2006), Mendonça et al. (2004), Migliano (2013), Mingoti (2013), Morais Junior (2013), Moreira et al. (2001), Naves et al. (2013, 2015), Neto et al. (2013), Nussio et al. (2002), Oliveira et al. (2001a, b, 2007a, b, c, d, 2010, 2011, 2014), Paiva et al. (2013), Panichi (2009), Pedroso et al. (2007, 2009), Pereira et al. (2003, 2005, 2011, 2012), Pimentel et al. (2014), Pina et al. (2006), Pires et al. (2008a, b, 2010), Possatti et al. (2015), Queiroz et al. (2008), Ramalho et al. (2006a, b), Ramos et al. (2015), Rangel et al. (2008), Rennó et al. (2006), Ribeiro et al. (2004, 2009), Rocha et al. (2006a, b), Rocha Filho (2012), Sá Fortes et al. (2008), Salvador et al. (2008), Sancanari et al. (2001), Santiago (2013), Santos et al. (2001a, b, c, 2006, 2007, 2008, 2009a, b, 2011a, b, 2012), Scoton (2003), Sforcini (2009, 2014), Siécola Júnior et al. (2014), Silva et al. (2001, 2004, 2006, 2009, 2011, 2014), Soares et al. (2004, 2005), Souza et al. (2005, 2009, 2010, 2015), Stelzer et al. (2009), Tavares et al. (2011), Teixeira et al. (2010), Teixeira Junior (2008), Todero (2014), Vargas et al. (2002), Venturelli (2011), Vilela et al. (2003, 2007, 2009), Voltolini et al. (2008), Wanderley et al. (2002, 2012), Welter (2015), Wernersbach Filho et al. (2006), Zervoudakis et al. (2010), referenciados no capítulo II.

Os dados foram analisados utilizando análise descritiva e análise de variância, utilizando software estatístico SAS® (SAS Institute, 2002). As variáveis utilizadas para os dois banco de dados, Holandês e mestiças Holandês x Zebu foram PV, DEL, PPV, MS, CNF, FDN, FDA, PB, EE, e NDT das dietas. Os consumos voluntários expressos em valores absolutos (em kg/dia), através do qual foram calculados os consumos em percentual do peso vivo (% do PV) e em gramas por quilogramas de peso metabólico (g/kg de  $PV^{0.75}$ ) foram representados pelas variáveis consumo de MS, CNF, FDN, FDA, PB, EE e NDT. Para a digestibilidade aparente foram utilizadas as variáveis digestibilidade da MS, CNF, FDN, PB e EE. O desempenho das vacas em lactação foi expresso pela produção de leite (kg/dia), produção de leite corrigida para energia e proteína (PCEP), teor de gordura, proteína, lactose, eficiência alimentar (EA) e energia líquida de lactação (ELL). Sendo que a  $PCEP = (0.327 * \text{produção de leite}) + (12.95 * \text{teor de gordura} * \text{produção de leite} / 100) + (7.65 * \text{teor de proteína} * \text{produção de leite} / 100)$ , a  $EA =$



produção de leite (kg/dia) / consumo de MS (kg/dia) e a ELL (Mcal/kg) = 0,0245 x NDT (%) – 0,15 foram calculadas conforme o NRC, 2001.

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando os procedimentos MEANS e UNIVARIATE e, pela análise de variância, utilizando o procedimento GLIMMIX do software estatístico SAS® (SAS INSTITUTE, 2002). Para realizar a comparação das médias dos grupos formados pela análise de agrupamento foram testadas as pressuposições de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene), sendo que a maioria das variáveis apresentaram  $P < 0,0001$  para o teste de Shapiro-Wilk e Levene, sendo que pelo menos uma das pressuposições não foi atendida por todas as variáveis, indicando a falta de normalidade e homogeneidade de variâncias. Diante deste fato, optou-se pela análise de variância utilizando o procedimento GLIMMIX, a qual considera o tipo de distribuição da variável resposta para a comparação de médias e utiliza o procedimento LSMEANS, sendo que as médias foram comparadas pelo teste Tukey-Kamer, considerando a probabilidade de 5%. A distribuição utilizada foi a normal para todas as variáveis analisadas, na qual a função de ligação identidade faz a conexão entre a média das observações e a parte sistemática.

A análise de variância foi baseada no método da máxima verossimilhança restrita (REML) que considera que cada observação é dividida em duas partes independentes, referente aos efeitos fixos e aos efeitos aleatórios. Desta maneira, a função densidade de probabilidade das observações é dada pela soma das funções de cada parte. Os efeitos aleatórios, relacionados aos componentes de variância, eliminam o viés resultante da perda de graus de liberdade na estimação dos efeitos fixos do modelo. A REML considera a perda dos graus de liberdade em função dos efeitos fixos, fornecendo estimadores não viesados e com variância mínima para dados balanceados. Para dados desbalanceados, mesmo fornecendo estimativas viesadas, o REML é recomendado, como é o caso da metanálise, na qual cada variável pode apresentar um número de observações diferente. Para a análise de variância em questão o tipo de volumoso usado na dieta (silagem de milho, somente um volumoso e dois volumosos combinados) foi considerado como efeito fixo e o número de vacas por tratamento foi utilizado como efeito aleatório.

## **Resultados**

Na alimentação das vacas em lactação da raça Holandês em condições experimentais no Brasil as DSM destacam-se pela maior PPV, digestibilidade da FDN e do EE comparada às DUMV e DDOISV. As DSM e DDOISV apresentaram maiores teores de EE na dieta, consumos de MS, FDN, FDA, PB e EE, expressos em kg/dia, %PV e g/kg de PV<sup>0,75</sup>, em relação

as DUMV. As vacas que receberam as DSM e DDOISV foram mais produtivas, em produção e PCEP, com maior EA e teor de lactose, porém menor teor de gordura e proteína comparadas as dietas com DUMV. As DUMV apresentaram maior teores de MS, CNF, NDT e ELL comparadas às DSM e DDOISV. Enquanto que, as DUMV e DDOISV apresentam maior digestibilidade para os CNF, porém com digestibilidade reduzida para o teor de FDN em relação as DSM, sendo que as DDOISV possuem a maior digestibilidade para a PB comparada as demais. As vacas em lactação alimentas com DUMV apresentam maior teor de gordura e proteína, porem com menor produção de leite, PCEP, EA e teor de lactose comparadas as dietas com DSM e DDOISV (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias ± erro-padrão das informações gerais, composição da dieta consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado na alimentação das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil

Variáveis	Tipo de volumoso utilizado na dieta						P
	N	DSM <sup>1</sup>	N	DUMV <sup>2</sup>	N	DDOISV <sup>3</sup>	
Informações gerais							
Peso vivo (kg)	174	578,69±4,03 a	55	550,80±7,17 b	77	561,10±6,06 a	=0,0099
Dias em lactação (dias)	208	112,57±3,83 b	62	146,40±7,02 a	99	99,86±5,55 c	=0,0002
Proporção de volumoso (%)	221	53,93±0,75 a	69	50,10±1,35 b	108	51,75±1,08 ab	=0,0459
Composição da dieta (% de MS)							
Matéria seca (% MN)	171	53,08±0,86 b	41	57,91±1,76 a	90	46,98±1,19 c	=0,0004
Carboidratos não fibrosos	144	38,73±0,46 b	30	45,52±1,01 a	77	37,16±0,63 b	<0,0001
Fibra em detergente neutro	209	36,51±0,49	56	34,55±0,95	95	37,04±0,73	=0,1278
Fibra em detergente em ácido	152	21,14±0,39	55	20,39±0,64	81	22,18±0,53	=0,1247
Proteína bruta	216	15,89±0,19	65	15,82±0,34	108	16,44±0,26	=0,2218
Extrato etéreo	190	3,67±0,10 a	51	2,62±0,20 b	95	3,64±0,14 a	=0,0007
Nutrientes digestíveis totais	141	68,43±0,43 b	39	70,89±0,82 a	60	68,03±0,66 b	=0,0474
Energia líquida de lactação (Mcal/kg)	141	1,55±0,01 b	39	1,61±0,02 a	60	1,54±0,02	=0,0481
Consumo absoluto em quilogramas por dia (kg/dia)							
Matéria seca	229	18,76±0,19 a	69	16,39±0,35 b	103	18,45±0,29 a	<0,0001
Carboidrato não fibroso	149	7,29±0,13	38	7,60±0,26	72	7,07±0,19	=0,2977
Fibra em detergente neutro	203	6,65±0,09 a	63	5,87±0,17 b	85	6,93±0,15 a	=0,0007
Fibra em detergente em ácido	146	3,95±0,08 a	62	3,41±0,12 b	71	3,93±0,11 a	=0,0068
Proteína bruta	221	3,06±0,05 a	68	2,41±0,08 b	100	3,02±0,07 a	<0,0001
Extrato etéreo	187	0,70±0,02 a	58	0,41±0,04 b	90	0,68±0,03 a	<0,0001
Nutrientes digestíveis totais	137	13,11±0,21	69	11,96±0,39	61	12,71±0,31	=0,0771
Consumo em função do peso vivo (% do PV)							
Matéria seca	174	3,26±0,04 a	59	2,91±0,06 b	87	3,26±0,05 a	=0,0011
Carboidratos não fibrosos	134	1,25±0,02	27	1,36±0,05	53	1,27±0,04	=0,2459
Fibra em detergente neutro	158	1,20±0,02 a	50	0,98±0,03 b	79	1,19±0,03 a	=0,0006
Fibra em detergente em ácido	93	0,72±0,02 a	43	0,57±0,03 b	55	0,69±0,02 a	=0,0076

Tabela 1 (Continuação) – Médias  $\pm$  erro-padrão das informações gerais, composição da dieta consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado na alimentação das vacas da raça Holandês em condições experimentais

Proteína bruta	165	0,53 $\pm$ 0,01 a	49	0,41 $\pm$ 0,02 b	77	0,53 $\pm$ 0,01 a	=0,0001
Extrato etéreo	145	0,12 $\pm$ 0,004 a	43	0,07 $\pm$ 0,01 b	69	0,11 $\pm$ 0,01 a	=0,0010
Nutrientes digestíveis totais	130	2,27 $\pm$ 0,04	33	2,21 $\pm$ 0,07	46	2,30 $\pm$ 0,06	=0,6778
Consumo em gramas por quilograma de peso metabólico (g/kg de PV <sup>0,75</sup> )							
Matéria seca	165	159,62 $\pm$ 1,92 a	59	140,82 $\pm$ 3,21 b	84	159,17 $\pm$ 2,69 a	=0,0008
Carboidratos não fibrosos	134	61,57 $\pm$ 1,15	27	65,85 $\pm$ 2,56	53	61,90 $\pm$ 1,83	=0,3631
Fibra em detergente neutro	149	58,61 $\pm$ 1,01 a	44	49,55 $\pm$ 1,86 b	74	58,45 $\pm$ 1,43 a	=0,0037
Fibra em detergente em ácido	93	35,39 $\pm$ 0,86 a	43	28,06 $\pm$ 1,27 b	55	33,31 $\pm$ 1,12 a	=0,0063
Proteína bruta	165	26,11 $\pm$ 0,44 a	49	20,21 $\pm$ 0,81 b	77	26,02 $\pm$ 0,65 a	=0,0001
Extrato etéreo	145	6,13 $\pm$ 0,22 a	43	3,55 $\pm$ 0,41 b	69	5,77 $\pm$ 0,32 a	=0,0010
Nutrientes digestíveis totais	126	111,58 $\pm$ 1,80	33	107,19 $\pm$ 3,52	46	111,65 $\pm$ 2,98	=0,5420
Digestibilidade aparente (%)							
Matéria seca	135	66,04 $\pm$ 0,42	41	67,20 $\pm$ 0,77	62	67,21 $\pm$ 0,62	=0,2414
Carboidratos não fibrosos	90	78,52 $\pm$ 0,91 b	25	84,41 $\pm$ 1,74 a	30	85,45 $\pm$ 1,59 a	=0,0198
Fibra em detergente neutro	136	51,16 $\pm$ 0,89 a	41	47,72 $\pm$ 1,62 b	60	47,46 $\pm$ 1,34 b	=0,0728
Proteína bruta	127	69,61 $\pm$ 0,59 b	39	69,07 $\pm$ 1,06 b	40	74,54 $\pm$ 1,05 a	=0,0080
Extrato etéreo	103	78,88 $\pm$ 1,02 a	33	76,07 $\pm$ 1,81 a	36	68,58 $\pm$ 1,74 b	=0,0066
Produção e composição do leite							
Produção de leite (kg/dia)	236	24,15 $\pm$ 0,37 a	74	18,07 $\pm$ 0,66 b	114	24,17 $\pm$ 0,53 a	<0,0001
PCEP <sup>4</sup>	222	24,25 $\pm$ 0,34 a	73	19,00 $\pm$ 0,60 b	85	25,05 $\pm$ 0,56 a	<0,0001
Eficiência Alimentar <sup>5</sup>	224	1,28 $\pm$ 0,02 a	70	1,09 $\pm$ 0,03 b	103	1,27 $\pm$ 0,02 b	<0,0001
Teor de gordura (%)	232	3,47 $\pm$ 0,03 b	74	3,63 $\pm$ 0,05 a	114	3,49 $\pm$ 0,04 b	=0,0365
Teor de proteína (%)	222	3,16 $\pm$ 0,02 b	73	3,27 $\pm$ 0,03 a	85	3,12 $\pm$ 0,03 b	=0,0022
Teor de lactose (%)	133	4,47 $\pm$ 0,02 a	52	4,34 $\pm$ 0,03 b	60	4,46 $\pm$ 0,02 a	=0,0055

<sup>1</sup>DSM= dietas baseada em silagem de milho; <sup>2</sup>DUMV= dietas baseadas somente em um volumoso (cana-de-açúcar in natura ou na forma de silagem, capim elefante in natura ou na forma de silagem, pré-secado ou feno de alfafa, feno de gramínea, silagem de sorgo e de grama estrela); <sup>3</sup>DDOISV= dietas baseadas na combinação de dois volumosos (silagem de milho mais feno de gramínea ou silagem de girassol ou cana-de-açúcar in natura ou palma forrageira ou pré-secado de azevém ou silagem de rama de mandioca, palma forrageira mais silagem de sorgo ou feno de gramínea ou bagaço de cana-de-açúcar, silagem de cana-de-açúcar mais feno de gramínea e feno de gramínea mais silagem de capim Napier); <sup>4</sup>Produção de leite corrigida para energia e proteína= (0.327\*produção de leite) + (12.95\*teor de gordura\*produção de leite/100) + (7.65\*teor de proteína\*produção de leite /100); <sup>5</sup>Produção de leite (kg/dia) / consumo de MS (kg/dia) (NRC, 2001); Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na alimentação das vacas em lactação mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil as DSM e DUMV apresentam menor utilização de volumoso em relação as DDOISV, com relação inversa para o teor de MS das dietas. As DSM possuem maior teor de MS, PB, NDT e ELL, com menor teor de FDN comparado com as DUMV e DDOISV. Os consumos, expressos em kg/dia, %PV e g/kg de PV<sup>0,75</sup>, para as DSM foram maiores para as variáveis PB, EE e NDT, com maior digestibilidade para a MS, PB, EE e FDN comparado as demais dietas. As vacas em lactação alimentadas com as DSM apresentaram maior produção de leite, PCEP e EA com menores teores de gordura no leite comparado as demais dietas. As DUMV apresentam maior teor de FDN e digestibilidade dos CNF, porém com menor consumo de NDT, teor e consumo de PB e, ainda com digestibilidade reduzida da MS, PB, EE e, principalmente de FDN, que repercutem em desempenho inferior comparada com DSM. As DDOISV apresentam digestibilidade reduzidas para todas as variáveis, com destaque para FDN e EE e as menores produções de leite, PLCEP e EA, com maior teor de gordura comparada com as DSM e DDOISV (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias  $\pm$  erro padrão das informações gerais, composição da dieta consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado na alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil

Variáveis	Tipo de volumoso utilizado na dieta						P
	N	DSM <sup>1</sup>	N	DUMV <sup>2</sup>	N	DDOISV <sup>3</sup>	
	Informações gerais						
Peso vivo (kg)	38	532,34 $\pm$ 8,58 a	80	487,28 $\pm$ 5,91 b	40	496,77 $\pm$ 8,36 b	=0,0078
Dias em lactação (dias)	43	119,81 $\pm$ 7,61 a	84	77,65 $\pm$ 5,44 b	43	91,72 $\pm$ 7,61 b	=0,0064
Proporção de volumoso (%)	42	57,33 $\pm$ 2,14 b	86	62,94 $\pm$ 1,49 b	40	77,85 $\pm$ 2,19 a	=0,0004
	Composição da dieta (% da MS)						
Matéria seca (% MN)	30	53,89 $\pm$ 3,12 a	71	58,95 $\pm$ 2,03 a	44	21,52 $\pm$ 2,57 b	<0,0001
Carboidratos não fibrosos (% da MS)	30	34,59 $\pm$ 1,47	55	31,51 $\pm$ 1,08	29	33,46 $\pm$ 1,49	=0,3462
Fibra em detergente neutro (% da MS)	42	40,96 $\pm$ 1,27 b	73	45,89 $\pm$ 0,96 a	39	39,88 $\pm$ 1,31 b	=0,0131
Fibra em detergente em ácido (% da MS)	27	22,15 $\pm$ 1,07	63	25,89 $\pm$ 0,70	37	24,33 $\pm$ 0,91	=0,1018
Proteína bruta (% da MS)	42	15,12 $\pm$ 0,44 a	82	14,17 $\pm$ 0,31 ab	44	13,00 $\pm$ 0,43 b	=0,0257
Extrato etéreo (% da MS)	39	3,11 $\pm$ 0,23	77	3,25 $\pm$ 0,16	40	2,42 $\pm$ 0,23	=0,0563
Nutrientes digestíveis totais (% da MS)	34	69,25 $\pm$ 1,43 a	48	65,18 $\pm$ 1,20 b	31	57,29 $\pm$ 1,50 c	=0,0033
Energia líquida de lactação (Mcal/kg)	37	1,56 $\pm$ 0,03 a	48	1,47 $\pm$ 0,03 b	31	1,28 $\pm$ 0,04 c	=0,0034
	Consumo absoluto em quilogramas por dia (kg/dia)						
Matéria seca	44	16,27 $\pm$ 0,47	89	14,83 $\pm$ 0,3	47	14,87 $\pm$ 0,46	=0,0804
Carboidrato não fibroso	30	5,79 $\pm$ 0,32	54	4,67 $\pm$ 0,23	34	5,06 $\pm$ 0,30	=0,1145
Fibra em detergente neutro	39	6,55 $\pm$ 0,25	77	6,48 $\pm$ 0,18	44	5,89 $\pm$ 0,23	=0,1487
Fibra em detergente em ácido	27	3,65 $\pm$ 0,18	63	3,87 $\pm$ 0,12	37	3,49 $\pm$ 0,15	=0,2616
Proteína bruta	39	2,56 $\pm$ 0,09 a	82	1,93 $\pm$ 0,06 b	44	2,01 $\pm$ 0,08 b	=0,0012
Extrato etéreo	39	0,53 $\pm$ 0,03 a	73	0,47 $\pm$ 0,02 a	40	0,32 $\pm$ 0,03 b	=0,0058
Nutrientes digestíveis totais	34	11,54 $\pm$ 0,37 a	52	9,14 $\pm$ 0,30 b	40	9,03 $\pm$ 0,34 b	=0,0028
	Consumo em função do peso vivo (% do PV)						
Matéria seca	44	3,06 $\pm$ 0,08	83	2,92 $\pm$ 0,06	47	3,05 $\pm$ 0,06	=0,2590
Carboidratos não fibrosos	21	1,08 $\pm$ 0,08	45	1,03 $\pm$ 0,05	34	1,02 $\pm$ 0,06	=0,8501
Fibra em detergente neutro	39	1,26 $\pm$ 0,05	74	1,33 $\pm$ 0,04	44	1,19 $\pm$ 0,05	=0,1931
Fibra em detergente em ácido	13	0,64 $\pm$ 0,07	50	0,81 $\pm$ 0,04	37	0,72 $\pm$ 0,04	=0,2771

Tabela 2 (Continuação) – Médias  $\pm$  erro padrão das informações gerais, composição da dieta consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em função do tipo de volumoso utilizado na alimentação de vacas mestiças Holandês x Zebu ...

Proteína bruta	30	0,46 $\pm$ 0,01 a	69	0,37 $\pm$ 0,01 c	40	0,41 $\pm$ 0,01 b	=0,0029
Extrato etéreo	30	0,09 $\pm$ 0,01 a	60	0,09 $\pm$ 0,01 a	40	0,06 $\pm$ 0,01 b	=0,0191
Nutrientes digestíveis totais	25	2,10 $\pm$ 0,06 a	45	1,70 $\pm$ 0,05 b	40	1,81 $\pm$ 0,05 b	=0,0064
Consumo em gramas por quilograma de peso metabólico (g/kg de PV <sup>0,75</sup> )							
Matéria seca	44	147,94 $\pm$ 3,63	83	137,64 $\pm$ 2,64	44	146,16 $\pm$ 3,63	=0,0894
Carboidratos não fibrosos	21	51,45 $\pm$ 3,45	49	43,68 $\pm$ 2,25	34	48,17 $\pm$ 2,71	=0,2819
Fibra em detergente neutro	30	58,01 $\pm$ 3,36	74	61,98 $\pm$ 2,12	44	56,52 $\pm$ 2,77	=0,3114
Fibra em detergente em ácido	13	32,77 $\pm$ 3,16	50	37,57 $\pm$ 1,61	37	33,84 $\pm$ 1,87	=0,3870
Proteína bruta	30	23,06 $\pm$ 0,81 a	73	17,54 $\pm$ 0,52 b	44	19,24 $\pm$ 0,67 b	=0,0015
Extrato etéreo	30	4,69 $\pm$ 0,34 a	64	4,30 $\pm$ 0,23 a	40	3,04 $\pm$ 0,29 b	=0,0154
Nutrientes digestíveis totais	25	103,37 $\pm$ 3,08 a	49	82,18 $\pm$ 2,20 b	40	85,68 $\pm$ 2,44 b	=0,0038
Digestibilidade aparente (%)							
Matéria seca (% da MN)	31	67,52 $\pm$ 1,31 a	48	60,78 $\pm$ 1,05 b	40	61,56 $\pm$ 1,15 b	=0,0120
Carboidratos não fibrosos	23	82,46 $\pm$ 1,67 b	34	91,49 $\pm$ 1,37 a	30	83,09 $\pm$ 1,46 b	=0,0200
Fibra em detergente neutro	34	54,48 $\pm$ 1,93 a	48	41,49 $\pm$ 1,62 b	40	43,64 $\pm$ 1,78 b	=0,0033
Proteína bruta	34	72,36 $\pm$ 1,53 a	48	63,95 $\pm$ 1,29 b	40	66,41 $\pm$ 1,41 b	=0,0117
Extrato etéreo	34	81,10 $\pm$ 2,44 a	39	71,65 $\pm$ 2,28 b	36	56,61 $\pm$ 2,37 c	=0,0005
Produção e composição do leite							
Produção de leite (kg/dia)	43	19,54 $\pm$ 0,74 a	93	15,26 $\pm$ 0,51 b	47	13,09 $\pm$ 0,71 c	=0,0007
PCEP <sup>4</sup>	38	20,95 $\pm$ 0,81 a	80	16,06 $\pm$ 0,56 b	28	14,42 $\pm$ 0,95 b	=0,0035
Eficiência Alimentar <sup>5</sup>	40	1,16 $\pm$ 0,03 a	85	1,05 $\pm$ 0,02 b	47	0,87 $\pm$ 0,03 c	=0,0009
Teor de gordura (%)	42	3,73 $\pm$ 0,06 b	90	3,72 $\pm$ 0,04 b	47	3,96 $\pm$ 0,06 a	=0,0241
Teor de proteína (%)	42	3,27 $\pm$ 0,04	80	3,17 $\pm$ 0,03	28	3,20 $\pm$ 0,05	=0,2402
Teor de lactose (%)	30	4,50 $\pm$ 0,03	55	4,49 $\pm$ 0,02	17	4,49 $\pm$ 0,04	=0,9802

<sup>1</sup>DSM= dietas baseada em silagem de milho; <sup>2</sup>DUMV= dietas baseadas somente em um volumoso (cana-de-açúcar *in natura* ou na forma de silagem, silagem de sorgo, feno de alfafa, feno de gramínea, silagem de girassol, grama tanzânia *in natura*, capim elefante *in natura* picado ou na forma de silagem, silagem de capim elefante com sorgo); <sup>3</sup>DDOISV= dietas baseadas na combinação de dois volumosos (silagem de milho mais feno de gramínea ou feno de alfafa ou palma forrageira *in natura*, palma forrageira mais silagem de sorgo ou bagaço de cana-de-açúcar ou feno de gramínea ou silagem de girassol ou feno de leucena ou feno guandu ou feno de capim elefante ou capim elefante *in natura* ou feno de maniçoba ou silagem de restolho de milho doce); <sup>4</sup>Produção de leite corrigida para energia e proteína= (0.327\*produção de leite) + (12.95\*teor de gordura\*produção de leite/100) + (7.65\*teor de proteína\*produção de leite /100); <sup>5</sup>Produção de leite (kg/dia) / consumo de MS (kg/dia) (NRC, 2001); Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância..

## Discussão

Na discussão dos resultados do tipo de volumoso utilizado na alimentação das vacas da raça Holandês e mestiças Holandês x Zebu em condições experimentais no Brasil serão enfatizados os parâmetros que são influenciados ou representam os volumosos, e quando necessário pode-se reportar as demais variáveis. As vacas da raça Holandês apresentam respostas diferentes em função do tipo de volumoso utilizado na dieta em relação as mestiças Holandês x Zebu, sendo que as análises já foram realizadas separada em função das diferenças existentes entres as raças, portanto, apesar da finalidade deste estudo não ser a comparação entre raças, observa-se, pelos resultados, que os objetivos das pesquisas são distintos em função das condições enfrentadas por cada raça.

A composição da dieta ofertada conforme o tipo de volumoso utilizado na alimentação das vacas da raça Holandês em condições experimentais no Brasil demonstra que as DSM permitem a aumento da PPV na dieta em função da densidade energética da silagem de milho (Tabela 1), visto que quando é respeitado o estágio de colheita da planta de milho, no qual o grão apresenta consistência farináceo duro, com teor de MS variando de 30 a 35% (RESENDE; SIGNORETTI; COAN; SIQUEIRA, 2005), a quantidade de MS digestível é máxima, sendo que o teor de FDN está diluído pelo progressivo aumento no teor de amido decorrente do enchimento do grão (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001), conseqüentemente aumentando a densidade energética em função da presença de FDN digestível e da alta concentração de energia líquida, as quais permitem reduzir a utilização de alimentos concentrados com menor comprometimento da fisiologia e do desempenho das vacas em lactação (SILVA et al., 2015).

As DUMV na sua maioria são representadas pela cana-de-açúcar *in natura* ou na forma de silagem, as quais apresentam maior teor de MS, que pode estar relacionada ao maior percentual de concentrado na dieta nos dados referente as vacas da raça Holandês, seguida das DSM e depois das DDOISV para as vacas da raça Holandês e mestiças Holandês x Zebu (49,56 e 19,00%), nas quais predominam a utilização da palma forrageira combinada com mais um volumoso. Os teores de MS das DDOISV para os dois grupamento genéticos podem ser explicados pela presença de palma forrageira *in natura*, a qual apresenta aproximadamente 90% de água. Assim, dietas formuladas com alto teor de palma forrageira são caracterizadas pelo alto teor de umidade, contribuindo para solucionar escassez de água nas secas prolongadas. Porém, é imprescindível destinar atenção especial aos baixos teores de MS, fato pelo qual a palma forrageira é utilizada na alimentação de vacas em lactação em combinação com outro volumoso com objetivo de fornecer dietas balanceadas, bem como aumentar o teor de MS da



dieta e o consumo de MS, corrigindo as diarreias e a perda de peso que ocorrem em função da utilização isolada ou *ad libitum* (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014; SOARES, 2017).

Nas DDOISV, independente da raça, em que a palma forrageira está presente, é necessário corrigir os teores de PB, sendo que este volumoso apresenta em média 4,08% de PB (SOARES, 2017), visto que é interessante a utilização de fontes de nitrogênio não proteico como a ureia com a finalidade de sincronizar a taxa de degradação da energia e proteína no rúmen (FORBES, 2007; NRC, 2001), uma vez que a palma forrageira é rica em CNF com baixo teor de FDN (VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017). Em função disso, torna-se imprescindível na formulação da dieta observar o teor de FDN fisicamente efetivo, sendo recomendado 19 a 21% de FDN fisicamente efetivo (LEAN; GOLDBER; HALL, 2014) ou que 75% do total de 28 a 33% do FDN da dieta seja proveniente de forragem (NRC, 1989) e, ainda, para cada unidade percentual de redução no teor de FDN oriundo de volumoso é recomendado aumentar duas unidades percentuais no teor de FDN total da dieta e reduzir duas unidades percentuais no teor de CNF da dieta (NRC, 2001), o qual quantifica o tamanho de partícula, sendo considerada as partículas maior que 8 mm (ZEBELI et al., 2012), ou o percentual da dieta total retida na peneira de 4,0 mm do separador de partículas (KMICIKIEWYCZ; HEINRICHS, 2015) para o funcionamento ruminal adequado. Logo, estas partículas de fibra longa formam uma manta de fibra flutuante no rúmen, a qual tem a função de manter a ruminação e motilidade ruminal, favorecendo a produção de saliva e estabilidade do pH ruminal e, conseqüentemente, conteúdo de gordura do leite (MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2012).

As DSM e DDOISV para as vacas da raça Holandês apresentaram maiores consumos de MS, FDN, FDA, PB e EE, expressos em kg/dia, %PV e g/kg de PV<sup>0,75</sup>, em relação as DUMV, porém não houve diferença para o teor de FDN em função do tipo de volumoso utilizado nas dietas, o que poderia explicar as diferenças para os consumos, visto que o FDN restringe o consumo em função das limitações físicas pelo enchimento ruminal (MERTENS, 1994). No entanto, as diferenças encontradas podem ser explicadas pela maior digestibilidade apresentada pelas DSM e DDOISV em comparação com as DUMV. A baixa digestibilidade da MS, FDN, FDA, PB e EE das DUMV pode ser em função do aumento da lignina (HALL, 2014; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994), a qual é não degradável pelas bactérias ruminais, fato este que aumenta o tempo de retenção do alimento no rúmen comprometendo o aproveitamento de nutrientes e o consumo da nova refeição (HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016; KRIZSAN; HUHTANEN, 2013; NRC, 2001). Portanto, o preenchimento ruminal é composto pelos resíduos das refeições anteriores, os quais possuem taxas de degradação mais lenta e vão

sendo diluídos pela nova alimentação que fermenta rapidamente, porém os resíduos acumulados permanecem ocupando espaço e, conseqüentemente limitando consumo (TRAXLER et al., 1998; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994).

Nas dietas das vacas em lactação alimentadas em sistemas subtropicais e tropicais o FDN indigestível necessita ser incluído na formulação das dietas, uma vez que é o principal fator que determina a ingestão de alimentos e desempenha papel significativo na degradação da dieta no rúmen e na ingestão voluntária, principalmente em sistemas de alimentação baseados em forragens C<sub>4</sub> caracterizadas pela lignificação que fornece resistência à degradação microbiana (HARPER; MCNEILL, 2015; TRAXLER et al., 1998; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994). Portanto, formular dietas baseadas no teor de FDN, sem referência ao FDN indigestível, pode afetar o consumo voluntário, a digestibilidade aparente e o teor de energia metabolizável da dieta (HARPER; MCNEILL, 2015), sendo que as DUMV são caracterizadas pelo predomínio da cana-de-açúcar, a qual é uma forragem da espécie C<sub>4</sub>, que apresenta baixos teores de proteína e baixa degradação ruminal da fração fibrosa (VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017).

A alimentação das vacas em lactação mestiças Holandês x Zebu em função da utilização de volumoso, além de ser influenciada pela redução na digestibilidade dos nutrientes que exercem efeito negativo sobre o consumo voluntário (HUHTANEN; DETMANN; KRIZSAN, 2016; VAN SOEST; BOBBERT; SCHENAU, 1994), fatores que já foram discutido por ter efeito na alimentação das vacas da raça Holandês submetidas às DUMV, ainda possuem um agravante que é o aumento da PPV para todas as dietas. Logo, percebe-se que na alimentação das vacas em lactação mestiças Holandês x Zebu as pesquisas estão voltadas para a maior inclusão de volumosos nas dietas (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014; SOARES, 2017). Esta diferença nos objetivos das pesquisas demonstra uma nova estratégia de alimentação, a qual prioriza a utilização de volumoso, sem considerar a eficiência produtiva dos animais, visto que nestas condições a degradabilidade ruminal do alimento é lenta e possui taxa de passagem reduzida, possivelmente de 2%.h<sup>-1</sup> para animais com baixo nível de alimentação aproximando-se ao consumo de uma vez a manutenção (AFRC, 1993), repercutindo em redução no consumo voluntário, baixo aproveitamento de nutrientes e produção de leite. Logo, esta estratégia pode estar relacionada a redução nos custos, visto que tanto a cana-de-açúcar como a palma forrageira se destacam pelos baixos custos de produção, adaptação e produção durante os períodos de secas prolongadas (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014; SOARES, 2017; VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2017), porém nestes casos acabam comprometendo o desempenho das vacas em lactação.

O consumo de NDT para vacas mestiças Holandês x Zebu apresentou diferença para as DSM em comparação às DUMV e DDOISV (80,04 e 83,71 g/kg de PV<sup>0,75</sup>), nas quais a deficiência energética é agravada pelo aumento da PPV (64,00 e 78,32%, respectivamente), a qual é uma prática comum quando se trabalha com animais com potencial genético inferior comparado a raça Holandês, em função da viabilidade do sistema produtivo, porém a longo prazo pode comprometer o desempenho produtivo e reprodutivo das vacas em lactação. No entanto, mesmo nestas condições é imprescindível destacar a eficiência da silagem de milho que compõem as DSM, visto que nos dados da raça Holandês e das vacas mestiças Holandês x Zebu as DSM apresentaram a melhor produção e composição do leite, com superioridade a dietas com maior PPC, como é o caso das DUMV nos dados da raça Holandês.

As vacas em lactação da raça Holandês alimentadas com as DDOISV, nas quais as condições referentes ao teor de MS, PB e FDN efetivo foram consideradas apresentaram produção e composição do leite, bem como PCEP e EA igual as vacas alimentadas com DSM, enquanto que as vacas alimentadas com as DUMV, apesar de receber maior PPC, teor de CNF, NDT e ELL na dieta observou-se resultados menores que as demais dietas para produção e composição do leite, bem como PCEP e EA em função de que a disponibilidade de nutrientes foi comprometida pela redução na digestibilidade da FDN e da PB, que repercutiu negativamente no consumo de nutrientes. Nas vacas mestiças Holandês x Zebu a produção de leite, PCEP reduziram em função do aumento do volumoso com resposta inversa para o teor de gordura, sendo maiores para as DSM, intermediárias para as DUMV e menores para DDOISV, sendo que estas respostas estão relacionadas a redução na digestibilidade dos nutrientes, como o agravante do aumento da PPV.

As diferenças encontradas para os teores de gordura e proteína para vacas em lactação da raça Holandês e para os teores de gordura para as vacas mestiças Holandês x Zebu podem estar relacionadas ao efeito de diluição em função da produção de leite (MIGLIOR et al., 2007). Para a produção de leite e teor de lactose as diferenças estão relacionadas a digestibilidade dos nutrientes que comprometem o consumo, repercutindo na EA, uma vez que a lactose é altamente dependente da energia (QIAO et al., 2005; RIGOUT, 2002) e principal determinante da produção de leite (ALLEN; PIANTONI, 2014).

## Conclusão

Vacas em lactação da raça Holandês e mestiças Holandês x Zebu alimentadas com silagem de milho apresentaram maior produção e melhor composição do leite, sendo que a utilização de dietas baseadas na combinação de dois volumosos para as vacas Holandês se equiparam em produção e composição do leite com as dietas a base de silagem de milho, enquanto que as dietas com um volumoso, mesmo com maior proporção de concentrado, apresentam resultados inferiores em função do menor aproveitamento dos nutrientes. Na vacas mestiças Holandês x Zebu o aumento da proporção de volumoso, assim como a maior utilização de alimentos alternativos com a finalidade de reduzir custos, compromete a produção e composição do leite das vacas em lactação.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos os pesquisadores brasileiros citados nas referências da base de dados, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e ao Programa de Bolsas de Monitoria de Pós-Graduação (PROMOP) pelas bolsas concedidas aos estudantes de pós-graduação que participam do estudo.

## Referências Bibliográficas

AFRC - AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK: CAB international, 1993.

ALLEN, M. S.; PIANTONI, P. Carbohydrate Nutrition: Managing energy intake and partitioning through lactation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v.30, p.577–597, 2014.

FARIAS, I. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341–347, 2000.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford, UK: CAB international, 2007.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78–85, 2014.

HALL, M. B. Feed analyses and their interpretation. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, p. 487–505, 2014.

HARPER, K.; MCNEILL, D. The Role of iNDF in the regulation of feed intake and the importance of its assessment in subtropical ruminant systems (the role of iNDF in the regulation

of forage intake). **Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 778–790, 2015.

HUHTANEN, P.; DETMANN, E.; KRIZSAN, S. J. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary , fecal , and animal variables. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 5345–5357, 2016.

KMICIKIEWYCZ, A. D.; HEINRICHS, A. J. Effect of corn silage particle size and supplemental hay on rumen pH and feed preference by dairy cows fed high-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 373–385, 2015.

KRIZSAN, S. J.; HUHTANEN, P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1715–1726, 2013.

LEAN, I. J.; GOLDBER, H. M.; HALL, M. B. Feeding, evaluating and controlling rumen function. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 30, n. 3, p. 539–575, 2014.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas - Enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

MARÍN, A. L. M. et al. Metaanálisis del uso de semillas y aceites en la dieta de ovejas y cabras. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 821–828, 2015.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: **Forage quality, evaluation and utilization**. G. C. Fahey, 1. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450–493.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997.

MIGLIOR, F. et al. Genetic analysis of milk urea nitrogen and lactose and their relationships with other production traits in Canadian Holstein Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2468–2479, 2007.

NORMAND, S. T. Tutorial in biostatistics: Meta-analysis: formulating, evaluating, combining and reporting. **Statistics in Medicine**, v. 359, n. 18, p. 321–359, 1999.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989.

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

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P. DE; DIAS, F. N. **Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho**. SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. **Anais...**Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001.

QIAO, F. et al. Kinetics of glucose transport and sequestration in lactating bovine mammary glands measured in vivo with a paired indicator / nutrient dilution technique. **J Appl Physiol**, v. 99, p. 799–806, 2005.

RABIEE, A. R. et al. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components : a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 3225–3247, 2012.

RESENDE, F. D. DE SIGNORETTI, R. D.; COAN, R. M.; SIQUEIRA, G. R. **Terminação de bovinos de corte com ênfase na utilização de volumosos conservados**. (1, Ed.). VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES. **Anais...Jaboticabal**: Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão, FUNEP, 2005.

RIGOUT, S. Duodenal glucose increases glucose fluxes and lactose synthesis in grass silage-fed dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 3, p. 595–606, 2002.

ROBINSON, P. H. et al. “Shrink” losses in commercially sized corn silage piles: Quantifying total losses and where they occur. **Science of the Total Environment**, v. 542, p. 530–539, 2016.

SAUVANT, D. et al. Meta-analysis of experimental data in animal nutrition. **Animal**, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008.

SILVA, M. S. J. DA et al. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 9, p. 303–313, 2015.

SOARES, M. S. Palma forrageira: aspecto do cultivo e desempenho animal. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 14, n. 4, p. 6041–6055, 2017.

TRAXLER, M. J. et al. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 5, p. 1469–1480, 1998.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L. **CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em : <[www.ufv.br/cqbal](http://www.ufv.br/cqbal)>. Acesso set. 2017.

VAN SOEST, A. J.; BOBBERT, M. F.; SCHENAU, G. J. V. I. A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. **Journal of Neurophysiology**, v. 71, n. 4, p. 1390–1402, 1994.

ZARDIN, P. B. et al. Chemical composition of corn silage produced by scientific studies in Brazil - A meta-analysis. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 38, n. 1, p. 503–511, 2017.

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

## CAPÍTULO VII

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metanálise da produção e composição do leite em função da alimentação de vacas em condições experimentais no Brasil demonstrou que as publicações de artigos científicos precisam ser realizadas de forma completa em relação às variáveis que representam as informações gerais, composição das dietas, consumo voluntário, digestibilidade aparente, produção e composição do leite, bem como indicadores de eficiências energéticas, proteicas e saúde de glândula mamária e, ainda relacionado a parte de análise estatística (medida de dispersão). Todas estas informações são fundamentais para a formação de banco de dados, as quais necessitam ser publicadas e recuperadas, porém precisam contemplar todas as informações disponíveis para direcionar os rumos da pesquisa e desenvolver futuros modelos matemáticos.

A metanálise realizada executa sua função de indicar as lacunas nas pesquisas referentes à produção e composição do leite em função da alimentação de vacas em condições experimentais no Brasil e o banco de dados formados permite começar a explorar o desenvolvimento de modelos matemáticos com a finalidade de simular as diferentes situações vivenciadas nos sistemas de produção.

Figura 1 – Diagrama resumido dos principais resultados do estudo metanalítico do estado da arte referente aos fatores que interferem na variação da produção e composição do leite e sua relação com alimentação das vacas em lactação em condições experimentais no Brasil

