Universidade Brasil
Campus Descalvado

JOÃO PAULO FERNANDES BUOSI

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DE GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS

BROMATOLOGIC COMPOSITION AND *IN VITRO* DIGESTIBILITY FEEDING OF DISTILLER'S DRIED GRAIN WITH SOLUBLES

Descalvado, SP
2017

João Paulo Fernandes Buosi

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DE GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Descalvado, SP
2017

Ficha catalográfica

Buosi, João Paulo Fernandes
B964c Composição bromatológica e digestibilidade in vitro de grãos secos de destilaria com solúveis / João Paulo Fernandes Buosi. -- Descalvado, 2017.
94 f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.
Orientador: Profº Dr. Paulo Henrique Moura Dian

1. Nutrição. 2. Coproduto. 3. DDGS. 4. Bovinos. 5. Milho. 6. Sorgo. I. Título.

CDD 636.2085

*Folha de autorização para reprodução do trabalho

UNIVERSIDADE BRASIL

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site http://universidadebrasil.edu.br/portal/cursos/ppgpa/, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site http://bancodeteses.capes.gov.br, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **"Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* de grãos secos de destilaria com solúveis"**

Autor(es):

Discente: João Paulo Fernandes Buosi

Assinatura: _____

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian

Assinatura: _____

Data: 28 de abril de 2017

Folha de aprovação da banca examinadora

UNIVERSIDADE BRASIL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

João Paulo Fernandes Buosi

"Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* de grãos secos de destilaria com solúveis"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian
(Orientador)
Programa de Pós-Graduação em Produção Animal

Profa. Dra. Liandra Maria Abaker Bertipaglia
Programa de Pós-Graduação em Produção Animal

Prof Dra Maria Fernanda Ferreira Menegucci Praes
FCAV/UNESP

Descalvado, 28 de abril de 2017

Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian
Presidente da Banca

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Márcia e Geraldo, pelo apoio e incentivo em todos momentos.

Aos meus irmãos, Édson (Rosi) e Fábio (Gabi), por serem meus exemplos.

À minha noiva Adriana, a dona dos meus pensamentos e do estímulo de lutar.

Ao meu avô, Elpídio (*in memorian*), por ter me ensinado os valores mais puros.

Às minhas sobrinhas Ana Beatriz, Isabela e Helena, por terem me mostrado que nascemos com coração puro e verdadeiro, dependendo de nós mantê-lo assim.

A todos envolvido no Agronegócio Brasileiro, o pilar da economia do país.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e iluminado meu caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian, por ter acreditado no projeto, orientado e tornado um amigo.

Aos meus pais (Márcia e Geraldo), meus irmãos (Edson e Fábio) e sobrinhas (Ana Beatriz, Isabela e Helena), por ter entendido minha ausência.

À minha noiva, Adriana, pelo amor incondicional e companheira em todas as horas.

À Dra. Maria Fernanda Ferreira Menegucci Praes por ter aceitado de tão bom grado participar da banca.

À Profa. Dra. Liandra Maria Abaker Bertipaglia e ao Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo por terem realizado as análises.

Às empresas Usimat Destilaria de Álcool Ltda e Destilaria de Álcool Libra Ltda por terem cedido o produto (DDGS), imprescindível para realização do trabalho,

Ao meu amigo Thiago Pedroso Palma, por além de ter me ajudado na escolha do tema, ter assessorado em ligações intermináveis com discussões técnicas.

Ao meu amigo Marcus Guireli, por ter me informado sobre a abertura das inscrições do Mestrado.

A todo corpo docente pelos valiosos ensinamentos.

A todos que torceram, participaram e contribuíram de alguma forma na realização desse trabalho.

O MUNDO POSSUI TECNOLOGIA PARA ALIMENTAR 10 BILHÕES DE PESSOAS DE UMA MANEIRA SUSTENTÁVEL. A QUESTÃO É SABER SE VÃO PERMITIR QUE AGRICULTORES E PECUARISTAS FAÇAM USO DELAS.”

Norman Borlaug. Ganhador do Prêmio Nobel da Paz e “pai da Revolução Verde”

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DE GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS

RESUMO

A demanda mundial por biocombustíveis fez com que as destilarias enxergassem na produção de etanol de milho uma opção à ociosidade na entressafra da cana de açúcar. Desse processo, a pecuária pode ser beneficiada com o coproduto, que pode ser utilizado como fonte de proteína e energia na alimentação animal, o resíduo de destilaria de grãos, que pode ser classificado conforme o teor de água, em seco e úmido. Do outro lado, com o aumento populacional e do nível de renda, cresce também a demanda mundial de alimentos, em especial por proteína animal. O trabalho teve como objetivo avaliar grãos secos de destilaria com solúveis (*distillers dried grain with solubles* - DDGS) de milho e/ou sorgo quanto à composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro*, verificando possíveis variações, conforme origem da matéria prima e partida, e sua viabilidade econômica, como alternativa na alimentação de bovinos. As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca, matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, hemicelulose, celulose, extrato etéreo e proteína bruta. Foram realizadas, também, análises dos minerais cálcio, fósforo e enxofre, e da digestibilidade *in vitro* com produção de gases com transdutor de pressão. Diante dos resultados verificou-se que a utilização de DDGS na alimentação de bovinos é uma alternativa para incremento proteico e calórico da dieta, com algumas variações na composição entre as amostras.

Palavras-chave: nutrição, coproduto, DDGS, bovinos, milho, sorgo.

BROMATOLOGIC COMPOSITION AND *IN VITRO* DIGESTIBILITY FEEDING OF DISTILLERS DRIED GRAIN WITH SOLUBLES

ABSTRACT

The world demand from biofuel lead to a visionary position from distilleries regarding ethanol production as an option regarding sugar cane off season. Indeed, livestock can be improved by this process and used as a co- product for source of protein and energy in animal nutrition. The residue from grain distilleries can be classified according to its water content, a far as its dryness and humidity level. Population growth and financial income result in food world demand, especially for animal protein. The objective of this study was to evaluate the dry grain from distilleries using solvable as far as its bromatological chemistry composition and in vitro digestibility. Possible variations were verified in respect to economic viability of this process as an alternative for bovine nutrition. Each sample was analyzed according with its dry and mineral matter content, as well as neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, hemicellulose, cellulose, ethereal extract and crude protein. Analysis of calcium, phosphorus and sulfur were done, in addition to in vitro gas digestibility using a pressure transducer. The results revealed that distillers dried grain with solubles (DDGS) can be an alternative for cattle nutrition, since it increases protein and energy diet, presenting some variations on nutrition levels among samples.

Keywords: livestock, nutrition, co-product, distillery, ethanol, corn.

Lista de figuras

Figura 1: Rebanho bovino X População 22
Figura 2: Exportações e importações de leite e derivados (Mil toneladas) 23
Figura 3: Poliidroxialdeidos ou poliidroxicetonas.....30
Figura 4: Estrutura celular de plantas.....31
Figura 5: Carboidratos das plantas. 32
Figura 6: Cadeias saturadas e insaturadas.....33
Figura 7: Proteína.....36
Figura 8: Esquema do nitrogênio (N) dietético segundo modelo de Cornell. 40
Figura 9: Processo de produção do etanol, dried distiller's grains (DDG), wet distiller's grain (WDG), condensed distiller's solubles (CDS), dried distiller's grains with solubles (DDGS) e wet distiller's grain with solubles (WDGS). 46
Figura 10: Separadoras centrifugas horizontais (centrifuga a vinhaça).....47
Figura 11: Secador de grãos secos de destilaria (DDG), diminui a Matéria Seca de 30% para 12%-14%. 47
Figura 12: Grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS).....48
Figura 13: Grãos úmidos de destilaria (WDG).....48
Figura 14: Crescimento de fungo na superfície de grãos úmidos de destilaria com solúveis (WDGS).....52
Figura 15: Exemplo de cartão de pontuação de 5 cores. 54
Figura 16: Coleta de fluido ruminal.....61
Figura 17: Pesagem das amostras.....62
Figura 18: Banho-maria à 39ºC.....62
Figura 19: Leitura de pressão com manômetro.....63
Figura 20: Resíduo no cadinho tipo Gooch. 63
Figura 21: Estufa a 105º C. 64
Figura 22: Produção de gases *in vitro* acumulada (mL/g MS) de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 70
Figura 23: Produção de gases *in vitro* (mL/gMS) de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).....70

Figura 24: Produção acumulada de gás em função dos tempos de incubação de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 75
Figura 25: Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (%) de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X).....78
Figura 26: Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 79

Lista de tabelas

Tabela 1. Concentrações de nutrientes de wet distillers grains (WDG), dried distillers grains (DDG) e dried distillers grains with solubles (DDGS) em relação à Matéria Seca. 50

Tabela 2. Desempenho e características de carcaça de bovinos alimentados com diferentes níveis de dried distillers grains with solubles DDGS. 56

Tabela 3. Consumo de matéria seca, produção de leite, gordura do leite e teor de proteína, em vacas com dietas contendo diferentes quantidades de dried distillers grains with solubles (DDGS) e wet distillers grains with solubles (WDGS). 58

Tabela 4. Composição químico-bromatológica de 11 amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 66

Tabela 5. Concentrações de nutrientes de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS) em relação ao apresentado por Tjardes e Wright [64]. 67

Tabela 6. Produção acumulada de gases *in vitro* e as comparações de médias (mL/gMS) em função do tempo de 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 42 e 48 horas de incubação em amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 69

Tabela 7. Produção média de gases *in vitro* (mL/gMS) / Tempo de Incubação, de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 72

Tabela 8. Produção Acumulada de gases *in vitro* (mL/gMS) / Tempo de Produção, de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 74

Tabela 11. Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, energia metabolizável, energia digestível e nutrientes digestíveis totais em função dos tempos de incubação de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 80

Tabela 13. Valor máximo que pode ser pago pelos grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS) em relação

a energia equivalente conforme o preço do milho, considerando a amplitude de resultados obtidos nas análises. 81
Tabela 14. Valor máximo que pode ser pago pelos grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS) em relação a proteína bruta equivalente ao farelo de soja conforme o preço, considerando a amplitude de resultados obitidos nas análises. 82
Tabela 15. Exigências nutricionais de bovinos de corte e a contribuição nutricional da inclusão de 20% de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e sorgo (dried distillers grains with solubles - DDGS). 83
Tabela 16. Exigências nutricionais de bovinos de leite e a contribuição nutricional da inclusão de 20% de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). 84

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos.

AA	Aminoácidos
AAE	Aminoácidos essenciais
AANE	Aminoácidos não essenciais
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AGV	Ácidos graxos voláteis
ATP	Adenosina trifosfato
C	Carbono
Ca	Cálcio
CAL	Caloria
CDS	C*ondensed distillers solubles*
CE	Carboidratos estruturais
CEL	Celulose
CEPEA	Centro de estudos avançados em economia aplicada
CF	Carboidratos fibrosos
Cl	Cloro
CMS	Consumo de matéria seca
CNE	Carboidratos não estruturais
CNF	Carboidratos não fibrosos
Co	Cobalto
CONAB	Companhia nacional de abastecimento
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DDG	*Dried distillers grains* (Grãos secos de destilaria)
DDGS	*Dried distillers grains with solubles* (Grãos secos de destilaria com solúveis)
DIVFDN	Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro
DIVMS	Digestibilidade *in vitro* da matéria seca
DIVMO	Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EE	Extrato etéreo
EED	Extrato etéreo digestível

EL	Energia Líquida
EM	Energia metabolizável
ENND	Extrativo não-nitrogenado digestível
EUA	Estados Unidos da América
F	Flúor
FAO	Organização das nações unidas para a alimentação e a agricultura
FB	Fibra bruta
FBD	Fibra bruta digestível
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
Fe	Ferro
GMD	Ganho médio diário
H	Hidrogênio
HEM	Hemicelulose
I	Iodo
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
IMS	Ingestão de matéria seca
IPCA	Índice nacional de preços ao consumidor amplo
K	Potássio
Kcal	Quilocaloria
LIG	Lignina
MAPA	Ministério da agricultura pecuária e abastecimento
MDIC	Ministério da indústria e comércio exterior
Mg	Magnésio
MM	Matéria mineral;
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MS	Matéria seca;
MSD	Matéria seca digestível
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido

NIDN	N insolúvel em detergente neutro
NNP	Nitrogênio não proteico
NRC	*National Research Council*
O	Oxigênio
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
PBD	Proteína bruta digestível
PDR	Proteína degradável no rúmen
Pmic	Proteína microbiana
PNDR	Proteína não degradável no rúmen
RDG	Resíduos de destilaria de grãos
Se	Selênio
TCA	Ácido tricloroacético
USDA	*United States Department of Agriculture*
WDG	*Wet distillers grain* (Grãos úmidos de destilaria)
WDGS	*Wet distillers grain with solubles* (Grãos úmidos de destilaria com solúveis)
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 20
1.1. Relevância do tema 20
1.2. Fundamentação 21
1.2.1 Mercado da Pecuária 21
1.2.1.1 Pecuária de Corte 22
1.2.1.2 Pecuária de Leite 23
1.2.2 Mercado do Milho 24
1.2.3 Mercado do Etanol 25
1.2.4 Alimentos 26
1.2.5 Exigências Nutricionais 27
1.2.5.1 Energia 28
1.2.5.2 Proteína 36
1.2.5.3 Minerais 40
1.2.6 Digestibilidade 44
1.2.7 Resíduo de destilaria de grãos 45
1.2.7.1 Produção 45
1.2.7.2 Utilização 49
1.2.7.3 Nutrientes 49
1.2.7.4 Armazenamento e manuseio de DDGS 51
1.2.7.5 A cor como indicador de qualidade 54
1.2.7.6 Viabilidade econômica 55
1.2.7.7 Uso de DDGS em dietas de bovinos de corte 56
1.2.7.8 Uso de DDGS em dietas de bovinos de leite 57
1.3 Objetivos gerais e específicos 59
2. MATERIAIS E MÉTODOS 60
2.1 Local de amostragem e das análises 60
2.2 Amostragem 60
2.3 Metodologia 60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 65
3.1 Composição química bromatológica 65
3.2 Produção de gases *in vitro* 68
4. CONCLUSÕES 85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

RESENHA BIOGRÁFICA DO AUTOR 94

1. INTRODUÇÃO

1.1. Relevância do tema

Atualmente o ambiente de negócios exige velocidade e agilidade para mudança. O setor primário foi caracterizado durante décadas pela alta margem de seus produtos e alta valorização patrimonial, que aliado ao ambiente de baixo desafio, levou ao "comodismo produtivo", sem necessidade de busca por eficiência. Com a estabilização da economia, ocorreu um contexto de turbulência nos preços das *commodities* com constante redução nas margens operacionais, obrigando os produtores a reagirem para se tornarem mais competitivos e se manterem no mercado [1].

Neste cenário, torna-se fundamental uma atuação estratégica no mercado, com qualificação da mão de obra, um sistema de gestão eficaz e com incremento de tecnologia, pois como depende de *commodities* (insumos) para produzir e, seu produto final também é a venda de *commodity* (possui baixo grau de diferenciação do produto), é necessário o máximo de eficiência operacional para se obter maior lucratividade e garantir a continuidade dos resultados e do negócio [1].

O custo operacional total da terminação de bovinos em confinamento em duas propriedades no estado de Minas Gerais, foi de 69,1% e 75,4% com a compra de animais, 21,4% e 17,5% com a dieta e 4,7% e 3,1% com o operacional [2]. Tais dados demonstram a necessidade de se atentar aos custos com a alimentação dos animais e de busca constante em alternativas de ingredientes na formulação da dieta.

Os subprodutos da agroindústria são uma importante opção como fonte de proteína, energia e fibra para a produção animal. O uso de subprodutos energéticos nas dietas de confinamento brasileiros é frequente e, além de reduzir custos de alimentação, traz benefícios nutricionais [3].

Vasconcelos e Galyean [4], em pesquisa em confinamentos nos EUA, descreveram que 82,76% deles utilizavam subprodutos de grãos nas dietas dos animais, com inclusão média de 16,5% da Matéria Seca (MS).

A confluência de diversos fatores econômicos, geopolíticos e ambientais tem estimulado o aumento do interesse mundial na produção e consumo de biocombustíveis nos últimos anos. Historicamente, o interesse em biocombustíveis, foi impulsionado pelos desejos em aumentar a segurança energética e reduzir a

dependência de combustíveis fósseis, mas também promoveu melhoras e desenvolvimento econômico rural. Mais recentemente, os biocombustíveis foram aprovados como “um componente chave” para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e atenuar potenciais efeitos das mudanças climáticas. Esses fatores têm contribuído para um aumento significativo na produção global de biocombustíveis [5].

Os dois principais biocombustíveis utilizados são etanol e biodiesel, sendo feitos principalmente de *commodities* agrícolas, no caso do etanol, são principalmente grãos e cana-de-açúcar [5]. O uso de grãos como milho e sorgo para a produção de etanol produz subprodutos de grãos de destilaria, entre eles os grãos secos de destilaria com solúveis (*Dried Distillers Grains with Solubles* – DDGS), que são utilizados na alimentação animal desde o final do século XIX [6].

1.2. Fundamentação

1.2.1 Mercado da Pecuária

Segundo as previsões da Organização das Nações Unidas [7] em seu relatório “Perspectivas da População Mundial: A Revisão de 2015” (*World Population Prospects: The 2015 Revision*), a população que em 2015 era cerca de 7,3 bilhões de pessoas, em 2050 chegara a 9,7 bilhões e em 2100 ultrapassará 11,2 bilhões. Conforme a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) [8], com o aumento populacional e do nível de renda, em 2050 a produção de alimentos deve aumentar 70%. Essa demanda terá que ser suprida, seja por aumento de produtividade ou pela abertura de novas áreas [9].

No Brasil, mesmo com a concorrência por área com as lavouras, o rebanho bovino cresceu substancialmente e superou o número de habitantes (Figura 1), sendo que em 1980 o rebanho bovino e a população eram cerca de 118 milhões [10], em 2014 o rebanho ultrapassou 212 milhões, enquanto a população não chegou a 200 milhões [11].

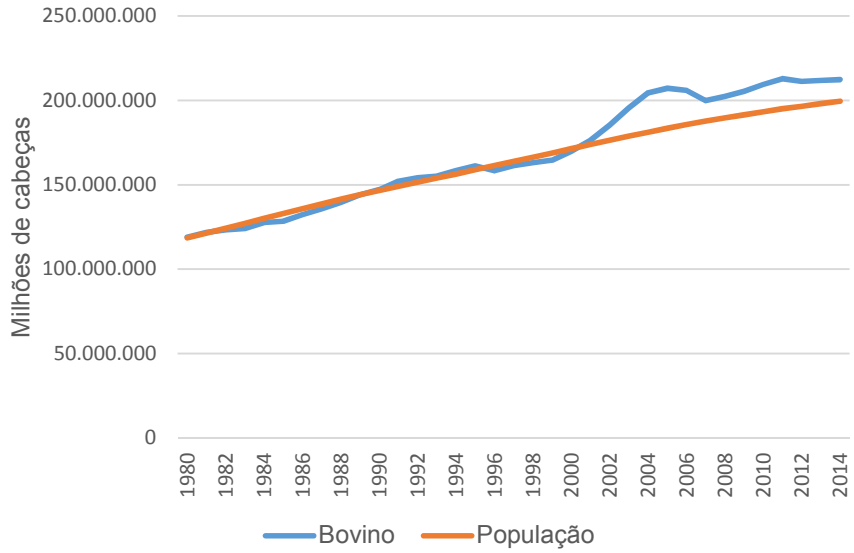

Figura 1: Rebanho bovino X População
Fonte: Adaptado IBGE [11].

1.2.1.1 Pecuária de Corte

A bovinocultura de corte passa por um momento importante no Brasil com patamares recordes nos preços do boi gordo, registrando alta nominal de 264% na região Nordeste de São Paulo, onde o preço médio da arroba em janeiro de 2004 era R$ 60,57, em 2016 chegou a R$ 160,00, o que motivou investimentos do setor com intuito de elevar índices produtivos com o aumento da tecnificação. No entanto, em termos reais (descontada a inflação), os preços recebidos pelos pecuaristas estão abaixo dos valores negociados no ano passado, que em São Paulo chegou a R$ 164,00, valor mais alto do boi gordo na história [12].

No cenário internacional a participação brasileira vem crescendo e a expectativa do Ministério da Agricultura é que até 2020 a produção nacional de carnes suprirá 44,5% do mercado mundial. O reconhecimento de “Equivalência dos Controles de Carne Bovina entre Brasil e EUA” anunciado pelo Ministro da Agricultura Pecuária e Abastecimento em 01/08/2016 foi comemorado, marcou a abertura de mercado para carnes *in natura* entre os dois maiores produtores, sendo os EUA os maiores produtores e consumidores de carne bovina *in natura* e o Brasil o segundo maior produtor mundial e o maior exportador [13]. Zafalon [14], na matéria do Jornal Folha de São Paulo de 13/08/2016, mostrou a mudança no comércio entre Brasil e China, antes pautada quase exclusivamente pela soja, agora teve abertura de comércio de

carne e, só nos sete primeiros meses deste ano, obteve receita de US$ 1 bilhão, superando 127% as de igual período do ano passado e 285% de 2014.

Por outro lado, aumento da rentabilidade do produtor decorrente do aumento do preço pago pelo consumidor pode ser uma armadilha a longo prazo, pois elevação do preço muito acima da inflação afeta negativamente o consumo. O aumento ideal da rentabilidade do produtor deve ser buscado com o incremento da produtividade, sem onerar o consumidor [12].

Segundo Anualpec [15], os abates de bovinos deverão registrar altas gradativas nos próximos 5 anos, sem diminuição do rebanho, resultado do avanço nas produtividades como menor idade de abate e maior rendimento de carcaça.

1.2.1.2 Pecuária de Leite

A entrada de produtos lácteos oriundos do livre comércio entre os países do Mercosul impactou profundamente no preço dos produtos para o consumidor e na receita do produtor, já que muitas vezes os sistemas de produção no Brasil são menos produtivos que aqueles praticados em outros países do Mercosul, especialmente pela Argentina [16], influenciando ainda mais no déficit da balança comercial de leite e seus derivados (Figura 2) [15].

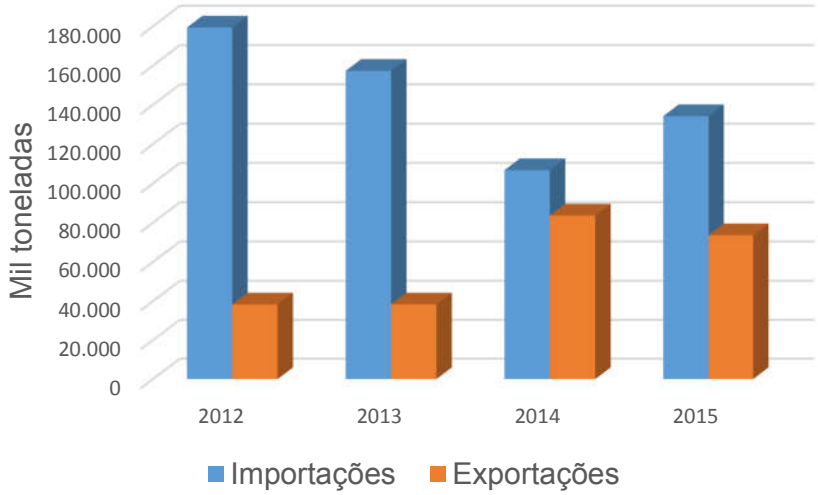

Figura 2: Exportações e importações de leite e derivados (Mil toneladas)
Fonte: Adaptado Anualpec [15].

Conforme a Estatística da Produção Pecuária de setembro de 2016 publicada pelo IBGE [17], a captação de leite no 2º semestre de 2016 (5,17 bilhões de litros) foi a menor desde o 2º trimestre de 2011 (5,06 bilhões de litros), a qual resultou do baixo

preço do leite pago ao produtor em 2015 aliado ao aumento dos custos de produção de janeiro a junho de 2016.

Tal fato desestimulou o investimento na produção e, consequentemente, a baixa na oferta de leite e aumento do preço ao produtor, que em julho obteve valor médio bruto (incluindo frete e impostos) de R$ 1,4994/litro, alta de 12,9% em relação a junho/16 e de 30,7% frente a julho/15, sendo a maior média real (valores atualizados pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA) iniciada em 2000 [18].

As empresas de pecuária leiteira têm como particularidade o montante de capital imobilizado em ativos permanentes, médio prazo (ou intermediários) ou em custos fixos e despesas administrativas. A valorização constante da terra obriga o produtor aumentar a produção e a produtividade para não ter diminuição no retorno sobre o capital imobilizado, que já é baixo na pecuária leiteira. A saída é o aumento da escala de produção, seja pela estratégia horizontal (compra de mais terras e mais animais), ou pela estratégia de crescimento vertical, aumentando a taxa de lotação da terra já em uso e o desempenho dos animais [15], tendo como prioridade nas análises de aumento de produtividade o custo da alimentação, que é o mais heterogêneo e com maior variabilidade.

1.2.2 Mercado do Milho

Cerca de 87,5% da produção de milho nacional está distribuída em 7 estados, Mato Grosso, 24,9%, Paraná, 21,4%, Mato Grosso do Sul, 10,6%, Goiás, 9,8%, Minas Gerais, 7,9%, Rio Grande do Sul, 7,7% e São Paulo, 5,1%. O consumo interno da safra 2015/16 representa 76,6% da produção e deve reduzir-se nos próximos anos para 74,5%, já as exportações devem aumentar e passar de 30,4 milhões de toneladas em 2016 para 46,3 milhões de toneladas em 2025/26. Para manter o consumo interno projetado de 70,0 milhões de toneladas, garantir um volume razoável de estoques finais e o nível de exportações projetado, a produção projetada deverá situar-se em pelo menos 100,2 milhões de toneladas em 2025/26 [19].

A produção brasileira de milho (primeira e segunda safra) atingiu nesta temporada (2015/16), o montante de 66.979,5 mil toneladas, um decréscimo de 20,2% em relação à produção anterior (2014/15), calculada em 84.672,4 mil toneladas. Em contrapartida, no âmbito mundial, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*United States Department of Agriculture* - USDA), divulgou que a produção de milho

para a safra 2016/17 superou todas as expectativas de mercado, chegando a 384,9 milhões de toneladas, a maior produção já vista da história do país [20].

O USDA também estimou um significativo crescimento de produção na Europa, Brasil, Ucrânia e Argentina para safra 2016/17, estimando a produção mundial em 1,03 bilhão de toneladas e, mesmo com crescimento no consumo estimado em 1,01 bilhão de toneladas, os estoques mundiais deverão ser bastante elevados, chegando a 220,8 milhões de toneladas, o maior estoque já registrado [20].

O câmbio e a demanda global por alimento influenciam na cotação do milho, que convive com uma constante volatilidade no cenário mundial e nacional. Segundo o Boletim Diário do Milho da IEG/FNP [21] de 16/09/2016, o comportamento do dólar e a instabilidade dos preços externos pressionam o produtor nacional com a baixa liquidez. O preço muito acima do praticado em igual período do ano passado (referencial Campinas-SP, que baliza os valores domésticos) foi cotado recentemente a R$43,00/saca, aumento de 35% em relação ao ano passado, levando ao aumento da importação que já ultrapassa um milhão de toneladas no ano, conforme avaliação do Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Outra parte do mercado tem suprido sua demanda com milho proveniente dos estoques públicos comercializados através de leilões da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), que no último leilão (16/09/2016) vendeu 100% do ofertado, 43,4 mil toneladas [22].

1.2.3 Mercado do Etanol

Conforme o Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana de Açúcar de abril de 2016 da CONAB [23], a produção de etanol estimada para a safra 2016/17 deve se manter em 30 bilhões de litros (redução de 0,4%), sendo que a produção de etanol anidro, utilizado na mistura com a gasolina, deverá alcançar 11,7 bilhões de litros (aumento de 4,7%) e a de etanol hidratado, utilizado nos veículos flex, 18,6 bilhões de litros (redução de 3,4%). A área de cana-de-açúcar colhida destinada à atividade sucroalcooleira deverá ser de 9.073,7 mil hectares (aumento de 4,8%), dividida por região na seguinte forma: Sudeste 63%, Centro-Oeste 19,3%, Nordeste 10,3%, Sul 6,9% e Norte 0,6%.

O aumento no preço dos combustíveis está fazendo a demanda por etanol se manter aquecida, impulsionado pelo aumento da demanda de biocombustível com o crescimento da frota nacional de veículos do tipo bicombustível (*flex*), que segundo a

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA [24], em 2015 os veículos licenciados do tipo *flex* representaram 88,4%.

A elevada demanda de etanol aliada à sazonalidade da cana-de-açúcar aponta a viabilidade da produção de etanol através de destilarias/usinas *flex* (produzem etanol de cana e também de milho e sorgo), principalmente em regiões produtoras de grãos como Mato Grosso. Segundo CONAB [23], nos últimos dez anos a cultura canavieira mato-grossense tem sido marcada pela volatilidade dos preços de etanol e açúcar, mas na atual safra os produtos estão com preços elevados animando os produtores, apesar disso, as áreas de expansão e renovação do canavial mato-grossense tem registrado queda.

1.2.4 Alimentos

O consumo alimentar é o principal fator que afeta a resposta animal, particularmente a eficiência. Ele varia em função da variabilidade animal (espécie, condição nutricional, categoria animal, demanda energética, idade e sexo), palatabilidade e seleção de forragem [25].

As características físicas e químicas dos ingredientes alimentares e suas interações podem ocasionar um grande efeito sobre o consumo de matéria seca (CMS), como por exemplo o conteúdo de fibras, a facilidade de hidrólise de amido e fibras, o tamanho e fragilidade das partículas, os produtos de fermentação de silagem, a concentração e características da gordura e a quantidade de proteína degradável no rúmen [26]. Mertens [27], considerou que o consumo de matéria seca digestível (MSD) está diretamente ligado ao desempenho animal, sendo que 60% a 90% da variação em consumo de MSD é decorrente da variação no CMS e apenas 10% a 40% está relacionado com a digestibilidade da MS.

Segundo Van Soest [25], os alimentos são divididos em forragens e concentrados, sendo estes os de alta qualidade e baixo conteúdo fibroso como cereais e subprodutos agroindustriais com alta concentração de energia digestível por unidade de peso e volume. Devido as forragens jovens poderem apresentar uma qualidade equivalente a essa definição de concentrados, foi criado o conceito de que concentrados apresentam menos que 18% de fibra bruta (FB), no entanto esse conceito continua imperfeito pois não considera a lignina e a hemicelulose.

A função dos alimentos volumosos é fornecer fibra efetiva, evitando problemas metabólicos que comprometem o desempenho do lote e aumenta a taxa de mortalidade. No Brasil, as dietas de terminação possuem proporção de volumoso relativamente alta em relação às americanas, nas quais o teor de concentrado normalmente vai de 40 a 75% da matéria seca (MS) [3].

Os alimentos concentrados podem ser divididos em energéticos e proteicos, sendo separados pelo teor de proteína bruta (PB), os que contém menos de 20% de PB são considerados energéticos e os que contem mais são proteicos [28]. Segundo Santos e Pedroso [29], os grãos de cereais (principalmente o milho) normalmente são a fonte de energia em rações para terminação de bovinos e os suplementos proteicos mais utilizados são farelo de soja, farelo de algodão, caroço de algodão, ureia, farelo de amendoim e farelo de glúten de milho.

1.2.5 Exigências Nutricionais

Exigência nutricional é definida como a quantidade diária de um nutriente necessária para atingir determinada produção, sendo importante para uma correta nutrição dos bovinos conhecer suas exigências e posteriormente as características dos alimentos disponíveis, para então trabalhar conforme sua estratégia nutricional, suprindo de forma econômica as necessidades de acordo com os objetivos produtivos [30].

As exigências gerais dos bovinos são de água, energia, proteína, minerais e vitaminas, além de exigências específicas de alguns nutrientes, como fibras, necessárias para o bom funcionamento do trato digestório. Suas exigências variam em função do peso vivo, categoria animal, estado fisiológico, uso de promotores de crescimento e fatores ambientais [30].

Os peptídeos, aminoácidos e amônia são nutrientes necessários para o crescimento dos microrganismos ruminais e podem ser afetados pela dieta basal [31]. Exigências nutricionais dos microrganismos devem ser atendidas, já que a maior fonte potencial de energia para herbívoros é através da celulose e outros polissacarídeos presentes na parede celular de vegetais, que nos ruminantes, é degradada pelos microrganismos anaeróbicos presentes no rúmen.

Estes microrganismos podem utilizar fontes de nitrogênio não proteico (NNP) para sintetizar aminoácidos e vitaminas [32]. Atualmente os sistemas proteicos

trabalham com exigências distintas: exigência da população microbiana ruminal e exigência do bovino em si [29].

1.2.5.1 Energia

Apesar de vários nutrientes serem requeridos nos diferentes fenômenos biológicos, a energia é utilizada como a base das exigências nutricionais, uma vez que os nutrientes como carboidratos, proteínas e lipídios atuam como combustíveis para os processos vitais e são considerados pelo seu potencial em produzir energia na combustão [33].

A energia produzida pela oxidação de compostos orgânicos (proteínas, carboidratos e lipídios) é armazenada e utilizada para contração muscular, reprodução, síntese de moléculas, condução de impulsos nervosos, transportes ativos, entre outros [34].

Segundo Albertini et al. [30], um dos modos mais empregados de expressão de energia é NDT (Nutrientes Digestíveis Totais), representado pela soma das frações digestíveis.

Há na literatura uma infinidade de fórmulas para estimar o NDT, que vão desde regressão utilizando único nutriente ou outas fórmulas com o uso de dois ou mais componentes químicos dos alimentos [35]. A acurácia do resultado depende da escolha da fórmula correta conforme a classe de alimento e da similaridade deste com aqueles que geraram o modelo.

Berchielli et al.[36], descreveram que a equação que determina o NDT (NDT = PBD + FBD + ENND + 2,25 x EED) é passível de erros, já que considera que o extrato etéreo possui 2,25 vezes mais energia do que as demais frações, mesmo que além de triglicerídeos, outros compostos de pouco valor nutritivo como ceras e pigmentos estejam presentes. Também considera no teor de proteína bruta que todo nitrogênio está na forma de proteína, atribuindo a ele o fator 6,25, no entanto os tecidos de plantas contêm ácidos nucleicos, amidas, nitratos, amônia e frações associadas à lignina que são compostos nitrogenados que não estão na forma de proteínas.

O meio utilizado para expressar os valores de energia da alimentação no NRC gado de leite [31] é diferente do utilizado na edição anterior [37], que utilizava como referência os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT).

Energia Bruta (EB) é a quantidade de calor liberado (kcal/kg ou kcal/g) quando uma substância orgânica é completamente oxidada em ambiente rico de oxigênio (25 a 30 atm de oxigênio). É determinada em laboratório através da bomba calorimétrica (calorímetro adiabático de Parr). A forma de medir a EB é relativamente simples, mas devido a variabilidade na digestibilidade e metabolismos, pode ter pouca aplicabilidade na formulação de ração ou comparação de alimentos, no entanto a partir dela se determina outras medidas energéticas dos alimentos como por exemplo a energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), entre outras [38].

Parte dos constituintes do alimento não será utilizado pelo animal e será perdida na forma de fezes. A subtração da energia perdida na forma de fezes da energia bruta ingerida resulta na “energia aparentemente digestível” (ED). O termo aparente é utilizado pois a matéria fecal não é constituída apenas de matéria indigestível, mas também de células de descamação das paredes do trato gastrointestinal e o resíduo de secreções [33].

Parte da energia aparentemente ingerida é perdida através de gases resultados da fermentação dos alimentos pelos microrganismos ruminais, principalmente dióxido de carbono e metano, sendo a quantidade de dióxido de carbono duas a três vezes a do metano, no entanto a maior parte de energia perdida é na forma de metano. Outra parte da energia absorvida é perdida na urina, sendo os compostos absorvidos e não utilizados, produtos finais de processos metabólicos e os de origem endógena. O resultado da soma dessas perdas (gases e urina) subtraído da ED é chamado de energia metabolizável (EM). Cerca de 82% da ED é metabolizável, resultando na equação EM = 0,82 x ED [33].

A Energia Líquida (EL) é parte da EM utilizada pelo animal para formar produto útil como a energia retida nos tecidos, leite, fetos, lã e pelos. A outra parte da EM é utilizada para produzir calor (incremento calórico), resultado do metabolismo basal, atividades, digestão e absorção, fermentação, formação de produtos metabólicos, regulação térmica, formação e excreção de resíduos [33].

1.2.5.1.1 Carboidratos

Carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na face da terra e são a base da dieta na maior parte do mundo. A sua oxidação é a principal via metabólica fornecedora de energia para a maioria das células não-fotossintéticas. A maioria têm

fórmulas empíricas $(CH_2O)_n$; podendo conter também nitrogênio (N), fósforo (P) ou enxofre (S). São, predominantemente, poliidroxialdeidos ou poliidroxicetonas cíclicos (Figura 3) e são divididos em três classes principais de acordo com seu tamanho, sendo monossacarídeos (uma unidade de poliidroxialdeido ou cetona, exemplo açúcar), oligossacarídeos (de duas a vinte unidades, exemplo sacarose) e polissacarídeos (contém mais de vinte unidades, exemplo amido nas células vegetais e o glicogênio nas células animais) [39].

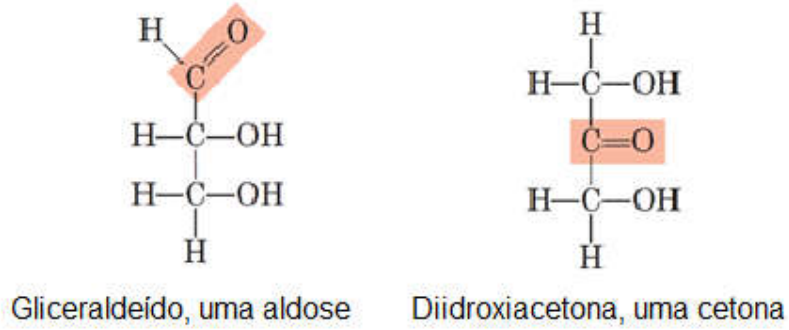

Figura 3: Poliidroxialdeidos ou poliidroxicetonas
Fonte:NELSON e COX [39].

Ração de ruminantes contem 70 a 80% de carboidratos, fundamentais para atender as exigências energéticas, síntese de proteína microbiana (Pmic), de componentes do leite e manutenção da saúde animal [40]. Suas características nutritivas dependem de seus componentes, da ligação com a lignina e de outros fatores físico-químicos [25].

Do ponto de vista botânico, para referir a um componente anatômico, relacionado à estrutura das plantas, podem ser classificados em carboidratos estruturais (CE), que fornecem suporte físico e não estruturais (CNE) que fornecem reserva de energia, sendo os estruturais encontrados na parede celular (PC) dos vegetais (figura 4) compostos por pectina, celulose, hemicelulose além de lignina, complexos fenólicos e algumas proteínas, enquanto os não estruturais estão localizados no conteúdo celular, representados por açúcar e amido [41].

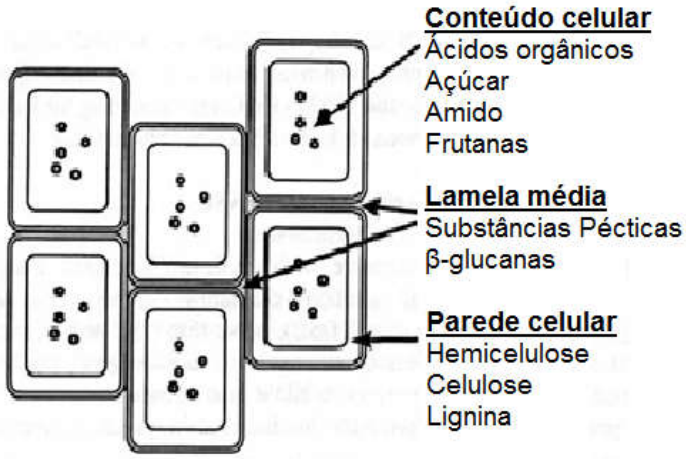

Figura 4: Estrutura celular de plantas.
Fonte: Adaptado de Hall [42].

Do ponto de vista nutricional, os carboidratos são classificados em fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF) sendo estes representados pelas frações degradadas mais rapidamente como pectina, amido e açucares, já os CF são aqueles que ocupam espaço no trato digestório, sendo necessário mastigação para redução do tamanho das partículas e passagem pelo trato digestório, como a celulose e a hemicelulose [43]. Conforme NRC [31], CNF são calculados pela equação: CNF = 100 - (%FDN + %PB + % EE + %Cinzas), sendo uma fração distinta do CNE, já que a pectina possui alta digestibilidade (apesar de presente na parede celular) está incluída como CNF e não como CNE.

Segundo Van Soest [25], relacionar fibra com qualquer parâmetro de qualidade nutricional é meramente estatístico e depende da associação de celulose e hemicelulose com fatores primários como a lignina que controla a disponibilidade de nutrientes. O uso do conceito de fibra bruta (FB) para avaliar o valor nutritivo tende a diminuir devido a variabilidade da composição da parede celular vegetal e da lignificação. Foi desenvolvido o Sistema Detergente para determinar rapidamente a matriz da parede celular insolúvel e estimar hemicelulose, celulose e lignina, que posteriormente evoluiu, sendo o uso do detergente neutro o método mais apropriado para separar o material não digerido dos contaminantes microbianos e metabólicos.

Fibra detergente neutro (FDN) é a fibra insolúvel em solução de detergente neutro. A extração de forragens com solução neutra (pH 7) resgata a maioria dos componentes da parede celular como lignina, celulose e hemicelulose (matriz insolúvel), mas solubiliza a pectina, mesmo sendo componente da parede celular. A

fração solúvel em detergente ácido inclui hemicelulose e proteínas da parede celular, enquanto a fração insolúvel é lignina, celulose e pequenas frações de carboidratos não digeríveis. A fibra detergente ácido (FDA) pode ser utilizada como estimativa de fibra alimentar, muitas vezes substituindo FB [25], (Figura 5).

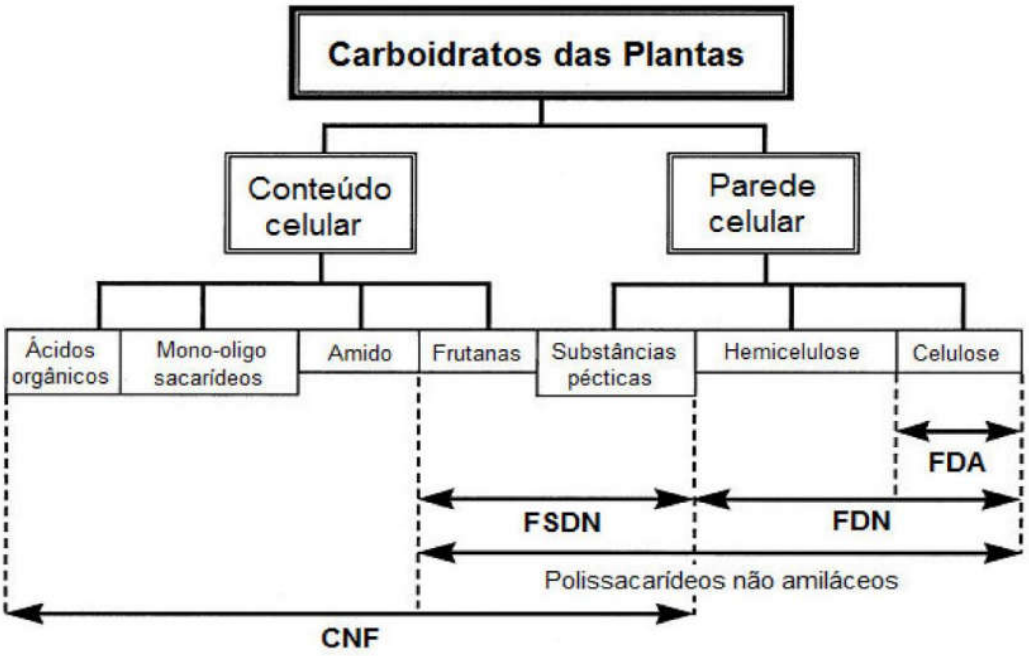

Figura 5: Carboidratos das plantas.
Fonte: Adaptado de Hall [42].

Segundo Nussio et al. [40], todos carboidratos são digeridos por ação de microrganismos em hexoses, pentoses e ácidos urônicos, sendo a principal fonte de energia para formação de adenosina trifosfato (ATP) que é utilizada para a manutenção e crescimento dos microrganismos. A hexose é convertida em piruvato, que é convertido em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como acetato, proprionato e butirato, além da geração de CO_2, metano, calor e células microbianas [44]. AGCC representam a maior fonte de energia e, conforme Sutton [45], há muitas técnicas de medições.

Para ovelhas, a maioria dos resultados indicam que no rúmen os ácidos graxos voláteis (AGV) fornecem 50 a 60% do total da energia digestível. A produção de metano dependerá do tipo de AGCC produzido e representa uma perda importante de energia [40].

Quando a oferta de carboidratos não fibrosos é aumentada de forma abrupta há uma diminuição do pH devido a produção elevada de lactato, causando acidose

que pode ter manifestação de forma aguda ou crônica e o pH ruminal pode cair para níveis de 5,2 a 5,6 [46].

1.2.5.1.2 Lipídios (EE: Extrato Etéreo)

Os lipídios são substancias insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos (extratores) como éter, clorofórmio, benzeno, entre outros. Fazem parte desse grupo a gordura, fosfatídeos, esteróis (colesterol), óleos voláteis, resina, pigmentos, entre outros. Constitui a fração mais energética dos alimentos e é composta de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), da mesma forma que os carboidratos, no entanto fornecem 2,25 vezes mais energia [38].

Lipídios são compostos basicamente por ácidos graxos, que são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de comprimento entre 4 e 36 carbonos de comprimento (C4 a C36). Podem ser cadeias saturadas, sem duplas ligações, ou insaturadas, com uma ou mais duplas ligações (Figura 6), lineares ou ramificadas [39]. Esses fatos influenciam nas características químicas das moléculas e em suas funções biológicas, além da influência do número, da posição e da geometria das ligações insaturadas [34].

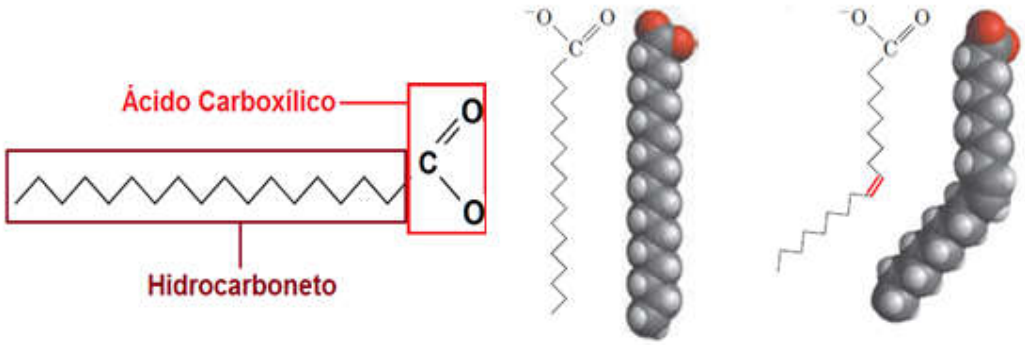

Figura 6: Cadeias saturadas e insaturadas
Fonte: Nelson e Cox [39].

Conforme Palmquist e Mattos [34], alguns ácidos graxos são tóxicos aos microrganismos ruminais, como os poliinsaturados de cadeia longa e ácidos graxos de cadeia média (10 a 14 átomos de carbono). Os insaturados podem ser convertidos no rúmen em saturados através do processo de biohidrogenação (mecanismo de autodefesa dos microrganismos ruminais) e, segundo Howlett et al. [47], cerca de 90% dos ácidos graxos insaturados sofrem biohidrogenação no rúmen, elevando a quantidade de ácidos graxos saturados que chegam ao intestino delgado.

Da fermentação de substratos no rúmen são produzidos AGCCs, principalmente ácido acético (maior parte), propriônico e butírico, que promovem pelo menos 50% da quantidade total de energia digestível, sendo o proprionato usado principalmente para a gliconeogênese e o acetado e o butirato utilizados principalmente como fonte energia no trato gastrintestinal, além do acetato também ser o principal substrato para lipogênese [33].

Segundo Nelson e Cox [39], os lipídios desempenham várias funções celulares, como a principal forma de armazenamento de energia na maioria dos organismos e os principais constituintes das membranas celulares. Sintetizar uma grande variedade de lipídios é essencial para todos organismos, pois funcionam como:

- Pigmentos (retinal, caroteno),
- Co-fatores enzimáticos (vitamina K),
- Detergentes (sais biliares),
- Transportadores (dolicóis),
- Hormônios (derivados da vitamina D, hormônios sexuais),
- Mensageiros intra e extracelulares (eicosanoides e derivados do fosfatidilinositol) e
- Âncoras para as proteínas de membranas biológicas (ácidos graxos ligados covalentemente, grupos prenil e fosfatidilinositol).

Os lipídios nas rações de animais aumentam a absorção de vitaminas lipossolúveis, fornecem ácidos graxos essenciais importantes para a membrana de tecidos e na regulação do metabolismo, além de aumentar a deposição de gordura.

As membranas biológicas possuem uma camada dupla de lipídios que funciona como uma barreira de moléculas polares e íons. Esses lipídios são anfipáticos direcionando sua organização como bicamadas de membrana por interações hidrofóbicas e hidrofílicas, sendo três tipos gerais de lipídios, os glicerofosfolipidios, esfingolipídios e esteróis [39].

Os triacilgliceróis, também chamados de triglicerídios, gorduras ou gorduras neutras, são os lipídios mais simples constituídos de ácidos graxos. Nos animais vertebrados são armazenados em grande quantidade como gotículas de gorduras em células chamadas de adipócitos. Essas células contêm lipases, enzimas que catalisam a hidrólise de triacilgliceróis, liberando ácidos graxos que servirão de

combustível. Seu uso como combustível é mais vantajoso do que de polissacarídeos como glicogênio e amido, pois fornece mais que o dobro em energia que a oxidação dos açucares e, como triacilgliceróis são hidrofóbicos, o organismo não precisa suportar o peso extra da água de hidratação dos polissacarídeos (2g/g de polissacarídeo). Os óleos vegetais são compostos principalmente de triacilgliceróis com ácidos graxos insaturados, sendo líquidos a temperatura ambiente, enquanto os contendo ácidos graxos saturados, como a triestearina da gordura bovina, são sólidos brancos e gordurosos em temperatura ambiente [39].

Alimentos ricos em lipídios expostos por muito tempo ao oxigênio, podem estragar e se tornar rançosos. O sabor e aroma desagradáveis associados ao ranço é resultado da clivagem (quebra) oxidativa de duplas ligações nos ácidos insaturados, o que produz aldeídos e ácidos carboxílicos de comprimento de cadeia mais curta e, por conseguinte, mais volátil [39].

O extrato etéreo obtido na análise bromatológica não é constituído unicamente por lipídios, mas também por compostos extraídos pelo solvente, como ácidos graxos livres, ceras, clorofila e outros pigmentos [48]. Portanto é importante saber não só o teor de extrato etéreo, mas também sua composição, já que alguns não tem valor nutricional.

O incremento de lipídio na dieta de ruminantes visando deposição de gordura, pode trazer vantagens econômicas na tipificação da carcaça. As carcaças dos animais apresentam variabilidade nas suas principais características como peso, acabamento de gordura, conformação, entre outras. Elas são dependentes de fatores intrínsecos como gênero, idade, genética; ou extrínsecos como manejo e alimentação. As carcaças melhores resultam em produtos com preços superiores no mercado e maiores rendimentos de desossa, o que é vantajoso economicamente, pois dilui os custos por quilograma de carne desossada [49].

A suplementação com gordura nas dietas de vacas aumenta a concentração de energia e o balanço energético dos animais, melhorando a fertilidade. No entanto, sua inclusão deve ser restrita, de acordo com a fonte lipídica, não ultrapassando de 5 a 8% da matéria seca da dieta, para assegurar o consumo máximo da dieta e evitar a depressão da digestão da fibra. O excesso no consumo de energia interfere na vida reprodutiva de machos e fêmeas devido ao excessivo acúmulo de gordura no fígado e nos órgãos reprodutivos [50].

1.2.5.2 Proteína

As proteínas estão em todas as células e em todas suas partes, sendo as macromoléculas mais abundantes nas células vivas. Existem milhares de tipos, com tamanhos e pesos moleculares variados. Todas proteínas são formadas por um conjunto de 20 aminoácidos (AA) ligados covalentemente em sequência e combinações diversas que resultam em propriedades e atividades diferentes [39]. As proteínas formadas por AA unidos por ligações peptídicas são chamadas de proteínas simples, já as complexas, além dos AA contêm outros compostos como por exemplo lipídios (lipoproteínas) e açúcares (glicoproteínas) [29]. Assim como constituídas de AA, as proteínas podem ser reduzidas aos seus AA de origem quando hidrolisadas [39].

Os 20 aminoácidos presentes nas proteínas são α-aminoácidos que contém um grupo carboxila (COOH) e um grupo amino (NH_3^+) ligados ao mesmo átomo de carbono (carbono α), diferenciando entre si através de suas cadeias laterais ou “grupos R”, variando em estrutura, tamanho e carga elétrica (Figura 7) [39].

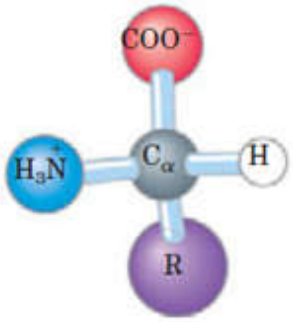

Figura 7: Proteína
Fonte: Nelson e Cox, [39].

Os mamíferos sintetizam aproximadamente a metade dos aminoácidos, já a maioria das bactérias e dos vegetais pode sintetizar todos os 20. Os sintetizados pelos animais são chamados aminoácidos não essenciais (AANE), sendo aqueles que não são necessários que estejam presentes na alimentação; já os aminoácidos essenciais (AAE) precisam ser fornecidos pela alimentação [39]. Dos 20 aminoácidos são considerados AANE: alanina, ácido aspártico, asparagina, cisteína, ácido glutâmico, glutamina, glicina, prolina, serina e tirosina; já os AAE são: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina [29].

Segundo Santos e Pedroso [29], a principal utilização dos AA pelo organismo é para a síntese de proteína, mas também podem ser utilizados para a síntese de outros metabólitos como glicose (glicogênicos), ácidos graxos (cetogênicos) ou ambos (glicogênicos e cetogênicos):

- glicogênicos: alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutâmico, glicina, histidina, metionina, prolina, serina, treonina e valina.
- cetogênicos: leucina.
- glicogênicos e cetogênicos: isoleucina, lisina, fenilalanina, triptofano e tirosina.

A eficiência da utilização de proteína metabolizável (PM) no intestino pelo ruminante é determinada pelo teor e proporção de AAE, quando esta é de alta qualidade o teor de proteína bruta da dieta pode ser reduzido, a eficiência da proteína metabolizável é otimizada, reduz a excreção de ureia e de outros compostos nitrogenados e maximiza o desempenho animal [51]. Segundo Santos e Pedroso [29], é consenso atual que, para otimizar a nutrição proteica de ruminantes, a formulação de rações deve atender com precisão as exigências de AAE.

- N na forma proteica: AA unidos por meio de ligações peptídicas que formam uma molécula de proteína.
- NNP: AA livres, peptídeos, ácidos nucleicos, amidas, aminas e amônia.

A amônia é muito tóxica aos animais e, quando os AA não são utilizados para síntese de proteínas ou de outros AA, os grupamentos amino (NH_3^+) são convertidos à formação de ureia nas mitocôndrias dos hepatócitos, da onde passa para o sangue, é transportada até os rins e excretada na urina (ciclo da ureia) [39].

O NRC gado de corte [51] separa os requisitos para as necessidades dos microrganismos e para a do animal. A adequação de proteína das rações evoluiu de sistemas que utilizavam PB para PM, assim como considera a exigência da população microbiana no rúmen em proteína degradável no rúmen (PDR). A PM é definida como a proteína verdadeira absorvida pelo intestino, fornecida por Pmic e pela proteína não degradável no rúmen (PNDR) e ainda, conforme NRC gado de leite [31], em menor quantidade pela proteína bruta endógena.

A PDR é degradada através das enzimas secretadas pelos microrganismos ruminais, sendo elas as proteases, as peptidases e as deaminases. Da degradação os microrganismos utilizam peptídeos, AA e amônia para síntese de Pmic e

multiplicação celular, se a degradação ruminal for mais rápida que a utilização desses compostos nitrogenados para a síntese microbiana, o excesso de amônia produzida no rúmen atravessa a parede ruminal, é convertida em ureia no fígado e pode ser excretada pela urina ou reciclada para o rúmen [51].

Santos e Pedroso [51], descreveu que a Pmic, oriunda da degradação da PDR, é normalmente a principal fonte de proteína metabolizável para ruminantes e pode representar do total de PM no intestino, cerca de:

- 45 – 55% em vacas leiteiras de alta produção,
- 55 – 65% em bovinos de corte confinados com rações ricas em energia,
- > 65% em bovinos exclusivamente a pasto.

Para otimizar a Pmic é fundamental o suprimento de quantidades adequadas de PDR e PNDR, para que a PNDR complemente adequadamente as exigências de proteína metabolizável dos animais [51].

A quantidade de Pmic produzida no rúmen foi estimada pelo NRC gado de corte [51] como 13% do NDT da ração, sendo que a Pmic é formada por 80% de proteína verdadeira e 20% de ácidos nucléicos.

O NRC gado de corte [51] considera que a exigência em PDR (incluindo NNP) é a mesma que da síntese Pmic, ou seja, para cada 1 kg de Pmic produzida é necessário 1 kg de PDR. Portanto uma dieta balanceada em PDR minimiza tanto a deficiência de amônia ruminal (necessidade de reciclagem) quanto o excesso (necessidade de absorção do rúmen). Já o NRC gado de leite [31] calcula que para haver esse equilíbrio de N é necessário 1,18 kg de PDR para produzir 1 kg de Pmic.

A PNDR é necessária para complementar quantitativamente a Pmic que chega no intestino e suprir a exigência de PM do ruminante [29]. Segundo Santos e Pedroso [51], o aumento de PNDR na alimentação de ruminantes tem objetivo de reduzir as perdas na forma de amônia. O processamento dos grãos ou subprodutos com altas temperaturas normalmente eleva a PNDR devido a reação de Maillard (formação de complexos entre proteínas e carboidratos) e o aumento de pontes de dissulfeto, no entanto, quando ocorre excesso de temperatura em tempo prolongado, parte da PB ficará indisponível para degradação ruminal e intestinal devido a ligação destas a fibra em detergente ácido (FDA). Outros fatores que afetam a degradação de proteína no rúmen são:

- a relação entre NNP e proteína verdadeira: dependendo da taxa de passagem, NNP pode ser 100% degradável no rúmen (em alimentos ensilados parte da proteína verdadeira é convertida em NNP);
- o tempo de retenção do alimento no rúmen: aumento na taxa de passagem, diminui tempo de retenção no rúmen elevando PNDR;
- o pH ruminal: altera a solubilidade da proteína, afeta a digestão ruminal da fibra e interfere no acesso microbiano à proteína.

Conforme o NRC gado de corte [52] e o NRC gado de leite [31] a degradação ruminal da proteína *in situ* é dividida em frações, resultadas das taxas de degradação e passagem do rúmen simultaneamente. Divide a PB em três frações, sendo a parte que é imediatamente degradada, representada pelo NNP e uma pequena quantidade da proteína verdadeira (Fração A); a parte que é completamente não-degradável (Fração C) e o restante da PB é a parte potencialmente degradável, sendo que esta pode ser afetada pela taxa de passagem (Fração B).

Já segundo Sniffen et al. [53], a PB pode ser dividida em cinco frações (A, B1, B2, B3 e C) seguindo o modelo *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS), conforme sua solubilidade em solução tampão de borato-fosfato e em ácido tricloroacético (TCA) (Figura 8):

- Fração A: é solúvel em solução tampão de borato-fosfato e não precipitada em TCA (NNP, rapidamente convertido em amônia no rúmen).
- Fração B1: é solúvel em solução tampão de borato-fosfato e precipitada em TCA (rapidamente degradada no rúmen, exemplo a maior parte da proteína solúvel em pastos frescos).
- Fração B2: depende da taxa de passagem, pode ser fermentada no rúmen ou escapa para o intestino. Segundo Fox et al. (2003) é obtida através da equação (Nitrogênio Total × 6,25) - A - B1 - B3 - C.
- Fração B3: lentamente degradada no rúmen, porque está associada com a parede celular, parte escapa da degradação ruminal
- Fração C: é insolúvel em detergente ácido, associada a lignina, a complexos de tanino-proteína e produtos da reação de Maillard. Não pode ser degradada por bactérias ruminais. Exemplo, pode estar presente no feno de alfafa e na polpa cítrica.

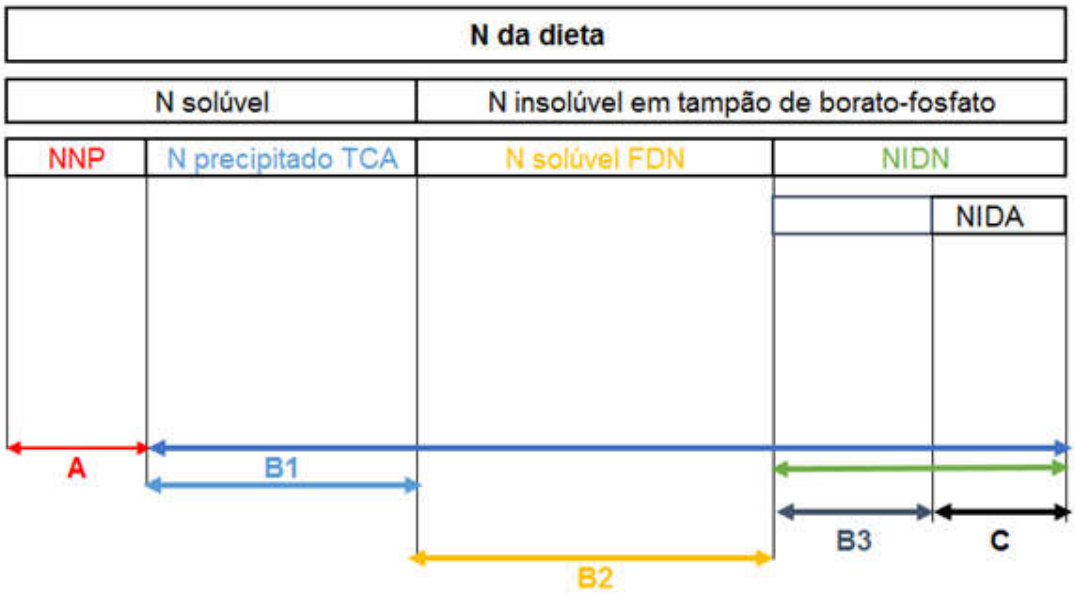

Figura 8: Esquema do nitrogênio (N) dietético segundo modelo de Cornell.
N: Nitrogênio; NNP: Nitrogênio não proteico; TCA: ácido tricloroacético; FDN: Fibra em detergente neutro; A: Fração A; B1: Fração B; B2: Fração B2; B3: Fração B3; C: Fração C; NIDA: N insolúvel em detergente ácido; NIDN: N insolúvel em detergente neutro
Fonte: Medeiros e Marino [54].

1.2.5.3 Minerais

Conforme Pedreira e Berchielli [55], minerais são essenciais na dieta de todos animais, sendo requeridos para o funcionamento de basicamente todos processos químicos do corpo. As plantas forrageiras em clima tropical apresentam baixa concentração de minerais, levando uma subnutrição mineral de ruminantes em condições de pastejo e consequentemente limitações na produção animal, embora em menor importância que a falta de energia e proteína. Os minerais podem ser classificados em razão da quantidade requerida pelo animal, sendo aqueles que são necessários em grandes quantidades referidos como macrominerais e os requeridos em pequenas quantidades os microminerais, sendo divididos da seguinte maneira [31]:

Macronutrientes minerais

- Cálcio (Ca),
- Fósforo (P),
- Sódio (Na),
- Cloro (Cl),
- Potássio (K),
- Magnésio (Mg) e
- Enxofre (S).

Micronutrientes minerais

- Cobalto (Co),
- Cobre (Cu),
- Iodo (I),
- Ferro (Fe),
- Manganês (Mn),
- Molibdênio (Mo),
- Selênio (Se),
- Zinco (Zn),
- Cromo (Cr) e
- Flúor (F)

Outros elementos têm sido sugeridos como sendo essenciais com base em estudos em outras espécies, mas estes não são geralmente considerados como de importância prática no NRC gado de leite [31] e NRC gado de corte [52].

Conforme Balsalobre e Ramalho [56], a concentração dos minerais nas forragens e nos alimentos concentrados é influenciada por fatores ambientais da área onde são produzidos (fertilidade e pH do solo, maturidade da planta, pluviometria e estação do ano), mas não só a concentração é importante, já que a forma que esses minerais se encontra no alimento influenciará no potencial de utilização pelos animais (biodisponibilidade).

1.2.5.3.1 Cálcio (Ca)

O cálcio é o mineral mais abundante no corpo e está dividido na parte intracelular e extracelular, sendo que aproximadamente 98% funciona como componente estrutural dos ossos e dentes. O restante é distribuído nos fluidos extracelulares e tecidos moles, tendo funções vitais como na coagulação do sangue, permeabilidade da membrana celular, contração muscular, transmissão de impulsos nervosos, regulação cardíaca, na secreção de certos hormônios e na ativação e estabilização de certas enzimas [52].

As necessidades de cálcio são estimadas para a manutenção, crescimento, gestação e lactação e a quantidade de cálcio absorvida é afetada pela forma química, pela sua fonte, pelas relações com outros nutrientes e pela condição do animal, além da idade, peso, categoria e estágio de produção [52]. O NRC gado de leite [31]

considera a eficiência de absorção de cálcio de 30% das forragens e 60% nos alimentos concentrados.

Enquanto elevadas concentrações de cálcio na dieta dos animais não estão associadas com nenhuma toxicidade específica, a deficiência em animais jovens leva a uma falta de mineralização dos ossos e contribui para o crescimento retardado, já nos animais mais velhos provoca retirada de cálcio dos ossos para a homeostase dos fluidos extracelulares causando osteoporose e osteomalacia, o que torna os ossos propensos a fraturas espontâneas [31].

Há relação do cálcio com a qualidade da carne, pois a quebra das fibras musculares está relacionada com a ativação das proteases cálcio-dependentes, acelerando o processo de maciez devido ao aumento da enzima m-calpaína, que necessita de alta concentração de íons de cálcio para se tornar ativada [57].

1.2.5.3.2 Fósforo (P)

Por ser o mineral de custo mais elevado na suplementação, fósforo é o mais controverso e o que se tem maior foco na discussão [56]. Representa o mineral com maior risco potencial liberado no ambiente, contaminando as águas de superfície e causando eutrofização [31].

O fósforo é o mineral com mais funções biológicas conhecidas. Cerca de 80% de fósforo no organismo é encontrado em dentes e ossos. Está em todas células do corpo e em quase todas as transações de energia envolvem a formação ou quebra de ligações de alta energia, como ATP. Está intimamente envolvido em sistemas tampão ácido-base do sangue e outros fluidos corporais, na diferenciação celular e é componente da parede e do conteúdo celular, como fosfolipídios, fosfoproteínas e ácidos nucleicos [31].

O teor de fósforo nas forrageiras é dependente do seu teor disponível no solo, da maturidade e do déficit hídrico, já os grãos de cereais e farelos de oleaginosas contem moderado a alto [55].

A absorção e a necessidade de fósforo são variáveis para a manutenção, crescimento, gestação e lactação, estimando que a absorção da alimentação de vacas seja de 80% [31] e de 68% para gado de corte[52], tendo que corrigir as exigências

conforme a proporção de fósforo absorvível na dieta. Considera-se que para a manutenção seja necessário 16 mg P / kg de peso corporal [52].

Os sinais de deficiência podem aparecer rapidamente se fósforo na dieta for insuficiente, sendo mais comum em bovinos mantidos em pastagens com solos pobres em fósforo ou forragens em estágio avançado de maturidade. Sinais de deficiência crônica incluem mau estado geral, inapetência, baixo crescimento, diminuição na produção de leite e fertilidade insatisfatória, sendo mais pronunciados se acompanhados por deficiências de outros nutrientes, como proteína ou energia. Em casos de deficiência grave os ossos tornam-se fracos, há hipofosfatemia aguda, raquitismo em animais jovens e osteomalacia em adultos [31].

Excesso de fósforo por tempo prolongado pode causar problemas no metabolismo do cálcio, reabsorção óssea excessiva e cálculos urinários, que podem ser agravados se acompanhado de baixo teor de cálcio na dieta. Intoxicação com fosfatos resultam em diarreia e desconforto abdominal [31].

Há uma ação conjunta entre cálcio, fósforo e vitamina D, em que o fósforo atua em sinergia com o cálcio e a vitamina D incrementa a absorção de ambos [55]. A recomendação da relação cálcio:fósforo na dieta deve estar entre 0,6:1 e 3,6:1, no entanto uma faixa bem maior é tolerada quando as necessidades de cada elemento é atendida, não sendo observada diferença na produção de leite, na persistência da produção, na composição do leite ou no desempenho reprodutivo em vacas alimentadas durante a lactação com dietas que variaram na relação cálcio:fósforo de 1:1 até 8:1 [31].

1.2.5.3.3 Enxofre (S)

O enxofre (S) é um mineral encontrado na proteína dos alimentos. Também faz parte da estrutura da proteína microbiana, como constituinte dos aminoácidos como a metionina, cistina, homocisteína, cisteína e taurina, além de estar presente nas vitaminas tiamina e biotina. É recomendado fornecimento de 0,2% de enxofre na dieta para suprimento adequado e maximização da síntese microbiana no rúmen e, na utilização de nitrogênio não-proteico, deve ser utilizado na proporção N/S de 10 – 12/1 no intuito de garantir a incorporação do nitrogênio como proteína microbiana [55].

Alto teor de enxofre na dieta pode interferir na absorção de outros elementos, em particular de Cobre e Selênio [58]. Animais nessas dietas podem ser acometidos

por uma desordem do sistema nervoso central conhecida como poliencefalomalácia. É uma doença causada pela deficiência da tiamina (vitamina B_1) e provoca sintomas como diarreia, apatia, opstótomo, andar em círculo, cegueira, falta de coordenação motora, movimentos de pedalagem e morte [59]. Segundo Goff [58], o exame *post-mortem* revela grave enterite, derrame peritoneal e petéquias em muitos órgãos, especialmente nos rins.

1.2.6 Digestibilidade

O Valor Nutritivo dos alimentos é empregado como a capacidade de satisfazer necessidades suprindo com substancias nutritivas que sustentam o organismo, de modo a assegurar a existência e a continuidade da vida e, do ponto de vista zootécnico, garantir o desempenho de funções produtivas como leite, carne, pele, etc. [60].

Nutricionistas de ruminantes classificam o termo valor nutritivo em três componentes: digestibilidade, consumo alimentar e eficiência energética, sendo a digestibilidade muito mais avaliada que os outros, pois a eficiência e o consumo sofrem muitas variações entre animais, tornando mais difícil estabelecer valores alimentares relativos para estes componentes [25].

A melhor forma de mensurar o aproveitamento de um alimento é através do balanço da matéria perdida na passagem pelo trato digestivo, já que nas fezes há alimento não digerido, assim como produtos metabólitos como bactérias e perdas endógenas do metabolismo animal. A digestibilidade aparente é o resultado dos nutrientes ingeridos menos os que chegaram nas fezes, já a digestibilidade verdadeira considera apenas os resíduos alimentares que escaparam da digestão e chegaram nas fezes, excluindo os produtos metabólicos. Os resíduos alimentares que atravessam o trato digestivo intactos são chamados de verdadeiramente indigestíveis [25].

A digestibilidade verdadeira representa a parte do alimento disponível para digestão animal ou pelas enzimas microbianas, sendo os

métodos de análises *in vitro* os que estão mais relacionados com esta, já que não estimam a matéria endógena [25]. Silva e Queiroz [38], descrevem que a técnica para avaliação da digestibilidade *in vitro* de forrageiras consiste em reproduzir as condições predominantes do rúmen-retículo através do contato de forrageiras com o

conteúdo líquido do rúmen (inoculo) no interior de um tubo de ensaio, visando repetir o que ocorre *in vivo* por um período de 24 a 48 horas de fermentação (presença de microrganismos, anaerobiose, temperatura de 39° C, poder-tampão e pH de 6,9).

1.2.7 Resíduo de destilaria de grãos

Grãos, tais como milho, trigo, cevada e sorgo podem ser utilizados como matérias-primas para a produção de etanol e, em menor frequência, centeio, triticale, sorgo variedade milo e aveia. O processo para produzir etanol de grãos geralmente é o mesmo para estes grãos, embora existam algumas pequenas diferenças e as características de subprodutos variam um pouco, dependendo do grão utilizado [5].

1.2.7.1 Produção

Normalmente são utilizados dois processos para produzir etanol a partir de grãos (Figura 9), a moagem seca e a úmida. No processo de moagem a seco, grão inteiro é moído em farinha e processado sem separação dos componentes nutricionais, em seguida é misturado com água para formar uma "pasta", adiciona-se enzimas e então é processado em alta temperatura, após esfriar é transferido para fermentadores, onde é adicionado leveduras e inicia a conversão de açúcar em etanol [5].

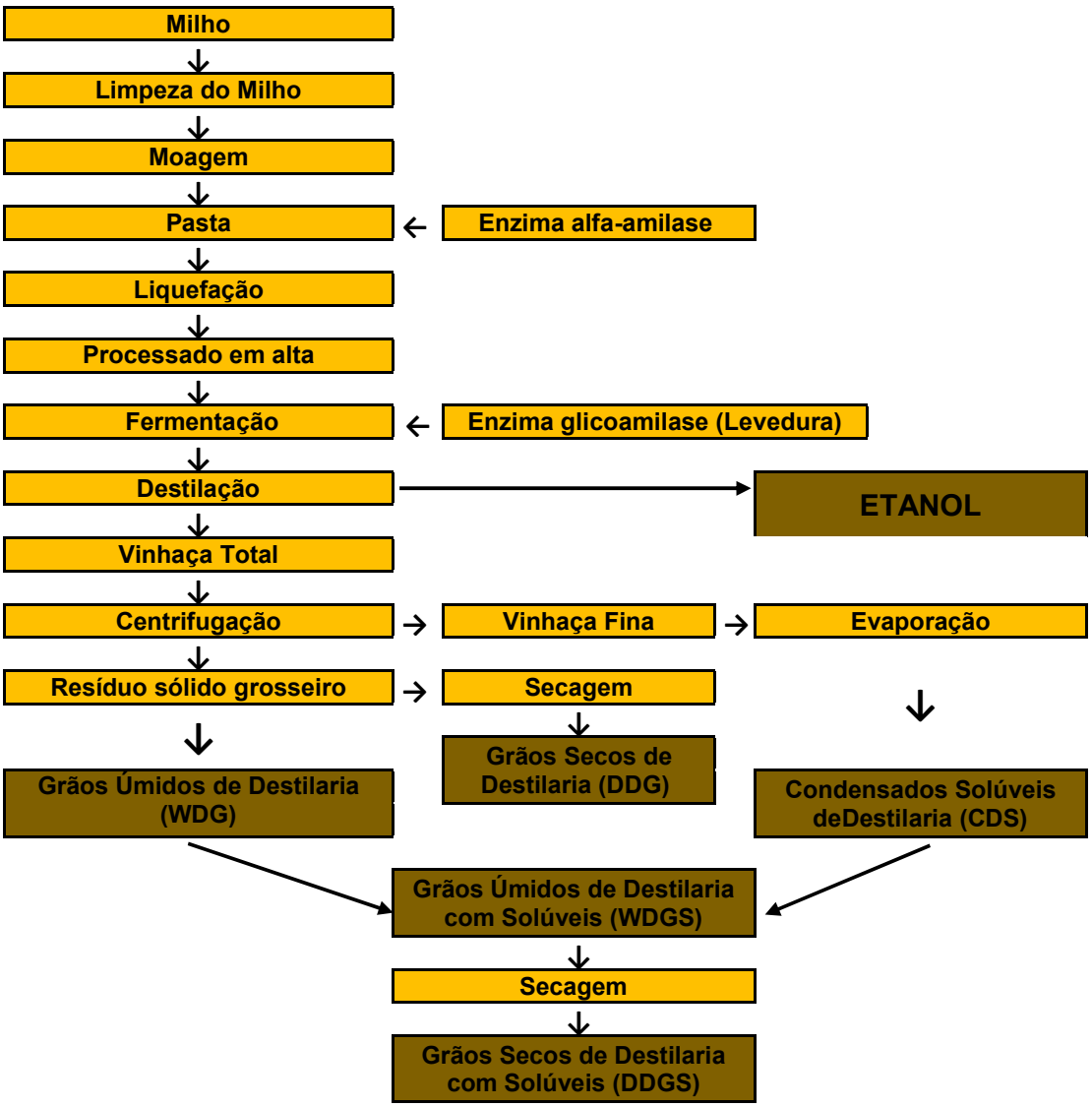

Figura 9: Processo de produção do etanol, dried distiller's grains (DDG), wet distiller's grain (WDG), condensed distiller's solubles (CDS), dried distiller's grains with solubles (DDGS) e wet distiller's grain with solubles (WDGS).
Fonte: Lardy e Anderson [61].

Após a fermentação, é transferido para colunas de destilação, onde o etanol é separado da "vinhaça" residual. A vinhaça é centrifugada (Figura 10) separando a parte sólida da solúvel. A parte solúvel é submetida à evaporação e se transforma em estado semissólido, resultando em condensados solúveis de destilaria (CDS) [5].

Figura 10: Separadoras centrifugas horizontais (centrifuga a vinhaça).
Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Os CDS podem ser vendidos diretamente para a alimentação animal, mas normalmente são misturados aos resíduos sólidos e então secos (Figura 11) para produzir grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) (Figura 12) [5].

Figura 11: Secador de grãos secos de destilaria (DDG), diminui a Matéria Seca de 30% para 12%-14%.
Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Figura 12: Grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS).
Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

Nos casos em que os CDS não são readicionados ao resíduo, o produto sólido de grãos é simplesmente chamado de grãos secos de destilaria (DDG). Se os grãos destilados forem utilizados para alimentação animal próximo à unidade de produção de etanol, o passo de secagem pode ser evitado e o produto é chamado grãos úmidos de destilaria (WDG) (Figura 13). Devido às várias práticas de secagem e aplicação da vinhaça, existe várias variantes de grãos, mas a maior parte do produto é comercializado como DDGS, DDG ou WDG [5].

Figura 13: Grãos úmidos de destilaria (WDG).
Fonte: Arquivo pessoal, 2015.

1.2.7.2 Utilização

A alta nos preços dos insumos na alimentação é uma preocupação para a produção animal, sendo necessário buscar ingredientes alternativos para minimizar custos. Os resíduos de destilaria de milho podem ser uma opção interessante dependendo do preço e da logística de entrega, pois possuem elevados níveis de energia, médio de proteína e elevado de fósforo, podendo substituir parcialmente alguns dos mais caros insumos, como milho, farelo de soja e fosfato mono ou bicálcico. Stock et al. [62], descreveram que o amido representa 2/3 do milho e, quando o amido do milho é fermentado para a produção de etanol, resulta na quantidade de fibra, proteína e gordura triplicada, elevando a proteína de cerca de 10 a 30%, FDN de 12 a 36%, gordura de 4 a 12% e P de 0,3 a 0,9% da MS. Portanto, o milho que era utilizado principalmente como uma fonte de energia (amido) é convertido em uma fonte de proteína.

Segundo US Grains Council [63], quando DDGS é utilizado adequadamente na alimentação animal, resulta em melhoria na saúde e desempenho animal, e por isso tornou-se um dos ingredientes das rações animais mais populares em todo o mundo.

1.2.7.3 Nutrientes

Uma das dificuldades no uso de DDGS na alimentação animal é conhecer seu teor de nutrientes e sua digestibilidade, já que vários trabalhos mostram uma variabilidade destes conforme sua origem (Tabela 1), além da variação ao longo do tempo dentro de uma mesma destilaria [63, 64]. Algumas fábricas podem fornecer especificações de produtos com teores de nutrientes; no entanto, estes valores podem expressar apenas estimativas dos nutrientes. A melhor opção seria sempre analisar os ingredientes, no entanto, esta não é uma opção prática. Portanto, no mínimo, a matéria seca deve ser analisada para avaliar a quantidade do insumo que deverá ser comprada e posteriormente utilizada na alimentação animal [64].

Tabela 1. Concentrações de nutrientes de wet distillers grains (WDG), dried distillers grains (DDG) e dried distillers grains with solubles (DDGS) em relação à Matéria Seca.

	WDG	DDG	DDGS
Matéria Seca (MS), %	25 - 35	88 - 90	88 - 90
Proteína Bruta (PB), %	30 - 35	25 - 35	25 - 32
Proteína Degradável, % da PB	45 - 53	40 - 50	43 - 53
Gordura, %	8 - 12	8 - 10	8 - 10
Fibra Detergente Neutro (FDN), %	30 - 50	40 - 44	39 - 45
Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), %	70 - 110	77 - 88	85 - 90
Energia Líquida para mantença (ELm) Mcal/lb	0,90 - 1,10	0,89 - 1,00	0,98 - 1,00
Energia Líquida para ganho (ELg), Mcal/lb	0,70 - 0,80	0,67 - 0,70	0,68 - 0,70
Cálcio, %	0,02 - 0,03	0,11 - 0,20	0,17 - 0,26
Fósforo, %	0,5 - 0,8	0,41 - 0,80	0,78 - 1,08

Fonte: Adaptado Tjardes e Wright [64].

DDGS é uma fonte de energia, contendo cerca de 10% de gordura na MS e aproximadamente 39% de FDN [63]. Ao fornecer fibra de alta digestibilidade, evita-se efeitos negativos da ingestão reduzida de forragem ou de baixa digestibilidade, além dos efeitos associados a alta ingestão de amido e ainda ajuda a prevenir distúrbios digestivos em bovinos confinados [64], reduzindo a ocorrência de acidose quando alimentados com dietas de grãos, já que o teor de amido de DDGS é baixo, entre 2 e 5% [65]. Schroeder [66] descreveu que a energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida para lactação (ELL) de WDG foram 1,81, 1,63 e 1 megacalorias por libra de MS (Mcal / lb) respectivamente, sendo estes valores de 7 a 11% mais elevados do que os valores publicados anteriormente [37].

DDGS de milho é uma boa fonte de proteína, tendo normalmente mais do que 30% de PB na MS, sendo 55% desta em PNDR. A qualidade da proteína no DDGS de milho é muito boa, mas é pobre em lisina, como a maioria dos subprodutos de milho [63]. A suplementação animal deve atender as exigências de PDR e PNDR e para isso pode ser utilizada mais de uma fonte de proteína, no entanto, DDG ou DDGS pode servir como a única fonte de proteína atendendo de forma eficaz os requisitos em PNDR [64].

Ao utilizar grãos de destilaria na alimentação animal deve-se atentar na concentração de minerais, pois são pobres em cálcio (Ca), mas ricos em fósforo (P) e

enxofre (S). Sua utilização pode suprir a quantidade de P necessária na ração, não necessitando de nenhuma outra suplementação com esse nutriente, mas fontes de Ca devem ser adicionadas até que a relação Ca:P seja igual ou maior que 1,2:1, mas inferior a 7:1 [64].

Ácido sulfúrico é normalmente adicionado durante o processo de produção de etanol para manter o pH no nível ideal para a propagação de leveduras que provocam a fermentação do amido em etanol, além de ser utilizado na limpeza, provocando alteração nos níveis de S, entre as fontes de DDGS, que podem variar de 0,31 a 1,93% (média de 0,69%) com base na MS [63]. Deve-se ter cuidado com a utilização de grãos de destilaria, principalmente quando a água fornecida aos animais tiver altos níveis de sulfato, pois o excesso de S na dieta pode causar poliencefalomalácia, se acima de 0,4% da MS da dieta, além da interferência da absorção e metabolismo do cobre [64].

1.2.7.4 Armazenamento e manuseio de DDGS

Propriedades físicas e químicas de DDGS variam entre as fontes e pode influenciar no valor nutritivo, manuseio e armazenamento. É caracterizado como um material granular heterogêneo com variação na cor, odor, tamanho de partícula, densidade, pH, propriedades térmicas, fluidez, estabilidade, vida útil e higroscopicidade. Essas características afetam o manuseio, fluidez no descarregamento dos caminhões e o armazenamento do DDGS [63].

Rosentrater [67] coletou amostras de DDGS de 6 usinas no leste da Dakota do Sul em 2004 para determinar, entre outras características, a umidade, atividade de água e densidade. A umidade média encontrada foi de 14,7%, considerada acima do teor máximo recomendado de 12% para ingredientes de rações, pois minimiza custos de transporte e a deterioração microbiológica. Além disso, a atividade de água (Aw) quantifica a quantidade de água "livre" (não ligada) disponível para uso por microrganismos e agentes químicos e, portanto, é outra medida de desperdícios de custos e de susceptibilidade a deterioração. Produtos sem água livre (Aw = 0) não correm riscos de deterioração, enquanto os materiais com água de superfície livre (Aw = 1,0) estão em alto risco de deterioração rápida. As amostras estudadas tinham baixos níveis de água disponível com Aw entre 0,53 e 0,63, no entanto, podem ser propensas a problemas de deterioração devido ao potencial de absorção de umidade quando armazenados em grandes quantidades.

Segundo US Grains Council [63], é aceito umidade inferior a 15% nos grãos e subprodutos, para evitar aquecimento e deterioração (mofo e micotoxinas) durante o transporte e armazenamento. Portanto, se a umidade de DDGS não exceder a 15%, a vida de prateleira de DDGS pode ser de muitos meses.

Erickson et. al. [68] em estudo sobre armazenamento de WDGS observaram que, se armazenados empilhados e descobertos, pode-se observar mudança de cor e crescimento de fungos na superfície (Figura 14), sendo a formação de mofo diretamente proporcional à permeabilidade do plástico que cobre o local, quanto mais espesso o plástico menos mofo se forma.

Figura 14: Crescimento de fungo na superfície de grãos úmidos de destilaria com solúveis (WDGS).
Fonte: Erickson et. al. [66].

Existem poucas informações sobre as propriedades de adsorção de água (higroscopicidade) de DDGS, no entanto, o *US Grains Council* dos EUA [63] patrocinou um experimento em Taiwan, onde a umidade foi monitorada durante o armazenamento em uma fábrica de ração comercial de 16 de março a 10 de junho de 2004. O teor de umidade de DDGS aumentou de 9,05% no início do período para 12,26% no final, demonstrando que, sob condições climáticas úmidas, o DDGS irá aumentar o teor de umidade durante a armazenagem a longo prazo.

A densidade foi a característica que mais variou entre as plantas, ficando entre 389,3 e 501,5 kg/m^3. É um fator importante na determinação do volume e custos de armazenamento e transporte, já que ingredientes de baixa densidade têm maior custo por unidade de peso. Ela também afeta a segregação de ingrediente que pode ocorrer durante o manuseio da ração, sendo que partículas de densidade elevada assentam

no fundo, enquanto que as de baixa densidade tendem a ficar no topo da carga. Ângulo de repouso é uma medida da fluidez de uma substância e também é um importante parâmetro de projeto, variou entre 26,5° e 34,2° [67].

DDGS possui reduzida fluidez no armazenamento e em veículos de transportes, sendo a fluidez definida como a capacidade de sólidos granulares ou em pó a fluir durante a descarga a partir de transporte ou de armazenamento. A baixa fluidez pode surgir a partir de inúmeros fatores sinergicamente, incluindo umidade, tamanho de partículas, temperatura de armazenamento, umidade relativa, tempo, distribuição da pressão no interior e vibrações durante o transporte, além dos constituintes químicos como proteínas, gorduras, amido, carboidratos, bem como a adição de agentes de fluidez [63].

As gorduras são susceptíveis à degradação por oxidação para formar peróxidos e os quais são compostos instáveis, e pode tornar-se rançoso. Alto teor de ácidos graxos livres pode indicar oxidação, sendo ácidos graxos livres aqueles que não estão ligados ao glicerol por uma ligação éster. Umidade nas gorduras pode aumentar o ranço e por isso é de pouca preocupação em DDGS, já que o teor de umidade é normalmente de apenas 10 a 11% [63].

Em estudo realizado pela Grains Council dos EUA não foi evidenciado a oxidação de lipídios (rancidez) em DDGS armazenados em Taiwan de setembro a novembro de 2003, em condições de alta temperatura e umidade. Isto indica que a gordura no DDGS é estável durante pelo menos 10 semanas de armazenagem em climas quentes (média de 25,4° C) e úmidos (umidade relativa média de 79,9%). Outro estudo em *Minnesota Corn Growers Association,* em 2003, para avaliar umidade, micotoxinas e oxidação de gordura (ranço) de DDGS em Jalisco, México, durante o período de armazenamento de 16 semanas à temperatura média de 17,0 °C, não observou qualquer alteração na rancidez oxidativa ou presença de micotoxinas. Presume-se que a estabilidade aparente de DDGS do milho é devido à presença de altas concentrações de antioxidantes naturais do milho, responsáveis pela estabilidade de DDGS durante várias semanas de armazenamento, mesmo em condições quentes e úmidas [63].

1.2.7.5 A cor como indicador de qualidade

A cor foi usada como indicador subjetivo da qualidade nutricional por décadas. Os aminoácidos livres (em especial lisina) podem ser submetidos a reação de Maillard por combinação com açúcares redutores, tornando-os indigestíveis para o animal [63]. No geral, as amostras de DDGS com uma cor mais clara e mais amarela tendem a ter maiores valores de digestibilidade de aminoácidos e maior conteúdo de lisina digestível [69].

A exposição prolongada ao calor pode resultar em reação química "de escurecimento" que torna parte da proteína indisponível para o animal. Geralmente, resíduos de destilaria de grãos (RDG) possuem cor brilhante que varia de dourado a marrom e com cheiro parecido com de cerveja. Quando o produto é exposto muito tempo a altas temperaturas, fica mais escuro e com odor de melaço queimado [64]. Kenneth et al. (2012) descreveram que a cor mais escura de DDGS das variedades de sorgo, muitas vezes é relacionada erroneamente como reação de Maillard, o que pode reduzir a sua aceitação no mercado.

A cor do DDGS tornou-se um fator de grande importância no mercado de exportação, usada como diferencial de qualidade entre fontes de DDGS. Vários anos atrás, um sistema subjetivo de avaliação de cor foi desenvolvido usando um cartão de pontuação de 5 cores (Figura 15). Por ser muito subjetivo muitos comerciantes pararam de usá-lo, embora seja ainda utilizado [63].

Figura 15: Exemplo de cartão de pontuação de 5 cores.
Fonte: US Grains Council [63].

1.2.7.6 Viabilidade econômica

O teor de nutrientes e a digestibilidade da fonte de DDGS é o fator mais importante para avaliar o valor econômico e obter um ótimo desempenho animal. Superestimar o teor de nutrientes pode resultar em desempenho fraco e subestimar pode provocar excesso de nutrientes, subestimando valor econômico e aumentando a excreção de nutrientes [63].

Mesmo com boas expectativas de desempenho e custo baixo, um fator que pode limitar o uso desses coprodutos é o alto custo associado com o transporte, quando possuem teores de umidade elevados. Ao avaliar as vantagens e desvantagens entre melhorias previstas no desempenho de gado, deve-se avaliar os custos de transporte e custos operacionais adicionais [70].

Energia, proteínas (aminoácidos) e fósforo são os nutrientes mais caros previstos em rações para animais, sendo necessário diminuir as quantidades destes nutrientes na dieta para minimizar o custo, mas sem comprometer a saúde e o desempenho animal [63].

Buckner et al. [70] desenvolveram um modelo orçamentário para avaliar o uso de coprodutos na alimentação animal chamado de *Cattle* CODE (*Coproduct Optimizer Decision Evaluator*) que permite que os usuários introduzam suas próprias variáveis (como tipo de coproduto, preço, transporte, etc.) para avaliar os resultados com base na:

- Previsão de ganho diário de peso,
- Conversão alimentar,
- Tempo estimado para chegar ao peso final,
- Custos de transporte do coproduto
- Teor de MS da dieta,
- Custos de dieta por tonelada de MS,
- Custos totais de alimentação por cabeça,
- Custo alimentar do ganho de peso,
- Lucro ou prejuízo por animal,
- Margem de retorno por cabeça para animais alimentados com coprodutos em comparação aos alimentados predominantemente milho.

1.2.7.7 Uso de DDGS em dietas de bovinos de corte

Quando o grão de destilaria com solúveis (DGS) é incluído na dieta, em níveis superiores a 20% de MS, a quantidade de amido na dieta é diminuída, enquanto a fibra, proteína e gordura são aumentadas, o que sugere que a acidose subaguda deve ser menos provável e a quantidade de volumoso pode ser reduzida [65].

Alto teor de gordura e de enxofre (S) no DDGS limitam as taxas de inclusão em dietas para bovinos em confinamento. DiCostanzo e Crawford [71] avaliaram o uso de diferentes concentrações de volumoso para gerenciar altas concentrações de S dos grãos de destilaria e observaram que altas concentrações de S (0,56%), com inclusão de 40% na dieta, não interferiram no desempenho animal, porém foi observada redução na ingestão de matéria seca (IMS). Esperava-se que a alta inclusão de S com baixo volumoso resultaria em maior possibilidade de casos de poliencefalomalácia e/ou redução de desempenho, mas tal expectativa não foi confirmada.

Buckner et al. [72] avaliaram o desempenho de animais confinados alimentados com níveis crescentes de DDGS 0, 10, 20, 30 e 40% na MS (Tabela 2). Não observaram alterações na IMS e nas características de carcaça nas diferentes concentrações de DDGS, já o valor energético nas dietas com DDGS foram maiores do que na dieta controle. Os resultados mostraram o potencial da utilização do DDGS em dietas de terminação, incrementando o ganho médio diário (GMD), sendo 20% o melhor nível de inclusão.

Tabela 2. Desempenho e características de carcaça de bovinos alimentados com diferentes níveis de dried distillers grains with solubles DDGS.

DDGS (%)	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**
IMS, kg	9,43	9,89	9,43	9,62	9,39
GMD, kg	1,49	1,61	1,68	1,61	1,61
Características das carcaças					
Marmoreio[a]	540	548	550	533	522
Área de olho de lombo	12,3	12,5	12,7	12,6	12,6
Espessura de gordura na 12ª costela,	0,56	0,55	0,6	0,56	0,57

[a] 400 = ausente, 500 = escasso
Fonte: Adaptado Buckner et al. [72].

Poucas pesquisas foram conduzidas para avaliar grãos de destilaria em rações de vacas de corte, no entanto, pesquisas com bovinos em crescimento e terminação, bem como vacas leiteiras, indicam que os grãos de destilaria podem ser

utilizados para vacas de corte. Vacas de corte tem menor necessidade de suplemento proteico do que vacas leiteiras, mas em muitos sistemas de produção as vacas de corte são alimentadas com forrageiras de má qualidade e pobre em proteína. Nestas situações esse coproduto se encaixam bem como uma fonte de proteína suplementar [73].

Grãos de destilaria podem ser um dos melhores suplementos para programas de alimentação da vaca de corte com palhada de milho, que são pobres em proteína, energia e minerais. Para vacas de porte médio, em boas condições, no 1/3 final de gestação, 3-5 lb (1,4 – 2,3 kg) de DDG por dia irá satisfazer as suas exigências de proteína e energia, quando alimentadas na palhada de milho, e para vacas em início da lactação, 6-8 lb (2,8 – 3,7 kg) serão suficientes [73].

1.2.7.8 Uso de DDGS em dietas de bovinos de leite

Resíduos de destilaria de grãos (RDG) são excelentes ingredientes para uso em rações de vacas leiteiras em lactação. São ricos em energia, fibra e proteína para vacas em lactação, bem como bezerras e novilhas de reposição. Ração de vacas em lactação pode conter 20% ou mais DDGS com base na MS, sendo que em níveis de até 30% de DDGS podem proporcionar a produção de leite semelhante ou superior, em comparação com rações tradicionais [63].

Embora os grãos de destilaria com solúveis possam ser adicionados em níveis superiores a 30% da MS da ração, sua inclusão pode limitar a ingestão de MS e consequentemente a produção de leite se mais de 20% de WDGS for incluída na dieta [63]. Outro cuidado que se deve ter no uso de WDGS ou DDGS em dietas de vacas leiteiras é com a quantidade de fósforo e enxofre na dieta, embora seja pouco provável que estes níveis interferiram na produção ou saúde dos animais [74].

Embora a maioria dos grãos de destilaria com solúveis contenha entre 38 a 40% de FDN, tais fontes de fibras são facilmente digestíveis e podem substituir parcialmente forrageiras, bem como o concentrado em dietas de bovinos leiteiros; no entanto, para as vacas em lactação é recomendado que grãos de destilaria com solúveis substitua apenas o concentrado da dieta e não o volumoso, devido ao pequeno tamanho das partículas, o que torna a fibra pouco efetiva [75].

A utilização de resíduos de destilaria de grãos na alimentação de vacas em lactação não afeta o sabor do leite ou de seus derivados, não há conhecimento de

pesquisas nessa linha, no entanto, não há nenhuma razão para esperar essas alterações [75].

A resposta na produção de animais alimentados com WDGS e DDGS são geralmente iguais, tornando o manuseio e o custo as principais considerações sobre o uso do produto úmido ou seco. Os produtos secos podem ser armazenados durante períodos prolongados, podem ser enviados a distâncias maiores de forma mais econômica do que úmidos. Na produção de WDGS evita-se o custo de secagem do produto, no entanto, não permanecerá fresco e palatável por longos períodos, normalmente de 5 a 7 dias, dependendo do clima [75].

Kalscheur [76] realizou uma meta-análise de dados de experimentos publicados entre 1982 e 2005 e avaliou o nível de inclusão de grãos de destilaria na dieta sobre o desempenho de vacas em lactação, sendo divididos em 5 categorias de inclusão com base na MS 0%, de 4 a 10%, 10 a 20%, de 20 a 30, e superior a 30% (Tabela 3), separando DDGS de WDGS. A produção dos animais alimentados com grãos de destilaria foi a mesma ou maior do que os da dieta controle, exceto quando incluiu 30% ou mais de WDGS.

Tabela 3. Consumo de matéria seca, produção de leite, gordura do leite e teor de proteína, em vacas com dietas contendo diferentes quantidades de dried distillers grains with solubles (DDGS) e wet distillers grains with solubles (WDGS).

Nível de inclusão (base MS)	IMS, kg/dia		Leite, kg/dia		Gordura, %	Proteína %
	DDGS	WDGS	DDGS	WDGS		
0%	23,5^{c}	20,9^{b}	33,2	31,4	3,39	2,95^{a}
4 - 10%	23,6^{bc}	23,7^{a}	33,5	34,0	3,43	2,96^{a}
10 - 20%	23,9^{ab}	22,9^{ab}	33,3	34,1	3,41	2,94^{a}
20 - 30%	24,2^{a}	2,1,3^{ab}	33,6	31,6	3,33	2,97^{a}
> 30%	23,3^{bc}	18,6^{c}	32,2	31,6	3,47	2,82^{b}

$^{a-c}$Valores dentro de uma coluna seguida por um expoente diferente diferem (P <0,05).
Fonte: Adaptado de Kalscheur [76].

Houve aumento no consumo com a inclusão de DDGS, principalmente entre 20 e 30% de inclusão. Essas vacas consumiram 0,7 kg/dia (com base na MS) a mais do que as que receberam dieta controle sem DDGS. Já as alimentadas com WDGS tiveram maior IMS em níveis baixos de inclusão (de 4 a 10% e 10 a 20%), e quando a inclusão foi superior a 20%, a IMS diminuiu. Confirmando a alta palatabilidade dos grãos de destilaria, sendo relacionada a menor ingestão em níveis mais elevados, à alta concentração de gordura, e no caso do WDGS, à humidade elevada [76].

Vacas leiteiras alimentadas com dietas contendo entre 4 a 30% de grãos de destilaria produziram, aproximadamente 0,4 kg/dia a mais do que as da dieta controle. Quando alimentadas com a maior taxa de inclusão na dieta (> 30%), a produção de leite apresentou queda, 0,8 kg/dia a menos, provavelmente relacionado à diminuição da IMS [76].

O percentual de gordura do leite variou conforme a inclusão de grãos de destilaria e pode ter sido influenciada pela quantidade de fibra da dieta e pelos altos níveis de gordura provenientes dos grãos de destilaria, que pode afetar a função ruminal, levando a depressão gordura do leite. O percentual de proteínas do leite não variou entre as dietas contendo 0 a 30% de grãos de destilaria, no entanto, diminuiu 0,13% em relação ao controle quando a inclusão foi superior a 30%, provavelmente por substituir todas as outras fontes de proteína da dieta e consequentemente elevando a PNDR, chegando ao intestino um perfil de aminoácidos desequilibrado com baixa concentração de lisina, que é muito sensível ao calor, e pode ser afetada negativamente pelas altas temperatura na produção de DDGS [76].

1.3 Objetivos gerais e específicos

Objetivou-se analisar amostras de DDGS de milho e/ou sorgo, coletadas de abril de 2015 a maio de 2016, em duas usinas processadoras de grãos (destilarias USIMAT e LIBRA).

De maneira específica, objetivou-se:

Analisar as amostras quanto à composição químico-bromatológica (matéria seca, matéria mineral, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, hemicelulose, celulose, extrato etéreo, proteína bruta, cálcio, fósforo, e enxofre) e digestibilidade *in vitro*, e verificar possíveis variações quanto à origem e periodicidade das coletas.

Verificar a viabilidade econômica do uso do DDGS frente a outros insumos nas dietas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de amostragem e das análises

Foram analisadas 11 amostras de DDGS de milho e/ou sorgo, coletadas entre abril de 2015 e maio de 2016, originadas de duas destilarias processadoras de grãos, quanto à composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro.*

As análises bromatológicas foram realizadas no Departamento de Tecnologia, Laboratório de Biogeoquímica, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, já as análises de digestibilidade *in vitro* foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Biogeoquímica da Universidade Brasil campus de Descalvado. As amostras foram enviadas das destilarias USIMAT de Campos de Júlio/MT (região oeste do estado) e LIBRA, localizada em São José do Rio Claro/MT (região meio norte do estado) de abril de 2015 a maio de 2016.

2.2 Amostragem

As amostras foram enviadas das Destilarias seguindo as seguintes orientações de coleta para DDGS, conforme o volume armazenado a granel:

a) para quantidade inferior a cem toneladas, retirada de vinte amostras;

b) para quantidade superior a cem toneladas, retirada de quinze amostras, para cada série de cem toneladas ou fração.

As amostras assim extraídas foram homogeneizadas, reduzidas com o peso de um quilograma, devidamente identificadas e enviadas para análise laboratorial.

2.3 Metodologia

As determinações da composição bromatológica da matéria seca, matéria mineral, lignina, hemicelulose, celulose, extrato etéreo e proteína bruta foram realizadas como descrito por Silva e Queiroz [77], e a matéria orgânica (MO) calculada a partir da diferença entre a MS e MM. As análises para determinação dos teores de FDN e FDA [78] foram feitas em autoclave, conforme relatado por Pell e Schofield [79]. As análises dos minerais cálcio, fósforo e enxofre pelo método Sarruge e Haag [80]. Na avaliação

dos perfis acumulativos de produção de gases *in vitro* foi usada a técnica descrita por Theodorou et al. [81] com transdutor de pressão. O volume de gás foi obtido através da equação (R^2 = 0,999): y = 0,2839 x. Onde “y” refere-se ao volume de gás (mL) e “x” é a pressão de gases medida em PSI (pressão por polegada quadrada), originada dos gases acumulados na parte superior dos frascos.

Dois bovinos adultos da raça Nelore, canulados no rúmen, do Departamento de Ciências Agrárias, FZEA-USP (Figura 16), foram utilizados como doadores de fluido ruminal, usado como inóculo. Os animais foram mantidos em pastagem e suplementados com silagem de milho e mistura mineral.

Figura 16: Coleta de fluido ruminal.
Fonte: Arquivo pessoal.

No dia anterior à incubação, as amostras foram pesadas em porções de 1,0 g (Figura 17), em frascos de vidro de 160 mL. Para a incubação, foram adicionados às amostras 80 mL de solução de incubação (20 mL de líquido ruminal e 60 mL de solução tampão de Menke), de acordo com Longo et al. [82] e, em seguida, os frascos foram fechados com tampas de borrachas, lacrados com anéis de alumínio, homogeneizados por agitação manual e mantidos em banho-maria a 39ºC (Figura 18). Foram incluídos três frascos contendo as soluções de incubação, sem amostra de DDGS, como prova em branco.

Figura 17: Pesagem das amostras.
Fonte: Arquivo pessoal

Figura 18: Banho-maria à 39ºC.
Fonte: Arquivo pessoal

Perfis acumulativos de produção de gases *in vitro* foram obtidos utilizando a metodologia de Theodorou et al. [81] através da medição da pressão por meio de manômetro digital (Pressure Meter Delta OHM-HD 2124.1) às 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 42 e 48 horas de fermentação (Figura 19). A transformação dos dados de leitura de pressão em polegada quadrada (psi) para volume (mL) foi realizada através da equação:

$Y= 0,2839\ X_1$ (Y é o volume de gases (mL) e X é a pressão (psi)).

Figura 19: Leitura de pressão com manômetro.
Fonte: Arquivo pessoal

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi avaliada de acordo com Mauricio et al. [83], ao final de 9, 18, 36 e 48h de incubação da produção de gases *in vitro*, os conteúdos de cada amostra incubada foram filtrados em cadinhos de Gooch, porosidada número 2 (40 a 100 micras) (Figura 20) e o resíduo lavado com água destilada quente. Após esse procedimento, os cadinhos foram armazenados em estufa a 105º C (Figura 21) para determinar posteriormente DIVMS.

Figura 20: Resíduo no cadinho tipo Gooch.

Figura 21: Estufa a 105º C.
Fonte: Arquivo pessoal

A digestibilidade de FDN e FDA foi analisada adicionando solução de detergente neutro ao resíduo da DIVMS resultando o resíduo em detergente neutro e a estimativa da DFDN (degradação da fibra em detergente neutro) [84]. A este resíduo foi adicionado solução de detergente ácido para posterior estimativa da DFDA (degradação da fibra em detergente ácido).

Os cálculos de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) e da energia metabolizável (EM) foram conforme equações preconizadas por Menke e Steingass [85]:

EM: (MJ/Kg MS) = 2,20 + (0,136*gás24) + (0,0057*PB) + (0,00029*EE)

DIVMO: (g/Kg MS) = 14,88 + (0,889*gás24) + (0,045*PB) + (0,065*MM)

Onde:

gás24 = produção de gás *in vitro* em 24 horas de incubação (ml/0,2g MS) e

PB, EE e MM = expressos em g/Kg de MS.

A equação para o cálculo de NDT foi conforme Paterson, 2000:

NDT = [88,9 – (0,779 x FDA%)] (Paterson, 2000)

A determinação do custo unitário de cada nutriente (CUN) foi calculado como segue [86]:

CUN = A ÷ (B÷100 x C÷100),

A = preço de 1 quilo do ingrediente;

B = porcentagem de MS do ingrediente;

C = porcentagem do nutriente na MS do ingrediente

Os dados das análises químico-bromatológicas foram comparados de forma descritiva, uma vez as destilarias não enviaram repetições das amostras.

Os dados de produção de gás *in vitro* e digestibilidade *in vitro* foram analisados com o pacote SAS® (SAS Institute, 2002). Antes das análises propriamente ditas, os dados foram analisados em relação à presença de informações discrepantes ("outliers") e normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk). Quando a premissa de normalidade não foi atendida, a transformação logarítmica ou pela raiz quadrada foi necessária.

Os dados foram analisados de acordo com o Proc Mixed para modelos mistos. Para as análises, dentre as 15 diferentes estruturas de covariância testadas, a que melhor se ajustou ao modelo estatístico foi escolhida baseado no menor valor do critério de informação Akaike corrigido (AICC) [87]. O modelo incluiu efeitos fixos de Tratamentos, horas de coleta e a Interação dupla entre os fatores, sendo os efeitos de tratamentos separados pelo teste de Tukey. Para todos os testes realizados foi adotado o nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química bromatológica

Pode-se observar, a partir dos resultados das análises bromatológicas apresentados, que o DDGS é uma opção na alimentação animal, como fonte de energia, proteína e fósforo, podendo substituir parcialmente ou totalmente alguns insumos na alimentação animal (Tabela 4).

Tabela 4. Composição químico-bromatológica de 11 amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Amostra	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MS	90,05	92,32	86,02	92,50	90,71	92,89	92,75	92,16	82,91	94,96	91,25
MM	2,14	2,12	2,25	1,82	1,88	2,33	2,01	1,41	2,10	1,59	1,40
FDN	57,52	69,50	61,87	59,73	70,69	70,53	71,46	62,54	60,51	55,04	62,69
FDA	13,25	14,42	15,26	15,54	14,81	13,45	20,09	16,35	15,46	13,085	14,14
LIG	1,52	1,91	2,91	2,68	1,72	1,32	5,18	4,02	2,82	2,84	3,07
HEM	44,26	55,09	46,61	44,18	55,88	57,09	51,37	46,19	45,05	41,19	48,22
CEL	11,73	12,51	12,35	12,86	13,10	12,13	14,91	12,33	12,64	11,01	11,10
EE	11,28	8,49	6,79	6,85	7,70	8,07	8,04	7,48	7,18	9,27	7,79
PB	38,10	30,43	33,51	34,90	30,24	30,86	31,24	30,92	30,45	30,27	31,20
Ca	0,10	0,10	0,07	0,05	0,08	0,12	0,11	0,13	0,08	0,12	0,11
P	0,45	0,44	0,49	0,42	0,41	0,43	0,44	0,40	0,67	0,63	0,57
S	0,34	0,30	0,29	0,30	0,35	0,36	0,37	0,31	0,29	0,29	0,27

MS = Matéria seca; MM = Matéria mineral; FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; LIG = Lignina; HEM = Hemicelulose; CEL = Celulose; EE = Extrato Etéreo; PB = Proteína bruta; Ca = Cálcio; P = Fósforo e S = Enxofre.
Os resultados representam a média de três repetições sendo os dados expressos em porcentagem da matéria seca, com exceção da matéria seca.
Amostra 0: DDG de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDG milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDG milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDG sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDG milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDG de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDG milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDG milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDG milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDG de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDG de milho Mai/2016(Destilaria Y)

Assim como os resultados apresentados por Tjardes e Wright [64], as amostras analisadas apresentaram variabilidade na composição química (Tabela 5), o que é sugestivo do tipo de matéria prima utilizada, diferenças nos tipos de levedura, fermentação e eficiências de destilação, processos de secagem e quantidade de solúveis adicionados ao produto final, além das diferentes matérias primas na produção do etanol (milho ou sorgo).

Tabela 5. Concentrações de nutrientes de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS) em relação ao apresentado por Tjardes e Wright [64].

	Tjardes e Wright [63]	Resultados das Análises
Matéria Seca (MS), %	88 – 90	82 - 95
Proteína Bruta (PB), %	25 – 32	30 - 38
Gordura, %	8 – 10	7 - 11
Fibra Detergente Neutro (FDN), %	39 – 45	55 - 71
Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), %	85 – 90	73 - 79
Cálcio, %	0,17 - 0,26	0,05 – 0,13
Fósforo, %	0,78 - 1,08	0,4 – 0,67

Fonte: Adaptado Tjardes e Wright, [64].

A umidade média encontrada foi de 9,3%, no entanto duas amostras apresentaram teores de umidade de 14% e 17,1%, valor acima do máximo recomendado de 12% para ingredientes de rações. A amostra com maior teor de umidade apresentou deterioração rapidamente (cerca de uma semana depois de recebida ou 3 semanas após a coleta), tornando seu uso impróprio, confirmando informações de US Grains Council [63], em que é aceito umidade de até 15%, para evitar aquecimento e deterioração. Além disso, deve-se ter cuidado quando o produto possui teor de umidade elevada, pois torna a gordura mais susceptível ao ranço.

O DDGS analisado apresentou, em média, 8% de lipídios na MS, chegando até 11,28%. A utilização de fontes lipídicas deve ser limitada de forma que a dieta não ultrapasse a 5% de EE na MS, para assegurar o consumo máximo da dieta e não interferir na digestão da fibra.

O valor médio de FDN de 63,8% nas amostras analisadas podem ajudar evitar efeitos negativos em dietas com baixa inclusão de forragem, prevenindo distúrbios digestivos [64], no entanto, devido ao pequeno tamanho das partículas, a fibra se torna pouco efetiva para as vacas em lactação e não é recomendado que grãos de destilaria com solúveis substitua o volumoso da dieta [75].

O coproduto avaliado apresentou ser uma boa fonte de proteína, com média de 32% de PB na MS, porém, pode apresentar perfil de aminoácidos desequilibrado com baixa concentração de lisina, caso seja a única fonte de proteína.

Quando utilizado na alimentação animal deve se atentar com a concentração de Ca e P no DDGS. Os valores médios obtidos nas amostras analisadas foram de 0,1% Ca e 0,49% P, o que corresponde a uma relação Ca:P de 0,2:1. Dessa forma, é necessário verificar se será necessário complementar com outra fonte de P, conforme

a inclusão de DDGS e a exigência nutricional dos animais, já fontes de Ca devem ser adicionadas até que a relação Ca:P seja igual ou maior que 1,2:1, mas inferior a 7:1 [64].

O teor médio de S no DDGS foi 0,32% com base na MS, resultado inferior ao apresentado pelo US Grains Council [63], que variou de 0,31 a 1,93% (média de 0,69%). No entanto, deve-se ter cuidado quanto aos níveis de sulfato na água fornecida aos animais, de forma que a dieta não ultrapasse 0,4% de S, para não haver riscos de poliencefalomalácia e interferência na absorção e metabolismo do cobre [64].

3.2 Produção de gases *in vitro*

As técnicas de produção de gases são utilizadas para estudar a cinética de fermentação de alimentos para ruminantes e é resultado da fermentação total do substrato e desaparecimento da matéria seca [88].

A produção média e acumulada de gases in vitro (mL/gMS) apresentaram diferença significativa entre as amostras analisadas, assim como o tempo de coleta (Tabela 6).

Tabela 6. Produção acumulada de gases *in vitro* e as comparações de médias (mL/gMS) em função do tempo de 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 42 e 48 horas de incubação em amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Variáveis	Amostras de DDGS*										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produção média de gases *in vitro* (mL/gMS)	13,38	20,19	20,81	19,04	21,55	18,79	13,60	13,71	21,14	14,89	15,45
Produção média de gases *in vitro* acumulada (mL/g MS)	68,76	92,04	100,80	102,16	100,74	90,82	61,27	67,69	102,67	75,67	77,41

EPM: erro padrão da média. [a-c]: médias seguidas por letras sobrescritas distintas (linhas) diferem significativamente (p≤0.05) pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Continuação

Variáveis	Horas de coleta										*Valores de P*			
	0	6	9	12	18	24	30	36	42	48	EPM	DDGS	Horas	Tratamento* Hora
Produção média de gases *in vitro* (mL/gMS)	0	11,32	13,35	17,58	29,19	29,39	24,49	21,79	15,04	12,88	0,38	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Produção média de gases *in vitro* acumulada (mL/g MS)	0	11,32	24,38	41,756	70,65	100,03	124,53	146,32	161,36	174,24	2,1	<0,0001	<0,0001	<0,0001

EPM: erro padrão da média. [a-c]: médias seguidas por letras sobrescritas distintas (linhas) diferem significativamente (p≤0.05) pelo teste de Tukey.
*Amostras: Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

Nota-se que houve aumento na produção média de gases *in vitro* acumulada no decorrer do período de incubação (Figura 22).

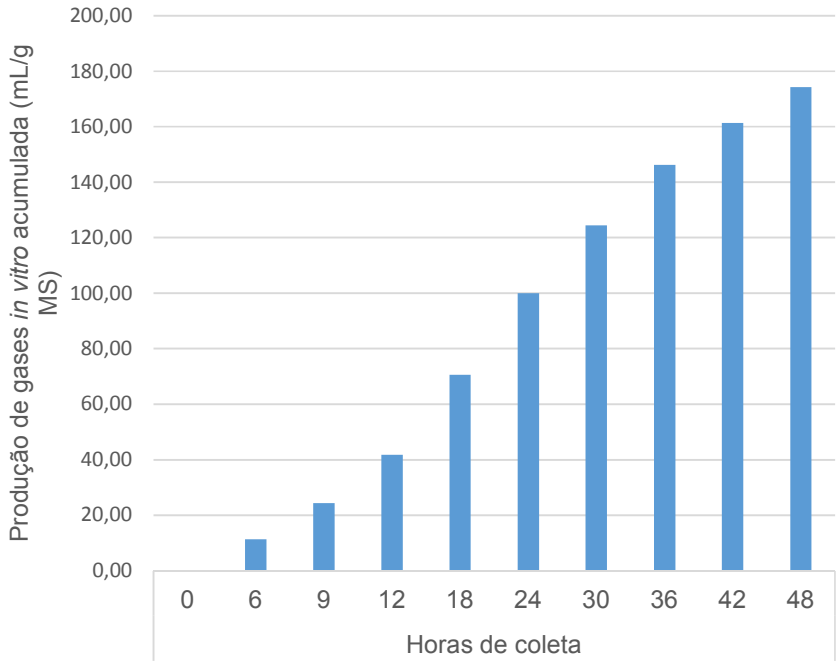

Figura 22: Produção de gases *in vitro* acumulada (mL/g MS) de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Considerando que o tempo médio de retenção do alimento no rúmen é de 48 horas, quanto maior for a degradação neste intervalo, melhor é a qualidade fermentativa do alimento e, a produção de gases teve pico nesse período, entre 18 e 24 horas de incubação (Figura 23).

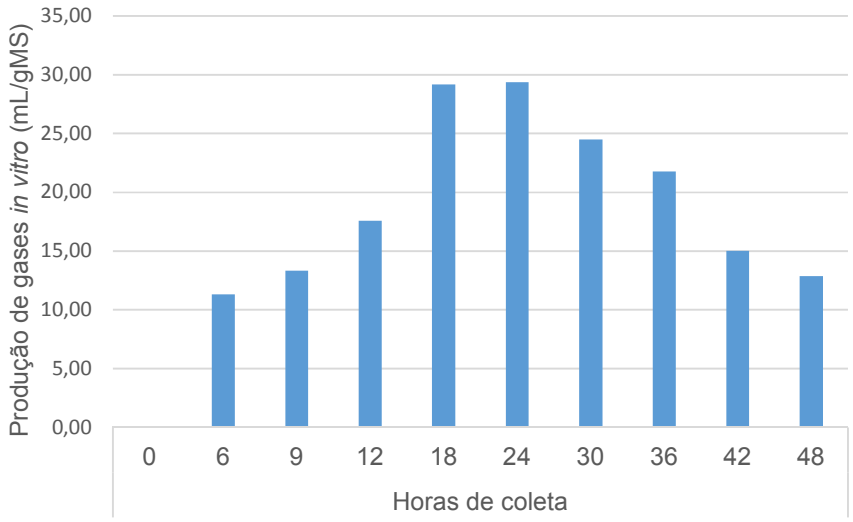

Figura 23: Produção de gases *in vitro* (mL/gMS) de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Foi observado interação entre amostras x tempo de coleta (Tabela 7). A amostra 3 (sorgo) apresentou, em geral maior produção de gases até o período de 18h em relação as amostras de milho, o que demonstrou maior processo fermentativo nas primeiras horas de incubação. A amostra 2 (milho e sorgo) apresentou comportamento semelhante a maioria das amostras de milho avaliadas.

Tabela 7. Produção média de gases *in vitro* (mL/gMS) / Tempo de Incubação, de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Amostra	0 hs	6 hs	9 hs	12 hs	18 hs	24 hs	30 hs	36 hs	42 hs	48 hs
0	0,00	9,42^{ab}	13,54^{ab}	14,18^{bc}	22,46^{c}	22,95^{bc}	19,17^{b}	16,59^{b}	8,22^{c}	7,23^{c}
1	0,00	10,58^{ab}	10,59^{b}	14,66^{bc}	30,41^{b}	35,49^{a}	33,08^{a}	28,86^{a}	20,68^{a}	17,53^{a}
2	0,00	9,90^{ab}	12,16^{ab}	19,91^{b}	41,13^{a}	37,12^{a}	31,18^{a}	25,48^{a}	17,49^{ab}	13,67^{ab}
3	0,00	15,48^{a}	16,99^{a}	24,06^{a}	39,99^{a}	33,29^{ab}	20,95^{b}	18,62^{b}	10,86^{b}	10,09^{b}
4	0,00	10,71^{ab}	11,78^{b}	18,90^{b}	36,57^{ab}	38,17^{a}	32,30^{a}	28,42^{a}	21,05^{a}	17,55^{a}
5	0,00	13,27^{a}	14,04^{ab}	18,02^{b}	29,74^{b}	29,33^{ab}	26,06^{ab}	25,35^{a}	17,23^{ab}	14,87^{ab}
6	0,00	7,20^{b}	7,66^{c}	10,19^{c}	20,47^{c}	21,77bc	20,00^{b}	18,90^{ab}	15,33^{ab}	14,42^{ab}
7	0,00	11,71^{a}	12,15^{b}	17,10^{b}	21,29^{c}	20,92^{c}	14,19^{c}	15,01^{b}	13,47^{b}	11,24^{b}
8	0,00	12,89^{a}	16,03^{a}	21,84^{ab}	34,90^{ab}	36,05^{a}	32,76^{a}	28,06^{a}	15,77^{ab}	13,06^{ab}
9	0,00	12,53^{a}	16,58^{a}	18,11^{b}	21,15^{c}	23,38^{bc}	18,37^{b}	16,01^{b}	11,97^{b}	10,72^{b}
10	0,00	10,81^{ab}	15,27^{a}	16,40^{b}	22,94^{c}	24,77^{bc}	21,30^{b}	18,37^{ab}	13,34^{b}	11,22^{b}

$^{a-c}$: Médias seguidas por letras sobrescritas distintas (coluna) diferem significativamente ($p \leq 0.05$) pelo teste de Tukey.

Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

Nota-se que a produção de gases aumentou em todas as amostras avaliadas no decorrer do período de fermentação e a amostra 4 (DDGS milho Jun/ 2015 - Destilaria X) se destacou por atingir a maior produção acumulada de gases com 48 horas de fermentação, porém não diferindo das amostras 1, 2, 3, 5 e 8 (Tabela 8 e Figura 24).

Tabela 8. Produção Acumulada de gases *in vitro* (mL/gMS) / Tempo de Produção, de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

A*	0 hs	6 hs	9 hs	12 hs	18 hs	24 hs	30 hs	36 hs	42 hs	48 hs
0	0,00	9,42^{ab}	22,40^{b}	36,57^{bc}	59,04^{d}	81,99^{b}	101,17 ^{b}	117,77 ^{b}	125,99 ^{bc}	133,23 ^{b}
1	0,00	10,58^{ab}	21,17^{b}	35,83^{bc}	66,25^{c}	101,74^{ab}	134,83 ^{a}	163,69 ^{a}	184,38 ^{a}	201,91 ^{a}
2	0,00	9,90^{ab}	22,06^{b}	41,96^{b}	83,1^{b}	120,23^{a}	151,41^{a}	176,90 ^{a}	194,40 ^{a}	208,07^{a}
3	0,00	15,48^{a}	32,47^{a}	56,53^{a}	96,52^{a}	129,82^{a}	150,78^{a}	169,41^{a}	180,26^{a}	190,36 ^{ab}
4	0,00	10,71^{ab}	22,49^{b}	41,39^{b}	77,97^{b}	116,14^{a}	148,45 ^{a}	176,87 ^{a}	197,92 ^{a}	215,47 ^{a}
5	0,00	13,27^{a}	26,75^{ab}	44,78^{b}	74,52^{bc}	103,85^{ab}	129,91 ^{ab}	155,27 ^{ab}	172,51 ^{ab}	187,38 ^{ab}
6	0,00	7,20^{b}	15,08^{c}	25,27^{c}	45,75^{e}	67,51^{c}	87,5189 ^{c}	106,43 ^{b}	121,76 ^{c}	136,18^{b}
7	0,00	11,71^{a}	21,64	38,74^{bc}	60,02^{d}	80,95^{b}	95,1456 ^{bc}	110,16 ^{b}	123,63 ^{c}	134,87 ^{b}
8	0,00	12,89^{a}	28,92^{a}	50,75^{ab}	82,33^{b}	118,39^{a}	151,15 ^{a}	179,21 ^{a}	194,98 ^{a}	208,05 ^{a}
9	0,00	12,53^{a}	29,11^{a}	45,00^{b}	66,15^{c}	89,54^{b}	107,91 ^{b}	123,93 ^{b}	135,90 ^{b}	146,63 ^{b}
10	0,00	10,81^{ab}	26,09^{ab}	42,48^{b}	65,43^{c}	90,21^{b}	111,51 ^{b}	129,90 ^{b}	143,24 ^{b}	154,46 ^{b}

. $^{a-c}$: médias seguidas por letras sobrescritas distintas (coluna) diferem significativamente (p≤0.05). pelo teste de Tukey.

*Amostras

Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

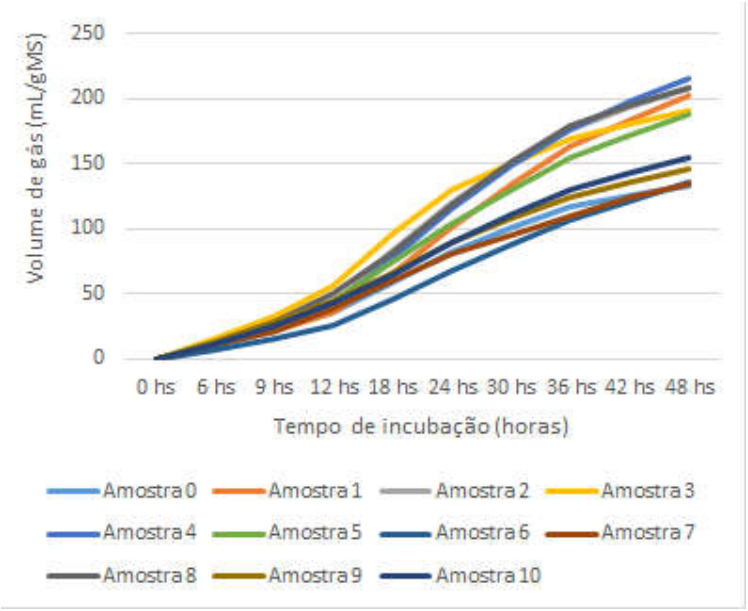

Figura 24: Produção acumulada de gás em função dos tempos de incubação de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Pode-se verificar que houve variação significativa para os parâmetros cinéticos de degradação *in vitro* separando as amostras em dois grupos (Tabela 8 e Figura 24). Esta variação relata diferenças importantes, uma vez que resulta em maior ou menor digestibilidade dos mesmos.Conhecer o teor de nutrientes e a digestibilidade do DDGS que será utilizado é o fator mais importante para avaliar o valor econômico e obter um ótimo desempenho animal, pois superestimando teor de nutrientes de qualquer ingrediente da dieta pode resultar em desempenho reduzido dos animais e subestimando teor de nutrientes pode exceder as exigências do animal, elevando os custos com a alimentação, aumentando a excreção de nutrientes e podendo causar intoxicação.

Independente dos horários avaliados, observou-se uma variação nas digestibilidades *in vitro* da matéria seca e FDN entre as amostras analisadas e de acordo com o tempo de incubação (Tabela 9).

Tabela 9. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro e em função dos tempos de incubação, de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

	DDGS										
Variáveis	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DIVMS (%)	47,30	42,85	40,79	36,29	41,90	38,96	36,75	44,23	46,21	47,03	45,81
DIVFDN (%FDN)	44,68	42,30	36,17	31,55	44,35	51,81	46,13	46,90	46,82	39,96	45,04

EPM: erro padrão da média. [a-c]: médias seguidas por letras sobrescritas distintas (linhas) diferem significativamente (p≤0.05). pelo teste de Tukey.

Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

Tabela 9. Continuação

Variáveis	Horas de coleta					*Valores de P*		
	9	18	36	48	EPM	DDG	Horas	Tratamento*Horas
DIVMS (%)	27,33	38,99	50,09	53,82	1,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001
DIVFDN (%FDN)	19,28	38,75	55,89	59,09	1,51	<0,0001	<0,0001	0,0003

EPM: erro padrão da média. [a-c]: médias seguidas por letras sobrescritas distintas (linhas) diferem significativamente (p≤0.05). pelo teste de Tukey.

Houve interação entre as variáveis amostras x tempo de incubação (Tabela 10).

Tabela 10. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro em relação ao tempo de incubação de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

		Tempo de incubação			
	Amostra	9	18	36	48
DIVMS (%)	0	31,22^{ab}	45,60^{a}	55,12^{a}	57,25^{ab}
	1	25,67^{b}	40,63^{ab}	50,16^{b}	54,93^{b}
	2	23,12^{bc}	34,69^{bc}	52,96^{b}	52,40^{b}
	3	21,74^{c}	34,80^{bc}	40,83^{d}	47,81^{bc}
	4	25,34^{b}	38,06^{b}	48,29^{bc}	55,93^{b}
	5	26,37^{b}	42,38^{a}	42,30^{cd}	44,80^{c}
	6	22,02^{c}	29,86^{c}	45,77^{c}	49,35^{bc}
	7	27,84^{b}	40,70^{ab}	48,78^{bc}	59,60^{a}
	8	27,89^{b}	41,77^{a}	58,08^{a}	57,06^{ab}
	9	33,43^{a}	42,21^{a}	55,38^{a}	57,11^{ab}
	10	36,00^{a}	38,28^{b}	53,27^{ab}	55,72^{b}
DIVFDN (%FDN)	0	17,91^{b}	41,05^{b}	57,85^{ab}	61,88^{a}
	1	18,59^{b}	33,46^{bc}	57,31^{ab}	59,84^{ab}
	2	11,68^{c}	30,48^{c}	46,63^{bc}	55,86^{b}
	3	14,31b^{c}	28,25^{c}	39,74^{c}	43,89^{c}
	4	19,30^{b}	37,15^{bc}	58,34^{ab}	62,59^{a}
	5	29,73^{a}	55,91^{a}	59,28^{a}	62,32^{a}
	6	20,19^{b}	43,56^{b}	60,85^{a}	59,91^{ab}
	7	25,28^{ab}	39,82^{b}	58,86^{ab}	63,63^{a}
	8	18,15^{b}	41,77^{b}	62,64^{a}	64,72^{a}
	9	15,85b^{c}	35,72^{bc}	52,67^{b}	55,61^{b}
	10	20,71^{b}	39,05^{b}	60,63^{a}	59,76^{ab}

. $^{a-c}$: médias seguidas por letras sobrescritas distintas (coluna) diferem significativamente (p≤0.05) pelo teste de Tukey.

Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

Entre as diversas amostras analisadas, fica evidente que as amostras 3 (sorgo) e 2 (milho e sorgo), apresentaram, em geral, os piores resultados quanto aos parâmetros de DIVMS e DIVFDN, independente do tempo de incubação.

Observa-se que todas as amostras analisadas apresentaram pico na DIVMS e DIVFDN com 36 e 48 horas de incubação e das 11 amostras apenas 3 apresentaram menos que 50% de DIVMS com 48 horas de incubação (amostras

3, 5 e 6) e apenas a amostra 3 (sorgo) apresentou menos que 50% de DIVFDN com 48 horas (Figuras 25 e 26).

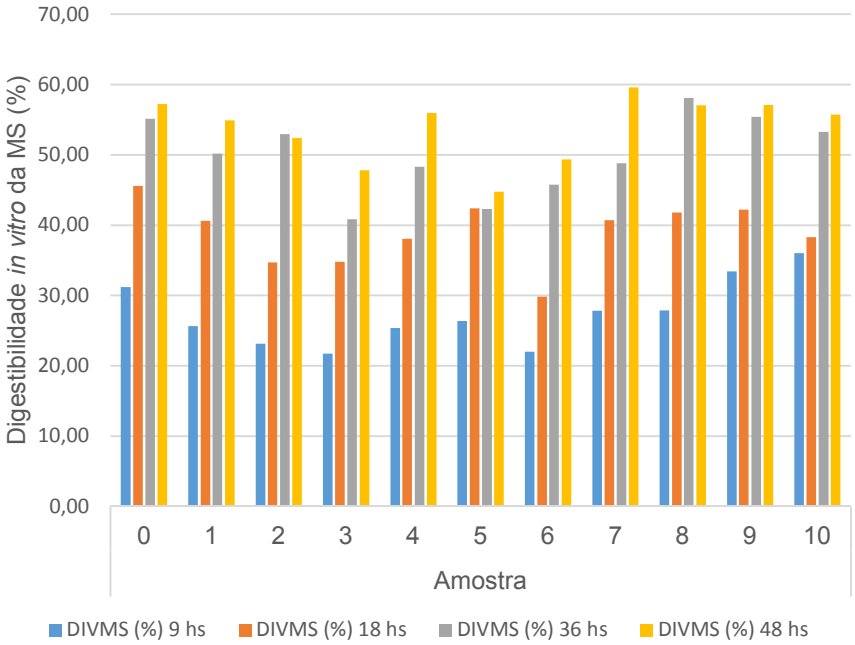

Figura 25: Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (%) de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS). Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

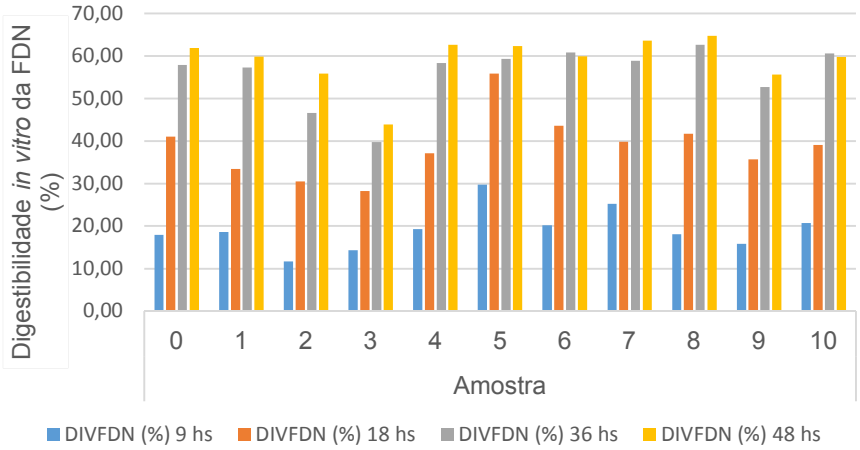

Figura 26: Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, energia metabolizável e energia digestível diferiram entre as amostras analisadas (Tabela 11).

Tabela 91. Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, energia metabolizável, energia digestível e nutrientes digestíveis totais em função dos tempos de incubação de amostras de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Variáveis	**DDGS**												
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**EPM**	*Valores de P*
DIVMO (%)	73,91[b c]	81,37[a b]	85,52 a	78,47[a b]	81,27[b a]	78,24[a b]	68,42[d c]	61,36 d	81,91 a	65,25 d	64,97 d	2,4	<0,0001
EM (mJ/kg MS)	7,52[bc]	8,78[a]	9,19[a]	8,74[ab]	9,14[a]	7,97[abc]	6,96[c]	6,80[c]	8,88[a]	7,13[c]	7,37[c]	0,26	<0,0001
EM (Mcal/kg MS)	1,79[bc]	2,10[a]	2,19[a]	2,01[ab]	2,18[a]	1,90[abc]	1,66[c]	1,63[c]	2,12[a]	1,70[c]	1,76[c]	0,06	<0,0001
ED (Mcal/kg MS)	2,19[b]	2,56[a]	2,67[a]	2,54[a]	2,66[a]	2,32[ab]	2,03[b]	1,98[b]	2,59[a]	2,08[b]	2,15[b]	0,07	<0,0001
*NDT (%)	78,58	77,67	77,01	76,79	77,40	78,40	73,20	76,20	76,86	78,71	77,88	0,46	

EPM: erro padrão da média. [a-c]: médias seguidas por letras sobrescritas distintas (linhas) diferem significativamente (p≤0.05) pelo teste de Tukey.

* NDT = [88,9 – (0,779 x FDA%)] (Paterson, 2000)

Amostra 0: DDGS de milho Abr/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 1: DDGS milho Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 2: DDGS milho e sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 3: DDGS sorgo Set/2015 (Destilaria Y)
Amostra 4: DDGS milho Jun/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 5: DDGS de milho Out/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 6: DDGS milho Ago/ 2015 (Destilaria X)
Amostra 7: DDGS milho Mar/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 8: DDGS milho Mar/2016(Destilaria Y)
Amostra 9: DDGS de milho Abr/ 2016 (Destilaria X)
Amostra 10: DDGS de milho Mai/2016(Destilaria Y)

Para tomada de decisão, é necessário avaliar o custo do DDGS e as suas contribuições de nutrientes em relação aos outros ingredientes concorrentes [63]. Avaliações cuidadosas de nutrientes, os custos de transporte e de armazenamento são essenciais no momento de decidir se os coprodutos de destilaria são alternativas de alimentação economicamente viáveis na operação da propriedade [64].

Segundo Tjardes e Wright [64], para determinar a viabilidade de utilização dos coprodutos na alimentação animal, as comparações devem ser feitas com base na energia (NDT) e proteína bruta (PB).

O preço de venda da tonelada de DDGS de abril de 2015 a maio de 2016 (valores fornecidos pelas destilarias, livre do frete) ficou entre R$ 420,00 e R$ 860,00, tendo valor médio de R$ 655,00.

Segundo o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária [89], o preço da tonelada de Milho comercializado na cidade Campos de Júlio - MT de abril de 2015 a maio de 2016 variou entre R$ 241,33 e R$ 560,63, ficando em média R$ 335,25.

A Tabela 13 ilustra o valor máximo que poderia ser pago pelo DDGS, considerando a amplitude dos resultados, para substituir a energia equivalente do milho (NDT). Não entrarão nesta simulação custos adicionais associados ao transporte ou armazenamento.

Tabela 10. Valor máximo que pode ser pago pelos grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS) em relação a energia equivalente conforme o preço do milho, considerando a amplitude de resultados obtidos nas análises.

Milho* (R$/ton)	**Mínimo**** (82% MS e 73% NDT)	**Média**** (91% MS e 77% NDT)	**Máximo**** (95% MS e 79% NDT)
R$ 244,00	R$ 189,25	R$ 221,22	R$ 235,59
R$ 275,00	R$ 213,30	R$ 249,33	R$ 265,52
R$ 307,00	R$ 238,12	R$ 278,34	R$ 296,42
R$ 335,25	R$ 260,03	R$ 303,95	R$ 323,70
R$ 371,00	R$ 287,76	R$ 336,37	R$ 358,22
R$ 402,00	R$ 311,80	R$ 364,47	R$ 388,15
R$ 434,00	R$ 336,62	R$ 393,48	R$ 419,04
R$ 466,00	R$ 361,44	R$ 422,50	R$ 449,94
R$ 497,00	R$ 385,49	R$ 450,60	R$ 479,87
R$ 529,00	R$ 410,31	R$ 479,61	R$ 510,77
R$ 561,00	R$ 435,13	R$ 508,63	R$ 541,67

*Milho com 88% de MS e 88% de NDT.
**Valores mínimos, médios e máximos, de acordo com as análises obtidas no presente experimento.

Portanto, considerando que o DDGS analisado teve em média 91% de MS e 77% de NDT, o valor máximo que poderia ser pago pelo DDGS em substituição ao NDT do milho (com 88% de MS e 88% de NDT, custo médio R$ 335,25) foi de R$ 303,95, ou seja, menor que R$ 655,00 comercializado pelas destilarias, sendo seu uso economicamente inviável para substituir a energia do milho nessas condições.

Conforme Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária [89], o preço da tonelada de farelo de soja comercializado nas regiões Centro-Sul e Meio-Norte do estado de Mato Grosso variou entre R$ 867,00 e R$ 1.466,00 no mesmo período, ficando em média R$ 1.054,00.

A Tabela 14 ilustra o valor máximo que poderia ser pago pelo DDGS, considerando a amplitude dos resultados, para substituir a PB equivalente do farelo de soja. Não entrarão nesta simulação custos adicionais associados ao transporte ou armazenamento.

Tabela 11. Valor máximo que pode ser pago pelos grãos secos de destilaria com solúveis de milho e/ou sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS) em relação a proteína bruta equivalente ao farelo de soja conforme o preço, considerando a amplitude de resultados obitidos nas análises.

Farelo de Soja* (R$/ton)	**Mínimo**** (82% MS e 30% PB)	**Média**** (91% MS e 32% PB)	**Máximo**** (95% MS e 38% PB)
R$ 880,00	R$ 528,77	R$ 624,35	R$ 775,96
R$ 930,00	R$ 558,82	R$ 659,82	R$ 820,05
R$ 980,00	R$ 588,86	R$ 695,30	R$ 864,14
R$ 1.030,00	R$ 618,91	R$ 730,77	R$ 908,23
R$ 1.080,00	R$ 648,95	R$ 766,25	R$ 952,32
R$ 1.130,00	R$ 678,99	R$ 801,72	R$ 996,41
R$ 1.180,00	R$ 709,04	R$ 837,19	R$ 1.040,50
R$ 1.230,00	R$ 739,08	R$ 872,67	R$ 1.084,59
R$ 1.280,00	R$ 769,13	R$ 908,14	R$ 1.128,68
R$ 1.330,00	R$ 799,17	R$ 943,62	R$ 1.172,77
R$ 1.380,00	R$ 829,21	R$ 979,09	R$ 1.216,85

*Farelo de soja com 89% de MS e 46% de PB.
**Valores mínimos, médios e máximos, de acordo com as análises obtidas no presente experimento.

Portanto, considerando que o DDGS analisado teve em média 91% de MS e 32% de PB, o valor máximo que poderia ser pago pelo DDGS em substituição da PB do farelo de soja (com 89% de MS e 46% de PB, custo médio R$ 1.054,00) foi de R$ 747,80, ou seja, maior que R$ 655,00 comercializado na região das destilarias, sendo seu uso economicamente viável nessas condições.

Após conhecer as características dos alimentos utilizados, no caso DDGS, é necessário conhecer as exigências nutricionais dos animais que serão arraçoados, para então trabalhar conforme sua estratégia nutricional, suprindo de forma econômica as necessidades e os objetivos produtivos [30].

Como exemplo será utilizada inclusão de 20% de DDGS em relação a MS da dieta, apontado por Buckner et al. [72] como o melhor nível de inclusão para bovinos de corte. Serão utilizadas as exigências nutricionais de bovinos de corte em terminação em confinamento, machos inteiros, raça Nelore, com peso corporal médio de 510 kg, com GMD de 1,5 kg em sistema de confinamento (Tabela 15) [90].

Tabela 12. Exigências nutricionais de bovinos de corte e a contribuição nutricional da inclusão de 20% de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e sorgo (dried distillers grains with solubles - DDGS).

Exigência	Ideal	Máximo	Inclusão (20%)
Consumo de Matéria Seca, kg/dia	10,59	11,65	2,09
Extrato Etéreo, kg/dia	-	0,74	0,17
Fibra em Detergente Neutro, kg/dia	-	6,73	1,33
Nutrientes digestíveis totais, kg/dia	7,5	7,88	1,61
Proteína Bruta, g/dia	1.217,45	1.339,19	667,73
Cálcio, g/dia	28,39	56,79	2,09
Fósforo, g/dia	19,39	38,78	10,22
Enxofre, g/dia	19,62	58,86	6,68

Fonte: Adaptado Valadares et al. (2016).

É possível verificar que com esse nível de inclusão (20% da MS) o DDGS supriu 48,25% das exigências de Proteína Bruta e não teve nenhum limitação de uso em relação aos níveis máximos de inclusão.

Como exemplo na inclusão de 20% de DDGS em dietas de bovinos de leite serão utilizadas exigências para vacas acima de três semanas de lactação com peso corporal de 500 kg, produção de 20 litros de leite por dia com 4% de gordura e 3,1% de proteína segundo NRC [31] (Tabela 16).

Tabela 13. Exigências nutricionais de bovinos de leite e a contribuição nutricional da inclusão de 20% de grãos secos de destilaria com solúveis de milho e sorgo (*dried distillers grains with solubles* - DDGS).

Exigência	Ideal	Inclusão (20%)
Consumo de Matéria Seca, kg/dia	16,41	3,28
Extrato Etéreo, kg/dia (máximo)	0,82	0,27
Fibra em Detergente Neutro, kg/dia (mínimo)	4,59	2,09
Nutrientes digestíveis totais, kg/dia	10,54	2,53
Proteína Bruta, g/dia	2264,58	1050,57
Cálcio, g/dia	96,82	3,28
Fósforo, g/dia	52,51	16,08
Enxofre, g/dia	32,82	10,50

Fonte: Adaptado NRC [31].

A inclusão de 20% da MS de DDGS em dietas de vacas de leite supriu 46,39% da Proteína Bruta e não teve nenhum limitação de uso em relação aos níveis máximos de inclusão.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados das análises, pode-se constatar que a utilização de DDGS na alimentação de bovinos é uma alternativa para incremento proteico e calórico da dieta. Em função das variações nos níveis nutricionais entre as amostras, sugere-se cuidados nas formulações de dietas com o produto e a necessidade de análises bromatológicas entre diferentes partidas.

A viabilidade econômica do DDGS frente a outros insumos vai depender principalmente da distância entre o fornecedor e o consumidor, além da estrutura de armazenamento, mas verificou-se que nas regiões produtoras, durante o período das análises, o uso como insumo proteico nas rações foi mais viável do que o farelo de soja, já a viabilidade frente à energia do milho foi desfavorável.

Não foi identificada limitação de uso nos níveis recomendados (20% de inclusão da MS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rabelo, L. Planejamento e Gestão na Produção Pecuária. In: **V Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte**; 2012 9-10 nov; Belo Horizonte, MG. UFMG.

2. Barbosa, F. A., Guimarães, P. H. S., Graça, D. S., Andrade, V. J. Cezar, I. M., Souza, R. C., Lima, J. B. M. P. Análise da viabilidade econômica da terminação de bovinos de corte em confinamento: uma comparação de dois sistemas. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**; 2006 24-27 jul; João Pessoa, PB. SBZ.

3. Almeida, R.; Medeiros, S.R.; Calegare,L.; Albertini, T.Z.; Lanna, D.P.D. Fazendas de terminação. In: Pires, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010, p.183-199.

4. Vasconcelos, J. T; Galyean, M. L. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science**. v. 85, p. 2772 - 2781. 2007. doi:10.2527/jas.2007-0261.

5. Cooper, G.; Weber, J.A. An outlook on world biofuel production and its implications for the animal feed industry. In: Makkar, F.P.S. (eds.) **Biofuel Co-products as Livestock Feed - Opportunities and Challenges**. Rome, IT: FAO, 2012, p. 1-12.

6. Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. Use of distillers co-products in diets fed to beef cattle. In: Babcock, B.A.; Hayes, D.J.; Lawrence, J.D. Using distillers grains in the U.S. and international livestock and poultry industries. **Iowa State University**, Ames, Iowa; 2008. p. 5-55.

7. World Population Prospects: The 2015 Revision. New York: United Nations, **Department of Economics and Social Affairs**, Population Division, 2015

8. FAO. **How to feed the world in 2050**. Roma. 2009. Disponível em <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf> (acesso em 15 de set de 2016).

9. Pedreira, M.S.; Primavesi, O. Aspectos ambientais na bovinocultura. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 521-535.

10 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050 - Revisão 2008**. Disponível em:<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=10&op=0&vcodigo=POP300&t=revisao-2008-projecao-populacao-brasil>. (acesso em 16 set 2016).

11 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Efetivo dos rebanhos em 31.12 e variação anual, segundo as categorias - Brasil - 2013-2014.** Disponível em: http://ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2014/default_ods_brasil.shtm>. Acesso em 16/09/2016.

12 - Carvalho, V. Perspectivas favoráveis para a bovinocultura de corte. In: **ANUALPEC 2016. Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo. Instituto FNP, 2016. 30-32 p.

13 - MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Abertura dos EUA à carne bovina in natura brasileira pode facilitar acesso a outros mercados**; 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2016/08/abertura-dos-eua-a-carne-bovina-in-natura-brasileira-pode-facilitar-acesso-a-outros-mercados> (acesso em 17 de set de 2016).

14 - Zafalon, M. Carne brasileira ganha terreno nas exportações para a China. **Jornal Folha de São Paulo**. 2016. Disponível em:<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/08/1802434-carne-brasileira-ganha-terreno-nas-exportacoes-para-a-china.shtml> (acesso em 17 de set de 2016).

15 - ANUALPEC 2016: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP, 2016. 271 p.

16 - Gomes, S.T. Cadeia Agroindustrial do Leite no Mercosul. **Universidade Federal de Viçosa**. 1997. Disponível em:<http://www.ufv.br/der/docentes/stg/stg_artigos/Art_109%20-%20CADEIA%20AGROINDUSTRIAL%20DO%20LEITE%20NO%20MERCOSUL%20(20-9-97).pdf >. Acesso em 17/09/2016.

17 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=1&op=0&vcodigo=PPM01&t=efetivo-rebanhos-tipo-rebanho>. Acesso em 16/09/2016.

18 - CEPEA–FEALQ/USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. 2016. **Boletim do Leite**. ESALQ, USP, Piracicaba, SP, ano 22, n. 255, agosto 2016.

19 - MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio - Brasil 2015/16 A 2025/26 - Projeções de Longo Prazo**. Julho de 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/acs/2016/projecoes-agronegocio-2016-2026.pdf> (acesso em 15 de set de 2016).

20 - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2015/2016 – Décimo Segundo Levantamento - Setembro**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2> (acesso em 17 de set de 2016).

21 - INFORMA ECONOMICS FNP. **Boletim Diário do Milho**. n° 3751. 16/09/16. <http://www.informaecon-fnp.com/publicacoes/47>. (acesso em 19 de set de 2016).

22 - CONAB. **Operação de remoção de milho negocia 100% do produto**. 2016. Disponível emhttp://www.conab.gov.br/imprensa-noticia.php?id=41673 (acesso em 17 de set de 2016).

23 - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar. Primeiro Levantamento -Abril**. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_18_14_27_15_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_16.pdf> (acesso em 18 de set de 2016).

24 - ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Produção, vendas e exportação de autoveículos - Dados Relativos a 2016**. Disponível em**<**http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>. (acesso em 18 de set de 2016).

25 - Van Soest, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Comstock Publishing Association, 1994. 476 p.

26 - 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.

27 - Mertens D.R. **Regulation of forage intake**. In: G.C. Fahey; M. Collins; D.R. Mertens & L.E. Moser (ed). Forage Quality Evaluation and Utilization. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, p 450-493, 1994.

28. Gonçalves, L.C.; Borges, I., Ferreira, P.D.S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ; 2009. 568 p.

29 - Santos, F.A.P; Pedroso, A.M. Suplementação proteica e energética para bovinos de corte em confinamento. In: Pires, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010, p. 257-280.

30 - Albertini, T.Z.; Medeiros, S.R.; Gomes, R.C.; Feltrin, G.B. Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte. In: Medeiros, S.R.; Gomes, R.C.; Bungenstab, D.J. (eds.) **Nutrição de bovinos de corte – Fundamentos e Aplicações**. Brasília: EMBRAPA, 2015, p.107-118.

31 - National Research Council. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.

32 - Arcuri, P.B.; Lopez, F.C.F; Carneiro, J.C. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. Microbiologia do rúmen. **Nutrição de ruminantes**. 2ª. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 115-160.

33 - Resende, K.T.; Teixeira, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 323- 344.

34 - Palmquist, D.; Mattos, W.R.S. Metabolismo de lipídios.In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 299- 321.

35 - Cappelle, E.R., Valadares Filho, S.C., Silva, J.F.C., Cecon, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p. 1837-1856, 2001.

36 - Berchielli, T.T.; Garcia, A.V.; Oliveira, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 415- 436.

37 - National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.

38 - Silva, D.J; Queiroz, A.C. **Análise de Alimentos. Métodos Químicos e Biológicos**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV; 2012. 235p.

39 - Nelson, D.L.; COX, M.M. **Lehninger: Principles of Biochemistry**. 6. ed. W. H. Freeman, New York, 2013. 1198p.

40 - Nussio, L.G., Campos, F.P., Lima, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 193-234.

41 - Mertens, D. Formulating Dairy Rations: Using fiber and carbohydrate analysis to formulate dairy rations. In: **Information conference with dairy and forage industries.** Wisconsin. Procedings... Wisconsin: U.S. Dairy Forage and Research Center, 1996, p. 81-92.

42 - Hall, M.B. Making nutritional sense of nonstructural carbohydrate. In: **Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium**, 9., Gainsville, Fl.Proceedings… Gainsville: Florida University, 1998. p. 108-121.

43 - Mertens, D. Nonstrutural and strutural carbohydrates. In: Van Horn, H.H.; Wilcox C.J. **Large Dairy Heard Management**. Am. Dairy Sci. Assoc., Champaign, IL. 1992. P 219-235.

44 - Bergman, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiology Review**, 1990; v. 70, p. 567-590.

45 – Sutton, J.D. Digestion and absortion of the energy substrates in the lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.3376-3393. 1985.

46 - Owens, F.N.; Secrist, D.S.; Hill, W.J.; Gill, D.R. Acidosis in Cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 275-286, 1998.

47 - Howlett C. M.; Vanzant E. S.; Anderson L. H.; Burris W. R.; Fieser B. G.; Bapst R. F. Effect of supplemental nutrient source on heifer growth and reproductive performance, and on utilization of corn silage-based diets by beef steers. **Journal of Animal Science**, Lexington, v. 81, p. 2367–2378, 2003.

48 - Zenebon, O.; Pascuet, N.S.; Tigela, P. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, SP. 2008. 1020p.

49 - Felício, P.E.Classificação e tipificação de carcaças bovinas. In: Pires, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010, p.1263-1282.

50 - Pires, A.V.; Ribeiro, C.V.D.M.; Mendes, C.Q. Aspéctos nutricionais ligados à reprodução. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 537-560.

51 - Santos, F.A.P; Pedroso, A.M. Metabolismo de proteínas. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 265 – 297.

52 - National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, DC: National Academy of Press, 1996. 242p.

53 - Sniffen C.J.; O'connor J.D.; Van Soest P.J.; Fox D.G; Russell J.B. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: 11. Carbohydrate and Protein Availability. **Journal of Animal Science**, New York, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

54 - Medeiros, S.R.; Marino, C.T. Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação. In: Medeiros, S.R.; Gomes, R.C.; Bungenstab, D.J. (eds.) **Nutrição de bovinos de corte – Fundamentos e Aplicações**. Brasília: EMBRAPA, 2015, p.1-15.

55 - Pedreira, M.S.; Berchielli, T.T. Minerais.In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 345-368.

56 - Balsalobre, M.A.A.; Ramalho, T.R.A. Suplemento mineral para bovinos. In: Pires, A.V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010, p.331-345.

57 - Pedreira, A.C.M.S.; Filho, A.L.; Leite, V.B.O.; Carvalho, M.H. *Quality characteristics of Longissimus dorsi muscle from Bos indicus animals treated with vitamin* D_3. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 8, 2003.

58 - Goff, J.P. **Determining the mineral requirement of dairy cattle**. In: 11th Florida Ruminant Nutrition Symposium. University of Florida; 2000 13-14 jan; Gainesville, FL; 106–132.

59 - Zeoula, L.M.; Geron, L.J.V. Vitaminas. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 345-368.

60 - Rodrigues, M.T.; Vieira, R.A.M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: Berchielli, T.T.; Pires, V.P., Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP; 2011. p. 29-56.

61 - Lardy, G.; Anderson, V. Feeding Coproducts of the Ethanol Industry to Beef Cattle. **North Dakota State University**. 8p. 2014. Disponível em <https://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/beef/as1242.pdf >. (acesso em 19 de mai de 2015).

62 - Stock, R. A., Lewis J. M., Klopfenstein T.J., Milton C.T. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. **American Society of Animal Science**, University of Nebraska, Lincoln, 2000.

63 - US Grains Council, 2012. **A guide to Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS)**, U.S. Grains Council DDGS User Handbook – 3. Ed. Washinton DC, USA, 406p.

64 - Tjardes, K., Wright, C. Feeding Corn Distiller's Co-Products to Beef Cattle. **Animal & Range Sciences**, n. 2036, p. 1 –5, 2002.

65 - Klopfenstein, T.J.; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. Board-Invited Review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. **Journal of Animal Sciense**, v.86, p.1223-1231, 2008.

66 - Schroeder, J.W. Distillers grains as a protein and energy supplement for dairy cattle. **North Dakota State University**, 8p. 2012. Disponível em <https://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1241.pdf>. (acesso em 16 de junho de 2015).

67 - Rosentrater, K.A. Some physical properties of distillers dried grains with solubles (DDGS). **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. v.22:4, p. 589-595. 2006.

68 - Erickson,G.; Klopfenstein, T.; Rasby, R.; Stalker, A.; Plugge, B.; Bauer, D.; Mark, D.; Adams, D.; Benton, J.; Greenquist, M.; Nuttleman, B.; Kovarik, L.; Peterson, M.; Waterbury J.; Wilken, M. Storage of Wet Corn Co-Products. **Nebraska Corn Board and the University of Nebraska–Lincoln**. p. 1-17.2008.

69 - Bregendahl, K. Use of distillers co-products in diets fed to poultry. In: Babcock, B.A.; Hayes, D.J.; Lawrence, J.D. Using distillers grains in the U.S. and international livestock and poultry industries. **Iowa State University**, Ames, Iowa; 2008. p. 99-133.

70 - Buckner, C.D.; Darrell, M.; Bremer, V.R.; Rrickson, G.E. Cattle CODE: coproduct optimizer decisionevaluator. **University of Nebraska – Lincoln**. 2008; v. 46:4. 4p.

71 - DiCostanzo, A.; Crawford, G. Effect of finishing cattle on low fat distillers graisn on animal performance and carcass and meat characteistics. **Agricultural Utilization Research Institute**. 2013. p. 01-11. Disponível em <http://www.auri.org/assets/2013/05/AIC024.DG-finishing-cattle.pdf> (acesso em 10 de set de 2016).

72 - Buckner, C.D.; Mader, T.L.; Erickson, G.E.; Colgan, S.L.; Karges, K.K.; Gibson, M.L. Optimum levels of dry distillers grains with solubles for finishing beef steers. **Nebraska Beef Cattle Report**. 2007. p.36–38. Disponível em <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1067&context=animalscinbcr>. (acesso em 10 de set de 2016).

73 - Loy, D. Ethanol Coproducts for Cattle - Distillers Grains for Beef Cows. **Iowa Beef Center**. Iowa State Univ. 6p. 2008. IBC-28.

74 - Kononoff, P.J.; Gehman, A.M.; Machacek, K.J. Utilization of Corn Co-Products in the Dairy Industry. **University of Nebraska Lincoln**. 11p. 2008. Disponível em <http://www.nebraskamilk.org/wp-content/uploads/sites/2/2014/12/Utilization-of-corn-co-products.pdf>. (acesso em 10 de jan de 2015).

75 - Schingoethe, D.J.; Kalscheur, K.F.; Hippen, A.R.; Garcia, A.D. Invited review: The use of distillers products in dairy cattle diets. **Journal of Dairy Science**. v. 92, p. 5802–5813. 2009. doi: 10.3168/jds.2009-2549.

76 - Kalscheur, K. F. Impact of feeding distiller's grains on milk fat, protein, and yield. In: **Proccedings Distiller's Grain Technology Council. 9th Annual Symposium**; 2005 18 may; Louisville, KY.

77 - Silva, D. J.; Queiroz, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** 3. ed. Viçosa, MG:UFV, 2006. 235p.

78 - Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacarides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

79 - Pell, A.N.; Schofield, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.

80 - Sarruge, J.R.; Haag, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1979. 40p.

81 - Theodorou, M.K.; Williams, B.A.; Dhanoa, M.S.; Mcallan, A.B. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminal feeds. **Animal Feed Science and echnology**, Amsterdam, v.48, n. 1, p.185197, 1994.

82 – Longo, C.; Bueno, I.C.S.; Nozella, E.F.; Goddoy, P.B.; Cabral Filho, S.L.S; Abdalla, A.L. The influence of head-space and inoculum dilution on *in vitro* ruminal methane measurements. **International Congress Series**, Amsterdam, v. 1293, p. 65-65, 2006.

83 - Mauricio, R.M.; Pereira, L.G.R.; Gonçalves, L.C. et al. Potencial da Técnica *in vitro* Semi-Automática de Produção de Gases para Avaliação de Silagens de Sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.1013-1020, 2003.

84 - Zervoudakis, J.T.; Leonel, F. P.; Cabral, L.S.; Hatamoto-Zervoudakis, L. K.; ALVES, A.F.; Cosentino, P. N.; Paula, N. F.; Carvalho, D. M. G. Substituição do farelo de soja por farelo de algodão alta energia em dietas para vacas leiteiras: composição do leite e custo de produção. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.11, n.1, p 150-159, 2010.

85 - Menke, K.H., Steingass, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research and Development**, Tubingen, v.28, n.1, p.7-55, 1988.

86 - Ruiz, M.E., Thiago, L.R.L.S., Costa, F.P. **Alimentação de bovinos na estação seca - princípios e procedimentos**. Campo Grande, MS: EMBRAPA-CNPGC, 1984, 81 p.

87 - Wang, L.A.; Goonewardene, Z. The use of MIXED models in the analysis of animal experiments with repeated measures data. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 1, p. 1-11, 2004.

88 - Bueno, I. C. S.; Filho, S. L. S; Gobbo, S. P. Louvantini, H.; Vitti, D. M. S. S; Abdalla, A. L. Influence of inocolum source in a gas production method. **Animal feed science and technology**, Amsterdam, v.123-124, n. 1-2, p.95-105, 2005.

89 - Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Preços. Disponível em: <http://www.imea.com.br/site/precos.php>. (acesso em 07 de nov de 2016).

90 - Valadares Filho, S. C., Costa e Silva, L. F., Lopes, S. A. et al. **BR-CORTE 3.0. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados**. 2016. Disponível em <www.brcorte.com.br>. (acesso em 07 de nov de 2016).

RESENHA BIOGRÁFICA DO AUTOR

JOÃO PAULO FERNANDES BUOSI – filho de Edson Geraldo Buosi e Márcia Rosa Fernandes Buosi, nasceu em Fernandópolis, São Paulo, no dia 26 de Julho de 1982. Em Janeiro de 2006 graduou-se no curso de Medicina Veterinária pela Universidade Camilo Castelo Branco - UNICASTELO de Fernandópolis. Atuou como Médico Veterinário na divisão de Defesa Sanitária Animal da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná entre 2007 e 2009, na Secretaria Municipal da Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Meio Ambiente e na Secretaria Municipal de Saúde da Prefeitura de Jales - SP entre 2010 e 2012, como Gerente de Confinamento de Bovinos de Corte entre 2012 e 2013 e desde 2013 é Médico Veterinário / Fiscal do Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de São Paulo. Em 2014 ingressou no Mestrado Profissional, *Stricto sensu*, da Universidade Brasil, sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian, submetendo-se a defesa de dissertação “Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* de Grãos Secos de Destilaria com Solúveis”, 28 de abril de 2017.