ELAINE MAGNANI

Efeito dos teores de fibra e da adição de monensina ou óleo funcional no desempenho e emissão de metano de bovinos Nelore em terminação

VERSÃO CORRIGIDA

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Leme

Co-Orientador: Prof. Dra. Renata Helena Branco Arnandes

Pirassununga
2017

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MM196e Magnani, Elaine
 Efeito dos teores de fibra e da adição de
monensina ou óleo funcional no desempenho e emissão
de metano de bovinos Nelore em terminação / Elaine
Magnani ; orientador Paulo Roberto Leme ;
coorientadora Renata Helena Branco Arnandes. --
Pirassununga, 2017.
145 f.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia
de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. Aditivos alimentares. 2. Acidose Ruminal. 3.
Eficiência Alimentar. 4. Metabolismo Ruminal. 5.
Gases de efeito estufa. I. Leme, Paulo Roberto,
orient. II. Branco Arnandes, Renata Helena,
coorient. III. Título.

Universidade de São Paulo

ATA DE DEFESA

Aluno: 74131 - 7376423 - 1 / Página 1 de 1

Ata de defesa pública de Tese do(a) Senhor(a) Elaine Magnani Biazotti no Programa: Zootecnia, do(a) Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

Aos 11 dias do mês de agosto de 2017, no(a) Sala 01 do ZAZ realizou-se a Defesa da Tese do(a) Senhor(a) Elaine Magnani Biazotti, apresentada para a obtenção do título de Doutora intitulada:

"Efeito dos teores de fibra e da adição de monensina ou óleo funcional no desempenho e emissão de metano de bovinos Nelore em terminação"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Paulo Roberto Leme	Presidente	FZEA - USP	<u>APROVADA</u>
Alexandre Berndt	Titular	EMBRAPA - Externo	<u>APROVADA</u>
Wignez Henrique	Titular	Externo	<u>APROVADA</u>
Claudia Cristina Paro de Paz	Titular	SAABSP - Externo	<u>APROVADA</u>
Roberta Carrilho Canesin	Titular	Externo	<u>APROVADA</u>

Resultado Final: APROVADA

Parecer da Comissão Julgadora *

Eu, Erica Cristina Mello Ferraz, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). Pirassununga, aos 11 dias do mês de agosto de 2017.

Alexandre Berndt

Wignez Henrique

Claudia Cristina Paro de Paz

Roberta Carrilho Canesin

Paulo Roberto Leme
Presidente da Comissão Julgadora

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

A defesa foi homologada pela Comissão de Pós-Graduação em 17.08.2017 e, portanto, o(a) aluno(a) faz jus ao título de Doutora em Ciências obtido no Programa Zootecnia - Área de concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Profª. Drª. Rosemary Aparecida de Carvalho
Presidente da Comissão de
Pós-Graduação
FZEA/USP

Aos meus pais Sergio e Odete,

Meus exemplos de vida, perseverança, determinação e coragem, de caráter inigualável, responsável por tudo que sou, sempre me dando grandes ensinamentos.

Ao meu marido Rodrigo,

Por ser meu companheiro, pelo carinho e amor. Por toda sua compreensão, paciência e apoio durante todos os momentos de nossas vidas.

Ao meu querido e amado filho João Pedro,

Que me orgulha pela sua generosidade e sabedoria, que me proporciona muita paz, alegria e força para enfrentar as dificuldades da vida, sempre me inspirando na busca de ser cada vez melhor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre ilumina meu caminho e minhas escolhas.

A meus pais, irmão, cunhada e sobrinhos por nunca duvidarem do meu potencial, estando sempre ao meu lado, me ajudando a superar todos os obstáculos sem nunca medir esforços para essa realização.

Ao meu marido, por ser meu melhor e mais fiel amigo, sei que essa batalha não foi só minha e sem você seria impossível essa realização.

Ao meu amado filho, saiba que você foi o maior incentivo para eu querer e conseguir ir cada vez mais longe.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Roberto Leme pela confiança, incentivo e pelos valiosos ensinamentos, saiba que foi uma enorme satisfação ter a oportunidade de conhecer e trabalhar com um profissional tão íntegro.

A minha co-orientadora, Dra. Renata Helena Branco Arnandes, pelo apoio e sugestões para elaboração e execução deste projeto.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa e auxílio à pesquisa (Processo-2013/21695-7). Sem dúvida, isto foi determinante para a qualidade do trabalho e qualificação profissional da bolsista.

A empresa Oligobasic pelo apoio financeiro ao projeto.

A todos os funcionários, alunos e pesquisadores do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, pela amizade, confiança e apoio, em especial ao Sr. José Furtado, Flávio Franchini, Robson e Nena por terem me ajudado no dia a dia do experimento, saibam que vocês foram fundamentais.

Aos colegas de trabalho Paulo, Jeferson, Julia, Luara, Gabi, Guilherme, Aska, Túlio, André, Bianca e em especial a minha parceira Laura muito obrigada pela ajuda.

A Aniely, pessoa incrível que conheci nesse período, não só por me ajudar com todas minhas análises, mas principalmente por se tornar uma grande amiga.

A toda equipe que participou do abate, em especial Muzambinho, Henrique, Bianca e Cleisy, vocês me mostraram que amizade prevalece mesmo à distância.

Aos pesquisadores Dra. Wignez Henrique, Dr. Alexandre Bernedti, Dra. Rosa, Dra. Maria Eugênia, Dra. Claudia, Dra. Maria Lúcia e Dra. Sarah Bonilha pelas sugestões e apoio.

A pós doutoranda Roberta Canesin pela amizade, incentivo e por toda ajuda.

A Dra. Angélica e todas as meninas (Angeliquetes) do laboratório de qualidade da carne da USP de Pirassununga.

Aos amigos Leandro, Cleisy, André, Nara, Fabiana e Fernanda saibam que mesmo a distância o apoio de vocês foi essencial.

A todos que não foram citados, mas que participaram direta ou indiretamente deste estudo.
Meu muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Sonhos são gratuitos. Transformá-los em realidade tem um preço”

Ennis J. Gibbs

“O que vale a pena ser feito, vale a pena ser bem feito”

Nicolas Poussin

RESUMO

MAGNANI, E. **Efeito dos teores de fibra e da adição de monensina ou óleo funcional no desempenho e emissão de metano de bovinos Nelore em terminação.** 2017. 145f. Tese (doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2017.

Foi avaliado o efeito do uso dos aditivos monensina (MON) ou óleo funcional (OF) e de diferentes teores de fibra insolúvel em detergente neutro proveniente da forragem (FDNf), no desempenho, emissão de metano, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore em terminação. Para isso, foram realizados concomitantemente dois experimentos, utilizando no total setenta animais. Os experimentos 1 e 2 contaram com 30 e 60 bovinos machos Nelore não castrados, respectivamente. Sendo o peso vivo inicial $409 \pm 6,36$ e $407,4 \pm 3,05$ kg respectivamente e idade aproximada de 24 meses. A dieta era composta por feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, milho grão moído, farelo de soja, polpa cítrica moída, ureia, cloreto de potássio, cloreto de sódio e núcleo confinamento. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com dez animais por tratamento, sendo esquema fatorial 3x2 no experimento 2. No experimento 1, os tratamentos foram: controle (CTL), que consistiu em dieta base, sem aditivos; monensina (MON), dieta base com adição de monensina sódica (30mg.kg MS) e óleo funcional (OF), dieta base com adição de óleo funcional (500mg.kg MS). No experimento 2, os tratamentos foram: três concentrações de FDN provindo da forragem (6, 9 e 15% da MS) e dois aditivos: óleo funcional (500 mg.kg MS) ou monensina sódica (30 mg.kg MS). Os experimentos tiveram duração de 105 dias sendo 14 dias para a adaptação. As análises de variância para todas as características foram realizadas pelo procedimento MIXED do programa SAS. No experimento 1, os animais que receberam MON apresentaram maior CMS e dos nutrientes FDN, FDA e amido (kg.dia^{-1}), comparado ao tratamento CTL. O uso de OF promoveu diminuição no CMS em quilos por dia e em porcentagem do PV e dos nutrientes, matéria orgânica, extrato etéreo, FDN, amido, proteína e carboidratos não fibrosos (kg.dia^{-1}), comparado ao tratamento CTL. O uso dos aditivos promoveu melhora no comportamento ingestivo dos animais, sendo que os animais que receberam MON apresentaram maior tempo de ruminação (259,76 vs 185,7) e eficiência de ruminação (29,80 vs 21,48), comparado ao tratamento CTL. O uso de OF aumentou todas as variáveis de comportamento ingestivo avaliadas, comparado ao tratamento CTL ($P < 0,01$). Os animais do tratamento CTL apresentaram seleção contra as partículas longas da dieta e os animais que receberam os aditivos MON e OF seleção a favor dessas partículas. O uso de OF promoveu aumento na digestibilidade da FDN (DFDN%) comparado ao tratamento CTL, sendo essa diferença de 21%. Os animais alimentados com o aditivo MON apresentaram menor valor de pH médio diário comparado aos animais do tratamento CTL, assim, como maior tempo com pH abaixo de 5,6 em h.dia, sendo em média 72,4% maior que o tempo do tratamento CTL abaixo deste valor. O fornecimento de MON ocasionou efeito anti-protozoário, diminuindo o gênero *Entodinium* em 24% e o gênero *Epidinium* em 78%. O uso de OF, por sua vez, diminuiu em 78% o gênero *Epidinium*, comparado ao tratamento CTL. Os animais do tratamento CTL apresentaram maior emissão de metano (g.dia), comparado ao uso de OF, sendo 15,5% a diferença nessa emissão. O uso de ambos os aditivos não promoveu diferenças nas variáveis de desempenho produtivo comparados ao tratamento CTL. Os animais do tratamento CTL apresentaram menores pesos de fígado ($P = 0,08$) e do trato gastrointestinal vazio, comparado ao uso de MON, além de maior profundidade da carcaça ($P = 0,06$) comparado ao uso de OF. Os aditivos não diferiram do tratamento CTL quanto ao peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e rendimento do ganho. No experimento 2, a interação entre FDNf e os aditivos foi significativa para o consumo de MS ($P = 0,02$), sendo o maior consumo observado no tratamento com inclusão de 15% de FDNf e uso de MON. Houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para os consumos de extrato

etéreo e amido, sendo os maiores valores obtidos com inclusão de 9% de FDNf. Também houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para consumo de carboidratos não fibrosos, sendo que os níveis com inclusão de 9% e 15% de FDNf apresentam maiores valores comparados ao tratamento com inclusão de 6% de FDNf. Assim como, efeito quadrático para os consumos de nutrientes digestíveis totais e de energia metabolizável, sendo observados maiores valores com inclusão de 15% de FDNf. O consumo de FDN (% PV), assim como consumo de FDA (kg.dia^{-1}), apresentaram efeito linear com a inclusão dos níveis de FDNf, sendo observados maiores valores com inclusão de 15% de FDNf. A interação entre o uso dos aditivos e os níveis de FDNf foi significativa para tempo de ruminação. Assim como para eficiência de ruminação. O uso de MON apresentou menor tempo de alimentação (TAL), tempo de mastigação (TMAST) e eficiência de alimentação, comparado ao tratamento com uso de OF. O TAL e TMAST aumentaram linearmente em função do aumento nos níveis de FDNf, sem diferença ($P>0,10$) entre os tratamentos com inclusão de 6% e 9% de FDNf. Foi observado aumento no coeficiente de digestibilidade da FDN com uso do aditivo OF comparado ao uso de MON. Os animais alimentados com MON permaneceram mais tempo consecutivo com pH entre 5,5 e 5,6 que os animais que receberam dietas com OF, assim como o tratamento com inclusão de 6% de FDNf. O uso de OF proporcionou aumento de 45% na população total de protozoários ciliados do rúmen. O tratamento com inclusão de 15% de FDNf apresentou maior número de protozoários do gênero *Metadinium*, entretanto, o número total de protozoários foi maior com a inclusão de 9% de FDNf. A média da emissão de metano (g.dia) do tratamento com uso de OF foi menor que a média do tratamento com uso de MON, sendo 14% essa diferença, entretanto, a emissão de metano (g.kg MS) e emissão de metano em porcentagem do consumo de energia bruta foi menor com uso de MON. O aumento na inclusão dos níveis de FDNf ocasionou efeito linear crescente na emissão de metano (g.dia) e CH_4/GMD (g.kg), sendo que o aumento de 1% de FDNf na dieta, proporcionou acréscimo de 6,7% na emissão de CH_4 (g.dia). O uso de MON promoveu aumento de 5% no peso vivo final e peso vivo vazio, comparado ao uso de OF, com incremento de 15% no GMD, entretanto, sem diferir na eficiência alimentar. Os animais do tratamento MON apresentaram maior espessura de gordura subcutânea, peso de carcaça quente, gordura renal, pélvica e inguinal, peso de fígado e peso do trato gastrointestinal vazio comparado aos animais que receberam OF como aditivo, entretanto, sem diferir quanto ao rendimento de carcaça e rendimento do ganho. Houve efeito linear crescente com a inclusão dos níveis de FDNf no peso do trato gastrointestinal cheio, sendo 26% maior no nível de 15% de FDNf comparado ao nível de 6% de FDNf. A carne dos animais alimentados com MON, apresentou maiores valores para as variáveis força de cisalhamento. Quanto ao perfil de ácidos graxos o uso de OF apresentou maior valor de ácidos graxos monoinsaturados e menor valor para n-3 comparado ao uso de MON. foi observado efeito linear dos níveis de FDNf para a variável suculência avaliada na análise sensorial, sendo o menor valor observado com a inclusão de 6% de FDNf, não diferindo entre os tratamentos com inclusão de 9% e 15% de FDNf. Os níveis de FDNf promoveram efeito quadrático na variável maciez, diferindo entre todos os tratamentos ($P<0,10$), sendo o menor valor observado com a inclusão de 6% de FDNf. O uso de óleo funcional é indicado visando melhora na digestibilidade da fibra e redução nas emissões de metano, entretanto, não se mostra superior ao aditivo monensina quanto ao desempenho dos animais. Dietas com baixa inclusão de volumoso, com até 6% de fibra em detergente neutro provinda da forragem, são recomendadas para terminação de bovinos em confinamento.

Palavras-chave: Aditivos; dieta alto grão; fermentação ruminal; metabolismo ruminal.

ABSTRACT

MAGNANI, E. **Effect of fiber contents and the addition of monensin or functional oil on the performance and methane emission of Nellore finishing cattle.** 2017. 145f. Phd. Thesis – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2017.

The effect of monensin (MON) or functional oil (FO) and different levels of neutral detergent insoluble fiber from roughage (NDFf) on performance, methane emission, carcass characteristics and meat quality of Nellore finishing cattle were evaluated. For this, two experiments were performed concomitantly, using a total of seventy animals. Experiments 1 and 2 counted on 30 and 60 Nellore bulls, respectively. The initial body weight (BW) was 409 ± 6.36 and 407.4 ± 3.05 kg respectively, and the age was approximately 24 months. The diet was composed of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, grain corn, soybean meal, ground citrus pulp, urea, potassium chloride, sodium chloride and core confinement. The experimental design was completely randomized with ten animals per treatment, being factorial scheme 3x2 in experiment 2. In experiment 1, the treatments were: control (CTL), which consisted of a base diet, without additives; monensin (MON), base diet with addition of sodium monensin (30mg. kg DM) and functional oil (FO), base diet with addition of functional oil (500mg. kg DM). In the experiment 2, the treatments were: three concentrations of NDF from roughage (6, 9 and 15% of DM) and two additives: functional oil or monensin sodium. The experiments had duration of 105 days and 14 days for adaptation. The analyzes of variance for all the characteristics were performed by the MIXED procedure of the SAS program. In the experiment 1, the animals that received MON presented higher DMI and nutrients NDF, ADF and starch (kg.dia^{-1}), compared to the CTL treatment. The use of FO promoted a decrease in DMI (kg.dia^{-1}) and in percentage of live weight and nutrients, organic matter, ethereal extract, NDF, starch, protein and non-fibrous carbohydrates (kg.d^{-1}), compared to CTL treatment. The use of additives promoted an improvement in the ingestive behavior of the animals, and the animals that received MON had a longer rumination time (259.76 vs 185.7) and efficacy of rumination (29.80 vs 21.48) compared to the treatment CTL. The use of FO increased all the ingestive behavior variables evaluated, compared to CTL treatment ($P < 0.01$). The animals of the CTL treatment were selected against the long diet particles and the animals that received the MON and FO additives in favor of these particles. The use of FO promoted an increase in the digestibility of NDF compared to the CTL treatment, being this difference of 21%. The animals fed the MON had a lower mean daily pH value compared to the CTL treatment animals, thus, as a longer time with pH below 5.6 in h / d, with a mean of 72.4% higher than the time of the CTL treatment below this value. The supply of MON caused an anti-protozoal effect, decreasing the *Entodinium* genus by 24% and the genus *Epidinium* by 78%. The use of FO, in turn, decreased the genus *Epidinium* by 78%, compared to the CTL treatment. The CTL treatment animals presented higher methane emission (g.d), compared to the FO, with a difference of 15.5% in this emission. The use of both additives did not promote differences in productive performance variables compared to CTL treatment. The CTL treatment animals had lower liver and empty gastrointestinal tract weights, compared to the use of MON, in addition to a greater carcass depth ($P = 0.06$) compared to the FO use. The additives did not differ from the CTL treatment in terms of warm carcass weight, carcass yield and gain yield. In experiment 2, the interaction between NDFf and the additives was significant for the intake of DM, with the highest intake observed in the treatment with inclusion of 15% of NDFf and use of MON. There was a quadratic effect of the levels of NDFf for the intake of ethereal extract and starch,

being the highest values obtained with inclusion of 9% of NDFf. There was also a quadratic effect of NDF levels for non-fibrous carbohydrate intake, with levels with inclusion of 9% and 15% of NDF greater than the treatment with inclusion of 6% NDF. As well as, quadratic effect for total digestible nutrients and metabolizable energy intake, with higher values with inclusion of 15% of NDF. The intake of NDF as a percentage of live weight, as well as ADF intake in kilograms per day, had a linear effect with the inclusion of NDF levels, with higher values with inclusion of NDF of 15%. The interaction between the use of the additives and the levels of NDF was significant for rumination time. As well as for rumination efficiency. The use of MON showed less feeding time (FT), chewing time (CWT) and feeding efficiency, compared to treatment with FO. The FT and CWT increased linearly as a function of the increase in NDF levels, with no difference ($P > 0.10$) between the treatments with inclusion of 6% and 9% of NDF. It was observed an increase in the digestibility coefficient of the NDF with the use of the FO compared to the use of MON. The animals feed MON remained longer consecutively with pH between 5.5 and 5.6 than the animals that received OF diets, as well as treatment with inclusion of 6% of NDFf. The use of FO provided a 45% increase in the total population of ciliate protozoa of the rumen. The treatment with inclusion of 15% of NDF showed a higher protozoa of the genus *Metadinium*, however, the total number of protozoa was higher with the inclusion of 9% of NDF. The average methane emission (g.d) of the treatment using FO was lower than the average of the treatment with MON, with 14% being methane emission (g.kg MS) and emission of methane as a percentage of gross energy intake was lower with MON use. The increase in the inclusion of NDF levels caused an increasing linear effect on the emission of methane (g.d) and CH_4 / ADG (g.kg), and the increase of 1% of NDF in the diet provided an increase of 6.7% in the emission of CH_4 (g.d). The use of MON promoted a 5% increase in final live weight and empty live weight, compared to the use of FO, with a 15% increase in ADG, however, without any difference in feed efficiency. The animals of the MON treatment presented higher subcutaneous fat thickness, warm carcass weight, renal, pelvic and inguinal fat, liver weight and empty gastrointestinal tract weight compared to the animals that received OF as an additive, however, without differing in the yield of carcass and gain yield. There was a linear effect increasing with the inclusion of NDFf levels in the weight of the full gastrointestinal tract, being 26% higher at the 15% level of NDFf compared to the level of 6% NDFf. The meat of the animals fed with MON showed higher values for the shear force variables. As for the fatty acid profile, the treatment with FO had a higher value of monounsaturated fatty acids and a lower value for n-3 compared to the use of MON. a linear effect of NDF levels was observed for the succulence variable evaluated in the sensory analysis, the lowest value being observed with the inclusion of 6% NDF, not differing between treatments with inclusion of 9% and 15% NDF. The levels of NDFf promoted quadratic effect in the soft variable, differing among all the treatments, being the lowest value observed with the inclusion of 6% of NDFf. The use of functional oil is indicated in order to improve the digestibility of the fiber and reduction in methane emissions, however, it is not superior to the monensin additive as to the performance of the animals. Diets with low inclusion of roughage, with up to 6% neutral detergent fiber derived from roughage, are recommended for feedlot cattle.

Keywords: Additives, high concentrate diet, ruminal fermentation, ruminal metabolism.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
Introdução geral e revisão de literatura	13
1- INTRODUÇÃO	13
2- HIPÓTESE	15
3- OBJETIVO GERAL	15
3.1 Objetivos específicos	15
4- REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1 Evolução dos confinamentos no Brasil	16
4.2 Efeito da fibra e suas implicações em dietas ricas em grãos	17
4.3 Fermentação ruminal e uso de ionóforos na produção de bovinos	19
4.4 Modo de ação dos ionóforos	22
4.5 Restrição ao uso de ionóforos	23
4.6 Óleos funcionais	24
4.7 Modo de ação dos óleos funcionais	27
4.8 Estratégias nutricionais para redução na emissão de gás metano	29
5- REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO 2	42
Efeito dos aditivos monensina ou óleo funcional no desempenho e emissão de metano em bovinos Nelore	42
1- INTRODUÇÃO	43
2- MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1 Local	45
2.2 Instalações e animais	45
2.3 Dieta experimental e manejo alimentar	45
2.4 Análises bromatológicas	47
2.5 Desempenho produtivo	48
2.6 Comportamento ingestivo	50
2.7 Seletividade de partículas	50
2.8 Digestibilidade dos nutrientes	51
2.9 pH ruminal	51
2.10 Protozoários ciliados do rúmen	52
2.11 Emissão de gás metano	52
2.12 Características de carcaça	54
2.13 Análise estatística	55
3- RESULTADOS	57
3.1 Consumo de nutrientes	57
3.2 Comportamento ingestivo e seletividade de partículas	59
3.3 Digestibilidade dos nutrientes	59
3.4 pH ruminal	60
3.5 Protozoários ciliados do rúmen	61
3.6 Emissão de gás metano	62

3.7 Desempenho produtivo	63
3.8 Características de carcaça	64
4- DISCUSSÃO	65
5- CONCLUSÕES	72
6- REFERÊNCIAS	73
CAPÍTULO 3	80
Inclusão de baixos teores de fibra em dietas de alto grão e uso de diferentes aditivos no desempenho, emissão de metano e qualidade da carne de bovinos Nelore em terminação	80
1- INTRODUÇÃO	84
2- MATERIAL E MÉTODOS	87
2.1 Local	87
2.2 Instalações e animais	87
2.3 Dieta experimental e manejo alimentar	87
2.4 Análises bromatológicas	90
2.5 Desempenho produtivo	91
2.6 Comportamento ingestivo	92
2.7 Seletividade de partículas	92
2.8 Digestibilidade dos nutrientes	93
2.9 pH ruminal	94
2.10 Protozoários ciliados do rúmen	94
2.11 Emissão de gás metano	95
2.12 Características de carcaça	96
2.13 Qualidade da carne	98
2.14 Análise estatística	100
3- RESULTADOS	102
3.1 Consumo de nutrientes	102
3.2 Comportamento ingestivo e seletividade de partículas	105
3.3 Digestibilidade dos nutrientes	108
3.4 pH ruminal	108
3.5 Protozoários ciliados do rúmen	110
3.6 Emissão de gás metano	111
3.7 Desempenho produtivo	114
3.8 Características de carcaça	115
3.8 Qualidade da carne	117
4- DISCUSSÃO	119
5- CONCLUSÕES	132
6- REFERÊNCIAS	133
ANEXO	144

CAPÍTULO 1

Introdução geral e revisão de literatura

1. INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária de corte vem se intensificando ao longo dos últimos anos, com o objetivo de suprir a demanda da qualidade do produto final e produzir mais em menores áreas e em menor tempo, tal intensificação se caracteriza pelo uso de grãos e ingredientes concentrados na dieta (MILLEN et al., 2009; OLIVEIRA; MILLEN, 2014).

O custo por megacaloria de energia normalmente é em geral menor para grãos de cereais, além de fornecer maior energia líquida de ganho (ELg), em comparação aos volumosos (ZINN; CORONA; WARE, 2004). Em adição, taxas de ganho de peso são alcançadas mais facilmente com rações ricas em grãos, reduzindo o período de tempo em que os animais são alimentados e conseqüentemente, reduzindo os custos no capital investido no animal. Além disso, rações contendo altas inclusões de grãos favorecem maiores deposições de gordura de forma mais rápida em carcaças mais leves o que é bastante desejável na indústria da carne (OWENS, 2008a).

Dessa forma, o confinamento tornou-se uma ferramenta indispensável para os produtores que buscam produtividade, volume e padronização do produto, sendo que, na última década, o número de animais terminados em confinamento no Brasil saltou de 1,9 milhões de cabeças em 2002 para 5,05 milhões de cabeças em 2016 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES -ABIEC, 2016).

Sabe-se que fontes de fibra oriundas de forragem ou de fontes de fibra não forragem (co-produtos) diferem consideravelmente quanto a sua efetividade física (CLARK; ARMENTANO, 1997). Este efeito é consequência direta das diferenças entre tamanhos de partícula, gravidade específica, tempo de mastigação total (ingestão e ruminação), tempo de retenção ruminal e, conseqüentemente, cinética ruminal (GRANT, 1997). Pequenas quantidades de forragem são incluídas na grande maioria das dietas de confinamento por duas razões principais, minimizar os riscos de acidose e estimular o consumo dos animais (GALYEAN; DEFOOR, 2003; ZINN; CORONA; WARE, 2004; GALYEAN; VASCONCELOS, 2008; GALYEAN; HUBBERT, 2012; CAETANO et al., 2015).

Tem sido comum observar rações contendo fontes de volumosos sob níveis similares da fração FDN na ração total, produzindo respostas divergentes quanto ao consumo de matéria seca, comportamento ingestivo e diferenças no desempenho animal (ZINN; WARE, 2007;

BULLE et al., 2002; GALYEAN; DEFFOR, 2003; SHAIN et al., 1999), como resultado da diversidade de fontes de volumosos.

A variação no nível de fibra insolúvel em detergente neutro da forragem (FDNf) na dieta explica a maior parte da variação no consumo de matéria seca de bovinos confinados com dietas com baixo teor de forragem (ZINN; CORONA; WARE, 2004). Segundo Alvarez et al. (2004), dietas com menos de 6% de FDN oriundo da forragem acarretam em queda no consumo de energia e no ganho de peso, segundo o mesmo autor, quando as dietas de terminação contêm mais de 9% de FDNf, o enchimento ruminal pode começar a limitar o consumo de energia.

Desta forma, com o intuito de se padronizar a inclusão das mais variadas forragens em dietas de terminação há a necessidade de se determinar níveis ótimos de inclusões sem que haja alterações no consumo de energia e consequentemente no desempenho animal (CAETANO et al., 2015). De acordo com Zinn; Corona e Ware (2004), devido ao preço comparativamente alto das forragens por unidade de energia, o objetivo do nutricionista é fornecer a quantidade mínima de forragem que permitirá com segurança uma resposta máxima ao desempenho animal, no caso de bovinos confinados, as dietas de acabamento são formuladas para conter de 6 a 9% de FDNf. Entretanto, a literatura é carente de trabalhos conduzidos nas condições tropicais sobre níveis de forragem nas dietas de terminação para animais zebuínos (CAETANO et al., 2015; MARQUES et al., 2016).

Embora aumentar a ingestão de carboidratos solúveis seja benéfico, em razão do maior aporte de energia para o ganho de peso, taxas elevadas de ingestão de carboidratos de rápida degradação estão fortemente associadas com acidose ruminal, decréscimo na taxa de crescimento microbiano e distúrbios metabólicos (NUSSIO; CAMPOS; LIMA, 2006). Com o intuito de buscar o equilíbrio do ecossistema ruminal, minimizando os efeitos negativos do fornecimento de dietas ricas em concentrado, várias pesquisas com uso de aditivos alimentares vêm sendo desenvolvidas. Os aditivos mais utilizados são os antibióticos, que têm permitido aumento expressivo na produção de carne em menor área e com menor emissão de gases do efeito estufa por unidade de alimento produzido.

No entanto, o banimento do uso de antibióticos como promotores de crescimento pela União Europeia, em 2006, teve importante papel no estímulo a pesquisas em busca de alternativas para modulação da fermentação ruminal sem lançar mão do uso de antibióticos. Neste contexto, o uso de novas tecnologias, como enzimas e extratos de plantas como aditivos na nutrição de bovinos, vem mostrando importante potencial de ação no ambiente ruminal e

viabilidade na comercialização de produtos que visam substituir agentes antibióticos como a monensina sódica (WALLACE; COLOMBATTO; ROBINSON, 2008).

Óleos funcionais, especificamente os derivados do óleo de mamona e líquido da casca de caju, foram pesquisados em condições de confinamento (CONEGLIAN, 2009), como aditivos fitoterápicos com potencial de serem utilizados de forma alternativa aos aditivos ionóforos (lasalocida, salinomicina e monensina sódica) (LOYOLA; PAULE, 2006). Esses compostos alternativos apresentam ação bactericida e produtos da fermentação semelhantes àqueles observados com o uso de ionóforos. Porém, ainda carecem de maiores investigações científicas até o momento a respeito do potencial de emprego dos óleos funcionais na nutrição de ruminantes.

2. HIPOTESE

A hipótese a ser testada é que dietas com baixos níveis de FDN proveniente da forragem podem ser utilizadas em bovinos em fase de terminação, reduzindo a proporção da energia dietética perdida em forma de metano, e que os tratamentos com inclusão de óleo funcional possam minimizar os efeitos indesejados dos altos teores de concentrado na fermentação ruminal melhorando o desempenho animal, podendo assim, ser utilizado como aditivo alternativo à monensina.

3. OBJETIVO GERAL

Estabelecer o nível mínimo adequado de FDNf, comparando o uso de óleo funcional como aditivo alternativo a monensina em dietas de terminação para *Bos taurus indicus* avaliando, desempenho, eficiência, comportamento ingestivo, características de carcaça, emissão de metano entérico e qualidade da carne.

3.1. Objetivos específicos

- Comparar os aditivos em relação ao tratamento sem inclusão de aditivos em dieta com alto teor de concentrado.
- Testar o uso de óleo funcional como aditivo alternativo a monensina em dietas com alto teores de concentrado.
- Gerar conhecimento sobre o efeito da inclusão de baixos níveis de FDNf em dietas de terminação.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Evolução dos confinamentos no Brasil

O confinamento surgiu no Brasil em meados da década de 80, sendo uma técnica de intensificação no sistema de produção de bovinos de corte, ou seja, uma maior produção de animal por área. O sistema de criação de gado de corte no Brasil é predominantemente extensivo, no entanto, o confinamento vem ganhando espaço no cenário nacional.

O confinamento nasceu como uma estratégia para viabilizar a compra de animais nos períodos de safra e sua revenda nos períodos de entressafra. Posteriormente, foi utilizado como forma de aproveitamento de resíduos ou sub-produtos das agroindústrias. Finalmente, começou a ser utilizado como ferramenta de manejo, auxiliando em sistemas de produção cria, recria e engorda e manejo de pastagens, superando parte das dificuldades associadas à estacionalidade da produção forrageira. O confinamento é, nesse sentido, uma atividade com características estratégicas que, além de acelerar o crescimento bovino, procura retirar os animais mais pesados do pasto, durante a seca (LANNA; ALMEIDA, 2005).

Em 2015, a produção brasileira de carne bovina foi de 9,56 milhões de toneladas equivalente carcaça, de um total de 39,16 milhões de cabeças abatidas, sendo 15% de animais terminados em confinamento, mostrando a evolução do sistema nos últimos anos, já que em 2004 apenas 6,2% do total de cabeças abatidas no país eram confinadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES -ABIEC, 2016). As atividades relativas à pecuária bovina de corte possuem destaques, dado que o País possui o maior rebanho comercial do mundo, sendo o segundo maior produtor e o maior exportador mundial de carne bovina.

Com o crescimento da população mundial, existe a necessidade de aumentar a eficiência dos sistemas de produção de alimentos, nos quais a produção de proteína de origem animal assume grande importância (CARVALHO et al., 2007). Desse modo, a escolha de sistemas de terminação mais eficientes se faz necessário, sendo a utilização do confinamento uma alternativa interessante principalmente no período de entressafra.

Com grandes transformações em que vive a pecuária brasileira, principalmente com o aumento da utilização do sistema de criação de bovinos em confinamento, existe a necessidade de informações nutricionais a fim de promover o aumento da produtividade por área

minimizando as perdas por distúrbios metabólicos e o efeito da escassez de forragem em alguns períodos do ano.

4.2. Efeitos da fibra e suas implicações em dietas ricas em grãos

O conceito de dieta alto grão tem uma história relativamente antiga, tendo sido pesquisada e utilizada nos Estados Unidos desde a década de 70. No entanto, em nossas condições, o desafio é um pouco maior já que na maioria dos confinamentos são utilizados animais mais pesados na entrada, de idade mais avançada (30- 36 meses), inteiros e predominantemente zebuínos, que apresentam metabolismo distinto de animais taurinos, principalmente no que se refere à utilização de carboidratos não-fibrosos (PAULINO et al., 2013).

Duas premissas básicas, a preservação de um ambiente ruminal saudável e o estímulo para a ingestão de matéria seca e energia, explicam a inclusão de forragem em dietas para bovinos em terminação (ZINN; CORONA; WARE, 2004; GALYEAN; VASCONCELOS, 2008; GALYEAN; HUBBERT, 2012). O consumo de matéria seca (CMS) é positivamente correlacionado com a concentração de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) quando a energia limita a ingestão, mas negativamente correlacionado com a concentração de FDN quando o enchimento do rúmen limita a ingestão (MERTENS, 1992). Assim, a adição de alimentos fibrosos que causam enchimento do trato digestório em uma dieta já rica em FDN geralmente reduz o CMS e de energia. Por outro lado, a adição de alimentos fibrosos a dietas ricas em grãos (baixo teor de FDN) deve aumentar o CMS até o ponto em que o teor de FDN da dieta se torna alto o suficiente para afetar o enchimento ruminal (VASCONCELOS; GALYEAN, 2007).

Mertens (1997) sugeriu o termo fibra fisicamente efetiva (FDNfe) para determinar de forma mais apropriada a capacidade da fibra da dieta em estimular a mastigação e ruminação em bovinos, em que apenas partículas de FDN maiores que 1,18mm seriam consideradas fisicamente efetivas para estimular a mastigação e ruminação. O valor mínimo de FDNfe recomendado para dietas contendo alto teor energético é de 8% (valor necessário para manter o pH ruminal acima de 5,7), sendo que este valor pode ser reduzido até 5% com a utilização de ionóforos na dieta (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2001).

Com base nessa estimativa, o NRC (1996) ressalta que para rações contendo menos de 40% de forragem (menos de 20% de FDN), ocorre uma redução de 2,2% na síntese de proteína microbiana para cada unidade percentual reduzida no valor de FDNfe oriundo de forragem.

Tradicionalmente, a dose de inclusão de forragens em rações formuladas em confinamentos americanos apresenta em média 8,5 a 9,0% na MS da ração total (verão e inverno respectivamente), com intervalos variando entre 0 a 13,5% (OWENS, 2008b). Já nos confinamentos brasileiros, a dose média de inclusão de forragens é de 28,8% na MS da ração total (mínimo de 12% e máximo de 45%) (MILLEN, et al., 2009), ou seja, quantidade três vezes maior quando comparado com rações típicas de confinamentos americanos.

Ainda, dados de Millen et al. (2009) reportam dose média de 26,4% (mínimo de 15% e máximo de 39%) de inclusão da fração FDN oriunda de forragem (% na MS da ração total) em rações formuladas em confinamentos brasileiros, contrastando com formulações típicas americanas variando entre 6 a 9% da fração FDN oriunda de forragem (% na MS da ração total) (ZINN; WARE, 2007).

Nesse contexto, diante da grande diversidade de fontes de forragens, no Brasil, é muito comum observar rações com fontes de volumosos e níveis idênticos da fração FDN produzindo, por consequência, diferentes respostas distintas quanto ao CMS, o comportamento ingestivo, a cinética ruminal e em última análise o desempenho animal (ZINN; WARE, 2007; BULLE et al., 2002; GALYEAN; DEFFOR, 2003; SHAIN et al., 1999). Tal comportamento se dá principalmente por haver diferenças quanto ao tamanho de partículas e a composição química (celulose, hemicelulose, lignina) entre fontes de forragem (OWENS, 2008b).

Na literatura a definição do ponto ótimo de inclusão da FDN provinda da forragem (FDNf) em dietas com alto grão para bovinos da raça Nelore ainda é muito divergente, Goulart e Nussio (2011) sugerem 10 a 18% de FDNf afim de se assegurar as exigências mínimas de saúde ruminal maximizando a eficiência alimentar dos animais, Caetano et al. (2015) encontraram que 12,8% de inclusão de FDNf foi suficiente para otimizar o desempenho dos animais. Marques et al. (2016) indicam a inclusão de 3% de bagaço de cana em dietas de terminação para aumento do CMS e do ganho médio diário, Zinn, Corona e Ware (2004), que recomendam a utilização de 6 a 11% de FDNf em dietas de terminação, entretanto, diante do seu alto custo por unidade energética, os autores afirmam que o esforço dos nutricionistas deve-se voltar para fornecer o mínimo de forragem possível de forma a permitir o máximo desempenho animal.

O nível de FDN da forragem não só representa a sua particular funcionalidade em promover processos digestivos, mas a forragem pode limitar a ingestão de energia, e deste

modo, apresentar uma influência negativa no desempenho dos animais (ZINN; CORONA; WARE, 2004; ZINN; WARE, 2007).

Galyean e Defoor (2003), compilaram dados de 11 experimentos publicados (um banco de dados de 48 tratamentos) com bovinos confinados, com o objetivo de avaliar o papel da FDNf nas variações do CMS, em virtude de diferentes fontes e níveis de volumosos na dieta. As concentrações de volumosos variaram de 0 a 30% da MS e os volumosos comparados foram feno de alfafa, silagem de milho, silagem de sorgo, silagem de capim sudão, casca de algodão e palha de trigo.

Nesse estudo os autores relataram que a inclusão de forragem entre 0 a 30% da MS da dieta, teve efeito positivo sobre o CMS dos animais. As concentrações de volumoso explicaram 69,9% ($R^2=0,699$) da variação no CMS, o teor de FDNf da dieta explicou 92% ($R^2=0,920$) da variação no CMS e o teor de FDNe explicou 93,1% ($R^2=0,931$) da variação no CMS. Os autores concluíram que a troca de volumoso na dieta baseada no teor de FDNf pode ser feito sem que ocorra grande alteração no CMS.

De modo geral, a quase totalidade dos dados disponíveis na literatura sobre concentrações de forragem ou de FDNf em dietas de confinamento, mostram benefícios dessa inclusão, entretanto, com divergências quanto ao ponto ótimo para máximo desempenho dos animais, além da falta de informação quanto a animais zebuínos, uma vez que, a maior parte dos estudos refere-se a animais taurinos.

4.3. Fermentação ruminal e uso de ionóforos na produção de bovinos

Durante a evolução, os animais ruminantes desenvolveram características anatômicas e simbióticas, que lhes permitiram utilizar eficientemente carboidratos estruturais como fonte de energia e compostos nitrogenados não-protéicos como fonte de proteína (VALADARES FILHO; PINA, 2006). Com isso os ruminantes passaram a aproveitar os produtos da fermentação pré-gástrica realizada pelos microrganismos ruminais, o que favoreceu sua sobrevivência nos diferentes ecossistemas.

A fermentação nos ruminantes é resultado da atividade física e microbiológica, onde a maior parte dos nutrientes do alimento, principalmente as fontes energéticas e proteicas, são convertidas em ácidos graxos de cadeia curta e em massa microbiana. Dentro do processo fermentativo, também são produzidos gases tais como dióxido de carbono (CO_2), em 60% aproximadamente, e metano (CH_4), em 30 a 40%, dependendo da concentração e das

proporções relativas dos ácidos produzidos (LUCCI, 1997; EUN; FELLNER; GUMPERTZ, 2004). Por outro lado, quantidades variáveis de H_2 originam-se das reações de descarboxilação, durante a fermentação, e das reações de neutralização do H^+ pelo HCO_3^- oriundo da saliva ou secretado pelo epitélio ruminal, durante a absorção de AGV. O metano é oriundo da redução do CO_2 e formado pelas *Archaeas metanogênicas* (COELHO DA SILVA; LEÃO, 1979). A energia presente nos AGVs representa em torno de 75 a 80% da energia originalmente presente nos carboidratos fermentados e, normalmente, contribuem em 50 a 70% da energia digestível do alimento (KOZLOSKI, 2002).

Devido aos processos digestivos de fermentação entérica, os ruminantes apresentam perda de aproximadamente 6% da energia consumida através da eructação de metano (JOHNSON; JOHNSON, 1995). Estudos têm buscado métodos alternativos de redução nesta perda de energia com o objetivo de melhorar a eficiência de utilização dos alimentos e reduzir as emissões entéricas de metano (BOADI et al., 2004).

A quantidade e a composição da dieta são variáveis externas que afetam a taxa de digestão, a taxa de passagem e, dessa maneira, o *turnover* do conteúdo ruminal. A ingestão é regulada pela exigência do animal, composição da dieta e disponibilidade de alimento. A composição da dieta, geralmente, determina a distribuição da população microbiana que utiliza os nutrientes dos alimentos no rúmen. Assim, dietas com altos teores de proteína favorecem microrganismos proteolíticos, enquanto as altas em amido, que são baixas em fibra, estão associadas a uma grande população de utilizadores de amido (VAN SOEST, 1994). A ocorrência de microrganismos celulolíticos em um número reduzido em animais alimentados com dietas ricas em concentrado dependerá do tamanho das partículas da fibra e da taxa de passagem. Com uma pequena quantidade de forragem grosseira, a taxa de passagem da fibra pode ser lenta e os microrganismos celulolíticos, comparativamente, mais numerosos (BRYANT; BURKEY, 1953).

O processo de fermentação ruminal pode ser modificado a fim de melhorar a utilização dos nutrientes da dieta, diminuindo perdas energéticas e degradação da proteína e evitar distúrbios no rúmen. A ingestão de dietas ricas em grãos, que possuem carboidratos de alta fermentabilidade, pode levar a ocorrência de distúrbios no rúmen, pois favorece a rápida queda do pH ruminal, devido a altas taxas de digestão e produção de ácidos graxos voláteis (MARSIGLIO, 2012). Sendo assim, a manipulação da fermentação ruminal pode ser realizada tanto pela variação do substrato oferecido, incluindo, revestimento, processamento ou tratamento químico de proteínas, lipídios ou carboidratos (CHALUPA, 1975; FERGUSON,

1975; SCOTT; ASHES, 1993), como também por ação de aditivos sobre a microbiota ruminal e suas atividades.

Ionóforos são frequentemente incluídos na dieta de ruminantes a fim de modular a fermentação ruminal e melhorar a eficiência, sendo que um dos ionóforos mais utilizados na dieta de ruminantes é a monensina. A monensina inibe as bactérias gram-positivas, assim impacta o metabolismo do ruminante pelo aumento na eficiência do metabolismo energético, melhoria do metabolismo de nitrogênio e redução de timpanismo e riscos de acidose (SCHELLING, 1984). Esse aditivo também é capaz de alterar o perfil de AGV produzidos no rúmen, aumentando a concentração de ácido propiônico e reduzindo as concentrações de ácido butírico e acético (RICHARDSON et al., 1976). O aumento das percentagens de propionato no rúmen propicia um aumento da gliconeogênese hepática a partir desse AGV, promovendo mais energia a partir do alimento pelo aumento da glicose (LOMAX et al., 1979). Esse aditivo tem sido intensamente estudado desde os anos 70, também com o intuito de reduzir o consumo simultaneamente com a melhoria da conversão alimentar (GOODRICH et al., 1984).

Diversos estudos (FÜLLER; JOHNSON, 1981; RUSSELL; STROBEL, 1989; LANA; RUSSELL, 1996; HRISTOV et al., 2001; GUAN et al., 2006) demonstraram que a produção total de AGV não foi afetada, mas verificou-se diminuição da relação acetato:propionato, com uso de ionóforos. Também foi observado aumento na digestibilidade aparente de energia e do nitrogênio e digestibilidade da fibra (HORTON; BASSENDOWSKI; KELLER, 1980; WEDEGAERTNER; JOHNSON, 1983; SPEARS, 1990).

Muitos estudos encontraram melhora significativa na eficiência alimentar com uso de monensina (STEEN et al., 1978; HORTON et al., 1981), enquanto alguns estudos não observaram efeito sobre a eficiência alimentar (HORTON, 1984; YANG; RUSSEL, 1993). De acordo meta-análise realizada por Duffield et al. (2012), a dose média utilizada de monensina é de 28,1 mg/kg MS, com melhoria de 6,4% na eficiência alimentar, redução de 0,27 kg no consumo matéria seca e aumento do 0,029 kg/d no ganho de peso. Os autores também encontraram efeito linear entre a dosagem e eficiência, à medida que a dose de monensina aumentou, os animais apresentaram melhor eficiência.

Odongo et al. (2007) reportaram que a adição de 24 mg de monensina por kg de matéria seca ingerida resultou em redução de 7% na produção de metano (g/d) em relação à dieta controle (sem monensina). Um fator relevante quanto ao uso de ionóforos como agente modulador da fermentação ruminal é a capacidade de adaptação da microbiota do rúmen

mediante o fornecimento a longo prazo. Os níveis de produção de metano podem retornar aos observados antes da utilização de ionóforos em um período de 30 dias (JOHNSON; JOHNSON, 1995; ROGERS; DAVIS, 1982). No entanto, a variação de outros fatores, como a fonte e teor de fibra na dieta, pode estar relacionada a alterações na produção de metano entérico (TEDESCHI; FOX; TYLUTKI, 2003).

4.4. Modo de ação dos Ionóforos

O nome ionóforo, do grego “carregador de íon” sugere a capacidade que tais substâncias têm de formar complexos lipossolúveis com cátions (em virtude das suas estruturas moleculares) e mediar seu transporte através das membranas lipídicas (PRESSMAN, 1976). Os ionóforos são um grupo de antibióticos bacteriostáticos produzidos por fermentação de algumas estirpes de *Streptomyces* sp. (NICODEMO, 2001, GONÇALVES et al., 2012).

Extensas revisões sobre os ionóforos já foram realizadas; algumas descreveram seu modo de ação (BERGEN; BATES, 1987; SCHELLING, 1984; RUSSELL; STROBEL, 1989), outras o efeito da utilização de nutrientes (SPEARS, 1990), e ainda o desempenho dos animais terminados em confinamento (GOODRICH et al., 1984), e também de vacas leiteiras (McGUFFEY; RICHARDSON; WILKINSON, 2001). Ionóforos, como a monensina sódica (Figura 1), agem de forma análoga aos antibióticos, graças à sua capacidade inibidora sobre bactérias gram-positivas (TEATHER; FORSTER, 1998), pois estas possuem apenas uma camada espessa de peptídeo glicano que por ser porosa não impede a ação da monensina sódica.

Há pouca ação sobre bactérias ruminas gram-negativas devido ao seu envoltório celular ser constituído por uma parede celular e uma membrana externa de proteção, formada por proteínas, lipoproteínas e lipopolissacarídeos, o qual contém porinas (canais de proteínas) que transportam moléculas com um tamanho limite de aproximadamente 600 Daltons. A maioria das moléculas dos ionóforos são maiores que 600 Daltons, o que tornam as células gram-negativas impermeáveis aos ionóforos (MORAIS; BERCHIELLI; REIS, 2011). Segundo os autores, quando os ionóforos se ligam à membrana celular das bactérias gram-positivas, estas moléculas facilitam o transporte de cátions através da membrana citoplasmática. Neste momento ocorre a troca de um cátion monovalente por um próton, reduzindo a concentração intracelular de K^+ , queda de pH e aumento da concentração intracelular de Na^+ . Nessas condições, as bactérias gram-positivas utilizam os sistemas de transporte celular para dissipar o H^+ e o Na^+ intracelular a fim de manter o equilíbrio na célula. As bombas de Na^+/K^+ ATPase

ou próton ATPase permitem que o organismo expulse H^+ com o gasto de um ATP por próton, o que causa um desequilíbrio osmoelétrico que promove a ativação dos processos de homeostase, consumindo energia intracelular e levando a célula à morte (PERES; SIMAS, 2006).

Figura 1- Molécula de Monensina

Fonte: Adaptado de DAY, L. E. et al. Biosynthesis of monensin. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, Washington, v. 4, n. 4, p. 410-414, 1973.

De acordo com Russell e Wallace (1997), as bactérias gram-negativas não sofrem os efeitos da ação dos ionóforos pois possuem dupla membrana celular, de modo que a membrana interna permanece protegida da ação da monensina. Como protozoários e fungos não possuem membrana protetora externa, também são sensíveis à monensina (DENNIS; NAGARAJA; DAYTON, 1986).

4.5. Restrições ao uso de ionóforos

Em 1951, a Food and Drug Administration (FDA) aprovou o uso de antibióticos, sem prescrição médica veterinária, como aditivos nas rações para alimentação dos animais, o que estimulou a investigação científica acerca dos efeitos destes compostos na alimentação para animais (JONES; RICKE, 2003). Mais tarde, entre 1950 e 1960, a União Europeia aprovou também o uso de antibióticos com a mesma finalidade (CASTANON, 2007). A introdução de antibióticos como promotores de crescimento coincidiu com a produção intensiva de animais, permitindo otimizar esta produção de acordo com o aumento das necessidades das populações, garantindo alimentos e índices de produção eficientes (ANADÓN; MARTÍNEZ; FREJO, 1999).

A partir da década de 80, com o uso intensivo de antibióticos nas rações, a segurança e o verdadeiro impacto na saúde pública destes compostos começaram a ser questionados. Apesar de ser o principal aditivo comercializado no mundo, o uso da monensina tem sido questionado. Considerando o princípio da precaução e os eventuais problemas da resistência microbiana aos antibióticos e a possibilidade da ocorrência de resíduos destes nos produtos de origem animal, a União Europeia proibiu o uso de antimicrobianos como promotores de crescimento na alimentação animal (Regulamentação 1831/2003/EC), podendo esta restrição reduzir a importância deste aditivo no mercado de nutrição animal, nos próximos anos (MORAIS; BERCHIELLI; REIS, 2011).

Em outubro de 2008, no encontro da FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (FAO, 2009), foram fixados limites máximos de utilização de aditivos (inclusive ionóforos) para a alimentação animal, porém essas disposições deverão ser revistas futuramente, levando-se em conta os novos conhecimentos científicos.

A restrição do uso de antibióticos com efeitos de promotores de crescimento teve algumas consequências negativas tais como baixa eficiência produtiva, o aumento compensatório da profilaxia ou tratamento, o aumento da incidência das doenças infecciosas (CASTANON, 2007). Estes fatos têm estimulado a pesquisa com novas tecnologias de produtos alternativos para controle específico de populações microbianas a fim de modular a fermentação ruminal. O uso de novas tecnologias, como enzimas e extratos de plantas como aditivos na nutrição de bovinos, vem mostrando importante potencial de ação no ambiente ruminal e viabilidade na comercialização de produtos que visam substituir agentes antibióticos como a monensina sódica (WALLACE; COLOMBATTO; ROBINSON, 2008).

4.6. Óleos funcionais

Os óleos funcionais são produtos naturais extraídos principalmente de plantas oleaginosas, constituídos por triglicerídeos, com alta quantidade de ácidos graxos insaturados (DIAS et al., 2015). São todos os óleos que, além de suas propriedades energéticas, apresentam outra função, podendo ser anti-inflamatório, antioxidante, antimicrobiano e/ou outras funções, são componentes secundários dos organismos vegetais e podem ser extraídos mediante destilação a vapor ou extração com solventes (PATRA, 2011).

Existe uma literatura estabelecida sobre a utilização de metabólitos secundários, tais como os óleos funcionais como aditivos naturais para melhorar a eficiência da fermentação no rúmen, diminuir a produção de metano, reduzir o estresse nutricional e melhorar a saúde animal

e produtividade (WALLACE, 2004; BENCHAAAR et al., 2007; CALSAMIGLIA et al., 2007; CRUZ et al., 2014; ZAWADZKI et al., 2015; FERREIRA de JESUS et al., 2016). Além de ter efeitos antimicrobianos e atividade antioxidante, alguns autores afirmam que os óleos funcionais também atuam melhorando a digestão, através do estímulo da atividade enzimática (MELLOR, 2000; BENCHAAAR et al., 2008; PATRA, 2011).

Os óleos funcionais possuem compostos fenólicos, os quais são responsáveis por suas propriedades antimicrobianas, atuando principalmente ao nível da membrana celular, onde podem provocar danos na estrutura fosfolipídica da membrana plasmática, causando ruptura e lise celular (PAULA; MAIA; CHEN, 2012; SHINKAI et al., 2012).

Dentre os óleos funcionais, atenção especial tem sido dada ao líquido da casca da castanha de caju (LCC), obtido a partir do processamento da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L), considerado uma fonte natural de lipídios fenólicos, como o ácido anacárdico, o cardol e o cardanol (Figura 2), os quais apresentam comprovadas atividades antimicrobianas e antioxidantes (KUBO et al., 1993). O LCC apresenta alto teor de lipídios totais e a maior parte destes (82,1%) é constituído de ácidos graxos insaturados, sendo 98,6% dos ácidos graxos insaturados presentes, o ácido oléico e linoléico, ácidos graxos essenciais, que aportam alto valor nutricional (LIMA; GONÇALVES, 1998).

Devido à presença de lipídios fenólicos com atividade antimicrobiana na composição do LCC, ácido anacárdico, cardanol e o cardol podem provocar mudanças no ecossistema ruminal, característica que o torna um eficiente modificador da fermentação ruminal (CORREIA; DAVID, 2006; WATANABE et al., 2010). Kubo et al. (1993) e Watanabe et al. (2010) observaram que o LCC atua principalmente contra bactérias gram-positivas presentes no rúmen como por exemplo, *Streptococcus bovis*, *Eubacterium ruminantium*, *Lactobacillus ruminis*. Neste sentido, o LCC pode reduzir os indícios de acidose láctica em dietas de alto grão (SHINKAI et al., 2012).

Uma distinção bioquímica importante a se fazer é que óleos essenciais apresentam características que lhe conferem o caráter de essencialidade das substâncias aromáticas. Também é importante que não sejam confundidos com o caráter de essencialidade que alguns ácidos graxos apresentam na nutrição. Todos os óleos essenciais são funcionais, porém nem todos os óleos funcionais são essenciais (CHAGAS, 2015).

Figura 2 - Principais constituintes do líquido da casca da castanha de caju.

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, M. S. C. et al. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica**, Amsterdam, v. 117, n. 3, p. 165–170, 2011.

Um exemplo de óleo que é funcional, mas não é essencial é o óleo de rícino ou óleo de mamona (*Ricinus communis*). O óleo de rícino, internacionalmente conhecido como *castor oil*, é extraído das sementes de *Ricinus communis* (mamona), pertencente à família de plantas *Euphorbiaceae* e sua semente contém de 45 a 55% de óleo (MARSIGLIO, 2012). O óleo de rícino é uma mistura de triglicerídeos que contém, predominantemente, o ácido ricinoleico (85 a 95%) que é um ácido graxo de 18 carbonos com uma dupla ligação na posição C(9) e um grupo hidroxilo na posição C(12) (cis-12-hidroxi-9-octadecenóico). Os outros ácidos graxos representam em torno de 10 a 15% dos triglicerídeos no óleo de rícino e são geralmente ácido oleico (18:1 (9)), ácido linoleico (18:2 (9,12)), o ácido linolênico (18:3 (9,12,15)), ácido palmítico (16:0), ácido esteárico (18:0), ácido eicosanóico (20:00) e ácido dihidroxiesteárico (VAISMAN; SHIKANOV; DOMB, et al., 2008).

Langhout (2000) relatou que os melhores resultados são obtidos quando óleos funcionais são utilizados em combinação de diferentes compostos de plantas. Dentre estas, pode se destacar a combinação dos compostos ácido anacárdico, cardol e cardanol (óleo da casca da castanha de caju) e ácido ricinoleico (óleo de mamona), os quais são utilizados de forma conjunta como óleo funcional (*Essential® Oligo Basics*) na nutrição de ruminantes. É classificado como aditivo aromatizante, destinado a fabricantes de alimentos para aves e ruminantes com o objetivo de auxiliar na melhora do desempenho dos animais (*Oligobasics®*).

Na alimentação animal, a associação entre esses óleos (mamona e caju) tem sido utilizada como um substituto natural aos ionóforos, com funcionalidades análogas a esses produtos, com a vantagem de serem naturais. Coneglian (2009), comparando o fornecimento de monensina sódica e níveis crescentes de *Essential (Oligobasics®)* na dieta de bovinos (1, 2, 4 e 8g/dia) consumindo dietas alto grão, não verificou variação no consumo de matéria seca. No entanto, a utilização de 2 e 4 g/dia do produto a base de extratos vegetais, melhorou a digestibilidade dessa fração, apresentando valores próximos aos verificados para a monensina. Em experimentos com novilhos precoces da raça Purunã, Zawadzki et al. (2010) observaram que a adição de óleos essenciais na dieta melhorou o peso e rendimento da carcaça.

O mercado consumidor de carne está cada vez mais exigente e competitivo, evidenciando a importância da nutrição animal se sofisticar e acompanhar a demanda, refinando os métodos de processamento dos alimentos e formulações de rações, além de redobrar os cuidados na parte de saúde e bem-estar animal. Segundo Coneglian (2009), por se tratarem de produtos naturais, os óleos funcionais podem ser usados sem os riscos atribuídos aos antibióticos, evidenciando assim, a necessidade de mais pesquisas com esse produto, que vêm se mostrando eficiente substituto natural aos antibióticos, com os mesmos benefícios para produção animal.

4.7. Modo de ação dos óleos funcionais

Coneglian (2009) elencou algumas hipóteses que têm sido consideradas acerca do modo de ação dos óleos funcionais: controle de patógenos pela atividade antimicrobiana, atividade antioxidante, melhora na digestão pelo estímulo da atividade enzimática e morfometria dos órgãos.

A atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivas é uma das ações mais importantes dos óleos funcionais e essa ocorre devido a presença do grupo hidroxila nos compostos fenólicos (ULTEE; BENNIK; MOEZELAAR, 2002). Por isso, a estrutura química é a responsável pelo modo de ação e atividade antimicrobiana de cada óleo (DORMAN; DEANS, 2000).

A interação dos grupos hidroxílicos do anel aromático com fosfolipídios por meio de ligações de hidrogênio é o fator responsável pela alta afinidade do LCC às bicamadas lipídicas presentes nas membranas bacterianas (KOZUBEK, 1999). Uma vez incorporados às membranas celulares, os lipídios fenólicos danificam as proteínas da membrana, provocando aumento da permeabilidade da mesma e, a saída dos componentes citoplasmáticos, com

consequente lise celular (KUBO; HIMEJIMA, 1991; LIMA; PASTORE; LIMA, 2000; BURT 2004).

As bactérias gram-positivas parecem ser mais suscetíveis aos efeitos antibacterianos dos óleos funcionais do que as bactérias gram-negativas. No entanto, e em contraste com a monensina e outros ionóforos, o pequeno peso molecular que a maioria dos extratos de plantas possui, permite ultrapassar a membrana externa de bactérias gram-negativas, agindo contra elas também (CALSAMIGLIA et al., 2007).

De acordo com Burt (2004), existem diferentes locais e mecanismos de ação para os princípios ativos presentes nos diversos tipos de óleos funcionais. Estes podem atuar diretamente na degradação da parede celular (HELANDER et al., 1998); lesando a membrana citoplasmática (ULTEE; BENNIK; MOEZELAAR, 2002); prejudicando as proteínas de membrana (ULTEE; KETS; SMID, 1999); promovendo o extravasamento do conteúdo celular (LAMBERT et al., 2001); coagulação do citoplasma (GUSTAFSON et al., 1998); ou ainda, a exaustão do sistema bombeador de prótons (ULTEE; SMID, 2001).

O cardol possui ação antimicrobiana por ser fenólico, a qual também confere ao óleo características antioxidantes (CONEGLIAN, 2009). Como os compostos fenólicos presentes no LCC agem contra as bactérias gram-positivas, incluindo bacilos e estafilococcus (KUBO et al., 1993; PARASA et al., 2011), é esperado que esses compostos, principalmente o ácido anacárdico, inibam as *Streptococcus bovis*. Estas por sua vez podem contribuir para alguns distúrbios metabólicos, como a acidose láctica e o timpanismo de bovinos em confinamento (NAGARAJA; TITGEMEYER, 2007).

Os compostos presentes no óleo de mamona exibem outras propriedades biológicas interessantes, o ácido ricinoléico apresenta destacáveis efeitos analgésicos e antiinflamatórios, e possui ação bactericida e citolítica, dissolvendo a quitina, constituinte da membrana celular de microrganismos. Ainda, estudos preliminares apontam efeitos anticancerígenos atribuídos ao óleo de mamona (LARA; JACOB; LENARDÃO, 2009).

4.8. Estratégias nutricionais para redução na emissão de gás metano

A qualidade do alimento fornecido constitui importante fator que afeta a taxa de emissão de metano (JOHNSON; JOHNSON, 1995). Em geral, dietas que proporcionam alta taxa de digestão reduzem a emissão de CH₄, já que o alimento não permanece por tempo prolongado no rúmen (AAFC, 2003). A quantidade de forragem na dieta, método de preservação, estágio

de crescimento da planta forrageira, tamanho de partícula e grau de moagem, a quantidade de grãos na dieta, a adição de lipídeos e aditivos, como os ionóforos, são importantes componentes que afetam e estão envolvidos na produção de CH_4 no rúmen (JOHNSON; JOHNSON, 1995).

O metabolismo no rúmen pode ser alterado de maneira direta ou indireta para melhorar a digestibilidade do alimento fornecido. A manipulação indireta está relacionada com as características do alimento. Sendo assim, o uso de suplementos, como minerais, fontes de energia ou nitrogênio, aumentam a atividade metabólica dos microrganismos (McSWEENEY et al., 1999). Adicionalmente, o tipo de carboidrato fornecido influi no pH do rúmen e na população microbiana, incidindo na produção dos AGV, principalmente na relação acetato:propionato e, por sua vez, na produção de H_2 (HEGARTY et al., 2007). Além disso, a fermentação do carboidrato solúvel e do amido produz menos CH_4 do que a fermentação da parede celular, devido à baixa tolerância das bactérias metanogênicas ao decréscimo do pH (BLAXTER; CLAPPERTON, 1965).

A manipulação direta do rúmen relaciona-se com o uso de aditivos biológicos ou químicos, que modificam a fermentação ao terem efeito sobre a microbiota ruminal (DOMINGUEZ; ESCOBAR, 1997). Segundo Varga (1997), a adição de soluções tampão, de ionóforos ou de leveduras, entre outros, têm sido usadas para favorecer a digestibilidade de alimentos fibrosos.

Benchaar et al. (2001) ao estudarem a efetividade de diferentes estratégias nutricionais para mitigação de metano entérico, encontraram que a produção de metano foi reduzida pelo aumento na ingestão de matéria seca e maior taxa de passagem, bem como pelo uso de forrageiras com maior digestibilidade. Hegarty (1999) observou que a produção de metano por ganho de peso vivo foi reduzida quando os animais passaram de uma forrageira de baixa digestibilidade para uma forrageira com alta digestibilidade.

Fuller e Johnson (1981) encontraram que a relação acetato:propionato diminuiu com ionóforos em dietas de alto grão. Em geral, a produção total de AGV é pouco afetada, mas se observa significativa alteração em suas proporções. Enquanto as concentrações de acetato e butirato diminuem ou se mantêm, a de propionato aumenta significativamente em resposta ao aditivo. A intensidade desses efeitos é dependente do nível de utilização de monensina e do tipo de dieta, esperando-se maior efeito dos ionóforos em dietas com maior participação de concentrado do que em dietas com mais volumoso, por causa da diferença na população

microbiana predominante no rúmen, uma vez que os ionóforos atuam principalmente sobre os microrganismos gram-positivos.

Erickson et al. (2003) reportaram que a monensina tende a fazer com que o animal reduza a taxa de ingestão, quantidade de alimento por refeição e aumenta o número de refeições diárias; fator esse importante para evitar o acúmulo de AGV e assim a prevenir a ocorrência de acidose subclínica.

A inclusão de ionóforos em rações para bovinos de corte traz benefícios ao meio ambiente por reduzir a quantidade de metano emitido, devido à redução da quantidade de substrato para as bactérias metanogênicas produzirem este gás e a quantidade de nitrogênio excretado pela urina e fezes (TEDESCHI; FOX; TYLUTKI, 2003). Ocorre diminuição de 30% na emissão de metano nas primeiras duas semanas de suplementação e a partir da segunda semana a redução é cerca de 27% (GUAN et al., 2006).

Zinn e Borques (1993), trabalhando com novilhas holandesas, forneceram 33 mg/dia de monensina, em dietas com 75% de concentrado e verificaram diminuição na concentração ruminal dos ácidos acéticos e butírico e aumento do ácido propiônico. Ruiz et al. (2001), trabalhando com 18 vacas holandesas com utilização de 0, 150 e 300 mg/dia de monensina, observaram que quando a dose utilizada foi 300 mg/dia de monensina, ocorreu a redução da proporção de acetato no rúmen e o aumento da proporção de propionato no rúmen.

O uso de plantas com metabólitos secundários, como os taninos, saponinas, e óleos essenciais, por exemplo, também vem sendo estudado como estratégia de mitigação de metano entérico (RAMIREZ-RESTREPO; BARRY, 2005). A atividade antimicrobiana dos óleos essenciais pode inibir seletivamente a metanogênese ruminal, em altas doses, de acordo com estudos *in vitro* (BENCHAAR, 2010).

McGinn et al. (2004) observaram redução de 22% nas emissões de metano em novilhas que receberam óleos funcionais, enquanto que animais que receberam monensina não minimizaram estas emissões. Watanabe et al. (2010) obtiveram redução de 70% na metanogênese ao adicionarem 200 µg/ml do líquido da casca da castanha de caju (LCC) em experimento realizado *in vitro*, enquanto que Shinkai et al. (2012) encontraram redução de 38% na produção de metano em vacas alimentadas com feno e concentrado em razão 60:40, utilizando 4 g de LCC/100 kg de peso corporal como aditivo.

Coneglian (2009) testou o uso de óleos funcionais de mamona e líquido da casca de caju ou monensina para bovinos recebendo dieta com elevada proporção de concentrado (80%). A monensina foi fornecida na dosagem de 200 mg/dia e os óleos funcionais adicionados nos níveis de 1, 2, 4 e 8 g/dia. Os tratamentos não alteraram o CMS, produção de N-amoniaco ruminal, concentração de propionato, butirato ou de AGVs totais.

Shinkai et al. (2012) verificaram redução na produção de metano e menor concentração molar de acetato, aumento na concentração e molar de propionato, assim como o verificado por Van Nevel e Demeyer (1992) e Watanabe et al. (2010) em estudo *in vitro*. Ainda o uso deste aditivo não influenciou o pH ruminal e nas concentrações de nitrogênio amoniacal e lactato e, houve aumento das bactérias produtoras de propionato, principalmente as do gênero *Prevotella ruminicola* (SHINKAI et al. 2012).

Marino et al. (2013) observaram que a adição de 120 mg/L da mistura de extratos de casca de castanha de caju e óleo de mamona aumentou linearmente acetato, propionato e ácidos graxos voláteis totais sem qualquer efeito na digestibilidade *in vitro* ou produção de metano. Chagas (2015), comparando o uso de monensina com a mistura de LCC e óleo de rícino em dietas de terminação para bovinos, observou que o uso de óleo funcional reduziu as concentrações dos ácidos butírico e valérico, aumentou a proporção molar de acetato e reduziu a de propionato, em relação ao tratamento com monensina, entretanto, a produção de metano não diferiu entre os tratamentos.

5. REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND AGRI-FOOD CANADA – AAFC. **Estimates of emissions methane**. 2003. Disponível em: <http://www.agr.ca/research/Healthy_Air>On line. Acesso em: 20 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC. **Exportações brasileiras de carne bovina, resultados em 2016**. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/download/exportacoes-jan-dez-2016.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

ALVAREZ, E. G. et al. Influence of dietary forage level on digestive function and growth performance in cattle fed steamflaked corn-based growing-finishing diets. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 3, p. 506-512, 2004.

ANADÓN, A.; MARTÍNEZ-LARRANAGA, M. R.; FREJO, M. T. Problemática atual de los antibióticos como promotores de crecimiento. **ANAPORC**, Madrid, v. 188, p. 5- 52, 1999.

BENCHAAAR, C.; POMAR, C.; CHIQUETTE, J. Evaluation of diet strategies to reduce methane production in ruminants: a modeling approach. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 81, p. 563- 574, 2001.

BENCHAAAR, C. et al. Effects of essential oils and their components on in vitro rumen microbial fermentation. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 87, p. 413-419, 2007.

BENCHAAAR, C. et al. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 209-228, 2008.

BENCHAAAR, C. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL CONFERENCE, Banff – Canadá. **Anais...** 2010.

BERGEN, W. G.; BATES, D. B. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 1465-1483, 1984.

BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 19, p. 511-522, 1965.

BOADI, D. et al. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, p. 319-335, 2004.

BRYANT, M. P.; BURKEY, L. A. Numbers and some predominant groups of bacteria in the rumen of cows fed different rations. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 36, p. 218, 1953.

BULLE, M.L.M.;RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.;TITTO, E.A.L.;LANNA, D.P.D. Desempenho de tourinhos cruzados em rações de alto teor de concentrado com bagaço de cana-de-açúcar como único volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**,Viçosa, v. 31, n.1, p. 444-450, 2002.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods- a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 94, p. 223-253, 2004.

CAETANO, M. et al. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore-based cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 8, p. 4023–4033, 2015.

CALSAMIGLIA, S. et al. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 90, n. 6, p. 2580-2595, 2007.

CASTANON, J. I. R. History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. **Poultry Science**, Cary, v. 86, n. 11, p. 2466-2471, 2007.

CHAGAS L. J. **Desempenho , metabolismo e emissão de metano de bovinos Nelore em terminação recebendo óleos funcionais em substituição ou combinação com monensina sódica na dieta**. 2015. 133 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz ” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

CHALUPA, W. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 58, n. 8, p. 1198-1218, 1975.

CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. Replacement of alfalfa neutral detergent fiber with a combination of nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, Champaign , v. 80, p. 675-680, 1997.

COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres. 380 p., 1979.

CONEGLIAN, S. M. **Uso de óleos essenciais de mamona e cajú em dietas de bovinos**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

CORREIA, S. J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de anacardiaceae. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, p. 1287-1300, 2006.

CRUZ, O. T. B. et al. Effect of glycerine and essential oils (Anacardium occidentale and Ricinus communis) on animal performance, feed efficiency and carcass characteristics of crossbred bulls finished in a feedlot system. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 13, n. 3492, p. 790-797, 2014.

DAY, L. E. et al. Biosynthesis of monensin. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, Washington, v. 4, n. 4, p. 410-414, 1973.

DENNIS, S. M.; NAGARAJA, T. G.; DAYTON, A. D. Effect of lasalocid, monensin and thiopeptin on rumen protozoa. **Research Veterinary Science**, London, v. 41, n. 2, p. 251-256, 1986.

DIAS, D. L. S. et al. Recria de novilhos em pastagem com e sem suplementação proteico/energética nas águas: consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 985-998, 2015.

DOMINGUEZ, M. G.; ESCOBAR, A. Rumen manipulation for the improved utilization of tropical forages. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 69, n. 2, p. 97-102, 1997.

DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v.88, p.308-316, 2000.

DUFFIELD, T. F. et al. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 4583-4592, 2012.

ERICKSON, G. E. et al. Interaction between bunk management and monensin concentration on finishing performance, feeding behavior, and ruminal metabolism during an acidosis challenge with feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 2869-2879.

2003.

EUN, J. S.; FELLNER, V.; GUMPERTZ, M. L. Methane production by mixed ruminal cultures incubated in dualflow fermentors. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 87, p. 112-121, 2004.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION - FAO; WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Expert Committee on Food Additives (JEFCA). **Safety evaluation of certain food additives/ prepared by the sixty-eighth meeting of the Joint**, 2008. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=xjeKTJhsqH4C&oi=fnd&pg=PP2&ots=Zbhwb5gS88&sig=UdSmVtDeQtHcrSm76GWgtykypc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 02 mar. 2017.

FERGUSON, K. A. The protection of dietary proteins and aminoacids against microbial fermentation in the rumen. In: MCDONALD, W.; WARNER, A. C. I. (Ed.). **Digestion and Metabolism in the ruminant**. Armidale: University of New England Publish Unit, p. 448-464, 1975.

FERREIRA DE JESUS, E. et al. Influence of a blend of functional oils or monensin on nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation and milk production of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 219, p. 59-67, 2016.

FULLER, J. R.; JOHNSON D. E. Monensin and lasalocid effects on fermentation *in vitro*. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 53, p. 1574, 1981.

GALYEAN, M. L.; DEFOOR, P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. E8-E16, 2003.

GALYEAN, M. L.; HUBBERT, M. E. Traditional and alternative sources of fiber: roughage values, effectiveness, and concentrations in starting and finishing diets. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL - SPRING CONFERENCE, 2012, San Antonio. **Proceedings...** Amarillo: Texas Agrilife Research and Extension Center. p. 75-97, 2012.

GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. Optimizing the use of forages in feedlot finishing diets. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 29, 2008, Edmonton. **Proceedings...** Alberta: University of Alberta. p. 139-151, 2008.

GONÇALVES, M. F. et al. Ionóforos na alimentação de bovinos. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 131-146, 2012.

GOODRICH, R. D. et al. Influence the monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 1484-1498, 1984.

GOULART, R. S.; NUSSIO, L. G. Exigências de fibra fisicamente efetiva para bovinos confinados. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE; INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE, 2011, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras. p. 111-153, 2011.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1438-1446, 1997.

GUAN, H. et al. Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1896-1906, 2006.

GUSTAFSON, J. E. et al. Effects of tea tree oil on *Escherichia coli*. **Letters in Applied Microbiology**, Bedford, v. 26, p. 194-198, 1998.

HEGARTY, R. Reducing rumen methane emissions through elimination of rumen protozoa. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.1321-1328, 1999.

HEGARTY, R. S. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 1479-1486, 2007.

HELANDER, I. M. et al. Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 3590-3595, 1998.

HORTON, G. M. J.; BASSENDOWSKI, K. A.; KELLER, E. H. Digestion and metabolism in lambs and steers fed monensin with different levels of barley. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, p. 997-1008, 1980.

HORTON, G. M. J. et al. Behavioral activity, serum progesterone and feedlot performance of heifers fed melengesterol acetate and monensin. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 61, p. 695-702, 1981.

HORTON, G. M. J. Performance of growing steers fed lasalocid or monensin in a high silage diet. **Nutrition Reports International**, New York, v. 29, p. 1427-1435, 1984.

HRISTOV, A. N. et al. Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 515-524, 2001.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

JONES, F. T.; RICKE, S. C. Observations on the history of the development of antimicrobials and their use in poultry feeds. **Poultry Science**, Cary, v. 82, p. 613-617, 2003.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Editora Santa Maria. 140 p., 2002.

KOZUBEK, A. Resorcinolic lipids, the natural non-isoprenoid phenolic amphiphiles and their biological activity. **Chemical Reviews**, Easton, v. 99, p. 1-26, 1999.

KUBO, I.; HIMEJIMA, M. Anethole, a synergist of polygodial against filamentous microorganisms. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 39, p. 2290-2292, 1991.

KUBO, I. et al. Antitumor agents from the cashew *Anacardium occidentale* apple juice **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 41, p. 1012-1015, 1993.

LAMBERT, R. J. W. et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 91, p. 453-462, 2001.

LANA, R. P.; RUSSELL, J. B. Use of potassium depletion to assess adaptation of ruminal bacteria to ionophores. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 62, p. 4499-4503, 1996.

LANGHOUT, P. New additives for broiler chickens. **World Poultry**, Doetinchem, v. 16, n. 3, p. 1-6, 2000.

LARA, R.; JACOB, R.; LENARDÃO, E. J. Síntese de cetonas e do aldeído contendo a estrutura básica do ácido rinoléico. In: ENCONTRO DE QUÍMICA DA REGIÃO SUL, 17., 2009, Rio

Grande, RS. **Anais...** Rio Grande, RS. 1 CD-ROM, 2009.

LIMA, C. A. A.; PASTORE, G. M.; LIMA, E. D. P. Estudo da atividade antimicrobiana dos ácidos anacárdicos do óleo da casca da castanha de caju (CNSL) dos clones de cajueiro-anão-precoce ccp-76 e ccp-09 em cinco estágios de maturação sobre micro-organismos da cavidade bucal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, p. 358-362, 2000.

LIMA, J. R.; GONÇALVES, L. A. G. Caracterização da fração lipídica de amêndoas de castanha de caju fritas e salgadas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 16, p.131-138, 1998.

LOMAX, M. A. et al. Differences between lactating and non-lactating dairy cows in concentration and secretion rate of insulin. **Biochemical Journal**, London, v. 180, p. 281-289, 1979.

LOYOLA, V. R.; PAULE, B. J. A. Utilização de aditivos em rações de bovinos: aspectos regulatórios e de segurança alimentar. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p. 373. 2006.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Manole. 298 p., 1997.

MARINO, C. T. et al. Effects of extracts of cashew nut shell and castor oil on in vitro ruminal fermentation, gas production kinetics, and methane production. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 96, suppl. 1, p. 237, 2013.

MARQUES, R. S. et al. Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, p. 339-348, 2016.

MARSIGLIO, N. B. **Óleos funcionais em dieta alto grão para ovinos e efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes, desempenho, características da carcaça e do músculo *Longissimus dorsi***. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

MCGINN, S.M. et al. Methane emissions from beef cattle: effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 3346-3356, 2004.

McGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, suppl. E, p. E194-E203, 2001.

McSWEENEY, C. S. et al. The application of rumen biotechnology to improve the nutritive value of fibrous feedstuffs: pre- and post-ingestion. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 265-283, 1999.

MELLOR, S. Alternatives to antibiotics. **Feed Mix**, Doetinchem, nesp., p. 6-8, 2000.

MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ-ESALQ, p.188., 1992.

MERTENS, D.R. Cresting a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1463, 1997.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p.

3427–3439, 2009.

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In T. T. Berchielli; A V. Pires; S. G. Oliveira (Eds.), **Nutrição de ruminantes** (2nd ed., pp. 565-599). Jaboticabal, Brazil: Funep, (2011).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th. Washinton: National Academic Press, p. 381. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: National Academy Press. p. 244, 1996.

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, New York, n, v. 90, suppl., p. E17-E38, 2007.

NICODEMO, M. L. F. **Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 54 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos), 2001.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismos de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep. p. 183-223. 2006.

ODONGO, N.E. et al. Effect of supplementing myristic acid in dairy cow rations on ruminal methanogenesis and fatty acid profile in milk. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 90, p. 1851-1858, 2007.

OLIVEIRA, M. S. C. et al. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica**, Amsterdam, v. 117, n. 3, p. 165–170, 2011.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64–75, 2014.

OWENS, F.N. Adaptação de gado confinado a rações ricas em grãos: distúrbios metabólicos e desempenho. In: **Simpósio sobre bovinocultura de corte**: Requisitos de qualidade na bovinocultura de corte, 6., 2008. Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, p. 221-236, 2008a.

OWENS, F.N. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. In: simpósio de produção de gado de corte, 6.; **Simpósio internacional de produção de gado de corte**, 2., 2008, Viçosa, Anais... Viçosa: UFV. p. 95-120, 2008b.

OWENS, F. N.; GOESTSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood cliffs: O & Books Inc., p. 146-171, 1988.

PARASA, L. S. et al. Acetone extract of Cashew (*Anacardium occidentale*, L.) nuts shelliquid against Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) by minimum inhibitory concentration (MIC). **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, Jaipur, v. 3, p. 736-742, 2011.

PATRA, A. K. Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, New York, v. 6, p. 416–428, 2011.

PAULA, E. F. E.; MAIA, F. P.; CHEN, R. F. F. Óleos vegetais na nutrição de ruminantes. **Nutritime**, Viçosa, v. 9, p. 2075–2103, 2012.

PAULINO, P. V. R. et al. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 161-172, 2013.

PERES, J. R.; SIMAS, J. Perspectivas da utilização de ionóforos na produção de bovinos. In: BITTAR, C. M. et al. **Minerais e aditivos para bovinos**. Piracicaba: FEALQ. cap. 9, p. 225-247, 2006.

PRESSMAN, B. C. Biological applications of ionophores. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 45, p. 501-503, 1976.

REGULAMENTO (CE) nº 1831/2003 do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de Setembro de 2003. *Jornal oficial nº L268/29* de 18/10/2003. Disponível em: [http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/regulamento_183_2001.pdf]. Último acesso em 17 de janeiro de 2017.

RICHARDSON, L. F. et al. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 43, p. 657-664, 1976.

ROGERS, J. A.; DAVIS, C. L. Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 65, n. 6, p. 944-952, 1982.

RUIZ, R. et al. Effect of monensin on the performance and nitrogen utilization of lactating dairy cows consuming fresh forage. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 84, p. 1717- 1727, 2001.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 55, p. 1-6, 1989.

RUSSELL, J. B.; WALLACE, R. J. Energy-yielding and energy-consuming reactions. In: HOBSON, P. N. (Ed). **The ruminal microbial ecosystem**. 2. ed. Essex, England: Elsevier Science. p. 267-268, 1997.

SCHELLING, G. T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 61, p. 1518-1527, 1984.

SCOTT, T. W.; ASHES, J. R. Dietary lipids for ruminants: protection, utilization and effects on remodelling of skeletal muscle phospholipids. **Australian Journal of Agricultural Research**, Clayton, v. 44, n. 3, p. 495-508, 1993.

SHAIN, D.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; HEROLD, D.W. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1082-1092, 1999.

SHINKAI, T. et al. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 95, p. 5308-5316, 2012.

SPEARS, J. W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 117, p. 632-638, 1990.

STEEN, W.W. et al. Effect of monensin on performance and plasma metabolites in growing-finishing steers. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 46, p. 350-355, 1978.

TEATHER, R. M.; FORSTER, R. J. Manipulating the rumen microflora with bacteriocins to improve ruminant production. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 78, p. 57-69, 1998 (suppl.).

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Environmental benefits of ionophores in

- ruminant diets. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 32, p. 1591-1602, 2003.
- ULTEE, A.; SMID, E. J. Influence of carvacrol on growth and toxin production by *Bacillus cereus*. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 64, p. 373–378, 2001.
- ULTEE, A.; KETS, E.P.W.; SMID, E.J. Mechanisms of action of carvacrol on the foodborne pathogen *Bacillus cereus*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 65, n. 10, p. 4606-4610, 1999.
- ULTEE, A.; BENNIK, M. H. J.; MOEZELAAR, R. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 68, p. 1561-1568, 2002.
- VAISMAN, B.; SHIKANOV, A.; DOMB, A. J. The isolation of ricinoleic acid from castor oil by salt-solubility-based fractionation for the biopharmaceutical applications. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Heidelberg, v. 85, p. 169, 2008.
- VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. cap. 6, p. 151-182, 2006.
- VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Influence of antibiotics and a deaminase inhibitor on volatile fatty acids and methane production from detergent washed hay and soluble starch by rumen microbes *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 21-31. 1992.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press. p. 476, 1994.
- VARGA, G. A. Fiber in the ration: How effective should it be? In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1997, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca, NY: Cornell University, p. 117, 1997.
- VASCONCELOS, J. T.; GALYEAN, M. L. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: the 2007 Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 2772–2781, 2007.
- WALLACE, R. J. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. **Proceedings Nutrition Society**, London, v. 63, p. 621–629, 2004.
- WALLACE, R. J.; COLOMBATTO, D.; ROBINSON, P. H. Enzymes, direct-fed microbials and plant extracts in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 1-4, 2008.
- WATANABE, Y. et al. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 93, p. 5258–5267, 2010.
- WEDEGAERTNER, T. C.; JOHNSON, D. E. Monensin effects on digestibility, methanogenesis and heat increment of a cracked corn-silage diet fed to steers. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 57, p. 168-177, 1983.
- YANG, C. M. J.; RUSSELL, J. B. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation in vivo and the number of amino acid fermenting bacteria. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 71, n. 12, p. 3470-3476, 1993.
- ZAWADZKI, F. et al. Glicerol e óleos essenciais na dieta de bovinos não castrados precoces

Purunã terminados em confinamento sobre o desempenho e ingestão de alimentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1 CD-ROM.

ZAWADZKI, F. et al. Corn replace by glycerin and functional oils (*Anacardium acid* and *Ricinoleic acid*) as additive alternative in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: carcass and *Longissimus dorsi* characteristics. **Meat Science**, Amsterdam, 2015. (In press).

ZINN, R. A.; BORQUES, J. L. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 71, p. 18-25, 1993.

ZINN, R. A.; CORONA, L.; WARE, R. A. Forage quality: impacts on cattle performance and economics In: NATIONAL ALFALFA SYMPOSIUM; CALIFORNIA ALFALFA SYMPOSIUM, 34., 2004, San Diego. **Proceedings...** San Diego, p. 209-216, 2004.

ZINN, R.A.; WARE, R.A. Forage quality: digestive limitations and their relationships to performance of beef and dairy cattle. In: ANNUAL SOUTHWEST NUTRITION & MANAGEMENT CONFERENCE, 2., 2007. Temple. **Proceedings....** Temple, p. 49 – 54, 2007.

CAPÍTULO 2

EFEITO DOS ADITIVOS MONENSINA OU ÓLEO FUNCIONAL NO DESEMPENHO E EMISSÃO DE METANO EM BOVINOS NELORE

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar o uso de monensina sódica ou óleo funcional em dieta com alto grão, sobre o consumo, comportamento ingestivo, desempenho produtivo, digestibilidade dos nutrientes, características de carcaça e emissão de metano por bovinos Nelore em terminação. Trinta bovinos machos Nelore não castrados, com peso vivo (PV) inicial de $409 \pm 6,36$ kg e idade aproximada de 24 meses, provindos de sistema de pastejo contínuo foram utilizados nesse estudo. O experimento teve duração de 105 dias, incluso o período de adaptação a instalação e dieta de 14 dias. A dieta base era composta por feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, milho grão moído, farelo de soja, polpa cítrica moída, ureia, cloreto de potássio, cloreto de sódio e núcleo confinamento. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com dez animais por tratamento. Os tratamentos foram: Controle (CTL), que consistiu em dieta base, sem aditivos; Monensina (MON), dieta base com adição de monensina sódica (30mg/kg MS); Óleo funcional (OF), dieta base com adição de Essential® (mistura de óleo de mamona e líquido da casca da castanha de caju) na dose de 500mg/kg MS. Os aditivos foram adicionados a dieta base via concentrado. Os animais que receberam MON apresentaram maior CMS e dos nutrientes FDN, FDA e amido ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$), comparado ao tratamento CTL. O uso de OF promoveu diminuição no CMS em quilos por dia e em porcentagem do peso vivo e dos nutrientes, matéria orgânica, extrato etéreo, FDN, amido, proteína e carboidratos não fibrosos ($\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$), comparado ao tratamento CTL. O uso de aditivos promoveu melhora no comportamento ingestivo dos animais, sendo que os animais que receberam MON apresentaram maior tempo de ruminação (259,76 vs 185,7) e eficiência de ruminação (29,80 vs 21,48), comparado ao tratamento CTL. O uso de OF aumentou todas as variáveis de comportamento ingestivo avaliadas, comparado ao tratamento CTL. Os animais do tratamento CTL apresentaram seleção contra as partículas longas da dieta (19mm) e os animais que receberam os aditivos MON e OF seleção a favor dessas partículas. O uso de OF promoveu aumento na digestibilidade da FDN (DFDN%) comparado ao tratamento CTL, sendo essa diferença de 21%. Os animais alimentados com o aditivo MON apresentaram menor valor de pH médio diário comparado aos animais do tratamento CTL, assim, como maior tempo com pH abaixo de 5,6 em h/dia, sendo em média 72,4% maior que o tempo do tratamento CTL abaixo deste valor. O fornecimento de MON ocasionou efeito anti-protozoário, diminuindo o gênero *Entodinium* em 24% e o gênero *Epidinium* em 78%. O uso de OF, por sua vez, diminuiu em 78% o gênero *Epidinium*, comparado ao tratamento CTL. Os animais do tratamento CTL apresentaram maior emissão de metano ($\text{g} \cdot \text{dia}$), comparado ao uso de OF, sendo 15,5% a diferença nessa emissão. O uso de ambos os aditivos não promoveu diferenças nas variáveis de desempenho produtivo comparados ao tratamento CTL. Os animais do tratamento CTL apresentaram menores pesos de fígado e do trato gastrointestinal vazio, comparado ao uso de MON, além de maior profundidade da carcaça ($P = 0,06$) comparado ao uso de OF. Os aditivos não diferiram do tratamento CTL quanto ao peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e rendimento do ganho. Os aditivos testados influenciam o consumo de nutrientes, entretanto, sem alterações no desempenho e características de carcaça dos animais, sendo assim, o uso de óleo funcional é indicado visando melhora na digestibilidade da fibra e redução nas emissões de metano sem prejuízos no sistema de produção.

Palavras chave: dieta alto grão; extrato de plantas; ionóforos; ruminantes.

EFFECT OF ADDITIVES MONENSIN OR FUNCTIONAL OIL ON PERFORMANCE AND METHANE EMISSION IN NELLORE CATTLE

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the use of monensin sodium or functional oil in high grain diet, on intake, ingestive behavior, performance, nutrient digestibility, carcass characteristics and methane emission in Nellore bulls. Thirty Nellore bulls with initial body weight of 409 ± 6.36 kg and approximately 24 months of age from a continuous grazing system were used in this study. The experiment had a duration of 105 days, including the adaptation period and 14 day. The base diet was composed of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, grain corn, soybean meal, ground citrus pulp, urea, potassium chloride, sodium chloride and core confinement. The experimental design was completely randomized with ten animals per treatment. The treatments were: Control (CTL), which consisted of diet based, without additives; Monensin (MON), base diet with monensin sodium addition (30mg / kg DM); Functional oil (FO), base diet with the addition of Essential® (mixture of castor oil and cashew nut liquid) at a dose of 500mg / kg DM. The additives were added to the base diet via concentrate. Animals that received MON had higher DMI and nutrients NDF, ADF and starch (kg.d^{-1}) compared to CTL treatment. The use of FO promoted a decrease in DMI in kilograms per day and in percentage of live weight and nutrients, organic matter, ethereal extract, NDF, starch, protein and non-fibrous carbohydrates (kg.d^{-1}), compared to CTL treatment. The use of additives promoted an improvement in the ingestive behavior of the animals, and the animals that received MON had a longer rumination time (259.76 vs 185.7) and efficacy of rumination (29.80 vs 21.48) compared to the treatment CTL. The use of FO increased all the ingestive behavior variables evaluated, compared to CTL treatment. The animals of the CTL treatment were selected against the long diet particles (19mm) and the animals that received the MON and FO additives in favor of these particles. The use of FO promoted an increase in the digestibility of NDF compared to the CTL treatment, being this difference of 21%. The animals fed the MON additive had a lower mean daily pH value compared to the CTL treatment animals, thus, as a longer time with pH below 5.6 in h / d, with a mean of 72.4% higher than the time of the CTL treatment below this value. The supply of MON caused an anti-protozoal effect, decreasing the *Entodinium* genus by 24% and the genus *Epidinium* by 78%. The use of FO, in turn, decreased the genus *Epidinium* by 78%, compared to the CTL treatment. The CTL treatment animals presented higher methane emission (g.d), compared to the FO use, with a difference of 15.5% in this emission. The use of both additives did not promote differences in productive performance variables compared to CTL treatment. The CTL treatment animals had lower liver and empty gastrointestinal tract weights, compared to the use of MON, in addition to a greater carcass depth compared to the FO use. The additives did not differ from the CTL treatment in terms of warm carcass weight, carcass yield and gain yield. The tested additives influence nutrient intake, however, without any changes in the performance and carcass characteristics of the animals, so the use of functional oil is indicated aiming at improving the digestibility of the fiber and reducing the emissions of methane without losses in the production system.

Keywords: high concentrate diet; ionophores; plant extracts; ruminants.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte vem se intensificando ao longo dos últimos anos, com o objetivo de suprir a demanda da qualidade do produto final e produzir mais em menores áreas e em menor tempo, tal intensificação se caracteriza pelo uso de grãos e ingredientes concentrados na dieta (MILLEN et al., 2009; OLIVEIRA; MILLEN, 2014), resultando assim, em grande desafio metabólico aos animais.

Estratégias dietéticas têm sido bem-sucedidas na manipulação da fermentação ruminal, através de inibição direta da metanogênese, redução da produção de hidrogênio no rúmen ou fornecimento de vias alternativas para eliminação de hidrogênio (BEAUCHEMIN et al., 2008). O metano produzido no rúmen, além de ser caracterizado como um importante gás de efeito estufa, responsável por 3,5% do aquecimento global, afeta a eficiência energética dos animais, representando entre 2 a 12% do consumo total de energia bruta (COTTON; PIELKE, 1995).

O uso de ionóforos na alimentação de bovinos é prática consagrada na redução de perdas metabólicas (BERGEN; BATES, 1987) geradas por ineficiência (produção de metano e perda de nitrogênio amoniacal) no processo fermentativo ou ainda na prevenção de distúrbios metabólicos, como a acidose (NAGARAJA; MILLER, 1989) e timpanismo (NAGARAJA; LENCHTENBERG, 2007). Por meio de levantamento realizado com nutricionistas de bovinos confinados no Brasil, Oliveira e Millen (2014) reportaram que a monensina é o aditivo alimentar mais utilizado.

No entanto, o banimento do uso de antibióticos como promotores de crescimento pela União Europeia, em 2006, teve importante papel no estímulo a pesquisas em busca de alternativas para modulação da fermentação ruminal sem lançar mão do uso de antibióticos. Neste contexto, o uso de novas tecnologias, como enzimas e extratos de plantas como aditivos na nutrição de bovinos, vem mostrando importante potencial de ação no ambiente ruminal e viabilidade na comercialização de produtos que visam substituir agentes antibióticos como a monensina sódica (WALLACE; COLOMBATTO; ROBINSON, 2008).

Óleos funcionais, especificamente os derivados do óleo de mamona e líquido da casca de caju, foram pesquisados em condições de confinamento (CONEGLIAN, 2009), como aditivos fitoterápicos com potencial de serem utilizados de forma alternativa aos aditivos ionóforos (lasalocida, salinomicina e monensina sódica) (LOYOLA; PAULE, 2006). Esses compostos alternativos apresentam ação bactericida e produtos da fermentação semelhantes àqueles observados com o uso de ionóforos.

Mesmo com número considerável de trabalhos conduzidos nos últimos anos com óleos essenciais e óleos funcionais, a maioria são estudos “in vitro” e de curta duração, os produtos testados são muitas vezes misturas de diversos compostos e pouco se sabe sobre a dose ótima de cada mistura (CHAGAS, 2015). Além disso, há a necessidade de se estudar possível adaptação dos microrganismos ruminais aos produtos e finalmente, há poucos trabalhos publicados sobre o uso desses aditivos para bovinos de corte em confinamento (BENCHAAAR et al., 2008; PATRA, 2011; KHIAOSA-ARD; ZEBELI, 2013).

Com base no exposto o objetivo do presente estudo foi avaliar o uso de monensina sódica ou óleo funcional em dieta com alto grão, sobre o consumo, comportamento ingestivo, desempenho produtivo, digestibilidade dos nutrientes, características de carcaça e emissão de metano por bovinos Nelore em terminação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto foi aprovado pelo comitê de ética no uso de animais do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Brasil, sob o número: 207/15, estando de acordo com o código de conduta para a pesquisa do Código Brasileiro de Boas Práticas e Uso de Animais (Lei número 11.977 do Estado de São Paulo).

2.1. Local

O trabalho foi conduzido no Centro APTA Bovinos de Corte, unidade de pesquisa do Instituto de Zootecnia, localizada em Sertãozinho, norte do Estado de São Paulo (21°10' latitude norte e 48°5' longitude oeste). A região é caracterizada pelo clima tropical úmido, com temperaturas e precipitações médias anuais de 24°C e 1,312 mm, respectivamente.

2.2. Instalações e animais

Trinta bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*), machos não castrados, com peso vivo (PV) inicial de $409 \pm 6,36$ kg e idade aproximada de 24 meses, provindos de sistema de pastejo contínuo foram utilizados nesse estudo. Os animais passaram por período de quarentena minimizando quaisquer possíveis efeitos de ganho compensatório.

O experimento teve início no dia 27 de agosto de 2015, com duração de 105 dias, incluso o período de adaptação a instalação e dieta de 14 dias, seguindo o protocolo de restrição com incremento diário de 0,3% do peso vivo (PARRA, 2011), e período experimental de 91 dias (15° ao 105° dia).

No início do experimento os animais receberam ivermectina (1 mL para cada 50 kg de peso vivo), vitamina A, D e E (5 mL por animal), vacina contra clostridiose (3 mL por animal) e, após 30 dias, albendazole (1 mL para cada 33 kg de peso vivo). Durante o experimento os animais receberam vacina contra febre aftosa seguindo o calendário nacional de vacinação.

2.3. Dieta experimental e manejo alimentar

A dieta base era composta por feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, milho grão moído, farelo de soja, polpa cítrica moída (Tabela 1), ureia, cloreto de potássio, cloreto de sódio, e núcleo confinamento (Tabelas 2 e 3), atendendo as exigências para as categorias dos animais em questão, de acordo com NRC (2001). Os tratamentos foram:

- Controle (CTL), que consistiu em dieta base, sem aditivos;

- Monensina (MON), dieta base com adição de monensina sódica (30mg/kg MS);
- Oleo funcional (OF), dieta base com adição de Essential® (mistura de óleo de mamona e líquido da casca da castanha de caju) na dose de 500mg/kg MS.

Os aditivos foram adicionados a dieta base via concentrado.

Tabela 1 - Composição bromatológica do feno milho grão seco moído fino, polpa cítrica e farelo de soja expressa com base na matéria seca (%).

%	Feno	Milho	Polpa cítrica	Farelo de soja
Cinzas	4,71	1,38	6,02	6,44
Proteína Bruta	4,54	9,18	6,92	48,71
Extrato etéreo	0,91	4,33	3,11	1,85
FDN ¹	77,53	19,08	24,50	15,85
FDA ²	44,54	3,11	21,30	11,10
FDNcp ³	72,69	10,42	24,73	12,86
Lignina	7,26	1,18	1,84	1,62
Amido	1,65	61,97	0,60	1,90
NDT estimado ⁴	59,76	87,88	79,86	78,03

¹FDN = fibra em detergente neutro; ²FDA= fibra em detergente ácido; ³FDNcp= Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁴NDT= Nutrientes digestíveis totais, estimado de acordo com equação de Weiss; Conrad e Pierre (1992). Fonte: Própria autoria.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes da dieta base.

Ingredientes	(%MS)
Feno <i>Brachiaria brizantha</i>	19,00
Milho	52,37
Polpa cítrica moída	16,76
Farelo de soja 45%	9,48
Uréia	1,27
Núcleo confinamento ¹	0,60
Cloreto de potássio	0,46
Cloreto de sódio	0,06
Aditivo ²	----

¹Núcleo confinamento, níveis de garantia: cálcio (10-20 g), fosforo (3000 mg), enxofre (2000 mg), magnésio (1400 mg), sódio (3800 mg), manganês (37 mg), zinco (55 mg), cobre (38 mg), iodo (1,57 mg), cobalto (0,49 mg), selênio (0,23 mg), ferro (62,5 mg). ²Aditivos: monensina sódica (30 mg.kg⁻¹ de MS) ou óleo funcional (500 mg.kg⁻¹ de MS) adicionados via concentrado ou nenhum aditivo para o tratamento controle. Fonte: Própria autoria.

Os animais foram alimentados uma vez ao dia, sendo o fornecimento as 15:00 horas. No intuito de obter manejo de cocho semelhante ao realizado em confinamentos comerciais, optou-se por retirar as sobras em dias alternados (três vezes por semana). A quantidade de alimento fornecido diariamente foi ajustada por meio de escore de cocho com adaptações segundo Pritchard (1998), de forma a manter no máximo 5% da sobra. Os ingredientes, sobras e dieta total foram amostrados semanalmente para determinação da composição nutricional da dieta.

Tabela 3 - Composição nutricional da dieta base.

Nutrientes	Composição nutricional
MS	87,30
Cinzas, %MS	3,26
Proteína bruta, %MS	15,48
Extrato Etéreo, %MS	3,11
FDN ¹ , %MS	30,76
FDN forragem, %MS	15,00
FDA ² , %MS	11,22
FDNfe ³ , %MS	10,80
FDNcp ⁴ , %MS	24,76
Lignina, %MS	2,47
Amido, %MS	32,40
CNF ⁵ , %MS	54,70
CHO ⁶ , %MS	78,14
NDT ⁷ estimado, %MS	80,02
Energia Metabolizável, Mcal/kg	2,89

¹FDN = fibra em detergente neutro; ²FDA= fibra em detergente ácido; ³FDNfe= FDN fisicamente efetiva, medida como o conteúdo de FDN da dieta multiplicado pela quantidade de partículas maiores que 1,18 mm com base na MS (Mertens, 1997). ⁴FDNcp= Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁵CNF= carboidratos não fibrosos; ⁶CHO= Carboidratos; ⁷NDT= Nutrientes digestíveis totais, estimado de acordo com equação de Weiss; Conrad e Pierre (1992). Fonte: Própria autoria.

2.4. Análises bromatológicas

As amostras dos alimentos e fezes foram secas em estufa com ventilação de ar forçada (65°C) por 72 horas, moídas em moinho do tipo Willey com peneira com furo de 2 mm e armazenadas em recipientes plásticos. Nas amostras foram analisados os teores de matéria seca, cinzas e extrato etéreo de acordo com AOAC (1990). Os teores de fibra insolúvel em detergente

neutro (FDN) foram determinados utilizando α -amilase e sem adição de sulfito de sódio, segundo Mertens (2002), utilizando determinador de fibra (TE - 149; TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil). A fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foi obtida seguindo as recomendações de Mertens (2002). Para análise de lignina foi utilizada solução a 72% de H_2SO_4 , com o auxílio do analisador de fibras.

A determinação do nitrogênio foi realizada pelo método de DUMAS (ETHERIDGE; PESTI; FOSTER, 1998) baseada na liberação do nitrogênio por combustão em alta temperatura em oxigênio puro no analisador de nitrogênio LECO® (FP-258). O valor energético da dieta estimado por meio da equação de Weiss (WEISS; CONRAD; PIERRE, 1992) a partir dos resultados da análise bromatológica dos alimentos (Form. 1).

$$NDT = 0,98 * (100 - FDN - PB - cinzas - EE - 1) + 0,93 * PB + 2,25 * EE + 0,75 * (FDN - lignina) * [1 - (lignina / FDN) * 0,667] - 7. \quad (1)$$

Os carboidratos totais (CHO) foram obtidos segundo SNIFFEN et al. (1992), (Form.2):

$$\%CHO = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM). \quad (2)$$

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos de acordo como descrito (Form.3):

$$\%CNF = 100 - (\%FDNcp + \%PB + \%EE + \%MM). \quad (3)$$

O teor de amido das dietas foi estimado por espectroscopia de refletância do infravermelho próximo NIRSystem 500 (Foss NIRSystem Inc., Silver Spring, MD, USA) utilizando a equação desenvolvida por Caetano (2008). As determinações de energia bruta (EB) foram realizadas em bomba calorimétrica adiabática, segundo o método PARR (1988). A energia digestível (ED) foi calculada como o produto entre o teor de NDT e o fator 4,409 e a concentração de energia metabolizável da dieta (EM) foi calculada multiplicando-se o valor da ED por 0,82 (NRC, 1984).

2.5. Desempenho produtivo

Os animais foram pesados sem jejum prévio a cada 14 dias para a determinação do ganho médio diário (GMD). No início do experimento, os animais tiveram as condições corporais avaliadas via ultrassom para a predição de área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea na costela (EGC) e na garupa (EGG), conforme metodologia descrita por Herring et al. (1994).

O consumo de alimento foi determinado pela diferença entre a quantidade fornecida e as sobras (15° ao 105° dia experimental). A partir dos dados de consumo foi calculado o consumo de matéria seca (CMS) e dos nutrientes e a eficiência alimentar.

O GMD foi calculado por meio da regressão dos pesos (totalizando sete pesagens) no decorrer do período experimental (91 dias) e o peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$) foi calculado através da fórmula asseguir (Form.4):

$$PV^{0,75} = [\text{peso inicial} + \text{GMD} \times (\text{duração do teste}/2)]^{0,75}. \quad (4)$$

O peso vivo em jejum foi calculado multiplicando-se o peso vivo (PV) por 0,96 considerando que o enchimento do trato gastrointestinal corresponde a 4% do peso vivo (NRC, 1996). O rendimento de carcaça foi calculado dividindo-se o peso da carcaça quente pelo peso vivo em jejum do animal, conforme descrito anteriormente.

As exigências de ganho (Eg) e de manutenção (Em) dos animais foram calculadas através das fórmulas 5 (NRC, 1984) e 6 (LOFGREEN; GARRETT, 1968; citados por ZINN; SHEN, 1998), respectivamente. Calculadas as exigências energéticas relacionadas aos ganhos de peso vivo (kg/dia) e aos pesos metabólicos (kg) dos animais durante o período experimental, foram então calculados os valores de energia líquida das rações (Mcal/kg de MS) para manutenção (ELm) e ganho (ELg) pelas fórmulas 7 e 8 (ZINN; SHEN, 1998) respectivamente.

$$Eg = [0,0493 PC^{0,75}] GPD^{1,097}. \quad (5)$$

$$Em = 0,077 PC^{0,75}. \quad (6)$$

$$ELm = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0,5}) / (2a). \quad (7)$$

onde:

$$a = -0,877 \text{ CMS};$$

$$b = 0,877 Em + 0,41 \text{ CMS} + Eg$$

$$c = -0,41 Em$$

$$ELg = 0,877 ELm - 0,41. \quad (8)$$

onde:

Eg = exigência em energia para ganho (Mcal/dia);

Em = exigência em energia para manutenção (Mcal/dia);

ELm = energia líquida de manutenção (Mcal/kg de MS);

ELg = energia líquida de ganho (Mcal/kg de MS).

2.6. Comportamento Ingestivo

Para determinação do tempo de ruminação, sensores (Heatime® HR) de alimentação foram colocados no pescoço de 15 animais (cinco de cada tratamento), durante todo o período experimental (91 dias), por 24 horas. Foram também realizadas observações focais no início (15° dia), meio (44° dia) e final (75° dia) do período experimental para registro do tempo despendido em alimentação, a cada 10 minutos, em períodos integrais de 24 horas.

Para cálculo da eficiência de alimentação da matéria seca foi utilizado o tempo em alimentação que o animal apresentou no dia de observação dividido pela quantidade em gramas de dieta que o animal ingeriu neste dia. Para calcular a eficiência de ruminação da matéria seca foi utilizado o tempo em ruminação que o animal apresentou no dia de observação dividido pela quantidade em gramas de dieta que o animal ingeriu neste dia.

2.7. Seletividade de partículas

Nos dias de cada observação focal do comportamento ingestivo (descritos no item 2.6) foram coletadas amostras da dieta total logo após o fornecimento e das sobras (dos mesmos animais avaliados no comportamento ingestivo) no dia subsequente para se determinar a distribuição das partículas usando-se o *Penn State Particle Separator* (PSPS, Nasco, Fort Atkinson, WI, EUA) como descrito por Heinrichs e Kononoff (2002) para então se analisar a extensão da seleção, a qual foi expressa em forma de índice de seleção.

O PSPS é equipado com três caixas contendo ao fundo de cada uma, peneiras de diferentes diâmetros (19,0; 8,0; e 1,18 mm), dispostas umas sob as outras do maior para o menor diâmetro, e uma última caixa com fundo sólido, totalizando quatro caixas. Cada amostra de ração ou de sobras coletada possuíam aproximadamente 200g, as quais foram colocadas sobre a primeira caixa (19 mm de diâmetro) e, então, a PSPS foi agitada conforme descrito por Heinrichs e Kononoff (2002).

As frações da matéria natural das amostras retidas em cada peneira e na caixa sólida foram então pesadas para se determinar a distribuição das partículas da amostra conforme o tamanho. O índice de seleção foi calculado como a ingestão observada/ingestão esperada para cada porção retida nas peneiras individuais. A ingestão esperada foi calculada como a distribuição do tamanho de partícula da dieta total (base na matéria natural) $\times$ a ingestão atual de matéria natural. A ingestão atual foi calculada como a quantidade de ração oferecida $\times$ a distribuição

do tamanho de partículas da dieta total – a quantidade de sobras $\times$ a distribuição do tamanho de partículas das sobras (%).

Portanto, índices de seleção de 1, menor que 1 e maior que 1, indicam: ausência de seleção, seleção contra e seleção a favor, respectivamente de acordo com a peneira ou caixa avaliada (LEONARDI; ARMENTANO, 2003). Cada caixa contou com um índice de seleção e foi considerada uma variável dependente na análise estatística, permitindo-se discutir os quatro índices de seleção em conjunto, e constatar se houve seleção e se esta seleção foi de partículas maiores ou menores.

2.8. Digestibilidade dos nutrientes

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi determinada por meio de coleta de fezes diurna em 15 animais (cinco de cada tratamento), durante quatro dias consecutivos no início (17° ao 20° dia), meio (47° ao 50° dia) e final (77° ao 80° dia) do período experimental, em horários pré estabelecidos às 7:30h, 10:30h, 13:30h e 16:30h (SAMPAIO et al., 2011).

As amostras de fezes foram armazenadas a -20°C e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, moídas em peneiras com furos de 2 mm, e homogeneizadas para confecção de amostras compostas por animal, por coleta, entretanto, foi utilizada a média das três coletas (início, meio e final) para análise dos dados.

A excreção fecal foi estimada utilizando-se como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), obtida via incubação ruminal dos ingredientes, sobras e fezes, utilizando sacos de tecido não tecido (TNT), por 240 horas, segundo recomendações de Casali et al. (2008).

Para obtenção da estimativa da excreção fecal total diária dos animais foi aplicada a fórmula de Detmann et al. (2001). Para estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes, foram utilizadas as fórmulas propostas por Cochran e Galyean (1994).

2.9. pH ruminal

O monitoramento diário ruminal do pH foi mensurado durante todo o período experimental, por intermédio de sensores ruminais, *bolus* SmaXtec® *wireless* (SmaXtec animal care sales GMBH, Graz, Áustria), inseridos via oral em 15 animais (cinco de cada tratamento), seguindo as instruções do fabricante, com o auxílio de um dispositivo *balling* oral.

Após a administração, os dados de medição foram coletados no *bolus* durante todo o período experimental. Os dados de pH do rúmen foram transmitidos a cada 10 minutos via *wireless* para estação base e armazenados no software smaXtec © 2016 Messenger v3.0.16 possibilitando monitoramento diário dos animais.

Os dados de pH ruminal foram agrupados por tratamento e expressos como pH médio diário, mínimo e máximo. Os tempos de pH abaixo de 5,6 e 5,2 foram utilizados como critério para caracterizar a condição de acidose subclínica ou clínica, respectivamente (BEVANS et al., 2005).

2.10. Protozoários ciliados do rúmen

Para avaliação dos protozoários do rúmen, durante o abate dos animais, foram coletados cerca de 10 mL de conteúdo ruminal dos 30 animais e armazenados em frasco de 20 mL com formaldeído 50% (v/v). A identificação e a quantificação dos gêneros de ciliados foram feitas em câmara Sedgewick-Rafter, (DEHORITY, 1984), foi pipetado 1 mL de conteúdo e transferido para tubos de ensaio, onde foram acrescentadas três gotas de lugol, em substituição ao verde brilhante conforme com a modificação proposta por D'Agosto e Carneiro (1999).

Após 15 minutos o conteúdo recebia a adição de 9 mL de glicerina a 30%. Para proceder à quantificação, de cada tubo de ensaio foi pipetado 1 mL do conteúdo para preencher a câmara de Sedgewick-Rafter. O cálculo do número total de ciliados por mililitro de conteúdo foi feito multiplicando-se os valores encontrados por 80 e por 20. Tais valores correspondem à superfície total da câmara de contagem e à diluição (DEHORITY, 1984). A identificação dos ciliados foi realizada segundo Ogimoto e Imai (1981).

2.11. Emissão de gás metano

A emissão de metano entérico foi determinada em cinco animais de cada tratamento, (os mesmos animais avaliados quanto ao comportamento ingestivo e pH ruminal) pela técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆) descrito por Johnson e Johnson (1995), adaptada no Brasil por Primavesi et al. (2004) e aprimorada por Berndt et al. (2014).

Nesta técnica, utiliza-se um tubo de permeação (cápsula), emissor de gás SF₆ com fluxo constante conhecido, inserido no rúmen. Assume-se que o padrão de emissão de SF₆ simule o padrão de emissão de CH₄ e a quantificação de metano na amostra é realizada em função das concentrações de SF₆.

Após a confecção das cápsulas, estas foram pesadas vazias (tara), em seguida, foram imersas em nitrogênio líquido, atingindo a temperatura criogênica de (-196 °C) e preenchidas com o gás SF₆. Posteriormente, ao averiguar o peso das cápsulas com a carga de SF₆, as mesmas foram colocadas banho-maria com água a 39 °C e pesadas semanalmente em balança de precisão para determinar a taxa de emissão de SF₆.

As cápsulas de permeação foram então inseridas nos animais via sonda orofágica, sendo que cada cápsula continha um número de identificação e taxa de emissão de SF₆ conhecida (médias de $3,82 \pm 0,19$ mg / dia).

Os animais foram adaptados aos aparatos de amostragem (cangas e cabrestos) por período de 14 dias, entretanto, foram previamente manuseados durante o período de quarentena que antecedeu o experimento para facilitar a coleta. O aparato coletor-armazenador, chamado canga, foi formado com 3 segmentos de cano soldável PVC de 60 mm, sendo duas hastes de 40 cm ligadas a uma haste transversal de 19 cm por dois joelhos de 90 graus de PVC de 60 mm. A estrutura foi vedada por 2 taps na porção inferior. Após sua confecção, ocorreu a instalação de uma válvula de gás permitindo a entrada e saída do gás para o interior do aparato.

Em seguida, um cabresto equipado com tubo capilar foi ajustado na cabeça do animal e conectado a uma canga amostradora submetida previamente a uma bomba de vácuo.

A válvula fixada na canga é acoplada a válvula na extremidade do tubo capilar, para iniciar a coleta do ar em torno do focinho e das narinas do animal, a uma taxa constante de aspiração. O sistema amostrador foi calibrado, para completar metade da capacidade de armazenamento da canga amostradora, aproximadamente 51 kPa (0,5 atm.), no período de coleta predeterminado (24 h). A regulagem do tempo de amostragem foi realizada variando-se o diâmetro do tubo capilar. Após a amostragem, a pressão na canga foi medida precisamente, com medidor digital para identificar possíveis vazamentos.

As coletas foram realizadas por 5 dias consecutivos, com troca das cangas a cada 24 horas no meio (46° ao 51° dia) e final (91° ao 96° dia) do período experimental, para que o pico de inibição das bactérias e depois a acomodação do rúmen fosse obtido.

Durante todo o período foram mantidas cangas para coleta do "branco" em condições ambientais semelhantes a que os animais estavam submetidos, mas distantes dos mesmos para evitar contaminação da amostra. Após cada período de coleta, as cangas foram encaminhadas para a análise e determinação dos gases SF₆ e CH₄. Esta foi realizada através de cromatografia gasosa, em cromatógrafo a gás HP6890 equipado com detector de ionização de chama (FID)

a 280 °C, coluna Plot HP-Al / M megabore (0,53 µm, 30 m, para CH₄), com detector de ionização de chama e detector de captura de elétrons.

As cromatografias foram realizadas imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo, no laboratório da Embrapa Meio Ambiente, possibilitando o reuso das cangas no período de coleta subsequente.

A taxa de emissão de CH₄ (QCH₄) foi calculada a partir das concentrações de CH₄ e de SF₆ medidas e da taxa conhecida de emissão de SF₆, subtraindo as concentrações desses gases aferidas no ambiente. Com os resultados da cromatografia dos gases foi possível determinar o fator de emissão de metano: g de CH₄/dia (média das emissões durante as duas coletas), g de CH₄/kgCMS e g de CH₄/GMD. Para o cálculo da energia bruta (Form. 9), na forma de metano (CH₄/CEB), foi utilizada a equação de Blaxter e Clapperton (1965), corrigida por Wilkerson et al. (1995):

$$(\text{CH}_4/\text{CEB}) = [(\text{CH}_4 \times 0,0133) / \text{CEB}] \times 100. \quad (9)$$

em que 0,0133 é a energia bruta em Mcal por kg de CH₄ (HOLTER; YOUNG, 1992).

2.12. Características de carcaça

No dia 01 de dezembro de 2015, quando a média de PV dos animais atingiu 500 kg os 30 animais foram encaminhados para frigorífico comercial, localizado no município de Bariri, São Paulo. Antes do embarque os animais foram pesados para permitir posteriores determinações de ganho de peso e rendimento de carcaça. O abate foi realizado no dia 02 de dezembro de 2015.

As gorduras renal, pélvica e inguinal de toda a carcaça, foram coletadas e pesadas, assim como os fígados dos animais que foram avaliados em função da ocorrência e tamanho dos abscessos hepáticos (BROWN et al., 1975), mas o número encontrado não foi suficiente para avaliação estatística dos mesmos. O peso do rúmen foi obtido cheio e novamente após a retirada de todo conteúdo ruminal, foi realizado o escore em função da área ruminal total lesionada, variando de 0 a 10, sendo considerado zero o rúmen com ausência de rumenite (BIGHAM; McMANUS, 1975).

Os dados de peso de carcaça quente foram obtidos pela soma das duas meias-carcaças de cada animal, após pesadas essas foram encaminhadas para câmara de resfriamento, com temperatura entre 0 e 2 °C por 20 horas. Decorrido o resfriamento, as meias-carcaças foram retiradas da câmara e medido o comprimento interno (distância entre a extremidade cranial do

osso sacro e a borda cranial da primeira costela) e a largura (distância entre a extremidade ventral do osso esterno da 5ª costela e a parte ventral do canal medular da 5ª vértebra torácica).

Durante a desossa, cada meia carcaça esquerda foi cortada entre a 12ª e a 13ª costelas para avaliar a área de olho de lombo (AOL, cm²) e a espessura de gordura subcutânea (EGS, mm). Para AOL foi utilizada uma régua quadriculada específica, com escala em cm², pelo método de quadrante de pontos.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi avaliada a $\frac{3}{4}$ da distância entre a parte medial da espinha dorsal e a parte lateral da AOL, utilizando um paquímetro digital 6" (Amatools®, modelo ZAAS Precision). O rendimento do ganho (RG), expresso em gramas por dia, foi mensurado pela equação (Form. 10) proposta por Sampaio et al., (2017):

$$RG = (\text{peso de carcaça quente final} - \text{peso de carcaça quente inicial}) / (\text{peso final} - \text{peso inicial}). \quad (10)$$

Sendo considerado o rendimento de 50% na carcaça inicial (média brasileira para *Bos indicus*), uma vez que não foi realizado o abate refencia dos animais.

2.13. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com dez animais por tratamento. Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE do SAS. As análises de variância para todas as características foram realizadas pelo procedimento MIXED do programa SAS (SAS, Inst., Inc, Cary, NC, USA). O peso inicial foi testado e quando significativo utilizado como covariável. Os fatores (tratamento) incluídos no modelo foram os aditivos alimentares (MON e OF) e efeito adicional do tratamento controle (CTL), de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + ADIT_i + \epsilon_j. \quad (11)$$

em que:

Y_{ij} = é a variável resposta associada à késima observação ($k = 1, 2, \dots, m$) dos aditivos;

μ = é a média geral

$ADIT_i$ = é o efeito dos aditivos (MON ou OF)

ϵ_j = é o erro experimental associado ao tratamento controle (CTL)

As comparações entre os tratamentos para as variáveis desse modelo foram realizadas por meio de contrastes ortogonais, sendo: 1) efeito do tratamento controle (CTL) vs o efeito dos aditivos (MON e OF); 2) efeito do tratamento CTL vs efeito do aditivo MON e 3) efeito do tratamento CTL vs efeito do aditivo OF.

O parâmetro “peso vivo inicial” foi utilizado como co-variável no modelo estatístico quando necessário. Valores de probabilidade inferiores a 0,10 foram considerados significativos.

3. RESULTADOS

3.1 Consumo de nutrientes

Os animais que receberam monensina (MON) apresentaram maior consumo de MS (Tabela 4) e dos nutrientes FDN, FDA e amido (kg.dia^{-1}), comparado ao tratamento controle (CTL). O uso de óleo funcional (OF) promoveu diminuição no consumo de MS em quilos por dia e em porcentagem do peso vivo e dos nutrientes, matéria orgânica (CMO), extrato etéreo (CEE), FDN, amido, proteína (CPB) e carboidratos não fibrosos (CCNF) em quilos por dia, comparado ao tratamento CTL. Quando observado o CMS por períodos (Figura 1), o tratamento com inclusão de MON não difere estatisticamente do tratamento CTL nos períodos um ($P= 0,58$) e três ($P= 0,35$), apresentando aumento no consumo somente no período 2 ($P= 0,02$). Já com a inclusão de OF o CMS por periodos se comportou da mesma maneira que na média geral, sendo inferior ao tratamento CTL nos três periodos ($P<0,01$).

Na figura 2 estão representadas graficamente as curvas do consumo médio de matéria seca em quilos por dia durante os 105 dias de período experimental.

Figura 1 - Consumo médio de matéria seca e desvio padrão no decorrer do período experimental.

Período 1 (15° ao 43° dia); Período 2 (44° ao 72° dia); Período 3 (73° ao 105° dia). Médias comparadas dentro dos períodos. Fonte: Própria autoria.

Tabela 4 - Efeito do uso de diferentes aditivos no consumo de nutrientes de bovinos Nelore em terminação

Variáveis	Aditivos				P valores	
	CTL ¹	MON ²	OF ³	EPM ⁴	CTL vs MON ⁵	CTL vs OF ⁶
n	10	10	10	-	-	-
kg.dia ⁻¹						
CMS	9,20	9,34	8,27	0,06	0,07	<0,01
CMO	8,82	8,96	7,94	0,06	0,58	<0,01
CEE	0,30	0,30	0,27	0,01	0,42	<0,01
CFDN	2,77	2,91	2,66	0,02	<0,01	<0,01
CFDA	1,34	1,44	1,35	0,01	<0,01	0,52
CAMI	3,08	3,18	2,69	0,03	0,02	<0,01
CPB	1,31	1,33	1,16	0,01	0,15	<0,01
CCNF	4,43	4,41	3,88	0,15	0,93	0,01
CNDT	5,13	5,46	4,67	0,31	0,46	0,30
%PV						
CMS	1,95	1,95	1,80	0,06	0,97	0,06
CFDN	0,61	0,62	0,59	0,02	0,50	0,66
CEM,	3,87	4,04	3,77	0,21	0,55	0,76
Mcal.dia ⁻¹						
CEB	34,07	35,79	29,27	2,25	0,59	0,14
CEM	18,56	19,75	16,90	1,13	0,46	0,30

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. CMS= consumo de matéria seca; CMO= consumo de matéria orgânica; CEE= consumo de extrato etéreo; CFDN= consumo de FDN; CFDA= consumo de FDA; CAMI= consumo de amido; CPT= consumo de proteína; CCNF= consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT= consumo de nutrientes digestíveis totais; CEB= consumo de energia bruta; CEM= consumo de energia metabolizável. Fonte: Própria autoria.

Figura 2 - Evolução do consumo de matéria seca durante os 91 dias (15° ao 105° dia) de período experimental

Fonte própria autoria

3.2. Comportamento ingestivo e seletividade de partículas

O uso de aditivos promoveu melhora no comportamento ingestivo dos animais (Tabela 5), sendo que os animais que receberam MON apresentaram maior tempo de ruminação (TR) e eficiência de ruminação (ER), comparado ao tratamento CTL. O uso de OF aumentou todas as variáveis de comportamento ingestivo avaliadas, comparado ao tratamento CTL.

Os animais do tratamento CTL apresentaram seleção contra (índice de seleção ≤ 1) as partículas longas da dieta (19mm) e os animais que receberam os aditivos MON e OF seleção a favor dessas partículas (índice de seleção > 1). Foi observada seleção contra e mais severa de partículas curtas (1,18 mm) com o uso de OF comparado ao tratamento CTL.

Tabela 5 - Efeito do uso de diferentes aditivos no comportamento ingestivo e na seletividade de partículas de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos				P valores	
	CTL ¹	MON ²	OF ³	EPM ⁴	CTL vs MON ⁵	CTL vs OF ⁶
n	5	5	5	-	-	-
<i>Comportamento ingestivo</i> ⁷						
TR, min.dia ⁻¹	185,7	259,76	213,21	4,05	<0,01	<0,01
TAL, min.dia ⁻¹	156,2	163,87	199,22	9,56	0,62	<0,01
EA da MS, g.MS,h ⁻¹	18,48	18,89	26,91	1,98	0,88	<0,01
ER da MS, g.MS,h ⁻¹	21,48	29,80	29,74	0,70	<0,01	<0,01
<i>Seletividade de partículas</i> ⁸						
Longas	0,18	1,11	1,08	0,29	0,04	0,05
Médias	0,96	1,02	0,50	0,19	0,82	0,12
Curtas	0,93	0,93	0,53	0,08	0,96	<0,01
Finas	0,85	0,84	0,53	0,17	0,95	0,21

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. ⁷ Variáveis expressas com base no consumo de matéria seca; TR= tempo ruminando; TAL= tempo de alimentação; EA= eficiência da alimentação; ER= eficiência da ruminação; ⁸Tamanho de partícula foi determinado pela *Penn State Particle Separator*, que continha uma malha de 19 mm (longa), uma malha de 8 mm (média), uma malha de 1,18 mm (curta) e uma caixa 0,0 mm (fina). Fonte: Própria autoria.

3.3. Digestibilidade dos nutrientes

O uso de OF promoveu aumento na digestibilidade da FDN (DFDN%) comparado ao tratamento CTL, sendo essa diferença de 21%. O tratamento com uso de MON não diferiu do tratamento CTL quanto a digestibilidade dos nutrientes.

Tabela 6 - Efeito do uso de diferentes aditivos na digestibilidade aparente dos nutrientes do trato gastrointestinal de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos				P valores	
	CTL ¹	MON ²	OF ³	EPM ⁴	CTL vs MON ⁵	CTL vs OF ⁶
n	5	5	5	-	-	-
DMS %	54,30	56,34	59,42	2,89	0,62	0,22
DFDN %	27,62	31,37	34,95	2,94	0,37	0,08
DPB %	54,55	56,20	56,27	3,61	0,75	0,74
DAMI %	68,28	72,32	75,46	3,51	0,42	0,16
DCNF%	77,42	77,65	82,69	2,64	0,95	0,17

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. DMS= digestibilidade da MS; DFDN= digestibilidade da fibra em detergente neutro; DPB= digestibilidade da proteína; DAMI= digestibilidade do amido e DCNF= digestibilidade dos carboidratos não fibrosos. Fonte: Própria autoria.

3.4. pH ruminal

Os animais alimentados com o aditivo MON apresentaram menor valor de pH médio diário (Tabela 7) comparado aos animais do tratamento CTL, assim, como maior tempo com pH abaixo de 5,6 em h/dia, sendo em média 72,4% maior que o tempo do tratamento CTL abaixo deste valor. O tratamento com uso de OF apresentou menor média de pH máximo comparado ao tratamento CTL. Quando as médias de pH ruminal são apresentadas em horas após a alimentação (Figura 3), foi observado que ambos os tratamentos apresentaram queda acentuada do pH por até 4 horas após a alimentação. Entretanto, somente o tratamento com inclusão de MON permaneceu por 9 horas consecutivas com pH abaixo de 5,6.

Tabela 7 - Efeito do uso de diferentes aditivos no pH ruminal de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos ¹				P valores ²	
	CTL ³	MON ⁴	OF ⁵	EPM ⁶	CTL vs MON ⁷	CTL vs OF ⁸
n	5	5	5	--	--	--
pH ruminal						
Médio	6,03	5,62	5,89	1,53	0,05	0,47
Mínimo	4,77	4,43	4,71	0,15	0,20	0,98
Máximo	6,99	6,78	6,70	0,09	0,11	0,04
Tempo abaixo (h/d)						
pH < 5,6	2,98	10,81	4,00	2,68	0,04	0,79
pH < 5,2	1,00	5,13	1,39	2,05	0,18	0,89

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. Fonte: Própria autoria.

Figura 3 - Efeito do uso dos aditivos e do tratamento controle no pH ruminal horas após a alimentação.

Fonte própria autoria

3.5. Protozoários ciliados do rúmen

Dentre os protozoários ciliados avaliados (Tabela 8), os presentes em maior quantidade foram os do gênero *Entodinium*, representando 80%, 86% e 88% e os do gênero *Epidinium*, sendo 9, 3 e 2% do total para CLT, MON e OF, respectivamente. O fornecimento de MON ocasionou efeito anti-protozoário, diminuindo o gênero *Entodinium* em 24% e o gênero *Epidinium* em 78%. O uso de OF, por sua vez, diminuiu em 78% o gênero *Epidinium*, comparado ao tratamento CTL. Não foi verificada a ocorrência do gênero *Diplodinium* no tratamento com MON o que indica um efeito defaunatório.

Tabela 8 - Efeito do uso de diferentes aditivos na população de protozoários ciliados ($\times 10^4/\text{ml}$) no rúmen de bovinos Nelore terminados em confinamento

Variáveis	Aditivos				P valores	
	CTL ¹	MON ²	OF ³	EPM ⁴	CTL vs MON ⁵	CTL vs OF ⁶
n	10	10	10	--	--	--
<i>Entodinium</i>	75,55	57,18	77,95	17,35	<0,01	0,09
<i>Dasytricha</i>	0,83	0,74	1,22	0,37	0,86	0,47
<i>Diplodinium</i>	1,82	ND	0,35	0,82	0,13	0,21
<i>Metadinium</i>	0,54	1,02	0,90	0,41	0,42	0,55
<i>Eudiplodinium</i>	0,51	0,67	1,07	0,30	0,70	0,20
<i>Epidinium</i>	8,74	1,92	2,06	1,70	<0,01	0,01
Total⁷	94,53	66,82	88,90	17,35	0,26	0,82

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. ⁷Total = soma dos gêneros: *Entodinium*, *Dasytricha*, *Isotricha*, *Charonina*, *Eodinium*, *Diplodinium*, *Metadinium*, *Ostracodinium*, *Emoplastron*, *Eudiplodinium*, *Diploplastron*, *Polyplastron*, *Epidinium* e *Elytroplastron*. Fonte: Própria autoria.

3.6. Emissão de gás metano

Os animais do tratamento CTL apresentaram maior emissão de metano (CH_4) em gramas por dia (Tabela 9), comparado ao uso de OF, sendo 15,5% a diferença nessa emissão. Na figura 4, estão apresentadas as emissões de metano (g.dia), nas diferentes coletas, sendo que o tratamento com inclusão de MON não diferiu do tratamento CTL na coleta 1 ($P=0,31$) e na coleta 2 ($P=0,53$), já a inclusão de OF apresentou diminuição na emissão de metano na coleta 1 ($P=0,03$), e não diferiu do tratamento CTL na coleta 2 ($P=0,32$).

Tabela 9 - Efeito do uso de diferentes aditivos na emissão entérica de metano em bovinos Nelore

Variáveis	Aditivos				P valores	
	CTL ¹	MON ²	OF ³	EPM ⁴	CTLvs MON ⁵	CTL vs OF ⁶
n	5	5	5	-	-	-
CMS _m kg.dia ⁻¹	9,00	9,40	7,75	0,10	0,01	<0,01
GMD _m kg.dia	1,31	1,26	1,03	0,15	0,78	0,18
CH ₄ g.d	231,54	213,13	194,06	14,22	0,24	0,02
CH ₄ g.kg MS	25,73	22,69	25,04	4,74	0,40	0,70
CH ₄ /CEB (%)	9,18	8,09	9,51	1,06	0,48	0,83
CH ₄ /GMD (g.kg)	176,75	169,15	188,41	48,64	0,34	0,44

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. CMS_m = Média do consumo de matéria seca durante os 91 dias do período experimental somente nos animais avaliados para emissão de metano; GMD_m= ganho médio diário durante os 91 dias do período experimental somente nos animais avaliados para emissão de metano; CH₄ g.d = emissão de metano em gramas/dia; CH₄ g.kgMS = emissão de metano por kg de MS consumida; CH₄/CEB (%)= emissão de metano em porcentagem do consumo de energia bruta; CH₄/GMD (g.kg) = emissão de metano por gramas de ganho de peso médio diário. Fonte: Própria autoria.

Figura 4 - Emissão entérica de metano em gramas por dia.

* Coleta 1: média dos cinco dias de coleta no meio do teste (46° ao 51° dia);

** Coleta 2: média dos cinco dias de coleta no final do teste (91° ao 96° dia);

*** Média: média das duas coletas. Fonte: Própria autoria.

3.7. Desempenho produtivo

O uso de ambos os aditivos não promoveu diferenças nas variáveis de desempenho produtivo (Tabela 10) comparados ao tratamento CTL. Na Figura 5 estão apresentados os pesos no decorrer dos dias em teste, mesmo com diferença numérica considerável do tratamento CTL comparado ao tratamento com inclusão de OF, esses não diferem estatisticamente ($P>0,10$).

Figura 5 - Média do peso vivo no decorrer do período experimental (15° ao 105° dia).

Fonte: Própria autoria.

Tabela 10 - Efeito do uso de diferentes aditivos no desempenho produtivo de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos				P valores	
	CTL ¹	MON ²	OF ³	EPM ⁴	CTL vs MON ⁵	CTL vs OF ⁶
n	10	10	10	-	-	-
PVadap,kg	411	408	407	4,19	0,75	0,89
PVi, kg	410	421	409	6,36	0,27	0,83
PVf, kg	524	538	500	13,29	0,48	0,21
PVV, kg	502	518	480	12,77	0,36	0,25
CMS, kg.dia ⁻¹	9,20	9,34	8,27	0,06	0,07	<0,01
GMD, kg.dia	1,30	1,30	1,04	0,16	0,69	0,18
EA,	0,14	0,14	0,13	0,02	0,53	0,15
ELm,	1,96	2,01	1,88	0,06	0,57	0,38
ELg, Mcal.kgMS	1,31	1,36	1,24	0,06	0,57	0,38

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. PVadap= peso vivo no início da adaptação; PVi= peso vivo inicial; PVf= peso vivo final; PVV= peso vivo vazio; GMD= ganho médio diário; EA= eficiência alimentar; ELg e ELm= Energia líquida para ganho e para manutenção segundo Zinn e Shen (1998). Fonte: Própria autoria.

3.8. Características de carcaça

Os animais do tratamento CTL apresentaram menores pesos de fígado ($P = 0,08$) e do trato gastrointestinal vazio (TGIv), comparado ao uso de MON (Tabela 11), além de maior profundidade da carcaça ($P = 0,06$) comparado ao uso de OF. Os aditivos não diferiram do tratamento CTL quanto ao peso de carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça (RC) e rendimento do ganho (RG). Todos os tratamentos apresentaram baixos índices de escore de rumenite.

Tabela 11 - Efeito do uso de diferentes aditivos nas características de carcaça e escore de rumenite de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos				P valores	
	CTL ¹	MON ²	OF ³	EPM ⁴	CTL vs MON ⁵	CTL vs OF ⁶
n	10	10	10	-	-	-
AOL inicial, cm ²	60,1	57,1	59,1	2,13	0,34	0,76
AOL final, cm ²	71,8	70,8	71,6	1,96	0,74	0,95
EGG inicial, mm	3,02	3,28	2,68	0,18	0,32	0,20
EGG final, mm	6,90	6,85	5,61	0,36	0,70	0,96
EGS inicial, mm	0,81	0,58	0,80	0,23	0,49	0,98
EGS final, mm	3,42	3,57	3,40	0,27	0,92	0,82
Comprimento, cm	128	130	128	0,97	0,12	0,86
Profundidade, cm	42,0	41,5	40,3	0,48	0,41	0,06
PCQ, kg	291	294	275	7,63	0,75	0,15
GRPI, kg	12,13	12,81	10,88	0,91	0,60	0,34
Peso de Fígado, kg	4,91	5,28	4,78	0,19	0,08	0,20
TGI cheio, kg	30,38	28,66	27,63	2,12	0,57	0,37
TGI vazio, kg	7,81	9,24	7,94	0,44	0,03	0,83
Rendimento de Carcaça, %	55	55	55	0,43	0,21	0,44
Rendimento do ganho, kg.dia ⁻¹	0,77	0,72	0,81	0,04	0,32	0,47
Escore de Rumenite	1,10	1,00	1,20	0,44	0,82	0,82

¹CTL= tratamento controle; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵CTL vs MON= contraste ortogonal do tratamento CTL vs MON; ⁶CTL vs OF=contraste ortogonal do tratamento CTL vs OF. AOL= área de olho de lombo; EGG= espessura de gordura subcutânea na garupa; EGS= espessura de gordura subcutânea no dorso; PCQ= peso de carcaça quente; PCR= peso de carcaça resfriada; GRPI= gordura renal, pélvica e inguinal; TGI= trato gastrointestinal. Fonte: Própria autoria.

4. DISCUSSÃO

Na figura 2 onde estão representadas graficamente as curvas do consumo médio de matéria seca em quilos por dia (15° ao 105° dia), foi observado comportamento semelhante entre os tratamentos CTL e com adição de MON, entretanto, o tratamento com inclusão de OF apresenta durante todos os dias do período experimental menor CMS e maior oscilação. É importante ressaltar que o intervalo de maior queda no consumo observado nesse tratamento, entre os dias 35 e 47 é relativo aos dias que antecedem e início da coleta de gás metano, onde os animais já estavam sendo adaptados aos aparatos de coleta, podendo ser esse um dos fatores que ocasionou essa forte queda, entretanto, os demais tratamentos não apresentaram queda do consumo nesses intervalos. A forte queda no consumo observada em todos os tratamentos no centésimo primeiro dia do período experimental é explicada pelo manejo dos animais para avaliação da carcaça por ultrassonografia nesse dia.

Os valores médios de CMS e GMD (8,9 kg.dia⁻¹ e 1,2 g.dia⁻¹, repectivamente), são muito próximos aos observados por Duffield, Merrill e Bagg (2012), ao realizarem meta-análise com dados de 40 artigos científicos publicados e de 24 relatórios experimentais publicados entre 1972 e 2010, avaliando os efeitos da monensina no desempenho de bovinos de corte em confinamento, onde a dose média de monensina nas dietas foi de 28,1 mg/kg MS (6,1 a 60,7 mg/kg MS) sendo os valores médios de CMS e GMD 8,6 kg e 1,15 kg respectivamente.

Normalmente, quando ocorre aumento no CMS, é esperado aumento no GMD e consequentemente no PVf, entretanto, apesar da inclusão de MON proporcionar maior CMS comparado ao tratamento CTL (Tabela 4), divergindo dos consistentes relatos na literatura (STOCK et al., 1995; DUFFIELD; MERRILL; BAGG, 2012) não apresentou diferenças no GMD e PVf (Tabela 10). Sendo assim, os maiores pesos de fígado e trato gastrointestinal vazio observados com a inclusão de MON (Tabela 11), permitem inferir, que o aumento no CMS pode estar associado com diferenças no gasto energético. Visto que fígado, coração e rins são órgãos de elevadas taxas metabólicas, consumindo cerca de 50% da energia destinada para manutenção e desses, o fígado apresenta o maior gasto energético (CARTENS; KERLEY, 2009).

Os resultados obtidos no presente estudo contrariam a hipótese relatada por Schelling (1984) de que os ionóforos reduzem o consumo voluntário de rações com alta proporção de

concentrado. Entretanto, de acordo com esse autor, em sistemas de confinamento de bovinos com alta proporção de concentrado, a média é de 10,7% de redução no consumo quando se fornece monensina na ração, mas cerca de 16% da redução do consumo ocorre no início do experimento quando há mudança na ração e a adição de monensina. Além disso, após 112 dias aproximadamente, essa redução no consumo cai para 5%, indicando que pode estar relacionada principalmente à adaptação dos animais e menos aos efeitos quimiostáticos do melhor aproveitamento energético da ração.

No presente estudo os dados dos primeiros 15 dias de consumo (adaptação) não foram utilizados. Sendo que do 15° ao 43° (período 1) e do 73° ao 105° (período 3) dia do período experimental o CMS não difere do tratamento CTL para o uso de MON (Figura 1), o aumento no consumo com a inclusão de monensina é observado principalmente no segundo período (44° ao 72° dia experimental).

O menor consumo de MS observado com a inclusão de OF comparado ao tratamento CTL diverge da maioria dos relatos da literatura, onde o uso de OF não apresentou influência no CMS (BENCHAAAR et al., 2008; KUNG et al., 2008; FERREIRA DE JESUS et al., 2016) e de trabalhos onde o uso de OF promoveu aumento no CMS (DEVANT et al., 2012; ZAWADZKI, 2015). Essa redução no consumo pode estar relacionada com a capacidade antimicrobiana do OF e possível seleção de bactérias produtoras de propionato no rúmen, como já relatado por Gandra et al. (2014), que avaliou o desempenho de vacas leiteiras Simental suplementadas com 2 g/dia de ácido ricinoleico na dieta e obteve redução de 12% no CMS comparado ao tratamento CTL, valor esse, próximo aos 10% observado no presente estudo.

Segundo Allen (2000), quando o propionato é absorvido mais rapidamente do que pode ser utilizado para produzir glicose no fígado, ele provavelmente será oxidado, gerando ATP e enviando sinal de saciedade para o cérebro, fato esse, que pode ter ocorrido no presente estudo, uma vez que o uso de OF reduziu em 16% a emissão de metano (g/dia), comparado ao tratamento CTL (Tabela 9).

Coneglian (2009) não observaram diferenças significativas sobre o consumo de matéria seca com a inclusão de 1, 2, 4 e 8 g/dia da mistura de óleos funcionais de rícino e caju em dieta de alto grão para bovino. Segundo Marsiglio (2012) pouco se sabe sobre a influência dos óleos funcionais de rícino e caju sobre o consumo voluntário dos ruminantes,

mas trabalhos realizados até o momento demonstram que estes óleos funcionais apresentam pouca ou nenhuma influência sobre o consumo de matéria seca.

O maior tempo e eficiência de ruminação no comportamento ingestivo observados com o uso dos aditivos (Tabela 5) comparado ao tratamento CTL, podem ser explicados pela seleção a favor de partículas longas (> 19 mm) com uso dos mesmos, uma vez que alimentos concentrados reduzem o tempo de ruminação, enquanto volumosos com alto teor de parede celular tendem a aumentar. Apesar do menor consumo, a inclusão de OF resultou em maior tempo de alimentação (TAL) comparado ao tratamento CTL, fato esse que pode ser explicado pela maior seletividade de partículas observada com uso de OF, despendendo maior tempo de alimentação nesse tratamento.

A maior DFDN observada com uso de OF (Tabela 6) indica um ambiente ruminal mais adequado para microrganismos celulolíticos, sendo que o maior tempo de ruminação e seletividade a favor de partículas longas observadas nesse tratamento podem ter contribuído para esse efeito, além da presença de lipídios fenólicos com atividade antimicrobiana na composição do OF, ácido anacárdico, cardanol e o cardol, provocando mudanças no ecossistema ruminal, característica que o torna um eficiente modificador da fermentação ruminal (WATANABE et al., 2010).

Segundo trabalhos conduzidos por Coneglian (2009), Watanabe et al. (2010) e Shinkai et al. (2012), o uso de óleo da castanha de caju resulta em maior digestibilidade da FDN devido menor sensibilidade das bactérias celulolíticas do gênero *F. succinogenes*, já as bactérias do gênero *R. flavefaciens* e *B. fibrisolvens* são altamente sensíveis ao uso desse óleo.

Na dieta com inclusão de OF fatores como, maior seletividade a favor de partículas longas, maior severidade contra seleção e partículas curtas e consequentemente maior tempo de ruminação, juntos contribuíram para maior digestibilidade da FDN e valores médios de pH ruminal dentro do limite esperado para o tipo de dieta utilizada (MEYER et al., 2009; VAKILI et al., 2013), não diferindo do tratamento CTL (Tabela 5).

O uso de MON apresentou maior tempo de pH abaixo de 5,6 comparado ao tratamento CTL, discordando dos relatos da literatura (VAGNONI et al., 1995; RUSSELL, 1996). Esse resultado não era esperado, uma vez que o pH ruminal é influenciado principalmente pela produção de saliva e no presente estudo o uso de MON proporcionou aumento de 28% no

TR comparado ao tratamento CTL, podendo estar relacionado ao maior consumo de amido observado com inclusão de MON uma vez que a fermentação deste, promove maior produção total de AGV e principalmente maior produção de propionato pela via do ácido láctico, podendo acumular no rúmen, reduzindo a digestão da fibra (VAN SOEST, 1994).

Quando isso acontece, *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus sp.* aumentam em número, pois são tolerantes a pH baixo, os *Streptococcus bovis* produzem mais ácido láctico que é liberado para o meio, condição que torna possível a ocorrência de acidose ruminal (LUCCI, 1997). Sendo assim o tratamento com uso de MON permaneceu com pH entre 5,5 e 5,6 durante oito horas consecutivas, sendo no período de três a dez horas após a alimentação (Figura 3), indicando que os animais que receberam esse aditivo apresentaram episódios de acidose subclínica.

Contudo, mesmo com maior tempo com pH abaixo de 5,6 com uso de MON, os valores encontrados para escore de rumenites em todos os tratamentos (Tabela 11) foram muito baixos, sendo assim, não acarretando em queda no consumo ou no desempenho dos animais.

A predominância do gênero *Entodinium* em todos os tratamentos (Tabela 8) está de acordo com as observações de autores que investigaram as populações de protozoários de bovinos em diferentes situações alimentares, por exemplo, em dietas ricas em concentrado, (TOWNE; NAGARAJA; BRANDT, 1990), avaliando os efeitos da monensina e do óleo de soja na dieta de vacas lactantes (MARTINELE; SIQUEIRA-CASTRO; D'AGOSTO, 2008) e dieta composta por 92,25% de concentrado com uso de aditivos alimentares, óleos funcionais de mamona e líquido da casca de caju, monensina e dieta controle (ZOTTI, 2014).

A diminuição dos protozoários ruminais observada com uso de MON resulta além do quadro de acidose subclínica, do efeito deste aditivo na estabilidade da membrana celular dos protozoários (BERGEN; BATES, 1984). Moraes, Berchielli e Reis (2011) encontraram resultado semelhante, entretanto, observam que esse efeito tóxico foi apenas temporário, pois após um período de suplementação constante da dieta com monensina, as populações de protozoários ciliados voltaram ao seu estágio inicial.

Alguns protozoários são celulolíticos, mas os principais substratos utilizados pela fauna ruminal como fonte de energia são os açúcares e amidos, que são assimilados rapidamente e estocados na forma de amilopectina ou amido protozoário (WILLIAMS, 1986), sendo assim, os protozoários desempenham um efeito tamponante, pois as bactérias

não têm acesso a uma quantidade excessiva de substratos prontamente fermentáveis, podendo ser esse um dos fatores que contribuíram para maior tempo com pH abaixo de 5,6 observado no tratamento com uso de MON comparado ao tratamento CTL.

Oeztuerk et al. (2010) avaliando o efeito da monensina sobre a fermentação ruminal *in vitro* de ovinos adultos, observaram que a monensina aumentou o número de bactérias ruminais e que esse efeito pode estar associado com o efeito antiprotozoário da monensina, uma vez que os ciliados ruminais são capazes de engolfar e digerir bactérias (WILLIAMS; COLEMAN, 1997; BUROW et al., 2005).

Não era esperado encontrar aumento no número de protozoários do gênero *Entodinium* com o uso de OF, uma vez que já é consistente na literatura (LIN et al., 2012, 2013a, 2013b; ZOTTI, 2014) o efeito deste em diminuir essa população. Os óleos funcionais são misturas complexas de metabólitos secundários de plantas com composição altamente variável, por esta razão, o seu modo de ação contra microrganismos ou alvos celulares específicos é muitas vezes difícil de determinar e, portanto, ainda é mal compreendido (COBELLIS; TRABALZA-MARINUCCI; YU, 2016).

As particularidades quanto à estrutura química e as propriedades de cada componente dos óleos (PATRA e YU, 2012), associadas à dose utilizada (KHIAOSA-ARD; ZEBELI, 2013), contribuem para as divergências nos resultados entre os estudos científicos.

Os valores obtidos de emissão entérica de metano (Tabela 9) são altos para o tipo de dieta utilizada, entretanto, estão próximos aos valores encontrados por Mc Geough et al. (2010), onde a produção de metano média observada em bovinos alimentados com dieta à base de silagem de milho ou dieta com alto concentrado foi, respectivamente, de 27,27 g.kg MS e de 22,1 g.kg MS.

Jonhson e Jonhson (1995) relataram que a produção de metano deve ser avaliada sob duas condições: primeira, quando o nível de ingestão de alimento é baixo e a disponibilidade de carboidratos na dieta é alta, a perda de energia na forma de metano é alta e, segunda, quando o nível de ingestão de alimentos é alto e a digestibilidade da dieta também é alta, ocorre baixa perda de energia na forma de metano, indicando relação entre a digestibilidade e o tempo de permanência dos alimentos no rúmen. No presente estudo, encontramos a primeira condição, sendo o nível de ingestão baixo (média de 1,9 %PV), alta disponibilidade de carboidratos e grande perda de energia na forma de metano (média de 9%).

De acordo com Johnson e Johnson (1995), em dietas compostas por cerca de 90% de alimentos concentrados, as perdas de energia na forma de metano podem ser variáveis, encontrando-se perdas em torno de 2 a 3%, o que representa menos da metade dos valores obtidos no presente estudo com média de 9% de CH₄/CEB, valor esse, superior também ao previsto pelo IPCC (2006) de 6,5% a 7,5% para bovinos em condições tropicais.

Contudo, verificou-se que o tratamento com uso de OF foi mais eficiente em reduzir as emissões de metano em gramas por dia, sendo essa diferença de 21% na coleta 1 (Figura 4), referente ao meio do teste e 16% na média das duas coletas mostrando a capacidade desses óleos de alterar a cinética da fermentação ruminal pelos seus componentes. Na coleta 2, referente ao final do teste apesar de diferença numérica os tratamentos OF e CTL não diferiram estatisticamente, mostrando um possível efeito de resistência das bactérias ruminais ao óleo funcional.

Cobellis; Trabalza-Marinucci; Yu (2016), realizando avaliação *in vitro*, trabalhando com uma relação volumoso:concentrado de 50%:50%, o metano foi reduzido em 91% para o tratamento que recebia óleo de canela e em 78% o tratamento que possuía óleo de alecrim, em relação ao tratamento controle. Extratos naturais de plantas contêm uma ampla variedade de compostos com diferentes funções e mecanismos de ação. Esses compostos possuem ação semelhante aos ionóforos, atuando de forma específica de acordo com sua estrutura química, levando a uma melhoria nos processos benéficos da fermentação ruminal e redução dos processos ineficientes (MELLOR, 2000).

Segundo Cieslak et al. (2013), os óleos extraídos de plantas podem afetar a metanogênese ao inibir o crescimento, o desenvolvimento e a atividade da população das bactérias metanogênicas, tanto diretamente, afetando a metanogênese quanto indiretamente, reduzindo o número de protozoários associados às bactérias metanogênicas, entretanto, no presente estudo, apesar da diminuição de 76% nos protozoários do gênero *Epidinium* com o uso de OF, o número total de protozoários não diferiu.

Ambos os aditivos não diferiram do tratamento CTL quanto as variáveis de desempenho produtivo (Tabela 10), apesar de aumento no GMD dos animais suplementados com monensina ter sido relatado em alguns estudos (GOODRICH et al., 1984; BERTHIAUME et al., 2006), na maioria dos trabalhos revisados, assim como no presente

estudo a monensina sódica não afetou o GMD dos animais (DEPENBUSCH et al., 2008; KUSS et al., 2008; FERREIRA et al., 2009; CHAGAS 2015).

Na literatura é consistentemente relatado o aumento na eficiência alimentar com o uso de monensina (GOODRICH et al., 1984; DUFFIELD et al., 2012), porém esta diferença não foi verificada no presente estudo, uma vez que o uso de MON promoveu aumento no CMS, a ausência de efeito da monensina na eficiência alimentar dos animais também foi relatada nos trabalhos de Ferreira et al. (2009), Kuss et al. (2008), Millen (2008) e Velora et al. (2009).

Provavelmente o efeito da monensina no desempenho animal dependa do seu nível de inclusão na dieta, da condição corporal do animal e da composição da dieta (TEDESCHI et al., 2003; CARTAXO et al., 2008; ARAÚJO-FILHO et al., 2010). Estes fatores estabelecem diferentes parâmetros experimentais e podem refletir nos resultados, explicando as divergências encontradas na literatura.

O maior consumo observado com a inclusão de MON, não foi suficiente para promover melhora nas características de carcaça, apresentando aumento no peso de fígado e do trato gastrointestinal vazio comparado ao tratamento CTL (Tabela 11), características essas indesejáveis para o sistema de produção, não há relatos consistentes na literatura que o uso de monensina sódica (GOODRICH et al., 1984; DUFFIELD et al., 2012) afete positiva ou negativamente as características de carcaça de bovinos em terminação. De acordo com Felix e Loerch (2011) e Gomes et al. (2011) os ionóforos não afetam as características de carcaça dos animais alimentados com dietas de alto teor de concentrado.

Mesmo apresentando menor consumo, e numericamente com menor PV ($P>0,10$) durante todo o período experimental comparado ao tratamento CTL (Figura 5), a inclusão de OF na dieta não acarretou em prejuízos no desempenho e características de carcaça dos animais comparado ao tratamento CTL, não sendo observadas diferenças estatísticas no PVf, GMD, EA, PCQ, rendimento de carcaça e rendimento do ganho. Pouco se sabe sobre a influência dos óleos funcionais de rícino e caju sobre o desempenho animal, mas mediante os resultados deste trabalho e os dados encontrados na literatura até o presente momento parecem exercer pouca ou nenhuma influência no peso vivo final, no ganho de peso médio diário e na eficiência alimentar. Zawadzki et al. (2010) também não observaram efeitos sobre

o peso vivo final, o ganho de peso médio diário e eficiência alimentar ao avaliar o uso de óleos funcionais de rícino e caju (3 g/animal/dia) na dieta de bovinos em confinamento.

Assim como no presente estudo, Meyer et al. (2009) não detectaram diferenças para peso vivo final ou peso de carcaça quente para animais (britânicos e britânico × continental) recebendo dietas sem aditivo, com monensina, OF ou combinação desses aditivos durante 170 dias de alimentação. Jedlicka et al. (2009), comparando a inclusão do OF (Essential®) separado ou combinado com monensina, não encontraram diferenças para as características de PVf e rendimento de carcaça. Da mesma forma, Zotti (2014) não verificou alteração no peso de carcaça quente e característica de carcaça para novilhos confinados, usando a mesma fonte de OF na dose de 500 mg/kg MS.

5. CONCLUSÕES

Os aditivos testados influenciam o consumo de nutrientes, entretanto, sem alterações no desempenho e características de carcaça dos animais, sendo assim, o uso de óleo funcional é indicado visando melhora na digestibilidade da fibra e redução nas emissões de metano sem prejuízos no sistema de produção.

6. REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND AGRI-FOOD CANADA – AAFC. **Estimates of emissions methane**. 2003. Disponível em: <http://www.agr.ca/research/Healthy_Air>On line. Acesso em: 20 mar. 2017.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 83, p. 1598-1624, 2000.
- ARAÚJO-FILHO, J.T.; COSTA, R.G.; FRAGA, A.B. et al. Desempenho e composição da carcaça de cordeiros deslanados terminados em confinamento com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.363-371, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1990. 1117 p.
- BEAUCHEMIN, K.A. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, p.21–27, 2008.
- BENCHAAR, C. et al. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 209-228, 2008.
- BERGEN, W. G.; BATES, D. B. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 1465-1483, 1984.
- BERNDT, A. et al. Guidelines for use of Sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. 1. ed. Wellington: **Ministry for Primary Industries**, v.1 p.166, 2014.
- BERTHIAUMER, R. et al. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain_forage diets with or without growth promotants.1. Feedlot performance, carcass quality, and production costs. **Journal of Animal Science**, Albany, v.84, p. 2168-2477, 2006.
- BEVANS, D. et al. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.83, p. 1116-1132, 2005.
- BIGHAM, M. L.; McMANUS, W. R. Whole wheat grain feeding of lambs.V. Effects of roughage and wheat grain mixtures. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v. 26, p. 1053-1062, 1975.
- BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 19, p. 511-522, 1965.
- BROWN, H. et al. Tylosin and chlortetracycline for the prevention of liver abscesses, improved weight gains and feed efficiency in feedlot cattle. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 40, n. 2, p. 207-213, 1975.
- BUROW, L.C. et al. A lack of predatory interaction between rumen ciliate protozoa and Shiga-toxin producing Escherichia coli. **Letters in Applied Microbiology**, v.40, n.2, p. 117-122, 2005.
- CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

- CALSAMIGLIA, S. et al. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 90, n. 6, p. 2580-2595, 2007.
- CASALI, A. O. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 335-342, 2008.
- CARTAXO, F.Q.; SOUSA, W.H.; CEZAR, M.F. et al. Efeitos do genótipo e da condição corporal sobre o desempenho de cordeiros terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1483-1489, 2008.
- CARSTENS, G. E.; KERLEY, M. S. Biological basis for variation in energetic efficiency of beef cattle. **Proceedings of the Beef Improvement Federation 41st Annual Research Symposium**. 2009, Sacramento, California, USA, 2009.
- CHAGAS L. J. **Desempenho , metabolismo e emissão de metano de bovinos Nelore em terminação recebendo óleos funcionais em substituição ou combinação com monensina sódica na dieta**. 2015. 133 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz ” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- CIEŚLAK, A. et al. Plant components with specific activities against rumen methanogens. **Animal** 7(2): 253–265, 2013.
- COBELLIS, G.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; YU, Z. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: a review. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 545-546, p. 556-568, 2016.
- COCHRAN, R. C.; GALYEAN, M. L. Measurement of in vivo forage digestion by ruminants. In: FAHEY JR, G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 613-643.
- CONEGLIAN, S. M. **Uso de óleos essenciais de mamona e cajú em dietas de bovinos**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University, 1995. 288 p.
- D'AGOSTO, M.; CARNEIRO, M. E. Evaluation of lugol solution used for counting rumen ciliates. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 16, p. 725-729, 1999.
- DEHORITY, B. A. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 48, p. 182-185, 1984.
- DEPENBUSCH, B.E. et al. Efficacy of monensina and tylosin in finishing diets based on steam-flaked corn with and without corn wet distillers grains with soluble. **J. Anim. Sci.**, v.86, p.2270-2276, 2008.
- DETMANN, E. et al. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 1340-1349, 2001.
- DEVANT, M. et al. Effect of a blend of castor oil and cashew nut shell liquid on performance, eating pattern, rumen health and carcass quality in Holstein bulls fed high-concentrate rations. **Journal of Animal Science**, v. 90, Supplement 3, p. 243, 2012.
- DUFFIELD, T. F. et al. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, Champaign,

v. 90, p. 4583-4592, 2012.

ETHERIDGE, R. D.; PESTI, G. M.; FOSTER, E. H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 73, p. 21-28, 1998.

FELIX, T. L.; LOERCH, S.C. Effects of haylage and monensin supplementation on performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing 60% dried distillers grains. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 2614-2623, 2011.

FERREIRA, V. L. P. et al. **Análise sensorial**: testes discriminativos e afetivos. Campinas-SP. SBCTA, 2000. 127 p.

FERREIRA DE JESUS, E. et al. Influence of a blend of functional oils or monensin on nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation and milk production of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 219, p. 59-67, 2016.

GANDRA, J. R. et al. Productive performance of simmental dairy cows supplemented with ricinoleic acid from castor oil. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 63, n. 244, p. 1-10, 2014.

GOMES, R. C. et al. Feedlot performance, feed efficiency reran king, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 150, p. 265-273, 2012.

GOODRICH, R. D. et al. Influence the monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 1484-1498, 1984.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. Evaluating particle size of forages and TMRs using the new penn state forage particle separator. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2002.

HERRING, W. O. et al. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2216-2226, 1994.

HOLTER, J.B.; YOUNG, A.J. Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 75, n. 8, p. 2165-2175, 1992.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE - IPCC. Guidelines for national greenhouse gas inventories. IPCC 2006, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

JEDLICKA, M. E. et al. Effects of functional oils and monensin alone or in combination on feedlot cattle growth and carcass composition (progress report). **Animal Industry Report**, Amsterdam, v. 655, n. 1, p. 46, 2009.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

KHIAOSA-ARD, R.; ZEBELI, Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 1819-1830, 2013.

KUNG, L. JR. et al. A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**,

New York, v. 91, p. 4793-4800, 2008.

KUSS, F. et al. Desempenho de vacas de descarte recebendo dietas com ou sem monensina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 173-177, jan./fev. 2008.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 86, p. 557-564, 2003.

LIN, B. et al. The effects of combined essential oils along with fumarate on rumen fermentation and methane production in vitro. **Journal Animal Feed Science**, Jablonna, v. 21, p. 198-210, 2012.

LIN, B. et al. In vitro rumen fermentation and methane production are influenced by active components of essential oils combined with fumarate. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 97, p. 1-9, 2013a.

LIN, B. et al. Effects of essential oil combinations on sheep ruminal fermentation and digestibility of a diet with fumarate included. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 184, p. 24-32, 2013b.

LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, p. 793-806, 1968.

LOYOLA, V. R.; PAULE, B. J. A. Utilização de aditivos em rações de bovinos: aspectos regulatórios e de segurança alimentar. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 373.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Manole, 1997. 298 p.

MARSIGLIO, N. B. **Óleos funcionais em dieta alto grão para ovinos e efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes, desempenho, características da carcaça e do músculo *Longissimus dorsi***. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

MARTINELE, I.; SIQUEIRA-CASTRO, I. C. V.; D'AGOSTO, M. Protozoários ciliados no rúmen de bovinos alimentados com dietas de capim-elefante e com dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, Salvador, p. 74-81, 2008.

MC GEOUGH, E.J. et al. Methane emissions, feed intake, performance, digestibility, and rumen fermentation of finishing beef cattle offered whole-crop wheat silages differing in grain content. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 2703-2716, 2010.

MELLOR, S. Alternatives to antibiotics. **Feed Mix**, Doetinchem, nesp., p. 6-8, 2000.

MERTENS, D.R. Cresting a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1463, 1997.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MEYER, N. F. et al. Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 2346-2354, 2009.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 3427–3439, 2009.

MILLEN, D. D. **Desempenho, avaliação ruminale perfil metabólico sanguíneo de bovinos jovens confinados suplementados com monensina sódica ou anticorpos policlonais**. 2008. 131f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia e Medicina Veterinária) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 2008.

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In T. T. Berchielli, A. V. Pires; S. G. Oliveira, (Eds.), *Nutrição de ruminantes* (2nd ed., pp. 565-599). Jaboticabal, Brazil: Funep, 2011.

NAGARAJA, T.G.; LECHTENBERG, K.F. Acidosis in feedlot cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, Philadelphia, v. 23, p. 333–350, 2007.

NAGARAJA, T.G.; MILLER, G.W. Ruminant microbial changes in ionophore antibiotic-treated steers with experimentally induced acidosis. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 2, n. 3, p. 465-468, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th. Washinton: National Academic Press, 381 p, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: National Academy Press, 1984. 90 p.

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminant acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, New York, n, v. 90, suppl., p. E17-E38, 2007.

OEZTUERK et al. Effects of Nisin and própolis on ruminal fermentation in vitro. *Journal of animal and veterinary advances*, v. 9, n. 21, p. 2752-2758, 2010.

OGIMOTO, K.; IMAI, S. **Atlas of rumen microbiology**. Tokyo: Japan Scientific Societies Press, 231 p, 1981.

OLIVEIRA, M. S. C. et al. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica**, Amsterdam, v. 117, n. 3, p. 165–170, 2011.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64–75, 2014.

PARR INSTRUMENT COMPANY. **Oxygen bomb calorimetry and combustion methods**. Moline, 1988. 130 p. (Technical manual).

PARRA, F. S. **Protocolos de adaptação à dietas com alta inclusão de concentrados para bovinos Nelore confinados**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

PATRA, K. A.; YU, Z. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. **Applied and Environmental Microbiology**, Oxford, v. 78, n. 12, p. 4271–4280, 2012.

PATRA, A. K. Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, New York, v. 6, p. 416–428, 2011.

PRIMAVESI, O. et al. Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários: bases para inventário de emissão de metano por ruminantes. Cap.8.. In: **Proceedings...** 1, Lima, M.A.; Boddey, R.M.; Alves, B.J.R; Machado, P.L.O.A.V; Urquiaga, S. (Org.). Estoques de C e Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária Brasileira. 1ed.Brasília, DF: Embrapa, 2002.p. 239-270.

PRITCHARD, R. H. Bunk management: observations from research. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 1998, Texas. **Proceedings...** Texas, p. 68, 1998.

RUSSELL, J. B. Mechanisms of ionophore action in ruminal bacteria. In: SYMPOSIUM ELANCO ANIMAL HEALTH, 1996, Amarillo. **Proceedings...** Amarillo: ELANCO, p. 315, 1996.

SAMPAIO, R.L., et al. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health Production**, 49, 1015–1024, 2017.

SAMPAIO, C. B. et al. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle 1 Recuperação fecal e vício de tempo longo de indicadores internos e externos em ensaio de digestão com bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 174-182, 2011.

SHELLING, G. T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 61, p. 1518-1527, 1984.

SHINKAI, T. et al. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 95, p. 5308-5316, 2012.

SNIFFEN, C.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

STOCK, R.A. et al. Effect of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, 73:39-44, 1995.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Environmental benefits of ionophores in ruminant diets. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 32, p. 1591-1602, 2003.

TOWNE, G. et al. Ruminal ciliated protozoa in cattle fed finishing diets with or without supplemental fat. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 68, p. 2150-2155, 1990.

VAGNONI, D. B. et al. Monensin and ammoniation or urea supplementation of bermudagrass hay diets for steers. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 73, n. 6, p. 1793-1802, 1995.

VAKILI, A. R. et al. The effects of Thyme and Cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. Asian Australas, **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 26, p. 935–944, 2013.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p, 1994.

WALLACE, R. J.; COLOMBATTO, D.; ROBINSON, P. H. Enzymes, direct-fed microbials and plant extracts in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 1-4, 2008.

WATANABE, Y. et al. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting

and propionate-enhancing agent for ruminants. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 93, p. 5258–5267, 2010.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A therotically-based model for predicting total digestible nutrient values of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 95-110, 1992.

WILKERSON, V.A.; CASPER, D.P.; MERTENS, D.R. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.11, p.2402-2414, 1995.

WILLIAMS, A. G. Rumen holotrich ciliate protozoa. **Microbiology Reviews**, [S.l.], v. 50, n. 1, p. 25-49, 1986.

WILLIAMS, A. G.; COLEMAN, G. S. The rumen protozoa. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. (Eds.). **The rumen microbial ecosystem**. London: Blackie Academic, v.2, p. 73-139, 1997.

ZAWADZKI, F. et al. Glicerol e óleos essenciais na dieta de bovinos não castrados precoces Purunã terminados em confinamento sobre o desempenho e ingestão de alimentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1 CD-ROM.

ZAWADZKI, F. et al. Corn replace by glycerin and functional oils (*Anacardium acid* and *Ricinoleic acid*) as additive alternative in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: carcass and *Longissimus dorsi* characteristics. **Meat Science**, Amsterdam, 2015. (In press).

ZINN, R. A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 76, p. 1280-1289, 1998.

ZOTTI, C. A. **Uso de monensina e óleos funcionais de mamona e caju em dietas com elevada proporção de concentrado fornecidas de forma abrupta para bovinos Nelore confinados**. 2014. 86 f. Tese. (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

CAPÍTULO 3

INCLUSÃO DE BAIXOS TEORES DE FIBRA EM DIETAS DE ALTO GRÃO E USO DE DIFERENTES ADITIVOS NO DESEMPENHO, EMISSÃO DE METANO E QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE EM TERMINAÇÃO

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi estabelecer o nível mínimo adequado de FDNf, comparando o uso de óleo funcional como aditivo alternativo a monensina em dietas de terminação para *Bos taurus indicus* avaliando, desempenho, eficiência, comportamento ingestivo, características de carcaça, emissão de metano entérico e qualidade da carne. Sessenta bovinos machos Nelore não castrados, com peso vivo (PV) inicial de $407 \pm 3,05$ kg e idade aproximada de 24 meses, provindos de sistema de pastejo contínuo foram utilizados nesse estudo. O experimento teve duração de 105 dias, incluso o período de adaptação a instalação e dieta de 14 dias. A dieta base era composta por feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, milho grão moído, farelo de soja, polpa cítrica moída, ureia, cloreto de potássio, cloreto de sódio, núcleo confinamento e os aditivos testados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3×2 com dez animais por tratamento. Foram avaliadas três concentrações de FDN provindo da forragem (6, 9 e 15% da MS) e dois aditivos: óleo funcional 500 mg/kg MS (mistura de óleo de mamona e líquido da casca da castanha de caju) e monensina sódica (30 mg/kg MS), os aditivos foram adicionados a dieta base via concentrado. A interação entre FDNf e os aditivos foi significativa para o consumo de MS ($P=0,02$), sendo o maior consumo observado no tratamento com inclusão de 15% de FDNf e uso de MON. Houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para os consumos de extrato etéreo e amido, sendo os maiores valores obtidos com inclusão de 9% de FDNf. Também houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para consumo de carboidratos não fibrosos, sendo que os níveis com inclusão de 9% e 15% de FDNf apresentam maiores valores comparados ao tratamento com inclusão de 6% de FDNf. Assim como, efeito quadrático para os consumos de nutrientes digestíveis totais e de energia metabolizável, sendo observados maiores valores com inclusão de 15% de FDNf. O consumo de FDN em porcentagem do peso vivo, assim como consumo de FDA em quilos por dia, apresentaram efeito linear com a inclusão dos níveis de FDNf, sendo observados maiores valores com inclusão de 15% de FDNf. A interação entre o uso dos aditivos e os níveis de FDNf foi significativa para tempo de ruminação. Assim como para eficiência de ruminação. O uso de MON apresentou menor tempo de alimentação (TAL), tempo de mastigação (TMAST) e eficiência de alimentação, comparado ao tratamento com uso de OF. O TAL e TMAST aumentaram linearmente em função do aumento nos níveis de FDNf, sem diferença ($P>0,10$) entre os tratamentos com inclusão de 6% e 9% de FDNf. Foi observada aumento no coeficiente de digestibilidade da FDN com uso do aditivo OF comparado ao uso de MON. Os animais alimentados com MON permaneceram mais tempo consecutivo com pH entre 5,5 e 5,6 que os animais que receberam dietas com OF, assim como o tratamento com inclusão de 6% de FDNf. O uso de OF proporcionou aumento de 45% na população total de protozoários ciliados do rúmen. O tratamento com inclusão de 15% de FDNf apresentou maior número de protozoários do gênero *Metadinium*, entretanto, o número total de protozoários foi maior com a inclusão de 9% de FDNf. A média da emissão de metano (g.dia) do tratamento com uso de OF foi menor que a média do tratamento com uso de MON, sendo 14% essa diferença, entretanto, a emissão de metano (g.kg MS) e emissão de metano em porcentagem do consumo de energia bruta foi menor com uso de MON. O aumento na inclusão dos níveis de FDNf ocasionou efeito linear crescente na emissão de metano (g.dia) e CH_4 /GMD (g.kg), sendo que o aumento de 1% de FDNf na dieta, proporcionou acréscimo de 6,7% na emissão de CH_4 (g.dia). O uso de MON promoveu aumento de 5% no peso vivo

final e peso vivo vazio, comparado ao uso de OF, com incremento de 15% no GMD, entretanto, sem diferir na eficiência alimentar. Os animais do tratamento MON apresentaram maior espessura de gordura subcutânea, peso de carcaça quente, gordura renal, pélvica e inguinal, peso de fígado e peso do trato gastrointestinal vazio comparado aos animais que receberam OF como aditivo, entretanto, sem diferir quanto ao rendimento de carcaça e rendimento do ganho. Houve efeito linear crescente com a inclusão dos níveis de FDNf no peso do trato gastrointestinal cheio, sendo 26% maior no nível de 15% de FDNf comparado ao nível de 6% de FDNf. A carne dos animais alimentados com MON, apresentou maiores valores para as variáveis força de cisalhamento. Quanto ao perfil de ácidos graxos o tratamento com uso de OF apresentou maior valor de ácidos graxos monoinsaturados e menor valor para n-3 comparado ao uso de MON. foi observado efeito linear dos níveis de FDNf para a variável suculência avaliada na análise sensorial, sendo o menor valor observado com a inclusão de 6% de FDNf, não diferindo entre os tratamentos com inclusão de 9% e 15% de FDNf. Os níveis de FDNf promoveram efeito quadrático na variável maciez, diferindo entre todos os tratamentos ($P<0,10$), sendo o menor valor observado com a inclusão de 6% de FDNf. Dietas com baixa inclusão de volumoso, com até 6% de fibra em detergente neutro provinda da forragem, são recomendadas para terminação de bovinos em confinamento. Tais dietas determinam menor emissão de metano, sem prejudicar o desempenho dos animais e qualidade da carne. O uso de óleo funcional apesar de proporcionar melhor controle do pH ruminal, diminuição nas emissões de metano (g.dia) e benefícios à qualidade da carne, acarretou em prejuízos no desempenho animal, não superando o aditivo monensina nesse quesito.

Palavras chave: dieta alto grão; fibra insolúvel em detergente neutro; gases de efeito estufa; monensina; óleo funcional.

INCLUSION OF LOW FIBER LEVELS IN HIGH CONCENTRATE DIETS AND USE OF DIFFERENT ADDITIVES IN PERFORMANCE, METHANE EMISSION AND MEAT QUALITY OF NELLORE FINISHING CATTLE

ABSTRACT: The objective of the present study was to establish the minimum adequate level of NDF, comparing the use of functional oil as an alternative additive to monensin in finishing diets for *Bos taurus indicus* evaluating, performance, efficiency, ingestive behavior, carcass characteristics, enteric methane emission and quality of meat. Sixty Nellore bulls with initial body weight 407 ± 3.05 kg and an approximate age of 24 months from a continuous grazing system were used in this study. The experiment had a duration of 105 days, including the adaptation period and 14 day. The base diet was composed of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, grain corn, soybean meal, ground citrus pulp, urea, potassium chloride, sodium chloride, core feed and the additives tested. The experimental design was completely randomized in a 3×2 factorial arrangement with ten animals per treatment. Three concentrations of NDF from roughage (6, 9 and 15% of DM) and two additives were evaluated: functional oil 500 mg / kg DM (castor oil mixture and cashew nut liquid) and monensin sodium (30 mg / kg DM), the additives were added to the diet via concentrate. The interaction between NDF and the additives was significant for DM intake ($P = 0.02$), with the highest intake observed in the treatment with inclusion of 15% NDF and use of MON. There was a quadratic effect of the levels of NDF for the intake of etheral extract and starch, being the highest values obtained with inclusion of 9% of NDF. There was also a quadratic effect of NDF levels for non-fibrous carbohydrate intake, with levels with inclusion of 9% and 15% of NDF greater than the treatment with inclusion of 6% NDF. As well as, quadratic effect for total digestible nutrients and metabolizable energy intake, with higher values with inclusion of 15% of NDF. The intake of NDF as a percentage of live weight, as well as ADF intake in kilograms per day, had a linear effect with the inclusion of NDF levels, with higher values with inclusion of NDF of 15%. The interaction between the use of the additives and the levels of NDF was significant for rumination time. As well as for rumination efficiency. The use of MON showed shorter feeding time (FT), chewing time (CWT) and feeding efficiency, compared to treatment with FO. The FT and CWT increased linearly as a function of the increase in NDF levels, with no difference ($P > 0.10$) between the treatments with inclusion of 6% and 9% of NDF. It was observed an increase in the digestibility coefficient of the NDF with the use of the FO additive compared to the use of MON. The animals fed MON remained longer consecutively with pH between 5.5 and 5.6 than the animals that received FO diets, as well as treatment with inclusion of 6% of NDF. The use of FO provided a 45% increase in the total population of ciliate protozoa of the rumen. The treatment with inclusion of 15% of NDF showed a higher number of protozoa of the genus *Metadinium*, however, the total number of protozoa was higher with the inclusion of 9% of NDF. The average methane emission (g.d) of the treatment using FO was lower than the average of the treatment with MON, with 14% being methane emission (g.kg DM) and emission of methane as a percentage of gross energy intake was lower with MON use. The increase in the inclusion of NDF levels caused an increasing linear effect on the emission of methane (g.d) and CH_4 / ADG (g.kg), and the increase of 1% of NDF in the diet provided an increase of 6.7% in the emission of CH_4 (g.d). The use of MON promoted a 5% increase in final live weight and empty live weight, compared to the use of FO, with a 15% increase in ADG, however, without any difference in feed efficiency. The animals of the MON treatment presented higher subcutaneous fat thickness, warm carcass weight, renal, pelvic and inguinal fat, liver weight and empty gastrointestinal tract weight compared to the animals that

received FO as an additive, however, without differing in the yield of carcass and gain yield. There was a linear effect increasing with the inclusion of NDFf levels in the weight of the full gastrointestinal tract, being 26% higher at the 15% level of NDFf compared to the level of 6% NDFf. The meat of the animals fed with MON showed higher values for the shear force variables. As for the fatty acid profile, the treatment with FO had a higher value of monounsaturated fatty acids and a lower value for n-3 compared to the use of MON. a linear effect of NDF levels was observed for the succulence variable evaluated in the sensory analysis, the lowest value being observed with the inclusion of 6% NDF, not differing between treatments with inclusion of 9% and 15% NDF. The levels of NDFf promoted quadratic effect in the soft variable, differing among all the treatments ($P < 0.10$), being the lowest value observed with the inclusion of 6% of NDFf. Diets with low inclusion of roughage, with up to 6% neutral detergent fiber derived from roughage, are recommended for finishing cattle in confinement. Such diets dictate lower methane emissions without impairing animal performance and meat quality. The use of functional oil in spite of better control of ruminal pH, decrease in methane emissions (g.d) and benefits to the quality of the meat, resulted in losses in animal performance, not exceeding the monensin additive in this question.

Keywords: functional oil; greenhouse gases; high concentrate diet; monensin; neutral detergent insoluble fiber.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o interesse por dietas de confinamento com inclusões cada vez menores de alimentos volumosos coincide com o crescimento dos módulos de confinamento, com a profissionalização do setor, com o aumento do custo de energia contida nas forragens tradicionais como silagens e principalmente com o crescimento da agricultura nacional e a oferta competitiva de grãos e de co-produtos (SANTOS et al., 2013).

Taxas de ganho de peso são alcançadas mais facilmente com rações ricas em grãos, reduzindo o período de tempo em que os animais são alimentados e conseqüentemente, reduzindo os custos no capital investido no animal. Além disso, rações contendo altas inclusões de grãos favorecem maiores deposições de gordura de forma mais rápida em carcaças mais leves o que é bastante desejável na indústria de carne (OWENS, 2008a). Tradicionalmente, as doses de inclusão de forragens em rações formuladas em confinamentos americanos apresentam em média 8,5 a 9,0% na MS da ração total (verão e inverno respectivamente), com intervalos variando entre 0 a 13,5% (OWENS, 2008b). De acordo com pesquisa realizada por Oliveira e Milen (2011), 82% dos nutricionistas brasileiros formulam dietas de confinamento com 71 a 90% de concentrado, indicando claramente a tendência de redução na inclusão de volumosos nas dietas ao longo dos últimos anos.

Entretanto, o fornecimento de rações com teores insuficientes de fibra pode resultar acúmulo de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen desencadeando quadro de acidose (BARKER et al., 1995). Este distúrbio metabólico tem efeitos negativos sobre o desempenho e a saúde dos animais, com efeitos deletérios sobre a ingestão voluntária de ingredientes, inibindo degradação da fibra e na síntese microbiana (GRANT; MERTENS, 1992). Outros problemas como timpanismo (LEEK; HARKING, 1975; CRICHLOW; CHAPLIN, 1985), ruminite (JENSEN et al., 1954), abscessos hepáticos (SMITH, 1944) e até mesmo, a morte do animal (BARKER et al., 1995) também têm sido associados a acidose ruminal.

Pequenas quantidades de forragem são incluídas na grande maioria das dietas de confinamento por duas razões principais, minimizar os riscos de acidose e estimular o consumo dos animais (GALYEAN; DEFOOR, 2003; ZINN; CORONA; WARE, 2004; GALYEAN; VASCONCELOS, 2008; GALYEAN; HUBBERT, 2012; CAETANO et al., 2015). No Brasil, é possível observar grande diversidade de fontes de forragem utilizadas em confinamentos como: cana-de-açúcar (ensilada ou *in natura*), silagem de milho, silagem de sorgo, bagaço de cana-de-açúcar e silagem de capim (MILLEN et al., 2009). Nesse contexto, diante da grande diversidade de fontes de forragens, no Brasil, é muito comum observar rações com fontes de volumosos e níveis idênticos da fração FDN produzindo, por conseqüência, diferentes respostas

distintas quanto ao CMS, o comportamento ingestivo, a cinética ruminal e em última análise o desempenho animal (ZINN; WARE, 2007; GALYEAN; DEFFOR, 2003; SHAIN et al., 1999).

A variação no nível de fibra insolúvel em detergente neutro da forragem (FDNf) na dieta explica a maior parte da variação no consumo de matéria seca de bovinos confinados com dietas com baixo teor de forragem (ZINN; CORONA; WARE, 2004). Segundo Alvarez et al. (2004), dietas com menos de 6% de FDN oriundo da forragem acarretam em queda no consumo de energia e no ganho de peso, segundo o mesmo autor, quando as dietas de terminação contêm mais de 9% de FDNf, o enchimento ruminal pode começar a limitar o consumo de energia. Desta forma, com o intuito de se padronizar a inclusão das mais variadas forragens em dietas de terminação há necessidade de se determinar níveis ótimos de inclusões sem que haja alterações no consumo de energia e consequentemente no desempenho animal (CAETANO et al., 2015).

Com o intuito de buscar o equilíbrio do ecossistema ruminal, minimizando os efeitos negativos do fornecimento de dietas ricas em concentrado, várias pesquisas com uso de aditivos alimentares vêm sendo desenvolvidas. Os aditivos mais utilizados são os antibióticos, que têm permitido aumento expressivo na produção de carne em menor área e com menor emissão de gases do efeito estufa por unidade de alimento produzido.

Segundo Bergen e Bates (1984), constitui-se uma antiga busca dos nutricionistas de ruminantes a melhora da eficiência da fermentação ruminal, por meio do aumento da produção de ácido propiônico, da diminuição da metanogênese ou da diminuição da proteólise e deaminação de proteínas no rúmen. Durante muito tempo, procurou-se atingir esses objetivos por meio da manipulação da dieta, porém, nas últimas décadas um grande número de compostos químicos tem sido testado para os mesmos fins.

No entanto, o banimento do uso de antibióticos como promotores de crescimento pela União Europeia, em 2006, teve importante papel no estímulo a pesquisas em busca de alternativas para modulação da fermentação ruminal sem lançar mão do uso de antibióticos. Neste contexto, o uso de novas tecnologias, como enzimas e extratos de plantas como aditivos na nutrição de bovinos, vem mostrando importante potencial de ação no ambiente ruminal e viabilidade na comercialização de produtos que visam substituir agentes antibióticos como a monensina sódica (WALLACE; COLOMBATTO; ROBINSON, 2008).

Óleos funcionais, especificamente os derivados do óleo de mamona e líquido da casca de caju, foram pesquisados em condições de confinamento (CONEGLIAN, 2009), como

aditivos fitoterápicos com potencial de serem utilizados de forma alternativa aos aditivos ionóforos (lasalocida, salinomicona e monensina sódica) (LOYOLA; PAULE, 2006). Esses compostos alternativos apresentam ação bactericida e produtos da fermentação semelhantes àqueles observados com o uso de ionóforos. Porém, ainda carecem de maiores investigações científicas até o momento a respeito do potencial de emprego dos óleos funcionais na nutrição de ruminantes.

Com base no exposto o objetivo do presente estudo foi estabelecer o nível mínimo adequado de FDNf, comparando o uso de óleo funcional como aditivo alternativo a monensina em dietas de terminação para *Bos taurus indicus* avaliando, desempenho, eficiência, comportamento ingestivo, características de carcaça, emissão de metano entérico e qualidade da carne.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto foi aprovado pelo comitê de ética no uso de animais do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Brasil, sob o número: 207/15, estando de acordo com o código de conduta para a pesquisa do Código Brasileiro de Boas Práticas e Uso de Animais (Lei número 11.977 do Estado de São Paulo).

2.1. Local

O trabalho foi conduzido no Centro APTA Bovinos de Corte, unidade de pesquisa do Instituto de Zootecnia, localizada em Sertãozinho, norte do Estado de São Paulo (21°10' latitude norte e 48°5' longitude oeste). A região é caracterizada pelo clima tropical úmido, com temperaturas e precipitações médias anuais de 24°C e 1,312 mm, respectivamente.

2.2. Instalações e animais

Sessenta bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*), machos não castrados, com peso vivo (PV) inicial de $407 \pm 3,05$ kg e idade aproximada de 24 meses, provindos de sistema de pastejo contínuo foram utilizados nesse estudo. Os animais passaram por período de quarentena minimizando quaisquer possíveis efeitos de ganho compensatório.

O experimento teve início no dia 27 de agosto de 2015, com duração de 105 dias, incluso o período de adaptação a instalação e dieta de 14 dias, seguindo o protocolo de restrição com incremento diário de 0,3% do peso vivo (PARRA, 2011), e período experimental de 91 dias (15° ao 105° dia).

No início do experimento os animais receberam ivermectina (1 mL para cada 50 kg de peso vivo), vitamina A, D e E (5 mL por animal), vacina contra clostridiose (3 mL por animal) e, após 30 dias, albendazole (1 mL para cada 33 kg de peso vivo). Durante o experimento os animais receberam vacina contra febre aftosa seguindo o calendário nacional de vacinação.

2.3. Dieta experimental e manejo alimentar

A dieta base era composta por feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, milho grão moído, farelo de soja, polpa cítrica moída (Tabela 1), ureia, cloreto de potássio, cloreto de sódio, núcleo confinamento e os aditivos testados (Tabelas 2 e 3), atendendo as exigências para as categorias dos animais em questão, de acordo com NRC (2001). Foram avaliadas três concentrações de FDN provindo da forragem (6, 9 e 15% da MS) e dois aditivos: óleo funcional

500 mg/kg MS (mistura de óleo de mamona e líquido da casca da castanha de caju) dose utilizada baseada nos resultados obtidos por Coneglian (2009), e monensina sódica (30 mg/kg MS). Os aditivos foram adicionados as dietas via concentrado.

Tabela 1 - Composição bromatológica do feno milho grão seco moído fino, polpa cítrica e farelo de soja expressa com base na matéria seca (%).

%	Feno	Milho	Polpa cítrica	Farelo de soja
Cinzas	4,71	1,38	6,02	6,44
Proteína Bruta	4,54	9,18	6,92	48,71
Extrato etéreo	0,91	4,33	3,11	1,85
FDN ¹	77,53	19,08	24,50	15,85
FDA ²	44,54	3,11	21,30	11,10
FDNcp ³	72,69	10,42	24,73	12,86
Lignina	7,26	1,18	1,84	1,62
Amido	1,65	61,97	0,60	1,90
NDT estimado ⁴	59,76	87,88	79,86	78,03

¹FDN = fibra em detergente neutro; ²FDA= fibra em detergente ácido; ³FDNcp= Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁴NDT= Nutrientes digestíveis totais, estimado de acordo com equação de Weiss; Conrad e Pierre (1992). Fonte: Própria autoria.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais.

Ingredientes	FDNf % na MS		
	6%	9%	15%
Feno <i>Brachiaria brizantha</i>	7,60	11,40	19,00
Milho	63,21	61,93	52,37
Polpa cítrica moída	18,00	15,36	16,76
Farelo de soja 45%	8,77	8,84	9,48
Uréia	1,33	1,33	1,27
Núcleo confinamento ¹	0,60	0,60	0,60
Cloreto de potássio	0,43	0,47	0,46
Cloreto de sódio	0,06	0,06	0,06
Aditivo ²	---	---	---

¹Núcleo confinamento, níveis de garantia: cálcio (10-20 g), fosforo (3000 mg), enxofre (2000 mg), magnésio (1400 mg), sódio (3800 mg), manganês (37 mg), zinco (55 mg), cobre (38 mg), iodo (1,57 mg), cobalto (0,49 mg), selênio (0,23 mg), ferro (62,5 mg). ²Aditivos: monensina sódica (mg.kg⁻¹ de MS) ou óleo funcional (500 mg.kg⁻¹ de MS) adicionados via concentrado. Fonte: Própria autoria.

Os animais foram alimentados uma vez ao dia, sendo o fornecimento as 15:00 horas. No intuito de obter manejo de cocho semelhante ao realizado em confinamentos comerciais, optou-

se por retirar as sobras em dias alternados (três vezes por semana). A quantidade de alimento fornecido diariamente foi ajustada por meio de escore de cocho com adaptações segundo Pritchard (1998), de forma a manter no máximo 5% da sobra.

Os ingredientes, sobras e dieta total foram amostrados semanalmente para determinação da composição nutricional da dieta e determinação do tamanho médio de partícula (Tabela 4) segundo metodologia descrita por Yu et al. (1998), onde a determinação é feita através da somatória dos produtos da multiplicação da porcentagem retida e do tamanho médio das partículas de cada peneira, obtido através da média do diâmetro dos furos da peneira em questão e do diâmetro dos furos da peneira.

Tabela 3 - Composição nutricional das dietas experimentais

Nutrientes	FDNf %		
	6%	9%	15%
MS	87,03	87,05	87,30
Cinzas, %MS	2,90	2,91	3,26
Proteína bruta, %MS	15,86	15,82	15,48
Extrato Etéreo, %MS	3,49	3,40	3,11
FDN ¹ , %MS	23,63	25,93	30,76
FDA ² , %MS	6,34	8,04	11,22
FDNfe ³ , %MS	5,70	8,10	10,80
FDNcp ⁴ , %MS	17,71	19,78	24,76
Lignina, %MS	1,77	1,99	2,47
Amido, %MS	38,80	38,20	32,40
CNF ⁵ , %MS	61,21	59,54	54,70
CHO ⁶ , %MS	77,75	77,87	78,14
NDT ⁷ estimado, %MS	83,23	82,33	80,02
Energia Metabolizável, Mcal/kg	3,01	2,98	2,89

¹FDN = fibra em detergente neutro; ²FDA= fibra em detergente ácido; ³FDNfe= FDN fisicamente efetiva, medida como o conteúdo de FDN da dieta multiplicado pela quantidade de partículas maiores que 1,18 mm com base na MS (Mertens, 1997). ⁴FDNcp= Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁵CNF= carboidratos não fibrosos; ⁶CHO= Carboidratos; ⁷NDT= Nutrientes digestíveis totais, estimado de acordo com equação de Weiss; Conrad e Pierre (1992). Fonte: Própria autoria.

Tabela 4 - Distribuição do tamanho das partículas em porcentagem das dietas fornecidas aos animais.

	FDN% MS		
	6	9	15
Partículas	% de partículas retidas		
Longas (<19 mm)	1	4	8
Médias 2 (19 – 8 mm)	3	4	7
Curtas 3 (8 – 4 mm)	20	23	20
Finas (< 4 mm)	76	69	65

Fonte: Própria autoria.

2.4. Análises bromatológicas

As amostras dos alimentos e fezes foram secas em estufa com ventilação de ar forçada (65°C) por 72 horas, moídas em moinho do tipo Willey com peneira com furo de 2 mm e armazenadas em recipientes plásticos. Nas amostras foram analisados os teores de matéria seca, cinzas e extrato etéreo de acordo com AOAC (1990). Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foram determinados utilizando α -amilase e sem adição de sulfito de sódio, segundo Mertens (2002), utilizando determinador de fibra (TE - 149; TECNAL, Piracicaba, SP, Brasil). A fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foi obtida seguindo as recomendações de Mertens (2002). Para análise de lignina foi utilizada solução a 72% de H₂SO₄, com o auxílio do analisador de fibras.

A determinação do nitrogênio foi realizada pelo método de DUMAS (ETHERIDGE; PESTI; FOSTER, 1998) baseada na liberação do nitrogênio por combustão em alta temperatura em oxigênio puro no analisador de nitrogênio LECO® (FP-258). O valor energético da dieta estimado por meio da equação de Weiss (WEISS; CONRAD; PIERRE, 1992) a partir dos resultados da análise bromatológica dos alimentos (Form. 1).

$$\text{NDT} = 0,98 * (100 - \text{FDN} - \text{PB} - \text{cinzas} - \text{EE} - 1) + 0,93 * \text{PB} + 2,25 * \text{EE} + 0,75 * (\text{FDN} - \text{lignina}) * [1 - (\text{lignina} / \text{FDN}) * 0,667] - 7. \quad (1)$$

Os carboidratos totais (CHO) foram obtidos segundo SNIFFEN et al. (1992), (Form.2):

$$\% \text{CHO} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM}). \quad (2)$$

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos de acordo como descrito (Form.3):

$$\% \text{CNF} = 100 - (\% \text{FDNcp} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM}). \quad (3)$$

O teor de amido das dietas foi estimado por espectroscopia de refletância do infravermelho próximo NIRSystem 500 (Foss NIRSystem Inc., Silver Spring, MD, USA)

utilizando a equação desenvolvida por Caetano (2008). As determinações de energia bruta (EB) foram realizadas em bomba calorimétrica adiabática, segundo o método PARR (1988). A energia digestível (ED) foi calculada como o produto entre o teor de NDT e o fator 4,409 e a concentração de energia metabolizável da dieta (EM) foi calculada multiplicando-se o valor da ED por 0,82 (NRC, 1984).

2.5. Desempenho produtivo

Os animais foram pesados sem jejum prévio a cada 14 dias para a determinação do ganho médio diário (GMD). No início do experimento, os animais tiveram as condições corporais avaliadas via ultrassom para a predição de área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea na costela (EGC) e na garupa (EGG), conforme metodologia descrita por Herring et al. (1994).

O consumo de alimento foi determinado pela diferença entre a quantidade fornecida e as sobras (15° ao 105° dia experimental). A partir dos dados de consumo foi calculado o consumo de matéria seca (CMS) e dos nutrientes e a eficiência alimentar.

O GMD foi calculado por meio da regressão dos pesos (totalizando sete pesagens) no decorrer do período experimental (91 dias) e o peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$) foi calculado através da fórmula asseguir (Form.4):

$$PV^{0,75} = [\text{peso inicial} + \text{GMD} \times (\text{duração do teste}/2)]^{0,75}. \quad (4)$$

O peso vivo em jejum foi calculado multiplicando-se o peso vivo (PV) por 0,96 considerando que o enchimento do trato gastrointestinal corresponde a 4% do peso vivo (NRC, 1996). O rendimento de carcaça foi calculado dividindo-se o peso da carcaça quente pelo peso vivo em jejum do animal, conforme descrito anteriormente.

As exigências de ganho (Eg) e de manutenção (Em) dos animais foram calculadas através das fórmulas 5 (NRC, 1984) e 6 (LOFGREEN; GARRETT, 1968; citados por ZINN; SHEN, 1998), respectivamente. Calculadas as exigências energéticas relacionadas aos ganhos de peso vivo (kg/dia) e aos pesos metabólicos (kg) dos animais durante o período experimental, foram então calculados os valores de energia líquida das rações (Mcal/kg de MS) para manutenção (ELm) e ganho (ELg) pelas fórmulas 7 e 8 (ZINN; SHEN, 1998) respectivamente.

$$Eg = [0,0493 PC^{0,75}] GPD^{1,097}. \quad (5)$$

$$Em = 0,077 PC^{0,75}. \quad (6)$$

$$ELm = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0.5}) / (2a). \quad (7)$$

onde:

$$a = -0,877 \text{ CMS};$$

$$b = 0,877 \text{ Em} + 0,41 \text{ CMS} + \text{Eg}$$

$$c = -0,41 \text{ Em}$$

$$ELg = 0,877 \text{ ELm} - 0,41. \quad (8)$$

onde:

Eg = exigência em energia para ganho (Mcal/dia);

Em = exigência em energia para manutenção (Mcal/dia);

ELm = energia líquida de manutenção (Mcal/kg de MS);

ELg = energia líquida de ganho (Mcal/kg de MS).

2.6. Comportamento Ingestivo

Para determinação do tempo de ruminação, sensores (Heatime® HR) de alimentação foram colocados no pescoço de 30 animais (cinco de cada tratamento), durante todo o período experimental (91 dias), por 24 horas. Foram também realizadas observações focais no início (15° dia), meio (44° dia) e final (75° dia) do período experimental para registro do tempo despendido em alimentação, a cada 10 minutos, em períodos integrais de 24 horas. e durante os picos de ruminação foi determinado o tempo de mastigações, com a utilização de um cronômetro digital.

Para cálculo da eficiência de alimentação da matéria seca foi utilizado o tempo em alimentação que o animal apresentou no dia de observação dividido pela quantidade em gramas de dieta que o animal ingeriu neste dia. Para calcular a eficiência de ruminação da matéria seca foi utilizado o tempo em ruminação que o animal apresentou no dia de observação dividido pela quantidade em gramas de dieta que o animal ingeriu neste dia.

2.7. Seletividade de partículas

Nos dias de cada observação focal do comportamento ingestivo (descritos no item 2.6) foram coletadas amostras da dieta total logo após o fornecimento e das sobras (dos mesmos animais avaliados no comportamento ingestivo) no dia subsequente para se determinar a distribuição das partículas usando-se o *Penn State Particle Separator* (PSPS, Nasco, Fort

Atkinson, WI, EUA) como descrito por Heinrichs e Kononoff (2002) para então se analisar a extensão da seleção, a qual foi expressa em forma de índice de seleção.

O PSPS é equipado com três caixas contendo ao fundo de cada uma, peneiras de diferentes diâmetros (19,0; 8,0; e 1,18 mm), dispostas umas sob as outras do maior para o menor diâmetro, e uma última caixa com fundo sólido, totalizando quatro caixas. Cada amostra de ração ou de sobras coletada possuíam aproximadamente 200g, as quais foram colocadas sobre a primeira caixa (19 mm de diâmetro) e, então, a PSPS foi agitada conforme descrito por Heinrichs e Kononoff (2002).

As frações da matéria natural das amostras retidas em cada peneira e na caixa sólida foram então pesadas para se determinar a distribuição das partículas da amostra conforme o tamanho. O índice de seleção foi calculado como a ingestão observada/ingestão esperada para cada porção retida nas peneiras individuais. A ingestão esperada foi calculada como a distribuição do tamanho de partícula da dieta total (base na matéria natural) $\times$ a ingestão atual de matéria natural. A ingestão atual foi calculada como a quantidade de ração oferecida $\times$ a distribuição do tamanho de partículas da dieta total – a quantidade de sobras $\times$ a distribuição do tamanho de partículas das sobras (%).

Portanto, índices de seleção de 1, menor que 1 e maior que 1, indicam: ausência de seleção, seleção contra e seleção a favor, respectivamente de acordo com a peneira ou caixa avaliada (LEONARDI; ARMENTANO, 2003). Cada caixa contou com um índice de seleção e foi considerada uma variável dependente na análise estatística, permitindo-se discutir os quatro índices de seleção em conjunto, e constatar se houve seleção e se esta seleção foi de partículas maiores ou menores.

2.8. Digestibilidade dos nutrientes

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi determinada por meio de coleta de fezes diurna em 30 animais (cinco de cada tratamento), durante quatro dias consecutivos no início (17° ao 20° dia), meio (47° ao 50° dia) e final (77° ao 80° dia) do período experimental, em horários pré estabelecidos às 7:30h, 10:30h, 13:30h e 16:30h (SAMPAIO et al., 2011).

As amostras de fezes foram armazenadas a -20°C e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, moídas em peneiras com furos de 2 mm, e homogeneizadas para confecção de amostras compostas por animal, por coleta, entretanto, foi utilizada a média das três coletas (início, meio e final) para análise dos dados.

A excreção fecal foi estimada utilizando-se como indicador interno a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), obtida via incubação ruminal dos ingredientes, sobras e fezes, utilizando sacos de tecido não tecido (TNT), por 240 horas, segundo recomendações de Casali et al. (2008).

Para obtenção da estimativa da excreção fecal total diária dos animais foi aplicada a fórmula de Detmann et al. (2001). Para estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes, foram utilizadas as fórmulas propostas por Cochran e Galyean (1994).

2.9. pH ruminal

O monitoramento diário ruminal do pH foi mensurado durante todo o período experimental, por intermédio de sensores ruminais, *bolus* SmaXtec® *wireless* (SmaXtec animal care sales GMBH, Graz, Áustria), inseridos via oral em 30 animais (cinco de cada tratamento), seguindo as instruções do fabricante, com o auxílio de um dispositivo *balling* oral.

Após a administração, os dados de medição foram coletados no *bolus* durante todo o período experimental. Os dados de pH do rúmen foram transmitidos a cada 10 minutos via *wireless* para estação base e armazenados no software smaXtec © 2016 Messenger v3.0.16 possibilitando monitoramento diário dos animais.

Os dados de pH ruminal foram agrupados por tratamento e expressos como pH médio diário, mínimo e máximo. Os tempos de pH abaixo de 5,6 e 5,2 foram utilizados como critério para caracterizar a condição de acidose subclínica ou clínica, respectivamente (BEVANS et al., 2005).

2.10. Protozoários ciliados do rúmen

Para avaliação dos protozoários do rúmen, durante o abate dos animais, foram coletados cerca de 10 mL de conteúdo ruminal dos 60 animais e armazenados em frasco de 20 mL com formaldeído 50% (v/v). A identificação e a quantificação dos gêneros de ciliados foram feitas em câmara Sedgewick-Rafter, (DEHORITY, 1984), foi pipetado 1 mL de conteúdo e transferido para tubos de ensaio, onde foram acrescentadas três gotas de lugol, em substituição ao verde brilhante conforme com a modificação proposta por D'Agosto e Carneiro (1999).

Após 15 minutos o conteúdo recebia a adição de 9 mL de glicerina a 30%. Para proceder à quantificação, de cada tubo de ensaio foi pipetado 1 mL do conteúdo para preencher a câmara de Sedgewick-Rafter. O cálculo do número total de ciliados por mililitro de conteúdo foi feito

multiplicando-se os valores encontrados por 80 e por 20. Tais valores correspondem à superfície total da câmara de contagem e à diluição (DEHORITY, 1984). A identificação dos ciliados foi realizada segundo Ogimoto e Imai (1981).

2.11. Emissão de gás metano

A emissão de metano entérico foi determinada em cinco animais de cada tratamento, (os mesmos animais avaliados quanto ao comportamento ingestivo e pH ruminal) pela técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) descrito por Johnson e Johnson (1995), adaptada no Brasil por Primavesi et al. (2004) e aprimorada por Berndt et al. (2014).

Nesta técnica, utiliza-se um tubo de permeação (cápsula), emissor de gás SF_6 com fluxo constante conhecido, inserido no rúmen. Assume-se que o padrão de emissão de SF_6 simule o padrão de emissão de CH_4 e a quantificação de metano na amostra é realizada em função das concentrações de SF_6 .

Após a confecção das cápsulas, estas foram pesadas vazias (tara), em seguida, foram imersas em nitrogênio líquido, atingindo a temperatura criogênica de (-196°C) e preenchidas com o gás SF_6 . Posteriormente, ao averiguar o peso das cápsulas com a carga de SF_6 , as mesmas foram colocadas banho-maria com água a 39°C e pesadas semanalmente em balança de precisão para determinar a taxa de emissão de SF_6 .

As cápsulas de permeação foram então inseridas nos animais via sonda orofágica, sendo que cada cápsula continha um número de identificação e taxa de emissão de SF_6 conhecida (médias de $3,82 \pm 0,19$ mg / dia).

Os animais foram adaptados aos aparatos de amostragem (cangas e cabrestos) por período de 14 dias, entretanto, foram previamente manuseados durante o período de quarentena que antecedeu o experimento para facilitar a coleta. O aparato coletor-armazenador, chamado canga, foi formado com 3 segmentos de cano soldável PVC de 60 mm, sendo duas hastes de 40 cm ligadas a uma haste transversal de 19 cm por dois joelhos de 90° graus de PVC de 60 mm. A estrutura foi vedada por 2 taps na porção inferior. Após sua confecção, ocorreu a instalação de uma válvula de gás permitindo a entrada e saída do gás para o interior do aparato.

Em seguida, um cabresto equipado com tubo capilar foi ajustado na cabeça do animal e conectado a uma canga amostradora submetida previamente a uma bomba de vácuo.

A válvula fixada na canga é acoplada a válvula na extremidade do tubo capilar, para iniciar a coleta do ar em torno do focinho e das narinas do animal, a uma taxa constante de aspiração. O sistema amostrador foi calibrado, para completar metade da capacidade de

armazenamento da canga amostradora, aproximadamente 51 kPa (0,5 atm.), no período de coleta predeterminado (24 h). A regulação do tempo de amostragem foi realizada variando-se o diâmetro do tubo capilar. Após a amostragem, a pressão na canga foi medida precisamente, com medidor digital para identificar possíveis vazamentos.

As coletas foram realizadas por 5 dias consecutivos, com troca das cangas a cada 24 horas no meio (46° ao 51° dia) e final (91° ao 96° dia) do período experimental, para que o pico de inibição das bactérias e depois a acomodação do rúmen fosse obtido.

Durante todo o período foram mantidas cangas para coleta do "branco" em condições ambientais semelhantes a que os animais estavam submetidos, mas distantes dos mesmos para evitar contaminação da amostra. Após cada período de coleta, as cangas foram encaminhadas para a análise e determinação dos gases SF₆ e CH₄. Esta foi realizada através de cromatografia gasosa, em cromatógrafo a gás HP6890 equipado com detector de ionização de chama (FID) a 280 °C, coluna Plot HP-Al / M megabore (0,53 µm, 30 m, para CH₄), com detector de ionização de chama e detector de captura de elétrons.

As cromatografias foram realizadas imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo, no laboratório da Embrapa Meio Ambiente, possibilitando o reuso das cangas no período de coleta subsequente.

A taxa de emissão de CH₄ (QCH₄) foi calculada a partir das concentrações de CH₄ e de SF₆ medidas e da taxa conhecida de emissão de SF₆, subtraindo as concentrações desses gases aferidas no ambiente. Com os resultados da cromatografia dos gases foi possível determinar o fator de emissão de metano: gramas de CH₄/dia (média das emissões durante as duas coletas), gramas de CH₄/kg CMS e gramas de CH₄/GMD. Para o cálculo da energia bruta (Form. 9), na forma de metano (CH₄/CEB), foi utilizada a equação de Blaxter e Clapperton (1965), corrigida por Wilkerson et al. (1995):

$$(\text{CH}_4/\text{CEB}) = [(\text{CH}_4 \times 0,0133) / \text{CEB}] \times 100. \quad (9)$$

em que 0,0133 é a energia bruta em Mcal por kg de CH₄ (HOLTER; YOUNG, 1992).

2.12. Características de carcaça

No dia 01 de dezembro de 2015, quando a média de peso vivo (PV) dos animais atingiu 500 kg os 60 animais foram encaminhados para frigorífico comercial, localizado no município de Bariri, São Paulo. Antes do embarque os animais foram pesados para permitir posteriores determinações de ganho de peso e rendimento de carcaça. O abate foi realizado no dia 02 de dezembro de 2015.

As gorduras renal, pélvica e inguinal de toda a carcaça, foram coletadas e pesadas, assim como os fígados dos animais que foram avaliados em função da ocorrência e tamanho dos abscessos hepáticos (BROWN et al., 1975), mas o número encontrado não foi suficiente para avaliação estatística dos mesmos. O peso do rúmen foi obtido cheio e novamente após a retirada de todo conteúdo ruminal, foi realizado o escore em função da área ruminal total lesionada, variando de 0 a 10, sendo considerado zero o rúmen com ausência de rumenite (BIGHAM; McMANUS, 1975).

Os dados de peso de carcaça quente foram obtidos pela soma das duas meias-carcaças de cada animal, após pesadas essas foram encaminhadas para câmara de resfriamento, com temperatura entre 0 e 2 °C por 20 horas. Decorrido o resfriamento, as meias-carcaças foram retiradas da câmara e medido o comprimento interno (distância entre a extremidade cranial do osso sacro e a borda cranial da primeira costela) e a largura (distância entre a extremidade ventral do osso esterno da 5ª costela e a parte ventral do canal medular da 5ª vértebra torácica).

Durante a desossa, cada meia carcaça esquerda foi cortada entre a 12ª e a 13ª costelas para avaliar a área de olho de lombo (AOL, cm²) e a espessura de gordura subcutânea (EGS, mm). Para AOL foi utilizada uma régua quadriculada específica, com escala em cm², pelo método de quadrante de pontos.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi avaliada a ¾ da distância entre a parte medial da espinha dorsal e a parte lateral da AOL, utilizando um paquímetro digital 6" (Amatools®, modelo ZAAS Precision). O rendimento do ganho (RG), expresso em gramas por dia, foi mensurado pela equação (Form. 10) proposta por Sampaio et al., (2017):

$$RG = (\text{peso de carcaça quente final} - \text{peso de carcaça quente inicial}) / (\text{peso final} - \text{peso inicial}). \quad (10)$$

Sendo considerado o rendimento de 50% na carcaça inicial (média brasileira para *Bos indicus*), uma vez que não foi realizado o abate referência dos animais.

Foram coletadas amostras do musculo *longissimus dorsi*, identificadas, embaladas a vácuo individualmente e congeladas para posteriores análises descritas a seguir.

2.13. Qualidade da carne

Foi avaliado o pH do musculo *longissimus*, com o auxílio de um peagâmetro digital com sonda de penetração (Hanna Instruments Inc®, modelo HI 99163). Para avaliação da cor, as amostras de carne foram expostas ao oxigênio por 30 minutos, com temperatura controlada e as leituras foram realizadas em três pontos distintos da amostra, com auxílio de um colorímetro portátil (Konica Minolta® Brasil, modelo CM2500d,) para avaliação dos componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) pelo sistema CIELAB. O valor final da cor foi considerado como a média das três leituras (HOUBEN et al., 2000).

Para análise qualitativa da carne, foi retirada parte do *longissimus* (contrafilé) a partir da 11ª costela, de cinco animais de cada tratamento: as amostras foram descongeladas durante 24 horas em refrigerador doméstico (4 °C) e em seguida foram assadas em forno elétrico a 180 °C até atingirem a temperatura interna no bife de 72 °C, mensurado por meio de termopares individuais, inseridos no centro geométrico das amostras. Após a cocção, as amostras foram resfriadas por 24 horas, em refrigerador doméstico a 4 °C.

Posteriormente foram retirados seis cilindros de 13 mm de diâmetro de cada amostra, com auxílio de um vazador elétrico (WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 2001). A análise de maciez objetiva foi realizada no equipamento Brookfield® CT-3 Texture Analyser (Brookfield, USA), com lâmina Warner-Bratzler. Para determinação da força de cisalhamento, foi considerado o valor médio obtido entre os seis cilindros. A perda por cocção (PC) foi determinada pela diferença de peso antes e depois do cozimento, expressa em %, conforme proposto por Honikel (1998).

A análise sensorial, foi realizada com 170 consumidores comuns para carne (não treinados), utilizando-se teste afetivo quantitativo de aceitabilidade (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999). As amostras foram mantidas em refrigerador doméstico (aproximadamente 7°C) por 24 horas para descongelamento e cortadas em tamanho padrão, sendo submetidas a tratamento térmico em forno pré-aquecido a 170°C até atingir a temperatura de 72°C no centro geométrico do bife, a qual foi monitorada por termopares individuais. Os provadores receberam as amostras de forma sequencial, codificadas com números aleatórios de três dígitos, de forma casualizada em blocos completos balanceados, acompanhadas de biscoito tipo água e sal para remoção de sabor residual e água para lavagem do palato.

As amostras foram codificadas com número de três dígitos e fornecidas uma de cada vez aos provadores de acordo com o balanceamento das mesmas (FERREIRA et al., 2000). A ordem de apresentação foi balanceada entre os provadores com o objetivo de minimizar o efeito da ordem de apresentação nos julgamentos dos provadores.

Foi utilizada a metodologia descrita pela AMSA (1995), a fim de avaliar as características de maciez, suculência, sabor e aroma. A avaliação das amostras ocorreu por meio de uma ficha contendo escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de 1 = gostei muitíssimo a 9 = desgostei muitíssimo, para maciez, suculência e sabor. Para as variáveis sabor estranho e aroma estranho a escala utilizada variou de 1 a 5, sendo 1 muito forte e 5 ausente.

Para análise do perfil de ácidos graxos da carne, foi utilizada uma subamostra de aproximadamente 2,8 g do centro do músculo, adicionada em um tubo Falcon de 50 mL. A extração foi realizada pelo método descrito por Folch; Lees e Sloane-Stanley (1957), onde os lipídeos foram extraídos por homogeneização da amostra com uma solução de clorofórmio e metanol 2:1 em homogenizador Ultra Turrax Marconi®. Em seguida, os lipídeos foram isolados após a adição de solução de NaCl a 1,5%. A gordura separada foi metilada e os ésteres metílicos foram formados de acordo com metodologia descrita por Kramer, Fellner e Dugan (1997). Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (CG-2010 Plus - Shimadzu, auto injetor AOC 20), usando coluna capilar SP-2560 (100 m × 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA). A temperatura inicial da coluna foi de 45 °C, com aquecimento progressivo até chegar a 175 °C, mantendo-se por 27 minutos. Em seguida, um novo aumento de 4 °C/minuto foi iniciado até 215 °C, mantendo-se durante 35 minutos. Foi utilizado hidrogênio (H₂) como gás de arraste com fluxo de 40 cm³/s.

Os ácidos graxos foram identificados de acordo com o tempo de retenção dos ésteres de metil das amostras, utilizando-se os padrões 463 Nu-Chek®, ácido vacênico C18:1 trans-11 (V038-1G, Sigma®), C18:2 trans-10 cis-12 (UC-61M 100mg - Nu-Chek®), C18:2 cis-9, trans-11 (UC- 60M 100mg - Nu-Chek®), e ácido tricosanóico (Sigma®). Os ácidos graxos foram quantificados por normalização da área dos picos dos ésteres de metil, com uso do Software GS solution 2.42®. Os ácidos graxos foram expressos em porcentagem do total de metil éster quantificado. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Ciência da Carne da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

2.14. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3×2 com dez animais por tratamento. Todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE do SAS. As análises de variância para todas as características foram realizadas pelo procedimento MIXED do programa SAS (SAS, Inst., Inc, Cary, NC, USA). O peso inicial foi testado e quando significativo utilizado como covariável.

As análises de variância para todas as características foram realizadas pelo procedimento MIXED do programa SAS (SAS, Inst., Inc, Cary, NC, USA). Os fatores (tratamento) incluídos no modelo foram os níveis (6%, 9% e 15%) de FDNf e os aditivos alimentares (MON e OF), de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + ADIT_i + FDN_j + ADIT * FDN_{ij} + \epsilon_{ijk}. \quad (11)$$

em que:

- Y_{ijk} = observação relativa à k ésima unidade experimental (animal) do i ésimo aditivo alimentar (ADIT) com o j ésimo nível de FDNf;

- μ = média geral;

- $ADIT_i$ = efeito do i ésimo ADIT, sendo 1: Monensina e 2: Óleo Funcional;

- FDN_j = efeito do j ésimo FDN, sendo 1: 6 % de FDNf, 2: 9 % de FDNf e 3: 15 % de FDNf;

- $ADIT * FDN_{ij}$ = efeito da interação entre o i ésimo ADIT e o j ésimo FDNf;

- ϵ_{ijk} = erro experimental associado à observação Y_{ijk}

As comparações entre as médias dos tratamentos (aditivos e níveis de FDNf) e a interação entre estes tratamentos (Form. 11), foram feitas pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. Na ocorrência de interação entre aditivos e FDNf, os valores foram desdobrados considerando-se seis tratamentos:

1- 6% FDNf e MON;

2- 6% FDNf e OF;

3- 9% FDNf e MON;

4- 9% FDNf e OF;

5- 15% FDNf e MON;

6- 15% FDNf e OF

Para o efeito dos níveis de FDNf foram realizadas análises de regressão para efeito linear e quadrático do FDN, pelo PROC GLM do SAS. Quando realizadas análises por período de coleta, estas foram realizadas dentro e não entre os períodos.

As medidas de pH foram analisadas pelo procedimento MIXED (SAS) considerando medidas repetidas no tempo, o tempo abaixo de pH (5,2 e 5,6) também foi analisado pelo procedimento MIXED (SAS), no entanto, não foram utilizadas medidas repetidas no tempo. Para as características obtidas na análise sensorial foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, onde cada provador foi considerado um bloco incluindo o efeito fixo de tratamento.

As médias de todas as variáveis apresentadas correspondem as médias corrigidas pela metodologia dos quadrados mínimos. Foi feita a comparação de médias ajustadas pelo teste de Tukey. Valores de probabilidade inferiores a 0,10 foram considerados significativos.

3. RESULTADOS

3.1. Consumo de nutrientes

Ao se avaliar o consumo de nutrientes observou-se interação entre os níveis de FDNf e o uso dos aditivos para consumo de MS (CMS), matéria orgânica (CMO) e proteína bruta (CPB) em quilos por dia (Tabela 5), os valores do desdobramento são apresentados na figura 1, somente os tratamentos com 9% de FDNf e uso de monensina (MON) e 15% de FDNf e uso de óleo funcional (OF) não diferiram ($P>0,10$), sendo observado, maiores valores para essas variáveis no tratamento com inclusão de 15% de FDNf e uso de MON.

Na figura 2 estão representadas graficamente as curvas do desdobramento do consumo médio de matéria seca em quilos por dia durante os 91 dias de período experimental (15° ao 105° dia). Durante os primeiros quinze dias do período 1 (15° ao 30° dia), houve expressiva elevação no CMS em todos os tratamentos, sendo observada maior oscilação do CMS entre os dias 40 e 62 em todos dos tratamentos. A queda no CMS observada nos dias 100 e 101 é devido ao manejo realizado para avaliação de carcaça dos animais por ultrassonografia.

Quando comparado o efeito dos aditivos, verificou-se que os animais que receberam MON apresentaram aumento no consumo dos nutrientes. Houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para os consumos de extrato etéreo (CEE) ($R^2= 0,37$) e amido (CAMI) ($R^2= 0,24$), sendo os maiores valores obtidos com inclusão de 9% de FDNf. Também houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) ($R^2= 0,35$), sendo que os níveis com inclusão de 9% e 15% de FDNf apresentam maiores valores comparados ao tratamento com inclusão de 6% de FDNf. Assim como, efeito quadrático para os consumos de nutrientes digestíveis totais (CNDT) ($R^2= 0,39$) e de energia metabolizável (CEM) ($R^2= 0,28$), entretanto, os tratamentos com inclusão de 6% e 9% de FDNf não diferem, sendo observados maiores valores com inclusão de 15% de FDNf.

O consumo de FDN (CFDN) em porcentagem do peso vivo, assim como o CFDN e consumo de FDA (CFDA) em quilos por dia, apresentaram efeito linear com a inclusão dos níveis de FDNf, sendo observados maiores valores com inclusão de 15% de FDNf. O CMS em porcentagem do peso também apresentou efeito linear para os níveis de FDNf, entretanto, os tratamentos com inclusão de 9% e 15% de FDNf não diferem entre si.

Tabela 5 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem no consumo de nutrientes de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos		%FDNf ¹			P valores			
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDNf ⁶	FDNf*ADIT ⁷
n	30	30	20	20	20	-	-	-	-
<i>kg.dia⁻¹</i>									
CMS	8,33	7,79	7,35	8,21	8,63	0,05	<0,01	<0,01	0,02
CMO	8,04	7,52	7,11	7,92	8,30	0,04	<0,01	<0,01	0,04
CEE	0,30	0,29	0,29 ^{ab}	0,31 ^a	0,28 ^b	0,01	<0,01	<0,01 ^(Q)	0,68
CFDN	2,44	2,31	1,97 ^c	2,35 ^b	2,80 ^a	0,02	<0,01	<0,01 ^(L)	0,42
CFDA	1,12	1,04	0,82 ^c	1,03 ^b	1,41 ^a	0,01	<0,01	<0,01 ^(L)	0,14
CAMI	3,25	2,88	3,07 ^a	3,16 ^a	2,96 ^b	0,02	<0,01	<0,01 ^(Q)	0,12
CPB	1,22	1,14	1,08	1,20	1,25	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CCNF	4,26	3,83	3,83 ^b	4,17 ^a	4,14 ^{ab}	0,10	<0,01	0,05 ^(Q)	0,86
CNDT	5,16	4,20	4,51 ^b	4,46 ^b	5,07 ^a	0,18	<0,01	0,08 ^(Q)	0,76
<i>%PV</i>									
CMS	1,82	1,70	1,60 ^b	1,80 ^a	1,88 ^a	0,04	0,01	<0,01 ^(L)	0,86
CFDN	0,53	0,50	0,42 ^c	0,51 ^b	0,61 ^a	0,01	0,04	<0,01 ^(L)	0,97
CEM,	3,92	3,43	3,62	3,49	3,91	0,12	<0,01	0,11	0,55
<i>Mcal.dia⁻¹</i>									
CEB	33,99	26,73	28,77	29,78	32,53	1,57	<0,01	0,23	0,92
CEM	18,65	15,17	16,29 ^b	16,1 ^b	18,32 ^a	0,75	<0,01	0,08 ^(Q)	0,76

¹ FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ² MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³ OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴ EPM= erro padrão da média; ⁵ ADIT= efeito do aditivo. ⁶ FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷ FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L) efeito linear do nível de FDNf. ^(Q) efeito quadrático do nível de FDNf. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey (P<0,10); CMS= consumo de matéria seca; CMO= consumo de matéria orgânica; CEE= consumo de extrato etéreo; CFDN= consumo de FDN; CFDA= consumo de FDA; CAMI= consumo de amido; CPB= consumo de proteína; CCNF= consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT= consumo de nutrientes digestíveis totais; CEB= consumo de energia bruta; CEM= consumo de energia metabolizável. Fonte: Própria autoria.

Figura 1 - Interação entre uso de aditivos e fibra insolúvel em detergente neutro proveniente de forragem (FDNf) para consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria orgânica (CMO) e consumo de proteína (CPB).

Fonte: Própria autoria.

Figura 2 - Evolução do consumo voluntário de matéria seca (médias do desdobramento da interação FDNf*ADIT) durante os 91 dias (15° ao 105° dia) do período experimental.

Fonte: Própria autoria.

3.2. Comportamento ingestivo e seletividade de partículas

A interação entre o uso dos aditivos e os níveis de FDNf foi significativa (Tabela 6) para tempo de ruminação (TR), sendo 186,31, 192,19 e 252,45 min.dia⁻¹ para os níveis de 6, 9 e 15% de FDNf com uso de MON, e 136,07, 123,07 e 213,96 min.dia⁻¹ para os níveis de 6, 9 e 15% de FDNf com uso de OF respectivamente (Figura 4). Assim como para eficiência de ruminação (ER), sendo 23,80, 23,53 e 28,69 gramas de MS.h⁻¹ para os níveis de 6, 9 e 15% de FDNf com uso de MON e 20,19, 17,86 e 28,16 gramas de MS.h⁻¹ para os níveis de 6, 9 e 15% de FDNf com uso de OF, respectivamente (Figura 5). O uso de MON apresentou menor tempo de alimentação (TAL), tempo de mastigação (TMAST) e eficiência de alimentação (EA), comparado ao tratamento com uso de OF. O uso dos aditivos diferiu quanto a seleção de partículas longas, curtas e finas, sendo que o uso de OF promoveu seleção a favor das partículas longas e ambos (MON e OF), apresentaram seleção contra partículas curtas (1,18mm) e finas (0,0mm), sendo essa seleção mais severa no tratamento com uso de OF. O TAL e TMAST aumentaram linearmente em função do aumento nos níveis de FDNf, sem diferença ($P>0,10$) entre os tratamentos com inclusão de 6% e 9% de FDNf. Houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para a seleção de partículas longas (19 mm), sendo que os níveis com inclusão de 9 e 15% de FDNf não diferiram entre si e selecionaram a favor dessas partículas (1,14 e 1,10 respectivamente), enquanto que o nível de 6% de FDNf apresentou seleção contra (0,42).

Tabela 6 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem no comportamento ingestivo e na seletividade de partículas de bovinos Nelore em terminação

Variáveis	Aditivos		% FDN ¹			P valores			
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDNf ⁶	FDNf*ADIT ⁷
n	15	15	10	10	10	-	-	-	-
<i>Comportamento Ingestivo</i> ⁸									
TR, min.dia ⁻¹	210,31	157,70	161,19	157,63	233,20	2,53	<0,01	<0,01	<0,01
TAL, min.dia ⁻¹	156,34	175,88	155,97 ^b	161,20 ^b	181,17 ^a	7,61	0,04	0,08 ^(L)	0,41
TMAST, min.dia ⁻¹	335,46	343,10	312,45 ^b	324,88 ^b	380,50 ^a	11,45	0,09	<0,01 ^(L)	0,38
EA da MS, g.MS,h ⁻¹	19,69	24,42	23,53	21,23	22,90	1,47	<0,01	0,58	0,55
ER da MS, g.MS,h ⁻¹	25,34	22,07	21,99 ^b	20,70 ^b	28,42 ^a	0,31	<0,01	<0,01	<0,01
<i>Seletividade de partículas</i> ⁹									
Longas	0,76	1,10	0,42 ^b	1,14 ^a	1,10 ^a	0,17	0,05	0,02 ^(Q)	0,19
Médias	0,84	0,67	0,59	0,91	0,76	0,13	0,34	0,35	0,27
Curtas	0,84	0,60	0,70	0,73	0,73	0,10	0,06	0,97	0,67
Finas	0,80	0,53	0,66	0,65	0,68	0,09	0,03	0,98	0,94

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ² MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo. ⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷ FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L) efeito linear do nível de FDNf. ^(Q) efeito quadrático do nível de FDNf; Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P<0,10$); ⁸Variáveis do comportamento ingestivo expressas com base no consumo de matéria seca; TR= tempo ruminando; TAL= tempo de alimentação; TMAST= tempo de mastigação; EA= eficiência da alimentação; ER= eficiência da ruminação; ⁹Tamanho de partícula determinado pela Penn State Particle Separator, que continha uma malha de 19 mm (longa), uma malha de 8 mm (média), uma malha de 1,18 mm (curta) e uma caixa 0,0 mm (fina). Fonte: Própria autoria.

Figura 4 - Interação entre uso de aditivos e fibra insolúvel em detergente neutro proveniente de forragem (FDNf) para tempo de ruminação (TR) ($P < 0,10$).

Fonte: Própria autoria.

Figura 5 - Interação entre uso de aditivos e fibra insolúvel em detergente neutro proveniente de forragem (FDNF) para eficiência de ruminação (ER).

Fonte: Própria autoria.

3.3. Digestibilidade dos nutrientes

Não houve interação entre os níveis de FDNf e uso dos aditivos para as variáveis de digestibilidade (Tabela 7). Foi observada aumento no coeficiente de digestibilidade da FDN com uso do aditivo OF comparado ao uso de MON.

Tabela 7 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem na digestibilidade aparente dos nutrientes do trato gastrintestinal de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos		%FDNf ¹			P valores			
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDNf ⁶	FDNf*ADIT ⁷
n	15	15	10	10	10	-	-	-	-
DMS %	56,55	56,35	57,81	53,67	57,88	1,62	0,12	0,92	0,46
DFDN %	27,07	31,50	30,36	24,35	33,16	2,61	0,06	0,14	0,85
DPT %	55,48	53,92	54,38	53,48	56,24	2,24	0,68	0,55	0,86
DAMI %	75,40	74,74	78,65	72,67	73,89	2,08	0,10	0,78	0,32
DCNF%	79,08	78,91	80,01	76,80	80,17	1,30	0,92	0,20	0,16

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo. ⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L)efeito linear do nível de FDNf. ^(Q)efeito quadrático do nível de FDNf; Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P<0,10$); DMS= digestibilidade da MS; DFDN= digestibilidade da fibra em detergente neutro; DPT= digestibilidade da proteína; DAMI= digestibilidade do amido e DCNF= digestibilidade dos carboidratos não fibrosos. Fonte: Própria autoria.

3.4. pH ruminal

A interação entre os níveis de FDNf e uso dos aditivos foi significativa para a variável pH mínimo (Tabela 7), sendo observado menor valor no tratamento com inclusão de 6% de FDNf e uso de MON (3,7). Quando as médias do pH ruminal são apresentadas em horas após a alimentação, os valores do pH com o uso dos aditivos (Figura 6) variam entre 5,5 e 6,0. Foi observado que ambos os tratamentos (MON e OF) apresentam queda do pH após a alimentação. Entretanto, o tratamento com uso de OF cessa sua queda em 4 horas e o tratamento com uso de MON somente 5 horas após a alimentação. Os animais alimentados com MON permaneceram mais tempo consecutivo com pH entre 5,5 e 5,6 que os animais que receberam dietas com OF. O pH ruminal médio dos animais nos tratamentos com diferentes inclusões de FDNf declinou acentuadamente em até 5 horas após a alimentação (Figura 7), sendo que o tratamento com inclusão de 6% de FDNf permaneceu mais tempo com o pH entre 5,5 e 5,6.

Tabela 7 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem no pH ruminal de bovinos Nelore em terminação

Variáveis	Aditivos		%FDN ¹			P valores			
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDN ⁶	FDN*ADIT ⁷
n	15	15	10	10	10	---	---	---	---
pH ruminal									
Médio	5,70	5,76	5,70	5,73	5,75	1,61	0,59	0,94	0,53
Mínimo	3,95	3,66	3,66	3,95	4,07	0,01	0,12	0,05	0,06
Máximo	6,79	6,82	6,90	6,77	6,73	0,09	0,79	0,48	0,77
Tempo abaixo (h/d)									
pH < 5,6	9,25	7,42	9,55	7,94	7,52	1,91	0,46	0,77	0,36
pH < 5,2	4,42	2,96	3,59	4,16	3,33	1,55	0,47	0,94	0,57

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ² MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo. ⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷ FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L) efeito linear do nível de FDNf. ^(Q) efeito quadrático do nível de FDNf; Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P < 0,10$). Fonte: Própria autoria.

Figura 6 - Efeito do uso dos aditivos no pH ruminal horas após a alimentação.

Fonte: Própria autoria.

Figura 7 - Efeito dos níveis de FDNf no pH ruminal horas após a alimentação.

Fonte: Própria autoria.

3.5. Protozoários ciliados do rúmen

Não houve interação entre os níveis de FDNf e uso dos aditivos para a população de protozoários ciliados do rúmen (Tabela 8). O uso de OF proporcionou maior número de protozoários ciliados dos gêneros *Entodinium*, *Dasytricha* e *Epidinium* comparado ao uso de MON, acarretando em aumento de 45% na população total de protozoários ciliados do rúmen.

Houve efeito quadrático dos níveis de FDNf para protozoários do gênero *Entodinium*, sendo observado maior valor com inclusão de 9% de FDNf, assim como, efeito quadrático para os gêneros *Eudiplodinium*, sem diferença estatística entre os níveis de 9% e 15% de FDNf e *Epidinium*, sem diferença entre os tratamentos com inclusão de 6% e 9% de FDNf. O tratamento com inclusão de 15% de FDNf apresentou maior número de protozoários do gênero *Metadinium*, entretanto, o número total de protozoários foi maior com a inclusão de 9% de FDNf.

Tabela 8 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem na população de protozoários ciliados ($\times 10^4/\text{ml}$) no rúmen de bovinos Nelore terminados em confinamento.

Variáveis	Aditivos		%FDNf ¹			P valores			
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDN ⁶	FDN*ADIT ⁷
n	15	15	10	10	10	-	-	-	-
<i>Entodinium</i>	54,00	92,71	48,39 ^c	104,11 ^a	67,57 ^b	1,50	0,05	0,06 ^(Q)	0,19
<i>Dasytricha</i>	0,61	1,46	0,98	1,16	0,98	0,29	0,02	0,89	0,62
<i>Diplodinium</i>	0,03	0,83	0,09	1,03	0,18	0,42	0,13	0,28	0,28
<i>Metadinium</i>	0,45	0,31	0,05 ^b	0,12 ^b	0,96 ^a	0,18	0,54	<0,01 ^(L)	0,92
<i>Eudiplodinium</i>	0,46	0,97	0,08 ^b	1,19 ^a	0,87 ^a	0,25	0,11	0,02 ^(Q)	0,30
<i>Epidinium</i>	2,80	11,93	8,71 ^a	11,39 ^a	1,99 ^b	2,47	0,01	0,06 ^(Q)	0,15
Total⁸	63,02	115,11	63,26 ^b	126,08 ^a	77,86 ^b	16,55	0,01	0,04 ^(Q)	0,20

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ² MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo. ⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷ FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L) efeito linear do nível de FDNf. ^(Q) efeito quadrático do nível de FDNf; Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P<0,10$); ND= não detectado; ⁸Total = soma dos gêneros: *Entodinium*, *Dasytricha*, *Isotricha*, *Charonina*, *Eodinium*, *Diplodinium*, *Metadinium*, *Ostracodinium*, *Emoplastron*, *Eudiplodinium*, *Diploplastron*, *Polyplastron*, *Epidinium* e *Elytroplastron*. Fonte: Própria autoria.

3.6. Emissão de gás metano

Não houve interação entre os níveis de FDNf e uso dos aditivos para emissão entérica de metano (CH_4). Observamos que a média da emissão de CH_4 (g.dia) do tratamento com uso de OF foi menor que a média do tratamento com uso de MON, sendo 14% essa diferença (Tabela 9). Na figura 8 são apresentadas as médias de emissão de CH_4 (g.dia) por coleta, sendo que o tratamento com uso de OF apresentou assim como na média das duas coletas, menor emissão na coleta 1 ($P=0,01$) e coleta 2 ($P=0,02$). Entretanto, a emissão de CH_4 (g.kg MS) e emissão de metano em porcentagem do consumo de energia bruta (EB) foi menor com uso de MON.

O aumento na inclusão dos níveis de FDNf ocasionou efeito linear crescente na emissão de CH_4 (g.dia) e CH_4/GMD (g.kg), sendo que o aumento de 1% de FDNf na dieta, proporcionou acréscimo de 6,7% na emissão de CH_4 (g.dia). Na figura 9 são apresentadas as médias de emissão de CH_4 (g.dia) por coleta, onde o tratamento com inclusão de 15% de FDNf, assim como na média das duas coletas, apresentou maior emissão na coleta 1 ($P<0,01$) e coleta 2 ($P<0,01$) comparado aos níveis de 6% e 9% de FDNf.

Tabela 9 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem na emissão entérica de metano de bovinos Nelore

Variáveis	Aditivos		%FDNf ¹			P valores			
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDN ⁶	FDN*ADIT ⁷
n	15	15	10	10	10	-	-	-	-
CMS _m kg.dia ⁻¹	8,77	6,96	7,32 ^c	7,70 ^b	8,57 ^a	0,07	<0,01	<0,01 ^(L)	0,28
CFDN _m kg.dia ⁻¹	2,54	2,05	1,92 ^c	2,19 ^b	2,76 ^a	0,02	<0,01	<0,01 ^(L)	0,25
GMD _m kg.dia	1,26	0,94	1,12	1,04	1,14	0,10	<0,01	0,74	0,78
CH ₄ g.dia	184,86	158,88	143,06 ^c	168,96 ^b	203,59 ^a	7,41	<0,01	<0,01 ^(L)	0,67
CH ₄ g.kg MS	21,08	22,83	19,54	21,94	23,76	1,21	0,02	0,12	0,56
CH ₄ g.kg FDN	72,78	77,50	74,51	77,15	73,76	2,46	0,21	0,19	0,48
CH ₄ /CEB (%)	7,66	8,50	6,93	8,30	9,02	0,43	0,02	0,13	0,55
CH ₄ /GMD (g.kg)	146,71	169,02	127,73 ^b	162,46 ^{ab}	178,56 ^a	48,26	0,16	0,08 ^(L)	0,50

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ² MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo. ⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷ FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L) efeito linear do nível de FDNf. ^(Q) efeito quadrático do nível de FDNf; Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P<0,10$); CMS_m = Média do consumo de matéria seca durante os 91 dias do período experimental somente nos animais avaliados para emissão de metano; CFDN_m = Média do consumo de FDN durante os 91 dias do período experimental somente nos animais avaliados para emissão de metano; GMD_m= ganho médio diário durante os 91 dias do período experimental somente nos animais avaliados para emissão de metano; CH₄ g.dia = emissão de metano em gramas/dia (média de emissão das duas coletas); CH₄ g.kgMS = emissão de metano por kg de MS consumida; CH₄ g.kg FDN = emissão de metano por kg de FDN consumida; CH₄/CEB (%)= emissão de metano em porcentagem do consumo de energia bruta; CH₄/GMD (g.kg) = emissão de metano por gramas de ganho de peso médio diário. Fonte: Própria autoria.

Figura 8 – Emissão de metano (g.dia) nos diferentes aditivos

* Coleta 1: média dos cinco dias de coleta no meio do teste (46° ao 51° dia);

** Coleta 2: média dos cinco dias de coleta no final do teste (91° ao 96° dia);

*** Média: média das duas coletas. Fonte: Própria autoria.

Figura 9 – Emissão de metano (g.dia) nos diferentes níveis de FDNf

* Coleta 1: média dos cinco dias de coleta no meio do teste (46° ao 51° dia);

** Coleta 2: média dos cinco dias de coleta no final do teste (91° ao 96° dia);

*** Média: média das duas coletas. Fonte: Própria autoria.

3.7. Desempenho produtivo

Não houve interação entre os níveis de FDNf e uso dos aditivos para as variáveis de desempenho produtivo (Tabela 10). Foi observada diferença no PV inicial entre os aditivos e entre os níveis de FDNf, entretanto, é importante ressaltar que o peso de entrada dos animais, ou seja, o peso vivo inicial de adaptação (PVadap) não diferiu entre os tratamentos.

O uso de MON promoveu aumento de 5% no peso vivo final (PVf) e peso vivo vazio (PVV), comparado ao uso de OF, com incremento de 15% no GMD, entretanto, sem diferir na eficiência alimentar (EA). O uso de OF diminui a energia líquida de manutenção (ELm) e de ganho (ELg) em 5 e 7%, respectivamente, comparada ao uso de MON. Quanto aos diferentes níveis de FDNf testados, observamos efeito quadrático para ELm e ELg sendo os maiores valores obtidos com a inclusão de 6% de FDNf.

Tabela 10 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem no desempenho produtivo de bovinos Nelore em terminação.

Variáveis	Aditivos		%FDNf ¹			P valores			
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDN ⁶	FDN*ADIT ⁷
n	30	30	20	20	20	-	-	-	-
PVadap,kg	407	409	410	406	408	3,05	0,71	0,65	0,58
PVi, kg	414	401	399 ^b	408 ^a	415 ^a	3,05	0,06	0,09 ^(L)	0,95
PVf, kg	519	490	494	500	519	9,20	<0,01	0,15	0,84
PVV, kg	503	476	482	486	499	8,35	<0,01	0,36	0,77
GMD, kg.dia ⁻¹	1,15	0,98	1,05	1,00	1,15	0,07	<0,01	0,22	0,80
EA,	0,14	0,13	0,14	0,12	0,13	0,01	0,42	0,21	0,51
ELm,	2,02	1,92	2,08 ^a	1,88 ^b	1,95 ^b	0,05	0,09	0,02 ^(Q)	0,32
ELg, Mcal.kgMS	1,36	1,27	1,42 ^a	1,24 ^b	1,30 ^b	0,04	0,09	0,02 ^(Q)	0,32

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica;

³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo.

⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L) efeito linear do nível de FDNf. ^(Q) efeito quadrático do nível de FDNf;

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P<0,10$); PVadap= peso vivo no início da adaptação; PVi= peso vivo inicial; PVf= peso vivo final; PVV= peso vivo vazio; GMD= ganho médio diário; EA= eficiência alimentar; ELg e ELm= Energia líquida para ganho e para manutenção segundo Zinn e Shen (1998). Fonte: Própria autoria

3.8. Características de carcaça

A interação entre os níveis de FDNf e os aditivos não foi significativa para nenhuma das características de carcaça (Tabela 11). Os animais do tratamento MON apresentaram maior espessura de gordura subcutânea (EGS), peso de carcaça quente (PCQ), gordura renal, pélvica e inguinal (GRPI), peso de fígado e peso do trato gastrointestinal vazio (TGIv) comparado aos animais que receberam OF como aditivo, entretanto, sem diferir quanto ao rendimento de carcaça e rendimento do ganho.

Houve efeito linear crescente com a inclusão dos níveis de FDNf no peso do trato gastrointestinal cheio (TGIc), sendo 26% maior no nível de 15% de FDNf comparado ao nível de 6% de FDNf.

Os valores encontrados para escore de rumenites foram muito baixos para todos os tratamentos, não ultrapassando 1,65 pontos, demonstrando que tanto o uso dos aditivos quanto os níveis testados de FDNF foram eficientes em prevenir a incidência desse distúrbio.

Tabela 11 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDN oriundo da forragem nas características de carcaça e escore de rumenite de bovinos Nelore em terminação

Variáveis	Aditivos		%FDNf ⁹			P valores			
	MON ⁴	OF ⁵	6	9	15	EPM ⁶	ADIT ¹⁰	FDN ¹¹	FDN*ADIT ¹²
n	30	30	20	20	20	-	-	-	-
AOL inicial, cm ²	58,92	61,22	60,27	61,82	58,12	1,45	0,22	0,27	0,96
AOL final, cm ²	72,09	72,46	71,18	71,78	71,21	1,61	0,50	0,96	0,76
EGG inicial, mm	3,35	3,13	3,19	3,55	2,98	0,13	0,16	0,11	0,23
EGG final, mm	6,73	6,09	6,37	6,63	6,23	0,32	0,11	0,70	0,44
EGS inicial, mm	0,66	0,90	0,70	0,94	0,69	0,63	0,16	0,39	0,59
EGS final, mm	3,92	3,34	3,52	3,89	3,48	0,23	0,06	0,48	0,61
Comprimento, cm	128	127	127	127	129	0,57	0,13	0,11	0,65
Profundidade, cm	41,32	40,83	41,30	40,91	40,92	0,29	0,20	0,53	0,13
PCQ, kg	287	271	276	276	284	5,01	0,01	0,47	0,84
GRPI, kg	12,43	10,76	10,78	12,16	11,84	0,61	0,03	0,32	0,76
Peso de fígado, kg	4,94	4,61	4,60	4,71	5,03	0,14	0,05	0,11	0,77
TGI cheio, kg	25,08	22,01	20,80 ^b	21,69 ^b	28,14 ^a	1,42	0,10	<0,01 ^(L)	0,73
TGI vazio, kg	9,36	7,57	8,42	8,39	8,59	0,37	<0,01	0,93	0,41
Rendimento de carcaça, %	55	56	56	55	55	0,38	0,66	0,28	0,42
Rendimento do ganho, kg.dia ⁻¹	0,79	0,82	0,83	0,82	0,77	0,03	0,41	0,37	0,54
Escore de rumenite	1,10	1,40	1,65	1,00	1,10	0,21	0,26	0,11	0,72

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo. ⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L)efeito linear do nível de FDNf. ^(Q)efeito quadrático do nível de FDNf; Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P<0,10$); AOL= área de olho de lombo; EGG= espessura de gordura subcutânea na garupa; EGS= espessura de gordura subcutânea no dorso; PCQ= peso de carcaça quente; GRPI= gordura renal, pélvica e inguinal; TGI= trato gastrointestinal. Fonte: Própria autoria.

3.9. Qualidade da carne

A interação entre os níveis de FDNf e os aditivos não foi significativa para as variáveis de qualidade da carne (Tabela 12). A carne dos animais alimentados com MON, apresentou maiores valores para as variáveis força de cisalhamento (FC), índice de luminosidade (L^*), intensidade da cor vermelha (a^*) (16,1 vs 15,1), intensidade da cor amarela (b^*) comparado ao tratamento com uso de OF. Foi observado na análise sensorial da carne, maior escore para maciez nas amostras dos animais que receberam MON, sendo que, os provadores avaliaram essas características de acordo com uma escala do número 1 (gostei muitíssimo) até o número 9 (desgostei muitíssimo), dessa forma, os maiores valores encontrados no tratamento MON mostram que o uso OF foi superior nesse quesito. Quanto ao perfil de ácidos graxos o tratamento com uso de OF apresentou maior valor de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e menor valor para ômega 3 (n-3) comparado ao uso de MON.

Os níveis de FDNf ocasionaram efeito linear no pH final carne, com maior valor no tratamento com inclusão de 15% de FDNf, não diferindo entre os tratamentos com inclusão de 6% e 9% de FDNf. Também foi observado efeito linear dos níveis de FDNf para a variável suculência avaliada na análise sensorial, sendo o menor valor observado com a inclusão de 6% de FDNf, não diferindo entre os tratamentos com inclusão de 9% e 15% de FDNf. Os níveis de FDNf promoveram efeito quadrático na variável maciez (análise sensorial), diferindo entre todos os tratamentos ($P<0,10$), sendo o menor valor observado com a inclusão de 6% de FDNf.

Tabela 12 - Efeito do uso de diferentes aditivos e inclusão de níveis crescentes de FDNf nas características da qualidade do músculo *Longissimus*

Variáveis	Aditivos		%FDNf ¹				P valores		
	MON ²	OF ³	6	9	15	EPM ⁴	ADIT ⁵	FDN ⁶	FDN*ADIT ⁷
n	30	30	20	20	20	-	-	-	-
PC (%)	20,2	21,2	19,7	20,3	22,2	1,27	0,53	0,42	0,40
FC (kg)	6,1	5,7	5,7	6,5	6,2	0,43	0,05	0,46	0,13
L*(Luminosidade)	36,8	34,3	35,2	35,9	35,4	0,79	0,02	0,84	0,29
a*(Vermelho)	16,1	15,1	15,3	15,8	15,7	0,32	0,02	0,57	0,29
b*(Amarelo)	12,8	11,7	12,3	12,5	12,1	0,35	0,01	0,65	0,55
pH final	5,4	5,6	5,5 ^b	5,4 ^b	5,7 ^a	0,07	0,12	0,06 ^(L)	0,40
<i>Análise sensorial</i>									
Maciez ⁽⁸⁾	4,6	4,0	3,9 ^c	4,9 ^a	4,5 ^b	0,16	0,05	<0,01 ^(Q)	0,12
Suculência ⁽⁸⁾	4,2	4,1	3,7 ^b	4,3 ^a	4,3 ^a	0,13	0,39	<0,01 ^(L)	0,38
Sabor ⁽⁸⁾	3,7	3,9	3,6	3,9	3,9	0,13	0,12	0,20	0,61
Aroma ⁽⁸⁾	3,7	3,9	3,8	3,9	3,8	0,11	0,18	0,65	0,54
Sabor estranho ⁽⁹⁾	4,5	4,4	4,5	4,5	4,3	0,06	0,19	0,11	0,58
Aroma estranho ⁽⁹⁾	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	0,06	0,22	0,11	0,94
<i>Perfil de ácidos graxos (%)</i>									
AGS totais	47,2	47,9	46,1	47,7	48,8	0,89	0,50	0,12	0,17
AGMI totais	38,2	41,7	39,4	40,4	39,9	1,10	0,03	0,89	0,11
AGPI totais	9,90	7,50	9,55	8,84	7,70	1,31	0,18	0,68	0,61
AGPI:AGS	0,21	0,16	0,21	0,17	0,16	0,03	0,18	0,61	0,68
n-3	2,59	1,87	2,58	2,16	1,95	0,27	0,06	0,34	0,22
n-6	7,49	5,87	7,09	6,89	6,06	1,10	0,22	0,74	0,71
n6:n3	2,89	3,14	2,75	3,19	3,11	0,22	0,40	0,43	0,35
CLA	0,29	0,26	0,31	0,29	0,23	0,03	0,51	0,24	0,65

¹FDNf= níveis de FDN oriundo da forragem; ²MON= tratamento com uso de monensina sódica; ³OF= tratamento com uso de óleo funcional; ⁴EPM= erro padrão da média; ⁵ADIT= efeito do aditivo. ⁶FDNf= efeito do nível de fibra proveniente da forragem, ⁷FDN*ADIT= efeito da interação entre o nível de FDN e aditivo. ^(L)efeito linear do nível de FDNf. ^(Q)efeito quadrático do nível de FDNf; Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença estatística entre os níveis de FDNf pelo teste de Tukey ($P<0,10$); PC = perdas por cocção; FC = força de cisalhamento (kg); análise sensorial ⁸= escala de 1 a 9 sendo: 1 gostei muitíssimo e 9 desgostei muitíssimo; ⁹= escala de 1 a 5 sendo: 1 muito forte e 5 ausente. AGS = somatório de ácidos graxos saturados C10:0 + C11:0 + C12:0 + C13:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0; AGMI = somatório de ácidos graxos monoinsaturados C14:1 + C15:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1n9 + C18:1n7 + C20:1n9 + C24:1n9; AGPI = somatório de ácidos graxos poliinsaturados (g) C18:2 n-6 + C18:2 cis9 trans11 + C18:3n-3 + C18:3n-6 + C20:2 + C20:3n-3 + C20:3n-6 + C20:4n-6 + C20:5n-3 + C20:5n-3 + C22:4n-6 + C22:6n-3; n-3= (C18:3n-3 + C20:5n-3 + C22:6n-3); n-6= (C18:2n-6 + C18:3n-6 + C20:3n-6 + C20:4n-6 + C22:4n-6); CLA= C18:2 cis 9, trans 11. Fonte: Própria autoria.

4. DISCUSSÃO

Os valores apresentados para consumo dos nutrientes (Tabela 5), em todos os tratamentos, são considerados baixos para os tipos de dietas utilizadas e categoria animal em questão, portanto, vale ressaltar, que o feno utilizado nas dietas, foi finamente moído, resultando em baixo valor de FDN fisicamente efetiva (FDNfe) (Tabela 3), uma vez que segundo NRC (1996) para rações com alto valor energético recomenda-se a inclusão de 20 % de FDNfe (% da MS) na ração total. Dessa forma, podemos inferir, que um dos fatores que contribuíram para o baixo consumo apresentado em todos os tratamentos, associado ao fato do milho e da polpa cítrica serem finamente moídos, foi o processamento do feno, acarretando em baixa FDNfe nas dietas (5,70; 8,10 e 10,80% MS para as dietas com 6%, 9% e 15% de FDNf respectivamente).

Ao se avaliar os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO) e proteína (CPB) em gramas por dia, dos animais no presente estudo observou-se interação ($P = 0,02$) entre os níveis de FDNf e os aditivos (Tabela 5). Portanto, o teor de FDNf exigido para maximizar o consumo desses nutrientes depende do aditivo utilizado. Os desdobramentos estão apresentados na figura 1, evidenciando que para esses nutrientes o tratamento que apresentou maior consumo foi com inclusão de 15% de FDNf e uso de monensina. Alguns trabalhos sugerem que, em dietas com níveis muito baixos de fibra, os animais podem apresentar consumo de MS e ganho de peso menores do que em dietas com cerca de 6% de FDN proveniente da forragem (ALVAREZ et al., 2004; ZINN; CORONA; WARE, 2004), divergindo dos resultados obtidos no presente estudo, uma vez que mesmo apresentando menor CMS (% PV) com inclusão de 6% de FDNf na dieta, comparado a dieta com inclusão de 15% de FDNf, o ganho médio diário (GMD), não diferiu entre os tratamentos (Tabela 10). Entretanto, grande parte dos trabalhos avaliando inclusões de fibra em dietas de terminação demonstraram que conforme aumenta o nível de forragem ocorre aumento no consumo de MS (KREIKEMEIER et al., 1990; PARSONS et al., 2007; BENTON et al., 2007; MacDONALD et al., 2011).

Na figura 2 estão representadas graficamente as curvas do desdobramento do consumo médio de matéria seca em quilos por dia durante os 91 dias de período experimental (15° ao 105° dia). Durante os primeiros quinze dias do período 1 (15° ao 30° dia), houve expressiva elevação no CMS em todos os tratamentos, este comportamento sugere que a adaptação dos animais a dieta, feita pelo protocolo de restrição durante 14 dias não foi suficiente para estabilização do consumo. Os picos de oscilação do consumo entre os dias 40 e 62; 91 e 96 são

justificados pela coleta de gás metano, mesmo com prévia adaptação dos animais aos aparatos, a técnica utilizada para coleta influência no consumo.

O aumento linear observado com a inclusão dos níveis de FDNf nas dietas para o CMS (% PV), CEE, CFDN, CFDA e o efeito quadrático no CAMI, CCNF e CNDT permitem inferir que o consumo foi controlado pelo efeito químico ou fisiológico (saciedade energética), sendo que os níveis de FDNf aqui testados não promoveram efeito físico (enchimento do rúmen) ou repleção ruminal.

Caetano (2012), afirmou que inclusões inferiores ou superiores a 11,3% de FDNf na dieta de bovinos Nelore em terminação ocasionam redução no consumo de MS ao utilizar milho grão seco moído fino. Zinn, Corona e Ware (2004) recomendaram a utilização de 6 a 11% de FDNf em dietas de terminação de taurinos, mas Goulart e Nussio (2011) sugeriram 10 a 18% de FDNf para animais zebuínos, afim de assegurar as exigências mínimas de saúde ruminal, maximizando a eficiência alimentar dos animais. Caetano et al. (2015), trabalhando com bovinos Nelore, observaram maior CMS com 11,30% de FDNf, mas os autores sugeriram a inclusão de 13% de FDNf para maior GMD.

Considerando o alto custo por unidade de energia digestível e esforço extra no manuseio de forrageiras, nutricionistas comumente recomendam fornecer o nível mínimo de forragem que permite desempenho animal adequado (ZINN et al., 2004). Nos resultados apresentados no presente estudo, as inclusões de 6% e 9% de FDNf foram suficientes para promover mesmo desempenho que a máxima inclusão testada, corroborando com Alvarez et al. (2004), que sugeriram que os níveis de FDNf nas dietas de acabamento devem estar entre 6 e 9%, sendo que segundo os autores a inclusão menor que 6% de FDNf deprime o GMD enquanto dietas com mais de 9% de FDNf limitam a ingestão de energia.

O uso dos aditivos influenciou o consumo de nutrientes (Tabela 5), um dos efeitos mais marcantes da adição de monensina sódica em dietas ricas em energia é a redução no CMS (GOODRICH et al., 1984; OLIVEIRA, 2003; KUSS, 2008; BERTHIAUME et al., 2006), entretanto, no presente estudo a adição de monensina aumentou o consumo comparado ao uso de OF. As dietas utilizadas neste estudo eram ricas em carboidratos não fibrosos (média de 58,5%) (Tabela 3), e essa inclusão pode ter desafiado metabolicamente os animais promovendo redução no CMS (% PV) em decorrência do uso de OF na dieta, divergindo dos relatos da literatura (BENCHAAAR et al., 2008; KUNG et al., 2008;

FERREIRA DE JESUS et al., 2016). Essa redução pode estar relacionada com a capacidade antimicrobiana do OF e possível seleção de bactérias produtoras de propionato no rúmen, como já relatado por Gandra et al. (2014), que avaliou o desempenho de vacas leiteiras Simental suplementadas com 2 g/dia de ácido ricinoleico na dieta e obteve redução de 12% no CMS comparado ao tratamento CTL, valor esse, superior aos 6,5% observado no presente estudo.

Segundo Allen (2000), quando o propionato é absorvido mais rapidamente do que pode ser utilizado para produzir glicose no fígado, provavelmente será oxidado, gerando ATP e enviando sinal de saciedade para o cérebro, fato esse, que pode ter ocorrido no presente estudo, uma vez que o uso de OF reduziu em 14% a emissão de metano (g.dia), comparado ao tratamento com uso de MON (Tabela 9).

O uso de OF apresentou diminuição de 18,7% no CEM (Mcal.dia⁻¹) e 5% na ELM da dieta, comparado ao tratamento com uso de MON, esses resultados inferem em maior eficiência de utilização da EM, que pode ter ocorrido em função dessa alteração do padrão de fermentação ruminal promovida pelo OF. Valadares Filho e Pina (2006) explicaram que o CEM tem forte influência sobre a massa e a atividade metabólica do fígado e do trato gastrointestinal, que reflete diretamente no total de energia utilizada para manutenção. Assim, os menores pesos de fígado e do TGI vazio (Tabela 11) observados com o uso de OF indicam diminuição da atividade metabólica, ou seja, menor quantidade de energia necessária para sua manutenção.

O maior tempo de ruminação (TR) observado no tratamento com inclusão de 15% de FDNf e uso do aditivo monensina (Figura 4) é explicado pelo maior CMS nesse tratamento (Figura 1). O tempo de alimentação (TAL) e tempo de mastigação (TMAST) apresentaram aumento linear, sendo os menores valores observados no tratamento com inclusão de 6% de FDNf, e sem diferença estatística entre os níveis de inclusões de 9% e 15% de FDNf (Tabela 6), podendo ser explicado pela seletividade a favor de partículas longas e maior quantidade de FDNfe (Tabela 3) nesses tratamentos comparados ao tratamento com 6% de FDNf.

Os valores da FDN total das dietas (Tabela 3), aumenta em 23% da dieta com 6% para a dieta com 15% de FDNf, nota-se também que o TMAST aumenta linearmente em 17,9% entre esses tratamentos. Segundo Mertens (1994), existem três mecanismos que estimulam o animal a sentir fome ou sentir-se saciado, sendo eles: o efeito psicogênico, que envolve o

comportamento do animal diante de fatores inibidores ou estimuladores relacionados ao alimento ou ao ambiente; o fisiológico, onde a regulação é dada pelo balanço nutricional; e o físico, o qual está relacionado com a capacidade de distensão do rúmen do animal. Sendo assim, a alta densidade energética da dieta com menor nível de FDNf influenciou negativamente o TAL, fazendo com que os animais tivessem menor consumo.

O maior TMAST observado com o uso de OF comparado ao tratamento MON, pode ser explicado pela seleção a favor de partículas longas (> 19 mm) nesse tratamento, uma vez que alimentos concentrados reduzem o tempo de mastigação, enquanto volumosos com alto teor de parede celular tendem a aumentar. Apesar do menor consumo, a inclusão de OF resultou em maior tempo de alimentação (TAL), fato esse que pode ser explicado pela maior seletividade de partículas observada com uso do mesmo, despendendo maior tempo de alimentação nesse tratamento. Divergindo do presente estudo, Tager e Krause (2011) não observaram efeito no CMS, número de refeições, tempo de ruminação e tempo de alimentação para bovinos recebendo dietas com adição de OF.

A maior digestibilidade da FDN (DFDN) observada com uso de OF (Tabela 7) indica um ambiente ruminal mais adequado para microrganismos celulolíticos. Segundo trabalhos conduzidos por Coneglian (2009), Watanabe et al. (2010) e Shinkai et al. (2012), o uso de óleo da castanha de caju resulta em melhor digestibilidade da FDN devido menor sensibilidade das bactérias celulolíticas do gênero *F. succinogenes*, já as bactérias do gênero *R. flavefaciens* e *B. fibrisolvens* são altamente sensíveis ao uso desse óleo. Esta melhora na digestibilidade provavelmente se deve à presença de lipídios fenólicos com atividade antimicrobiana na composição do OF, ácido anacárdico, cardanol e o cardol, provocando mudanças no ecossistema ruminal, característica que o torna um eficiente modificador da fermentação ruminal (WATANABE et al., 2010). Russel e Strobel (1989), trabalhando *in vitro*, descreveram que quando a monensina era adicionada a uma mistura microbiana, ocorria com frequência uma diminuição da digestão da celulose.

No presente estudo, os valores de pH médio diário do rúmen (Tabela 7) estavam dentro do limite para o tipo de dieta utilizada (MEYER et al., 2009; VAKILI et al., 2013). Isto pode ser um indicativo de que o patamar de consumo não foi suficiente para alterar o pH ruminal, como evidenciado por Ledoux et al. (1985), que concluíram que em consumo de MS de 1,7% do peso corporal, o consumo de amido do milho não é alto o bastante para diminuir o pH.

Contudo o tempo do pH abaixo de 5,6 foi maior no tratamento com 6% de FDNf, sendo esse o único nível que se enquadra em acidose subclínica (Figura 7). Este resultado pode estar relacionado à seleção contra partículas longas (Tabela 5), assim como a baixa quantidade de FDNfe e consequentemente menor tempo de mastigação observados nesse tratamento. É bem estabelecida na literatura (SANTINI et al., 1983; OWENS; GOETSCH, 1988; ERDMAN, 1993; MERTENS, 1997) a influência da relação concentrado: volumoso da dieta sobre o pH ruminal, o qual está negativamente relacionado à ingestão de volumoso devido à maior produção de ácidos graxos voláteis provenientes da fermentação da fração não-fibrosa do alimento.

O tratamento com uso de MON permaneceu com pH entre 5,5 e 5,6 durante seis horas consecutivas, sendo no período de três a oito horas após a alimentação (Figura 6), indicando que os animais que receberam esse aditivo apresentaram episódios de acidose subclínica. O tempo abaixo de certo limite de pH é uma importante ferramenta de auxílio na caracterização da prevalência de acidose ruminal (ZOTTI, 2014). A redução do pH ruminal entre 5,6 e 5,2, bem como abaixo de 5,2 por um período de tempo entre 12 e 6 horas/dia tem sido adotado como critério para definir acidose subclínica e clínica, respectivamente (BEVANS et al., 2005).

Quando o pH atinge a faixa de 5,5 a 5,0, ocorre a redução do número de microrganismos fibrolíticos, bem como das suas taxas de crescimento, podendo causar inibição na digestão da fibra (HOOVER, 1986), corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, uma vez que o uso de OF, apresentou maior digestibilidade da FDN (Tabela 8). Esses resultados podem estar relacionados ao fato dos animais alimentados com OF terem selecionado maior quantidade de partículas longas (feno).

O baixo valor do pH por mais tempo consecutivo observado com uso de MON pode estar relacionado ao maior consumo de amido uma vez que, a fermentação deste promove maior produção total de AGV e principalmente maior produção de propionato pela via do ácido láctico, podendo acumular no rúmen e reduzir a digestão da fibra (VAN SOEST, 1994). Quando isso acontece, *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus sp.* aumentam em número, pois são tolerantes a pH baixo, os *Streptococcus bovis* produzem mais ácido láctico que é liberado para o meio, condição que torna possível a ocorrência de acidose ruminal (LUCCI, 1997). Entretanto, mesmo com episódio de acidose subclínica com uso de MON, os valores

encontrados para escore de rumenites (Tabela 11) foram muito baixos, sendo assim, não acarretando em queda no consumo ou desempenho dos animais.

A predominância do gênero *Entodinium* em todos os tratamentos (Tabela 8) está de acordo com as observações de autores que investigaram as populações de protozoários de bovinos em diferentes situações alimentares, por exemplo, em dietas ricas em concentrado, (TOWNE; NAGARAJA; BRANDT, 1990), avaliando os efeitos da monensina e do óleo de soja na dieta de vacas lactantes (MARTINELE; SIQUEIRA-CASTRO; D'AGOSTO, 2008) e dieta composta por 92,25% de concentrado com uso de aditivos alimentares, óleos funcionais de mamona e líquido da casca de caju, monensina e dieta controle (ZOTTI, 2014).

Divergindo dos resultados encontrados na literatura com dietas de alto grão, onde a densidade das populações de ciliados amilolíticos aumenta à medida que o concentrado é adicionado à dieta de ruminantes, enquanto a densidade das populações de ciliados celulolíticos decresce expressivamente (FRANZOLIN; DEHORITY, 1996), no presente estudo, foi observado efeito quadrático na contagem dos gêneros *Entodinium* e *Epidinium* com maiores níveis de FDNf. Esses resultados são explicados pelo fato do tratamento com inclusão de 9% de FDNf ter apresentado maior CAMI e CCNF (Tabela 4), sendo assim, maior disponibilidade ruminal de amido. Protozoários desse gênero podem ser estimulados pelo aumento da quantidade de amido rapidamente fermentável, até um determinado ponto, já que condições ácidas podem influencia-los negativamente (MENDOZA; BRITTON; STOCK, 1999).

A diminuição dos protozoários ruminais observada com uso de MON resulta do efeito deste aditivo na estabilidade da membrana celular dos protozoários (BERGEN; BATES, 1984). Moraes; Berchielli e Reis (2011) encontraram resultado semelhante, entretanto, observaram que esse efeito tóxico foi apenas temporário, pois após um período de suplementação constante da dieta com monensina, as populações de protozoários ciliados voltaram ao seu estágio inicial.

Vários autores (VAN NEVEL; DEMEYER, 1977; BONHOMME, 1990) relataram que há efetiva atuação dos ciliados na degradação de carboidratos estruturais, sobretudo em dietas contendo alta proporção de concentrado. Sendo assim, a redução do número de protozoários, principalmente nos do gênero *Epidinium*, pode diminuir a degradação da fibra

em dietas com alto concentrado, fato esse, que explica a melhor digestibilidade da FDN encontrada no tratamento com uso de OF (Tabela 6).

Não era esperado encontrar uma diferença tão pronunciada no número total de protozoários entre os tratamentos MON e OF, uma vez que já é consistente na literatura (LIN et al., 2012, 2013a, 2013b; ZOTTI, 2014) o efeito do OF em diminuir essa população. Os óleos essenciais são misturas complexas de metabólitos secundários de plantas com composição altamente variável. Por esta razão, o seu modo de ação contra microrganismos ou alvos celulares específicos é muitas vezes difícil de determinar e, portanto, ainda é mal compreendido (COBELLIS; TRABALZA-MARINUCCI; YU, 2016). As particularidades quanto à estrutura química e as propriedades de cada componente dos óleos (PATRA; YU, 2012), associadas à dose utilizada (KHIAOSA-ARD; ZEBELI, 2013), contribuem para as divergências nos resultados entre os estudos científicos.

Jonhson e Jonhson (1995) relataram que a produção de metano deve ser avaliada sob duas condições: primeira, quando o nível de ingestão de alimento é baixo e a disponibilidade de carboidratos na dieta é alta, a perda de energia na forma de metano é alta e, segunda, quando o nível de ingestão de alimentos é alto e a digestibilidade da dieta também é alta, ocorre baixa perda de energia na forma de metano, indicando relação entre a digestibilidade e o tempo de permanência dos alimentos no rúmen. No presente estudo, encontramos a primeira condição, sendo o nível de ingestão baixo (média de 1,8% PV), alta disponibilidade de carboidratos e grande perda de energia na forma de metano (média de 8%).

Foi observado efeito linear dos níveis de FDNf na emissão de metano em gramas por dia e por GMD (Tabela 9), sendo que a dieta com inclusão de 15% de FDNf emitiu 30% mais metano (g.dia) comparado ao nível de 6% de FDNf, resultado esperado, uma vez que a produção de metano é inversamente relacionada com a produção de propionato e positivamente relacionada com a relação acetato:propionato (JOHNSON; JOHNSON, 1995). A menor emissão de metano se manteve com a menor inclusão de FDNf na dieta mesmo quando apresentada por coleta (Figura 9). Assim, animais alimentados com maior quantidade de forragens irão propiciar maior formação de acetato e consequente liberação de hidrogênios, que poderão ser utilizados para a formação do metano. Em geral, dietas com maiores porcentagens de volumoso apresentam potencial de emissão de metano maior, pois a fermentação destes compostos resulta em maiores perdas de energia bruta quando comparada à fermentação de açúcares e amido (BOADI et al., 2004).

De acordo com Benchaar; Pomar e Chiquette (2001), a partir de modelos matemáticos, a produção de metano diminuiu 22% com a substituição de alimento fibroso por alimentos com maiores teores de amido, e com a utilização de menos amido degradável no rúmen (17%). No presente estudo, a inclusão de 1% de FDNf ocasionou aumento de 4,3% na emissão de metano (g.dia). Moss (2000) estimou que o aumento de 25% do nível de carboidratos não fibrosos da dieta, teria, como resultado, uma redução na produção de CH₄ de aproximadamente 20%. Isso ocorre por haver maior produção de propionato, que pode ser considerado um competidor das vias de uso do hidrogênio, ao contrário do acetato e butirato, que favorecem a formação de metano.

De acordo com Johnson e Johnson (1995), em dietas compostas por cerca de 90% de alimentos concentrados, as perdas de energia na forma de metano podem ser variáveis, encontrando-se perdas em torno de 2 a 3%, o que representa menos da metade dos valores obtidos no presente estudo, sendo 7,7% para dietas com MON e 8,5% para OF, valores esses, próximos ao previsto pelo IPCC (2006) de 6,5% a 7,5% para bovinos em condições tropicais. Outros autores também encontraram diminuição da energia perdida via metano durante a fermentação do alimento com uso de MON (RAUN et al., 1976; RICHARDSON et al., 1976; FULLER; JOHNSON, 1981).

O tratamento com adição de OF foi mais eficiente em reduzir as emissões de metano em gramas por dia, sendo essa diferença de 14% ($P<0,01$), resultados esses, não condizentes com o maior número de protozoários ciliados observado com o uso de OF (Tabela 8), considerando que esses, têm grande potencial de produção de hidrogênio no rúmen (USHIDA; JOUANY 1996). Entretanto, esses resultados podem explicar a melhor DFDN nesse tratamento (Tabela 6), uma vez que, segundo Wolin e Miller (1988), a pressão parcial de H₂ influencia no metabolismo de duas importantes espécies (*Ruminococcus albus* e *Ruminococcus flavefaciens*) que digerem a fibra no rúmen.

Quando os valores das emissões são apresentados em g.kg de MS e em porcentagem de EB consumida, o uso de MON se mostra mais eficiente que o OF. Quanto maior a ingestão acima da manutenção, ou quanto maior o nível de produção, menor será o metano emitido por unidade de produto e assim, maior a eficiência em relação ao metano, fato ocorrido no presente estudo com uso de MON, que apresentou tendência a menor produção de metano por GMD.

O maior consumo observado nos animais que receberam MON, gerou maior peso vivo final (PVf) e peso vivo vazio (PVV), assim como, maior GMD (Tabela 10), entretanto, sem melhorar a EA, todos os resultados positivos observados no desempenho dos animais que receberam MON parecem resultar de efeitos sobre o metabolismo, sendo reflexos da maior ingestão alimentar.

Jedlicka et al. (2009) testaram os efeitos do uso de MON (223 mg.dia) e OF (250 mg.kg MS e 500 mg.kg MS) em novilhos confinados e observaram que, o GMD foi maior e a CA foi melhor para o tratamento com MON quando comparado com o OF. Em contrapartida, Zawadzki et al. (2010) não observaram efeitos sobre o PVf, GMD e CA ao avaliar o uso de óleos funcionais de rícino e caju (3 g.animal.dia) na dieta de bovinos em confinamento. Byers (1980) afirmou que, animais alimentados com dietas isoenergéticas o uso de MON melhora a ELg mais que a ELm da dieta, podendo ser esse um dos fatores que explica o maior CMS com uso de MON, uma vez que, no presente estudo, o uso de MON aumentou em 33% à ELm comparada a ELg. Quando o consumo diário de alimento excede o que é exigido para manutenção, há um excedente de energia disponível para produção (NRC, 1996), e este pode ser o principal efeito da MON, resultando em melhor desempenho nos animais (RUSSEL; STROBEL, 1989).

Os níveis de FDNf testados não influenciaram as variáveis de desempenho, corroborando com Leme et al. (2003), utilizando milho em grão seco moído em dietas de terminação para bovinos Nelore e inclusões de 15, 21 e 27% de bagaço de cana-de-açúcar na MS da dieta total, onde não observaram diferenças no PV final, ganho de peso e na eficiência alimentar. Entretanto, Kreikemeier et al. (1990), avaliando a influência do nível de FDNf no desempenho de animais em terminação, observaram que os animais alimentados com dietas contendo níveis de 5 e 10% de FDNf (silagem de milho e feno de alfafa como volumoso) obtiveram um ganho mais rápido e foram mais eficientes em relação aos animais que receberam 0 e 15% de FDNf na dieta.

De modo geral a EA de bovinos confinados é reduzida com o aumento de concentrações de FDNf em dietas de terminação (GALYEAN; DEEFOR, 2003; GALYEAN; ABNEY, 2006; SANTOS et al. 2013), no entanto, no presente estudo não foi constatada essa redução, isso devido ao fato dos níveis de FDNf testados não terem sido suficientes para causar efeito de enchimento físico nos animais, provavelmente devido ao baixo consumo em porcentagem do PV. Dessa forma, houve efeito quadrático dos níveis de

FDNf para ELM e ELg, sendo que o tratamento com 6% de FDNf obteve incremento de 6% para ELM e 8% para ELg comparado ao tratamento com 15% de FDNf. Parsons et al. (2007) e May et al. (2011) constataram redução linear da ELM e ELg em virtude do aumento de forragem na dieta, entretanto, no presente estudo os menores valores foram encontrados no tratamento com inclusão de 9% de FDNf. Melo (2015), observou que o aumento nas concentrações de FDNf das dietas causou redução linear ($P<0,01$) na ELM e na ELg das dietas. Sendo assim, podemos afirmar que, no presente estudo, mesmo com efeito quadrático no CAMI e nas ELM e ELg, os níveis de FDNf testados não foram altos o suficiente para acarretar em diferenças no desempenho produtivo, resultado esse que pode ser explicado pelo fato das dietas serem isoenergéticas.

Os níveis de FDNf testados não influenciaram nas características de carcaça, com exceção do peso do TGI cheio (Tabela 11), que como esperado, se comportou de forma linear crescente, sendo 26% maior no tratamento com inclusão de 15% de FDNf, comparado ao tratamento com 6% de FDNf. Esse fato é explicado pelo maior consumo encontrado no tratamento com maior inclusão de FDNf (15% de FDNf). Mesmo com maior peso de TGI cheio no tratamento com maior inclusão de FDNf, não foi observada diferença significativa no rendimento de carcaça, mostrando que os níveis aqui testados não influenciaram a qualidade da carcaça, corroborando com Melo (2015), Leme et al. (2003) e Ribeiro et al. (2002) trabalhando com tourinhos Nelore e com Bartle, Preton e Miller (1994), trabalhando com taurinos.

A média alcançada de rendimento de carcaça (55%), situou-se dentro do que ocorre no Brasil com bovinos que recebem dietas altamente energéticas e são terminados em confinamento, entre 52 e 56% (ROTTA et al., 2009).

Apesar de maior PCQ, ocasionado pelo maior consumo, maior GMD e consequentemente maior PVf, observados com o uso de MON no presente estudo, o uso dos aditivos não diferiram quanto ao rendimento de carcaça e rendimento do ganho (Tabela 11), isso se deve ao fato do uso de monensina ter proporcionado maiores valores de GRPI, peso de fígado e TGI vazio. Goodrich et al. (1984), relataram que o uso de monensina sódica não afetou as características de carcaça, entre elas o rendimento de carcaça. Barducci (2013), trabalhando com bovinos Brangus observou que os animais que consumiram MON obtiveram ($P<0,05$) maior PCQ, e o autor infere que, assim como no presente estudo, esse fato pode ser justificado pelo maior GMD.

Divergindo do presente estudo, ao avaliar novilhos alimentados com dietas contendo alto nível de concentrado com e sem adição de OF e MON, Jedlicka et al. (2009) não observaram efeitos da adição dos aditivos sobre o peso da carcaça quente. Já, Zawadzki et al. (2010) observaram que a adição de OF aumentou o peso da carcaça quente, da carcaça fria e o rendimento de carcaça de novilhos precoces Purunã.

Em geral, os ingredientes utilizados nas dietas não influenciam a coloração do músculo, que é muito mais influenciada pelas técnicas de abate e armazenamento da carne (LADEIRA; OLIVEIRA, 2006). Os valores para luminosidade e intensidade de vermelho encontradas neste estudo (Tabela 12) estão coerentes com os valores reportados por Muchenje et al. (2009), após revisão de literatura, entre 33,2-41,0 e 11,1-23,6 respectivamente, diferindo apenas para os valores de intensidade de amarelo, os quais variaram entre 11,7 a 12,8 contra 6,1 a 11,3 reportados pelo autor. Esse resultado não era esperado, uma vez que os animais do presente estudo, foram terminados em regime de confinamento, com dieta rica em grãos.

A maioria dos alimentos concentrados utilizados na alimentação animal contém baixos teores de carotenoides e o processamento dos alimentos para a fabricação dos concentrados muitas vezes envolve o aquecimento, o que provavelmente destrói muitos carotenoides (CHRISTOVÃO; FREITAS, 2012), animais alimentados com dietas exclusivas de concentrado podem ser discriminados pela ausência (ou baixas concentrações) dos pigmentos carotenoides no plasma e tecidos (OLIVEIRA et al. 2013).

Para os resultados de perdas por cocção da carne, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 12). O aumento da retenção de água pela carne é influenciado pelo aumento do pH durante a maturação (OLIVEIRA et al., 1998; ROÇA, 2000), mesmo com efeito linear dos níveis de FDNf no pH final da carne, esse se manteve abaixo de 5,8 em todos os tratamentos, de acordo com Tarrant (1989) somente faixas de pH acima de 5,8 podem acarretar em maior retenção de água e escurecimento da carne.

O tratamento com inclusão de 6% de FDNf obteve melhor maciez e suculência na análise sensorial, a suculência depende da sensação de umidade nos primeiros movimentos mastigatórios, ou seja, da liberação de líquidos pela carne, a sensação de suculência é mantida pelo teor de gordura na carne que estimula a salivação (OLIVEIRA et al. 2013), entretanto, não houve diferença estatística para espessura de gordura e perdas por cocção

entre os diferentes níveis de FDNf testados. Todavia, ao observarmos os valores da FC, podemos notar que nenhum dos níveis testados proporcionou carne macia, uma vez que, segundo Macedo et al. (2001), a carne bovina pode ser classificada como macia até 4,2 kg, da força de cisalhamento. Apesar de estudos (DUCKETT; ANDRAE; OWENS, 2002) comprovarem influência da proporção volumoso: concentrado no perfil de ácidos graxos da carne, no presente estudo, os níveis de FDNf testados não foram suficientes para influenciar nesse perfil.

O uso de OF promoveu menor força de cisalhamento comparado ao uso de MON, corroborando com a melhor maciez obtida na análise sensorial. Segundo Lawrence et al. (2006), animais de sangue *Bos indicus* apresentam maior atividade das enzimas calpastatina, inibidoras naturais das enzimas calpaína (tanto as μ quanto as m calpaína), reduzindo a atividade proteolítica e, conseqüentemente, a maciez da carne. Pode-se inferir, segundo os resultados encontrados no presente estudo, que o uso de OF acelerou a atuação das enzimas μ -calpaínas e conseqüentemente, na quebra de proteína miofibrilares no processo pós morte, melhorando a maciez da carne (WHEELER et al., 1993; MONTGOMERY et al., 2009). Entretanto, mesmo com essa melhora ocasionada com o uso do OF, os valores encontrados para FC ($>5,00$ kg/cm²) caracterizam as carnes de todos os tratamentos testados como duras.

O uso de OF promoveu aumento dos AGMI comparado ao uso de MON, resultado desejável, uma vez que, dentre esses ácidos se encontra o oléico (C18:1 n-9), que oferece proteção ao sistema cardiovascular, e seu consumo balanceado está associado à redução nos níveis séricos de colesterol e aumento nas lipoproteínas de alta densidade (HDL) (PENSEL, 1998; TAPIERO et al., 2002). De acordo com Wood et al. (2008), a relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados deve ser acima de 40%. No entanto, em todos tratamentos testados essa relação se estabeleceu abaixo do recomendado, provavelmente porque na revisão dos autores do Reino Unido foram levantados trabalhos que utilizaram raças britânicas, e a deposição de gordura nesse tipo de raça é diferente da que acontece em zebuínos.

A adição de monensina aumentou da concentração de n-3, que tem mostrado exercer vários benefícios à saúde humana, como anticarcinogênico e induz à diminuição da gordura corporal e aumento do conteúdo proteico (GALLO; SIQUEIRA; ROSA, 2007; WOOD et al., 2008). É possível que, além de inibir bactérias gram-positivas, a monensina possa alterar o metabolismo de bactérias gram-negativas (VAN NEVEL; DEMEYER, 1992), levando ao

maior escape desses ácidos graxos do rúmen para posterior absorção e deposição na gordura subcutânea, como observada maior EGS final (Tabela 7) nesse tratamento. Apesar da diferença significativa encontrada para o n-3, a relação de n-6/n-3 não diferiu estatisticamente entre os aditivos, variando de 2,89 (MON) a 3,14 (OF). Segundo o Departamento de Saúde Britânico (Department of Health, 1994), é recomendado o valor máximo de 4,0 para uma dieta saudável, pois o desbalanço de n-6 e n-3 têm sido associados ao elevado risco de doenças cardíacas (WILLIAMS, 2000). Os resultados obtidos no presente estudo se encaixam nos requisitos recomendados para uma dieta saudável.

5. CONCLUSÕES

Dietas com baixa inclusão de volumoso, com até 6% de fibra em detergente neutro provinda da forragem, são recomendadas para terminação de bovinos em confinamento. Tais dietas determinam menor emissão de metano, sem prejudicar o desempenho dos animais e qualidade da carne. O uso de óleo funcional apesar de proporcionar melhor controle do pH ruminal, diminuição nas emissões de metano (g.dia) e benefícios à qualidade da carne, acarretou em prejuízos no desempenho animal, não superando o aditivo monensina nesse quesito.

6. REFERÊNCIAS

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

ALVAREZ, E. G. et al. Influence of dietary forage level on digestive function and growth performance in cattle fed steamflaked corn-based growing-finishing diets. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 3, p. 506-512, 2004.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago, IL: National Livestock and Meat Board, 48 p. 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, 1117 p. 1990.

BARDUCCI, R. S. **Protocolos e durações de adaptação às dietas com alta inclusão de concentrado para bovinos Nelore confinados**. 2013. 100 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

BARKER, I. K.; VAN DREUMEL, A. A.; PALMER, N. The alimentary system. In: JUBB, K.V.F.; KENNEDY, P.C.; PALMER, N. **Pathology of domestic animals**. 4th. ed. San Diego: Academic Press, v. 2. 1995.

BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; MILLER, M.F. Dietary energy source and density: effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 1943-1953, 1994.

BENCHAAAR, C.; POMAR, C.; CHIQUETTE, J. Evaluation of diet strategies to reduce methane production in ruminants: a modeling approach. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 81, p. 563- 574, 2001.

BENCHAAAR, C. et al. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 209-228, 2008.

BENTON, J. R. et al. Effects of roughage source and level with the inclusion of wet distillers grains on finishing cattle performance and economics. **Nebraska Beef Report**, Lincoln, v. 66, p. 29-32, 2007.

BERGEN, W. G.; BATES, D. B. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 1465-1483, 1984.

BERNDT, A. et al. Guidelines for use of Sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. 1. ed. Wellington: **Ministry for Primary Industries**, v.1 p.166, 2014.

BERTHIAUMER, R. et al. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain_forage diets with or without growth promotants.1. Feedlot performance, carcass quality, and production costs. **Journal of Animal Science**, Albany, v.84, p. 2168-2477, 2006.

BEVANS, D. et al. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.83, p. 1116-1132, 2005.

BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 19, p. 511-522, 1965.

BOADI, D. et al. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, p. 319-335, 2004.

BONHOMME, A. Rumen ciliates: their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 30, p. 203-266, 1990.

BROWN, H. et al. Tylosin and chlortetracycline for the prevention of liver abscesses, improved weight gains and feed efficiency in feedlot cattle. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 40, n. 2, p. 207-213, 1975.

BYERS, F. M. Effects of limestone, monensin, and feed level on corn silage net energy values and composition of growth in cattle. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 50, p. 1127-1135, 1980.

CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CAETANO, M. **Efeito do processamento do milho e dos teores de fibra no desempenho de bovinos Nelore em terminação**. 2012. 126 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CAETANO, M. et al. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore-based cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 8, p. 4023-4033, 2015.

CASALI, A. O. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 335-342, 2008.

CHRISTOVÃO, F. G.; FREITAS, P. I. Utilização dos carotenoides (vitamina A) na alimentação de bovinos e suas interferências na reprodução. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 3, 2013.

COBELLIS, G.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; YU, Z. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: a review. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 545-546, p. 556-568, 2016.

COCHRAN, R. C.; GALYEAN, M. L. Measurement of in vivo forage digestion by ruminants. In: FAHEY JR, G. C. (Ed.). Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 613-643.1994.

CONEGLIAN, S. M. **Uso de óleos essenciais de mamona e cajú em dietas de bovinos**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

CRICHLOW, E.C.; CHAPLIN, R.K. Ruminal lactic acidosis: Relationship of fore stomach motility to nondissociated volatile fatty acids levels. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 46, n. 9, p. 1908-1911, 1985.

D'AGOSTO, M.; CARNEIRO, M. E. Evaluation of lugol solution used for counting rumen ciliates. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 16, p. 725-729, 1999.

DEHORITY, B. A. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 48, p. 182-185, 1984.

DETMANN, E. et al. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 1340-1349, 2001.

DUCKETT, S. K.; ANDRAE, J.G.; OWENS, F.N. Effect of high-oil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3353-3360, 2002.

ERDMAN, R. Silage fermentation characteristics affecting feed intake. In: National silage production conference, Syracuse, 1993, Syracuse. **Proceedings...** Syracuse: NRAES, v. 67, p.210, 1993.

ETHERIDGE, R. D.; PESTI, G. M.; FOSTER, E. H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 73, p. 21-28, 1998.

FERREIRA, V. L. P. et al. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas-SP. SBCTA, 127 p. 2000.

FERREIRA DE JESUS, E. et al. Influence of a blend of functional oils or monensin on nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation and milk production of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 219, p. 59-67, 2016.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v. 226, p. 497-509, 1957.

FRANZOLIN, R.; DEHORITY, B. A. Effect of prolonged high-concentrate feeding on ruminal protozoa concentrations. **J. Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2803-2809, 1996.

FULLER, J. R.; JOHNSON D. E. Monensin and lasalocid effects on fermentation in vitro. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 53, p. 1574, 1981.

GALLO, S. B.; SIQUEIRA, E. R.; ROSA, G. B. Efeito da nutrição da ovelha e do cordeiro sobre o perfil de ácidos graxos do músculo Triceps brachii de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, supl., p. 2069-2073, 2007.

GALYEAN, M. L.; DEFOOR, P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. E8-E16, 2003.

GALYEAN, M. L.; ABNEY, C. S. Assessing roughage value in diets of high producing cattle. In: Southwest nutrition management conference, 2006, Tucson. **Proceedings...** Tucson: University of Arizona, p. 127-144. 2006.

GALYEAN, M. L.; HUBBERT, M. E. Traditional and alternative sources of fiber: roughage values, effectiveness, and concentrations in starting and finishing diets. In: Plains nutrition council - Spring conference, 2012, San Antonio. **Proceedings...** Amarillo: Texas Agrilife Research and Extension Center, p. 75-97. 2012.

GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. Optimizing the use of forages in feedlot finishing diets. In: Western nutrition conference, 29., 2008, Edmonton. **Proceedings...** Alberta: University of Alberta. p. 139-151. 2008.

GANDRA, J. R. et al. Productive performance of simmental dairy cows supplemented with ricinoleic acid from castor oil. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 63, n. 244, p. 1-10, 2014.

GOODRICH, R. D. et al. Influence the monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 58, p. 1484-1498, 1984.

GOULART, R. S.; NUSSIO, L. G. Exigências de fibra fisicamente efetiva para bovinos confinados. In: Simpósio de pecuária de corte; international symposium of beef cattle, 2011, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p. 111-153. 2011.

GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, p. 2762- 2768, 1992.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. **Evaluating particle size of forages and TMRs using the new penn state forage particle separator**. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2002.

HERRING, W. O. et al. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2216-2226, 1994.

HOLTER, J.B.; YOUNG, A.J. Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 75, n. 8, p. 2165-2175, 1992.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Amsterdam, v. 49, p. 447-457, 1998.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 69, n. 5, p. 2755-2766, 1986.

HOUBEN, J. H. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. **Meat Science**, Amsterdam, v. 55, p. 331-336, 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE - IPCC. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. IPCC 2006, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

JEDLICKA, M. E. et al. Effects of functional oils and monensin alone or in combination on feedlot cattle growth and carcass composition (progress report). **Animal Industry Report**, Amsterdam, v. 655, n. 1, p. 46, 2009.

JENSEN, R.; FLINT, J.C.; UDALL, R.H. et al. Parakeratosis of the rumens of lambs fattened on the pelleted feed. **Am. J. Vet. Res.**, v.15, p.202-216, 1954.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

KHIAOSA-ARD, R.; ZEBELI, Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 1819–1830, 2013.

KRAMER, J. K. G.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, Heidelberg, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

KREIKEMEIER, K. K. et al. Influence of dietary forage and feed intake on carbohydrase activities and small intestinal morphology of calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2916-2929, 1990.

KUNG, L. JR. et al. A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 91, p. 4793-4800, 2008.

KUSS, F. et al. Desempenho de vacas de descarte recebendo dietas com ou sem monensina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 173-177, jan./fev. 2008.

LADEIRA, M. M.; OLIVEIRA, R. R. Estratégias nutricionais para a melhoria da carcaça bovina. In: II SIMBOI – Simpósio sobre desafios e novas tecnologias na bovinocultura de corte. **Anais...** Brasília, 2006, 13p.

LAWRENCE R. W. et al. The efficacy of a vitamin D3 metabolite for improving the myofibrillar tenderness of meat from Bos indicus cattle. **Meat Science**, Amsterdam, v. 72, p. 69-78, 2006.

LEDOUX, D. R. et al. Influence of forage level on passage rate, digestibility and performance of cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 61, n. 6, p. 1567-1575, 1985.

LEEK, B.F.; HARDING, R.H. Sensory nervous receptors in the ruminant stomach and the reflex control of reticulo-ruminal motility. In: International symposium of ruminant physiology, digestion and metabolism in the ruminant, 1975, Sydney. **Proceedings...** Sydney, Australia, 1975.

LEME, P. R. et al. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, suppl. 1, p. 1786-1791, 2003.

LEONARDI, C.; ARMENTANO, L. E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 86, p. 557-564, 2003.

LIN, B. et al. The effects of combined essential oils along with fumarate on rumen fermentation and methane production in vitro. **Journal Animal Feed Science**, Jablonna, v. 21, p. 198-210, 2012.

LIN, B. et al. In vitro rumen fermentation and methane production are influenced by active components of essential oils combined with fumarate. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 97, p. 1-9, 2013a.

LIN, B. et al. Effects of essential oil combinations on sheep ruminal fermentation and digestibility of a diet with fumarate included. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 184, p. 24-32, 2013b.

LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, p. 793-806, 1968.

LOYOLA, V. R.; PAULE, B. J. A. Utilização de aditivos em rações de bovinos: aspectos regulatórios e de segurança alimentar. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos, 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 373. 2006.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Manole, 1997. 298 p.

MacDONALD, J.C. et al. **Effects of level of alfalfa hay in steam-flaked corn based diets containing 25% sorghum wet distiller's grains**. Disponível em: <<http://amarillo.tamu.edu/files/2011/01/Effects-of-Level-of-Alfalfa-Hay.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

MUCHENJE, V.; DZAMAC, B.K.; CHIMONYOA, M. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, v.112, p.279-289, 2009.

MACEDO, M. P. et al. Características de carcaça e composição corporal de touros jovens da raça Nelore terminados em diferentes sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1610-1620, 2001.

MARTINELE, I.; SIQUEIRA-CASTRO, I. C. V.; D'AGOSTO, M. Protozoários ciliados no rúmen de bovinos alimentados com dietas de capim-elefante e com dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, Salvador, p. 74-81, 2008.

MAY, M. L. et al. Effects of roughage concentration in steamflaked corn-based diets containing wet distillers grains with solubles on feedlot cattle performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 549-559, 2011.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. New York: Boca Raton, 1999. 387 p.

MELO, A. H. F. **Processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana in natura em dietas para bovinos em terminação** 2015. 157 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MENDOZA, G. D.; BRITTON, R. A.; STOCK, R. A. Effect of feeding mixtures of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum on ruminal fermentation and starch digestion. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 113–118, 1999.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JUNIOR, G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: Wisconsin, 1994. p. 448-478.

_____. Cresting a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1463, 1997.

_____. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MEYER, N. F. et al. Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 2346-2354, 2009.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 3427–3439, 2009.

MONTGOMERY, J. L. et al. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 1374-1383, 2009.

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In T. T. Berchielli, A. V. Pires; S. G. Oliveira, (Eds.), **Nutrição de ruminantes** (2nd ed., pp. 565-599). Jaboticabal, Brazil: Funep, 2011.

MOSS, A. R. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, Les Ulis, v. 49, p. 231-253, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: National Academy Press, 1984. 90 p.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: National Academy Press, 1996. 244 p.

_____. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th. Washinton: National Academic Press, 381 p, 2001.

OGIMOTO, K.; IMAI, S. **Atlas of rumen microbiology**. Tokyo: Japan Scientific Societies Press, 231 p, 1981.

OLIVEIRA, L. et al. Metodologias para traçabilidade da dieta de ruminantes e sua importância para a cadeia produtiva da carne no Brasil: revisão. **Revista Portuguesa De Ciências Veterinárias**. 7 p. 2013.

OLIVEIRA, L. B.; SOARES, G. J. D.; ANTUNES, P.L. Influência da maturação da carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas por cozimento. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.4. n. 3. p. 166-171., 1998.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Levantamento sobre as recomendações nutricionais e práticas de manejo adotadas por nutricionistas de bovinos confinados no Brasil. In: Simpósio internacional de nutrição de ruminantes: rúmen sustentável e estratégias de cria e recria: desafios futuros para produção de carne. **Anais...** Dracena, 2011. CD- ROM.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64–75, 2014.

OWENS, F.N. Adaptação de gado confinado a rações ricas em grãos: distúrbios metabólicos e desempenho. In: simpósio sobre bovinocultura de corte: Requisitos de qualidade na bovinocultura de corte, 6., 2008. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 221-236. 2008a.

OWENS, F.N. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. In: simpósio de produção de gado de corte ; simpósio internacional de produção de gado de corte, , 2008, Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, p. 95-120. 2008b.

PARR INSTRUMENT COMPANY. **Oxygen bomb calorimetry and combustion methods**. Moline, 130 p. (Technical manual). 1988.

PARRA, F. S. **Protocolos de adaptação à dietas com alta inclusão de concentrados para bovinos Nelore confinados**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

PARSONS, C. H. et al. Effects of wet corn gluten feed and roughage levels on performance, carcass characteristics, and feeding behavior of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Abington, v. 85, p. 3079-3089, 2007.

PATRA, K. A.; YU, Z. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. **Applied and Environmental Microbiology**, Oxford, v. 78, n. 12, p. 4271–4280, 2012.

PENSEL, N. The future of red meat in human diets. **Nutrition Abstracts and Reviews**. Series A, Wallingford, v. 68, p. 1-4, 1998.

PRIMAVESI, O. et al. Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários: bases para inventário de emissão de metano por ruminantes. Cap.8.. In: **Proceedings...** 1, Lima, M.A.; Boddey, R.M.; Alves, B.J.R; Machado, P.L.O.A.V; Urquiaga, S. (Org.). Estoques de C e Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária Brasileira. 1ed.Brasília, DF: Embrapa, p. 239-270. 2002.

PRITCHARD, R. H. Bunk management: observations from research. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 1998, Texas. **Proceedings...** Texas, p. 68, 1998.

RAUN, A. P. et al. Effect of monensin feed efficiency of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 43, p. 670-677, 1976.

RIBEIRO, F. G. et al. Características da carcaça e qualidade da carne de tourinhos alimentados com dietas de alta energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 749-756, 2002.

RICHARDSON, L. F. et al. Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 43, p. 657-664, 1976.

ROÇA, R.O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 202p. 2000.

ROTTA, P. P. et al. Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Nellore, Caracu and Holsteinfriesian bulls finished in a feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 22, n. 4, p. 598-604, 2009.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 55, p. 1-6, 1989.

SAMPAIO, R.L., et al. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health Production**, 49, 1015–1024, 2017.

SAMPAIO, C. B. et al. Evaluation of fecal recovering and long term bias of internal and external markers in a digestion assay with cattle 1 Recuperação fecal e vício de tempo longo de indicadores internos e externos em ensaio de digestão com bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 174-182, 2011.

SANTINI, F. J. et al. Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 66, p. 811-820, 1983.

SANTOS, F. A. P. et al. Modalidades de confinamento sem o uso de volumosos: realidade e limitacoes. In: Encontro da coan consultoria; encontro de confinamento, 2013, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2012. v. 8, p. 261-291.

SHAIN, D.H.; STOCK, R.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; HEROLD, D.W. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1082-1092, 1999.

SHINKAI, T. et al. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 95, p. 5308-5316, 2012.

SMITH, W. R.; YU, I.; HUNGATE, R. E. Factors affecting cellulolysis by *Ruminococcus albus*. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 114. p. 729-737, 1973.

TAGER, L. R.; KRAUSE, K. M. Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 94, p. 2455-2464, 2011.

TAPIERO, H. et al. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. **Review. Biomedicine & Pharmacotherapy**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 56, p. 215-222, 2002.

TARRANT, P.V. Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition. In: **Proceedings of an Australian Workshop**. Australian Meat and Live-stock Research and Development Corp. Sydney South, p.8-18, 1989.

TOWNE, G. et al. Ruminal ciliated protozoa in cattle fed finishing diets with or without supplemental fat. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 68, p. 2150-2155, 1990.

VAKILI, A. R. et al. The effects of Thyme and Cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. Asian Australas, **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 26, p. 935–944, 2013.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. cap. 6, p. 151-182.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, I. Effect of monensin on rumen metabolism in vitro. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 34, p. 251-257, 1977.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Influence of antibiotics and a deaminase inhibitor on volatile fatty acids and methane production from detergent washed hay and soluble starch by rumen microbes in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 21-31. 1992.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p, 1994.

WALLACE, R. J.; COLOMBATTO, D.; ROBINSON, P. H. Enzymes, direct-fed microbials and plant extracts in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 145, p. 1-4, 2008.

WATANABE, Y. et al. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 93, p. 5258–5267, 2010.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A therotically-based model for predicting total digestible nutrient values of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 95-110, 1992.

WHEELER, T. L. et al. Effects of postmortem injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 71, n. 11, p. 2965-2974, 1993

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Shear force procedures for meat tenderness measurement. Hastings, NE: **Agricultural Research Service**, 2001.

WILKERSON, V.A.; CASPER, D.P.; MERTENS, D.R. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.11, p.2402-2414, 1995.

WILLIAMS, C. M. Dietary fatty acids and human health. **Anales de Zootechnie**, Les Ulis, v. 49, p. 165-180, 2000.

WOLIN, M. J.; MILLER, T. L. Microbe-microbe interactions. In: HOBSON, P. N. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 1988. p. 343-359.

WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, Amsterdam, v. 78, p. 343-358, 2008.

YU, P. et al. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 81, p. 777-783, 1998.

ZAWADZKI, F. et al. Glicerol e óleos essenciais na dieta de bovinos não castrados precoces Purunã terminados em confinamento sobre o desempenho e ingestão de alimentos. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia,, 2010, Salvador. **Anais...** Salvador:, 2010.

ZINN, R. A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 76, p. 1280-1289, 1998.

ZINN, R. A.; CORONA, L.; WARE, R. A. Forage quality: impacts on cattle performance and economics In: National alfalfa symposium. **Proceedings...** San Diego, p. 209-216. 2004.

ZOTTI, C. A. **Uso de monensina e óleos funcionais de mamona e caju em dietas com elevada proporção de concentrado fornecidas de forma abrupta para bovinos Nelore confinados.** 2014. 86 f. Tese. (Doutorado) - FZEA, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

ANEXO

ANEXO A - Descrição, apresentação e níveis de garantia do óleo funcional utilizado no experimento (Essential®).

Especificação Técnica Produto Acabado		Nº Doc.	QUA-ETPA.03
			Revisão	08
			Página	1 de 1
Elaboração	Gabriela Tavares	Qualidade	Data: 31/03/2015	
Aprovação	Lúcio A. L. de Oliveira	Diretor	Data: 31/03/2015	

1. Descrição do Produto, Indicação, Modo de Uso e Composição Básica

Produto: Essential

Indicação: Aditivo Aromatizante destinado a fabricantes de produtos para alimentação animal.

Modo de Uso: Recomenda-se fazer uma mistura homogênea do produto com a ração, obedecendo à seguinte proporção de 1,5 kg por tonelada de ração. Para bovinos utilizar 0,5 gramas por quilo de matéria seca ingerida.

Composição Básica: LCC, Óleo de mamona, Vermiculita.

2. Apresentação do Produto, Validade e Condições para Armazenamento

Produto embalado em saco de papel Kraft multilaminado com uma lâmina interna de polietileno, com peso líquido de 15 kg.

Validade: 1 ano após data de fabricação.

Condições para armazenamento: Manter em lugar fresco, seco e protegido da luz solar. Para maior segurança manusear o produto com luvas de borracha. Evitar o contato do produto com o rosto e a pele.

3. Referências

Especificações Internas (rotulagem e registro do produto).

Registro no MAPA: PR 08444-03001.

Diretiva 2002/32 CE do Parlamento Europeu e do Conselho

4. Níveis de Garantia

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÕES
Cardol	Min. 40 g/kg
Cardanol	Min. 200 g/kg
Ácido Ricinoleico	Min. 90 g/kg

5. Plano de Amostragem

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÕES	PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÕES
Arsênio	Máx. 2 mg/kg	Dioxina	Máx. 1 ng/kg
Cádmio	Máx. 1 mg/kg	Cardol	Min. 40g/kg
Mercurio	Máx. 0,1 mg/kg	Cardanol	Min. 200 g/kg
Chumbo	Máx. 10 mg/kg	Ác. Ricinoleico	Min. 90 g/kg