



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
TROPICAL**

TAYS RANIELLEN MIRANDA FEITOSA

**PROPILENOGLICOL NA PRODUÇÃO DE GASES E
DEGRADABILIDADE DE DIETAS PARA RUMINANTES**

**ARAGUAÍNA (TO)
2020**

TAYS RANIELLEN MIRANDA FEITOSA

**PROPILENOGLICOL NA PRODUÇÃO DE GASES E DEGRADABILIDADE DE
DIETAS PARA RUMINANTES**

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre, junto ao Programa de Pós-
graduação em Ciência Animal Tropical da
Universidade Federal do Tocantins.**

Área de Concentração: Produção Animal

**Orientador: Prof. Dr. Luciano Fernandes
Sousa**

**ARAGUAÍNA (TO)
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

F311p Feitosa, Tays Raniellen Miranda .
 Propilenoglicol na produção de gases e degradabilidade de dietas
 para ruminantes . / Tays Raniellen Miranda Feitosa. – Araguaína, TO,
 2020.
 68 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
 Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Pós-
 Graduação (Mestrado) em Ciência Animal Tropical, 2020.
 Orientador: Luciano Fernandes Sousa

 1. Propilenoglicol em dietas para ruminantes. 2. Fermentação
 ruminal. 3. Relação volumoso: concentrado. 4. Aditivo energético. I.
 Título

CDD 636.089

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

TAYS RANIELLEN MIRANDA FEITOSA

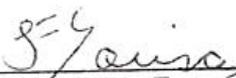
**PROPILENOGLICOL NA PRODUÇÃO DE GASES E
DEGRADABILIDADE DE DIETAS PARA RUMINANTES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre, junto ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Fernandes Sousa

Aprovada em: 14/02/2020

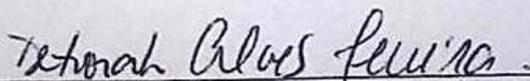
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Fernandes Sousa



Prof.^a. Dra. Angélica Pedrico



Prof.^a. Dra. Deborah Alves Ferreira

AGRADECIMENTOS

Nada de tudo isso seria possível sem Deus, que é o autor de tudo que eu tenho, sou e posso fazer. A Ele minha imensurável gratidão.

A Nossa Senhora de Fátima, minha intercessora, tenho certeza que todo o esforço foi feito sob seu poderoso amparo.

Aos meus amados pais, Hélio Dantas e Maria Zilma, em especial minha mãe que foi para junto de Deus ainda na metade da minha graduação. Em toda a minha vida fui contemplada com o apoio deles para seguir o caminho dos estudos em busca de um melhor futuro, agarrada sempre as oportunidades que eles não tiveram. Eu amo e sou grata a eles de todo o meu coração.

Ao meu querido esposo, Donizete Melo que acompanhou toda a minha jornada de estudos me incentivando e dando apoio desde o ensino médio, o que prova que uma vida conjugal pode não atrapalhar se você tiver foco, muito pelo contrário, ele foi um dos maiores incentivadores que eu tive. Não posso deixar de agradecê-lo por tudo, inclusive por me acompanhar nas madrugadas para obtenção dos dados de fermentação das análises realizadas aqui na Universidade Federal do Tocantins.

Pude também contar com o apoio familiar da minha irmã Lais Mikaelen e minha prima Juliana Barros, agradeço por terem me dado conselhos e sobretudo me incentivado a continuar nos momentos que eu senti que não seria capaz, além de ajudarem nos experimentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela disponibilidade de bolsa, pois sem apoio financeiro as dificuldades em desenvolver a pesquisa e permanecer no curso seriam maiores.

Ao professor Dr. Luciano Fernandes Sousa pela orientação feita com excelência, pelos ensinamentos concedidos a mim durante esses dois anos, além de conselhos e apoio mesmo distante.

Ao técnico do Laboratório de nutrição, Adriano, por todo o suporte e orientação no momento das análises laboratoriais. Ao seu Valtinho e seu Elimar, pessoas de bem, batalhadoras que me ajudaram sem cessar na parte experimental, sem o suporte deles nada seria possível.

Aos colegas da pós-graduação e graduação que não mediram esforços para me ajudar em todas as etapas da pesquisa, e ao grupo de estudos Do Campus para

Campo, ao qual todos nós fazemos parte, pois foi lá que aprendemos a trabalhar como equipe e adquirimos conhecimentos que somam os da sala de aula.

A professora Fabrícia Rocha Chaves Miotto que me orientou durante a ausência do professor Luciano, com toda sua paciência e dedicação não hesitou em tirar minhas dúvidas.

A todos, minha gratidão!

“Pois é Deus quem efetua em vocês tanto o querer quanto o realizar, de acordo com a boa vontade Dele. ”

(Filipenses: 2.13)

RESUMO

Propilenoglicol na produção de gases e degradabilidade de dietas para ruminantes

Objetivou-se com o presente trabalho estudar os efeitos da adição de níveis crescentes de propilenoglicol na fermentação ruminal de dietas com diferentes proporções de volumoso: concentrado, por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases e a degradabilidade *in situ* de dietas para bovinos recebendo água com infusão ou não de propilenoglicol (PGLIC). Foram utilizados 4 bovinos fistulados no rúmen sendo dois para obtenção do inóculo no ensaio *in vitro* e dois para incubação do ensaio *in situ*. As dietas experimentais utilizadas continham silagem de capim Mombaça e um concentrado comercial. Na fermentação *in vitro* foram utilizadas 3 proporções, sendo 100:0, 50:50 e 0:100 de volumoso: concentrado e 4 concentrações de PGLIC: 0, 2, 4 e 6%, que foram incubados com 10 mL de inóculo ruminal e 90 mL de meio de cultura em frascos de vidro a 39 °C. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com arranjo fatorial 3 x 4, perfazendo 12 tratamentos com 3 blocos (animais doadores). As medidas de pressão e volume de gases foram tomadas nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas. Houve diminuição da produção de gases, degradação da matéria seca e matéria orgânica a medida em que se elevou a porcentagem de PGLIC ($P < 0,05$). Os parâmetros de France tiveram maior efeito das dietas em comparação aos efeitos dos níveis de PGLIC em todas as variáveis. As dietas exercem maior efeito sobre os parâmetros de degradação *in vitro* em relação ao PGLIC. O PGLIC reduz as taxas de degradação ruminal das dietas. A adição de até 4% de PGLIC é a mais indicada nesse estudo, pois não reduz severamente a degradabilidade das dietas. No experimento *in situ*, os animais consumiram água com PGLIC nas concentrações 0,0 e 4,0%, conforme o indicado no ensaio de produção de gases. Três relações de volumoso: concentrado foram utilizadas: 100:0, 75:25 e 50:50. O delineamento experimental foi o Cross-over, sendo três dietas e dois níveis de PGLIC: 0,0 e 4,0%, perfazendo 6 tratamentos com dois animais e dois períodos. Os tempos de incubação utilizados foram: 0, 6, 12, 24 e 96 horas. Os parâmetros de degradabilidade foram obtidos pelo procedimento de regressão não linear proposto por Gauss-Newton. A média de degradação da MS dos tratamentos sem PGLIC foi maior que a dos tratamentos com PGLIC ($P < 0,05$). As frações A e B apresentaram maiores valores para a dieta 100% volumosa quando tratada com PGLIC, e menores para as dietas com relações 75:25 e 50:50 de volumoso: concentrado. O PGLIC melhorou a degradabilidade da proteína bruta (PB) da dieta fibrosa. Maior degradabilidade da fibra em detergente ácido (FDA) foi alcançada no tratamento 50:50 com 4% de PGLIC. De forma geral o PGLIC na água melhora a degradabilidade *in situ* da MS, fibra e PB das dietas. Os parâmetros de Ørskov são melhores ajustados aos dados da dieta com relação 50:50 de volumoso: concentrado e quando tratada com PGLIC.

Palavras-chave: Nutrição de ruminantes. Aditivo energético. Bovinos. Degradabilidade.

ABSTRACT

Propylene glycol on gas production and degradability of diets for ruminants

The objective of the present work was to study the effects of the addition of increasing levels of propylene glycol on the ruminal fermentation of diets with different forage: concentrate proportions, by the semi-automatic *in vitro* gas production technique, and *in situ* degradability of diets for cattle receiving water with or without infusion of propylene glycol (PGLIC). Four rumen fistulated cattle was used, two for inoculum *in vitro* test and two for incubation *in situ* test. Experimental diets were composed included Mombaça grass silage and a commercial concentrate. *In vitro* experiments were used on three diets with 100: 0, 50:50 and 0: 100 of ratios roughage: concentrate and four proportions of PGLIC: 0, 2, 4 and 6%. This trial follow a randomized block design (DBC) with a 3 x 4 factorial arrangement, making 12 treatments with 3 blocks. 1.0 g of sample, 10 mL of rumen inoculum, 90 mL of culture medium and low levels of PGLIC were incubated in glass vials at 39 °C. Measurements of gas pressure and volume were taken at times 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 and 96 hours. There was a decrease in gas production, degradation of dry matter and organic matter, as the percentage of PGLIC was increased ($P < 0.05$). Forage parameters had the greater effect of diets than PGLIC levels in all variables. PGLIC may have been responsible for decreasing microbial activity and lower degradation rates, but provides readily metabolizable energy. Adding up to 4% PGLIC can improve or provides energy without severely reducing diet degradability. *In situ* experiments, animals consumed water with PGLIC in the 0.0 and 4.0% samples as indicated in the gas production test. Three forage: concentrate ratios were used: 100: 0, 75:25 and 50:50. The experimental design was cross-over, with three diets and two levels of PGLIC: 0.0 and 4.0%, making 6 interventions with two animals and two periods. The incubation times used were: 0, 6, 12, 24 and 96 hours. The degradability parameters were followed by the nonlinear regression procedure adopted by Gauss-Newton. The mean DM degradation of controls without PGLIC was higher than controls with PGLIC ($P < 0.05$). As fractions A and B presented higher values for the 100% roughage diet when treated with PGLIC, and lower for diets with 75:25 and 50:50 roughage: concentrate ratios. PGLIC improved the degradability of crude protein (CP) from the fibrous diet. Higher acid detergent fiber (FDA) degradability was achieved in the 50V50C4 treatment. In general or PGLIC in water, the *in situ* degradation of dietary DM, fiber and CP improves. The Ørskov parameters are the best fit for diet data with 50:50 volume: concentrate ratio and when treated with PGLIC.

Key words: Ruminant nutrition. Energy additive. Cattle. Degradability.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Figura 1. Resumo da equação geral da conversão de glicerol em propanodíóis e etilenoglicol.....16

CAPÍTULO II – FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE DIETAS PARA RUMINANTES COM ADIÇÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE PROPILENOGLICOL

Figura 1a. Curvas da produção cumulativa de gases em função dos tempos de incubação da dieta volumosa com níveis crescentes de PGLIC.....39

Figura 1b. Curvas da produção cumulativa de gases em função dos tempos de incubação da dieta com relação 50V:50C com níveis crescentes de PGLIC.....40

Figura 1c. Curvas da produção cumulativa de gases em função dos tempos de incubação da dieta concentrada com níveis crescentes de PGLIC.....40

CAPÍTULO III – DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE DIETAS PARA RUMINANTES EM BOVINOS CONSUMINDO ÁGUA COM ADIÇÃO OU NÃO DE PROPILENOGLICOL

Figura 1. Dados de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.....50

Figura 2. Degradabilidade da matéria seca (MS) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.....55

Figura 3. Degradabilidade da proteína bruta (PB) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.....57

Figura 4. Degradabilidade da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.....59

Figura 5. Degradabilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.....61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE DIETAS PARA RUMINANTES COM ADIÇÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE PROPILENOGLICOL

Tabela 1. Composição química das dietas experimentais.....	32
Tabela 2. Produção cumulativa de gases após 96 horas de incubação de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.....	36
Tabela 3. Degradação da matéria seca (MS) de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.....	37
Tabela 4. Degradação da matéria orgânica (MO) de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.....	37
Tabela 5. Parâmetros de France para a cinética da fermentação de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.....	38
Tabela 6. Equações geradas, testes de paralelismo e identidade das curvas da produção cumulativa de gases dos tratamentos.....	41

CAPÍTULO III – DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE DIETAS PARA RUMINANTES EM BOVINOS CONSUMINDO ÁGUA COM ADIÇÃO OU NÃO DE PROPILENOGLICOL

Tabela 1. Composição química das dietas experimentais.....	49
Tabela 2. Consumo de água, concentração de nitrogênio amoniacal e pH do líquido ruminal de animais consumindo água com adição ou não de PGLIC.....	54
Tabela 3. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da matéria seca (MS) dos tratamentos.....	55
Tabela 4. Parâmetros de degradação da matéria seca (MS) dos tratamentos.....	56
Tabela 5. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da proteína bruta (PB) dos tratamentos.....	58
Tabela 6. Parâmetros de degradação da proteína bruta (PB) dos tratamentos.....	59
Tabela 7. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) dos tratamentos.....	60
Tabela 8. Parâmetros de degradação da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) dos tratamentos.....	61
Tabela 9. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) dos tratamentos.....	62
Tabela 10. Parâmetros de degradação da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) dos tratamentos.....	63

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Considerações sobre o metabolismo ruminal e fermentação.....	14
2.2 Propilenoglicol.....	15
2.3 Utilizações de propilenoglicol na produção de ruminantes	16
2.4 Técnicas <i>in situ</i> de degradação ruminal e <i>in vitro</i> de produção de gases... 	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO II – FERMENTAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE DIETAS PARA RUMINANTES COM ADIÇÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE PROPILENOGLICOL.....	28
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	29
1 INTRODUÇÃO	30
2 MATERIAL E MÉTODOS	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CAPÍTULO III – DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DE DIETAS PARA RUMINANTES EM BOVINOS CONSUMINDO ÁGUA COM ADIÇÃO OU NÃO DE PROPILENOGLICOL	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
1 INTRODUÇÃO	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com a finalidade de atender a demanda crescente por alimentos de origem animal em quantidade e qualidade, nos últimos tempos, a pecuária brasileira tem buscado aumentar a produção por meio da intensificação dos sistemas (WILKINSON, 2010).

O balanceamento de dietas para atender as demandas nutricionais do animal tem como princípio estabelecer uma relação energia: proteína que estabeleça ambiente ruminal apropriado para a síntese de microrganismos, responsáveis pela quebra das partículas de alimento que vão gerar energia para o animal (YANG et al. 2010). Dessa forma, o manejo alimentar é o fator prioritário nos sistemas intensivos de produção, compreendendo a utilização de volumosos e concentrados que serão convertidos em produto final (PEREIRA et al. 2005, ANGGRAENY; SOETANTO, 2015).

Animais de alta produção geralmente apresentam-se como categorias de alta demanda energética, tal exigência muitas vezes resulta no mau uso de concentrados na dieta, acarretando distúrbios metabólicos e, conseqüentemente, prejuízos aos produtores. Assim, faz-se necessário a realização de estudos que avaliem a utilização de alimentos e/ou substâncias que possam ser incluídos nas dietas para atender a demanda energética sem prejudicar o desempenho produtivo dos animais.

O propilenoglicol - PGLIC ou 1,2 propanodiol, proveniente da hidrogenólise do glicerol, tem se apresentado como fonte adicional de energia em dietas para ruminantes (RUKKWAMSUK; PANNEUM, 2010). De acordo com Lien et al. (2010), o mesmo é rapidamente absorvido e metabolizado no rúmen, sendo que aproximadamente 50% podem ser metabolizados uma a duas horas após a alimentação, com aproximadamente 80 a 90% de metabolização em torno de três horas após a alimentação.

Por ser um composto gliconeogênico, durante a metabolização tem porção convertida em ácido propiônico no rúmen e parte transportada através da parede ruminal até o fígado, produzindo glicose através da via da gliconeogênese (NIELSEN; INGVARTSEN, 2004). Portanto, o uso de PGLIC como aditivo pode contribuir para o

aumento das concentrações de glicose plasmática e conseqüentemente melhorar o desempenho animal (FARIA et al., 2008).

Foi levantada a hipótese de que o PGLIC pode modificar a degradabilidade da fibra, bem como do amido e proteína em dietas para ruminantes, de modo que o aporte energético seja aumentado. Assim, objetivou-se com o presente trabalho estudar os efeitos da adição de níveis crescentes de propilenoglicol na fermentação de dietas com diferentes proporções de volumoso: concentrado, por meio da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, e a degradabilidade *in situ* de dietas para bovinos recebendo água com infusão ou não de propilenoglicol.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações sobre o metabolismo ruminal e fermentação

O pré estômago dos animais ruminantes é uma característica que os difere dos demais mamíferos. O rúmen possui ambiente anaeróbico que em condições normais apresenta temperatura entre 39 e 42°C e pH entre 6,0 e 7,0. Os processos fermentativos, ou seja, degradação dos alimentos, que nele ocorrem são realizados por três tipos de microrganismos: bactérias, fungos e protozoários, sendo as bactérias constituintes da maior parte da biomassa, além de mais ativas fermentadoras, e, portanto, os mais importantes (KOZLOSKI, 2011).

O aporte nutricional dos ruminantes é dado por meio da fermentação microbiana e digestão intestinal. A fermentação, por sua vez, consiste na retenção dos alimentos no rúmen que sofrem ação dos microrganismos, capazes de gerar a maior fonte de energia metabolizável para o animal (65 a 75%) na forma de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que serão absorvidos e utilizados nos processos metabólicos do animal (PEREIRA et al., 2005).

De acordo com Lee et al. (2012), a microflora ruminal está relacionada à dieta, estação climática, grupo genético e região geográfica. No entanto, a dieta é o maior determinante da composição bacteriana no rúmen, sendo que os dois níveis de nutrição dietética que mais frequentemente limitam o crescimento microbiano são proteína e energia. Assim, as interações e respostas a diferentes dietas são importantes para o conhecimento da complexidade do sistema populacional dos microrganismos ruminais (LI et al., 2015).

Os microrganismos ruminais necessitam de energia proveniente de esqueletos de carbono, além de amônia e peptídeos para que se multipliquem. Desse modo, é importante que haja disponibilidade de carboidratos no rúmen para a efetiva fermentação dos compostos nitrogenados pelos microrganismos como fonte de energia. Por meio da manipulação da relação volumoso: concentrado, devido uma grande variedade de substratos e tamanhos de partículas, e pelas mudanças no pH, é possível alterar a eficiência de desenvolvimento da microbiota ruminal, o que reflete na degradação dos alimentos, assim como na utilização dos nutrientes da dieta (RUSSELL et al., 1992; VALDARES FILHO; PINA, 2011).

Os alimentos fibrosos são ricos em celulose e hemicelulose, compostos de lenta degradação. O alto teor de fibra estimula a ruminação e, por consequência, a salivação, que dilui e tampona o conteúdo ruminal, havendo assim aumento de pH. Quando a proporção de concentrado na dieta é maior há um maior aporte de amido, carboidrato de rápida degradação, que por consequência aumenta a produção de AGCC e ácido láctico, reduzindo o pH ruminal (VAN SOEST, 1994; SILVA, 2011; OLIVEIRA; SANTANA NETO; VALENÇA, 2013). Valores de pH menores de 6,2 aumentam o tempo de colonização das bactérias celulolíticas a fibra, o que reduz a degradação. Já bactérias amilolíticas atuam em pH baixo (menor que 5,8) (VAN SOUST, 1994). Dessa forma, para Furlan (2011) a faixa de pH ruminal ideal para o rúmen varia entre 5,5 e 7,0.

A produção de AGCC se dá por meio da degradação de celulose, hemicelulose, pectina, amidos e açúcares provenientes da dieta, e sua proporção tem influência da população microbiana que se desenvolve em função da relação volumoso: concentrado. A concentração molar de acetato: propionato: butirato pode variar entre 75:15:10 para dietas mais fibrosas a 40:40:20 para dietas mais concentradas, respectivamente (GOULARTE et al., 2011; VALDARES FILHO; PINA, 2011).

2.2 Propilenoglicol

O biodiesel é considerado um combustível alternativo ao de origem petrolífera, uma vez que é produzido a partir de fontes renováveis como óleos e gordura (BALAT; BALAT, 2010; MIZE et al., 2013). Sua produção se dá por meio de um processo onde triglicerídeos reagem com um álcool (metanol ou etanol) e um catalisador (NaOH ou KOH) numa reação de transesterificação, gerando um éster monoalquilado (o biodiesel) e resíduos como tortas, farelos e glicerina (ABDALLA et al., 2008; RODRIGUES; RONDINA, 2013).

A glicerina ou glicerol (1,2,3 propanotriol) propriamente dito com 97% de pureza é um composto de alta disponibilidade e baixo preço no mercado, aliando-se ao potencial como matéria-prima para a ampla utilização e produção de produtos químicos de valor agregado (ALHANASH; KOZHEVNIKOVA; KOZHEVNIKOV, 2008). Suas impurezas como catalisador alcalino, álcool não reagido, e ácidos graxos passam por um processo bastante oneroso para tornarem a glicerina pura. Assim, sua

utilização em processos que não necessitem de alto grau de pureza torna-se uma alternativa para ampliar ainda mais seu potencial de uso como matéria prima (MOTA; PESTANA, 2011).

A hidrogenólise da glicerina é uma alternativa para potencializar sua utilização. O resultado dessa reação da origem a principalmente 1,2 propanodiol, 1,3 propanodiol ou etilenoglicol (Figura 1) (ZHOU et al., 2008; YADAV; CHANDAN; TEKALE, 2011; GANDARIAS et al., 2012). A produção de glicóis pela hidrogenólise catalítica de glicerol é um processo ecologicamente viável, geralmente realizado em fase líquida sob altas pressões de H₂ (BALARAJU et al., 2009).

O 1,2 propanodiol apresenta-se geralmente em forma líquida, incolor, viscosa, inodora e com sabor levemente adocicado. Suas utilizações típicas são como aditivo em produtos de nutrição e cosméticos, solvente para corantes e sabores, agente umectante em tabacos, componente de rompimento ou fluidos hidráulicos, lubrificantes ou agente anticongelante, além de ser matéria prima para solventes, emulsificantes e plastificantes (DASARI et. al., 2005; BEHR et al., 2008; FARIA et al., 2008).

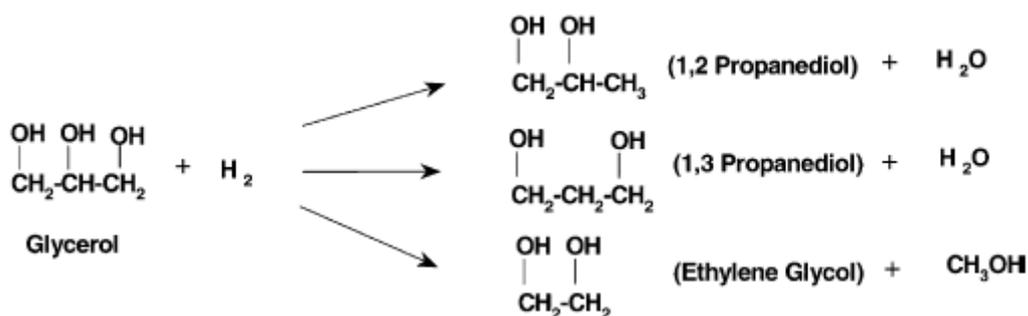


Figura 1. Resumo da equação geral da conversão de glicerol em propanodióis e etilenoglicol.

Fonte: Dasari et al. (2005), p. 226.

2.3 Utilizações de propilenoglicol na produção de ruminantes

O propilenoglicol apresenta potencial para ser utilizado em dietas para ruminantes, especialmente de animais com alta demanda energética. Na alimentação pode melhorar o fornecimento de glicose plasmática, por meio do aumento da

concentração de propionato em relação aos demais ácidos graxos não esterificados - AGNE (FERRARO et al., 2016).

Em ensaio *in vitro*, Trabue et al. (2007) testaram os efeitos do PGLIC em inóculo ruminal bovino, obtendo como resultado metabolização total do mesmo após 24 horas de incubação, sendo a adição desse substrato causadora do aumento na formação de propionato. Resultados semelhantes foram obtidos por Ferraro et al. (2009) em líquido ruminal de ovelhas, onde o PGLIC causou redução da proporção de acetato e butirato, mas aumento de propionato.

Grande parte dos trabalhos com utilização de PGLIC em bovinos encontrados apresenta fins terapêuticos, principalmente para vacas leiteiras no terço final da gestação e pico da lactação, seja para amenizar transtornos no metabolismo como o BEN, como também para colaborar com os parâmetros metabólicos relacionados à fertilidade no intervalo entre partos. Contudo, há também estudos que avaliam o efeito do PGLIC sobre a produção de leite.

Experimento com infusão de PGLIC em vacas canuladas no rúmen, apontou que cerca de 33 a 45% desse aditivo foi metabolizado no rúmen produzindo propionato (precursor de glicose no fígado), enquanto que 19% escapou da fermentação ruminal, sendo absorvido no intestino delgado, e via corrente sanguínea seguiu até o fígado, onde foi oxidado a lactato (utilizado na gliconeogênese hepática). Deste modo, os autores relataram que o PGLIC no metabolismo das vacas fornece lactato e propionato como substratos da via gliconeogênica, que foram responsáveis pela redução da lipólise nos tecidos de reserva, o que induziu a diminuição da proporção cetogênio: glicogênio no plasma sanguíneo (KRISTENSEN; RAUN, 2007).

Rizos et al. (2008) utilizaram vacas leiteiras em período pós-parto, que receberam doses de PGLIC líquido via oral (500 mL dia⁻¹). Os resultados demonstraram que os animais administrados com PGLIC apresentaram elevadas taxas de insulina, além de uma diminuição de AGNE e β -hidroxibutirato - BHB, nos 90 minutos subsequentes após a dosagem, em relação ao tratamento controle. No entanto, não houve efeito significativo sobre a dinâmica folicular ou dias médios para primeira ovulação.

Em outro ensaio, realizado por McArt, Nydam e Oetzel (2012), avaliou-se o efeito da administração de PGLIC (300 mL dia⁻¹) em vacas diagnosticadas com cetose subclínica. Os resultados demonstraram que houve diminuição do risco de desenvolver deslocamento de abomaso e de remoção do rebanho durante os 30

primeiros dias de lactação, aumentando, assim, a probabilidade de concepção na primeira monta.

Baiyila et al. (2002), ao avaliar dietas contendo mistura de PGLIC e proteína não degradável no rúmen no rendimento e composição do leite de vacas, observaram aumento da produção diária de leite, lactose e sólidos totais, além de aumento na concentração de propionato. Lomander et al. (2012) estudaram o efeito da suplementação com PGLIC (300g dia^{-1}) em vacas em pico de lactação, onde foi observado maior rendimento na produção de leite durante os primeiros 90 dias de lactação das vacas que receberam essa dieta.

Ribeiro Filho et al. (2011) avaliaram o efeito de PGLIC como solução eletrolítica isotônica administrada a 1,5%, via sonda nasogástrica de pequeno calibre e fluxo contínuo sobre os parâmetros sanguíneos de bovinos desidratados. Os resultados demonstram aumento na taxa de glicose e efeito não significativo nos demais parâmetros. Estudo realizado por Costa et al. (2010) avaliou o efeito do glicerol, dimetilsulfóxido e PGLIC sobre o diâmetro do folículo, do ovócito e do número de células da granulosa de folículos pré-antrais bovinos. Como resultado obteve-se redução do diâmetro do ovócito e do número de células da granulosa, mas não do diâmetro folicular.

A dosagem de PGLIC a ser administrada depende da espécie e estado fisiológico dos animais. Em vacas em início de lactação, o efeito sobre as concentrações de AGNE foi significativo nas dosagens entre 0 e 495 g de PGLIC $\text{animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (SAUER; ERFLE; FISHER, 1973); para vacas na metade do período de lactação o efeito varia entre as doses de 0 a 400 g $\text{animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (COZZI et al., 1996); e para novilhas em restrição alimentar a dosagem varia entre 0 e 919g $\text{animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, segundo Grummer et al. (1994). No entanto, a administração desse composto em dosagens muito elevadas (acima de 500 g $\text{animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) para fins terapêuticos pode causar efeito negativo como a produção de gases contendo enxofre (composto tóxico) durante a fermentação ruminal de vacas leiteiras e outros herbívoros (TRABUE et al., 2007).

Na maioria dos estudos o PGLIC é utilizado em curtos períodos, dessa forma, o consumo contínuo deste aditivo, especialmente nos níveis mais altos, pode causar algum tipo de reação tóxica em ovinos, seguido de comportamento apático, além da diminuição no consumo de matéria seca (CRUZ et al., 2014).

Quanto ao método de fornecimento de PGLIC, Chung et al. (2009) avaliaram em vacas holandesas a administração oral líquida (200 mL dia⁻¹) e seca por incorporação na ração (200 g dia⁻¹), e não encontraram diferença significativa nas concentrações ruminais de AGCC e glicose plasmática, no entanto, o pico de insulina foi atingido mais rapidamente pelas vacas que receberam PGLIC líquido.

Chung, Girard e Varga (2009) suplementaram vacas holandesas com doses PGLIC seco por cobertura ou incorporação na ração (162,5 g dia⁻¹). A forma como o PGLIC foi adicionado na ração não interferiu no consumo de matéria seca, mas ambas contribuíram para a redução das concentrações de cetonas na urina, e assim, incidência de cetose subclínica durante os primeiros 21 dias de tratamento.

Em experimento realizado por Smith et al. (2009), foi avaliada a prole de ovelhas após serem tratadas com 100 mL de PGLIC dia⁻¹ via oral. Os cordeiros das ovelhas que receberam esta dieta apresentaram maior peso ao nascer e maiores taxas de crescimento no início do período pós-natal, em relação aos da dieta controle. Campos et al. (2009) estudaram a influência de PGLIC, cobalto e vitamina B₁₂ administrados em ovelhas no terço final da gestação, sobre o metabolismo de proteína de suas respectivas crias. Não foram observados efeitos significativos no perfil metabólico dos cordeiros. Já Santos et al. (2017), ao avaliarem o efeito da inclusão do PGLIC na água de ovelhas durante a lactação sobre os metabólitos proteicos e minerais de suas crias, verificaram efeito quadrático sobre a concentração de ureia e magnésio, e linear sobre a concentração de albumina.

O PGLIC também pode ser utilizado como aditivo associado ao concentrado ou pastagem para ruminantes. Faria et al. (2008), por meio da técnica *in vitro* de produção de gases, observaram que a utilização de PGLIC potencializa a degradação de carboidratos totais da polpa cítrica no rúmen, aumentando a produção de AGCC. Porém, Costa et al. (2018) ao avaliarem os efeitos do zinco ou do PGLIC em ovinos sob pastejo em pastagem nativa da Caatinga, não observaram melhora no desempenho e características da carcaça e da carne.

2.4 Técnicas *in situ* de degradação ruminal e *in vitro* de produção de gases

Um dos fatores que mais influenciam no desempenho animal é a quantidade total de nutrientes absorvidos na dieta (BERCHIELLI; OLIVEIA; GARCIA; 2005). As técnicas *in situ*, *in vitro* e *in vivo* foram desenvolvidas com a finalidade de prever com eficiência o coeficiente de degradabilidade dos alimentos, sendo o *in vivo*, o método mais preciso utilizado em dietas animais. Contudo, em função exigência do uso de animais, grande quantidade de alimento, controle rigoroso da quantidade ingerida e excretada, instalações adequadas e tempo de execução (SENGER et. al., 2007; CANESIN; FIORENTINI; BERCHIELLI, 2012), os métodos *in situ* e *in vitro* são alternativos para determinar a qualidade nutricional dos alimentos de forma mais simples e rápida, uma vez que necessitam de menor quantidade de alimento e pouca ou nenhuma quantidade de animais

A degradabilidade *in situ*, também conhecida como *in sacco* ou método do saco móvel, é realizada através de incubação, em animais fistulados, de amostras de alimento que são postas em sacos de náilon porosos, para obtenção dos resíduos não degradados. Os sacos são fixados no saco ventral do rúmen, em um suporte de material plástico (polimetacrilato de metila) equipado com um peso, por tempo suficiente para desaparecimento da parte digestível do alimento (FRYDRYCH, 1992; HOMOLKA; HARAZIM; TRINACTY, 2007).

Ressalta-se que, para esta técnica faz-se fundamental o conhecimento dos mecanismos de controle e principais fatores que influenciam sua aplicação. Pois, devido o envolvimento de grande número de variáveis como porosidade do náilon, período de incubação, tamanho de partícula e dieta dos animais, a mesma pode apresentar problemas de padronização (CANESIN; FIORENTINI; BERCHIELLI, 2012).

A técnica *in vitro* engloba a digestibilidade do alimento quanto à produção cumulativa de gases por meio da incubação de amostras de líquido ruminal ou enzimas digestivas em frascos acoplados a medidores de gás. O volume de gás pode ser mensurado com uma seringa graduada, assim que ocorrer liberação após a fermentação do alimento. A produção de gás é medida em tempos definidos, para obtenção de uma curva de degradação (THEODOROU et. al., 1994).

O método permite, em uma única amostra, estimar a digestibilidade, a taxa de fermentação das diferentes frações alimentares e a atividade microbiana do rúmen (OLIVO et. al. 2017). As respostas quanto às características digestíveis dos alimentos e cinética da fermentação são dadas por meio da degradação do substrato, onde são

produzidos ácidos graxos de cadeia curta, principalmente acetato, propionato e butirato, e gases como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (BUENO et. al., 2005). A partir de então são determinadas a taxa e a extensão em que os componentes da dieta são fermentados no rúmen.

A técnica é simples, econômica e amplamente aplicada para se entender os processos de aproveitamento dos nutrientes de concentrados e coprodutos da agroindústria (HARIADI; SANTOSO, 2010), tendo como desvantagem o baixo peso da amostra incubada, que dificulta a homogeneidade do material (SANTOS et. al., 2003).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPE, p. 260-268, 2008.

ALHANASH, A.; KOZHEVNIKOVA, E. F.; KOZHEVNIKOV, I. V. Hydrogenolysis of glycerol to propanediol over Ru: polyoxometalate bifunctional catalyst. **Catalysis letters**, v. 120, n. 3-4, p. 307-311, 2008.

ANGGRAENY, Y. N.; SOETANTO, H. Synchronization of Protein and Energy Supply in the Rumen to Improve Low Quality Feed Efficiency. **WARTAZOA. Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences**, v. 25, n. 3, p. 107-116, 2015.

BAIYILA, T et al. Effect of propylene glycol and undegradable protein source on rumen fermentation, blood metabolism and milk production in lactating dairy cows. **Animal Science Journal**, v. 73, n. 3, p. 207-213, 2002.

BALARAJU, M. et al. Influence of solid acids as co-catalysts on glycerol hydrogenolysis to propylene glycol over Ru/C catalysts. **Applied Catalysis A: General**, v. 354, n. 1-2, p. 82-87, 2009.

BALAT, M.; BALAT, H. Progress in biodiesel processing. **Applied Energy**, v. 87, n. 6, p. 1815-1835, 2010.

BEHR, A. et al. Improved utilisation of renewable resources: new important derivatives of glycerol. **Green Chemistry**, v. 10, n. 1, p. 13-30, 2008.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; GARCIA, A. V. Aplicação de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 2, 2005.

BUENO, I. C. S. et al. Influence of inoculum source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123, n. 1, p. 95-105, 2005.

CAMPOS, A. G. S. S. et al. Uso de propilenoglicol, cobalto e vitamina b12 em ovelhas e seus reflexos sobre o perfil eletroforético das proteínas séricas dos borregos. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE BUIATRIA, 2009, Belo Horizonte, MG. **Anais...**, Belo Horizonte, MG: Ciência Animal Brasileira, 2009. p. 140-145.

CANESIN, R. C.; FIORENTINI, G.; BERCHIELLI, T. T. Inovações e desafios na avaliação de alimentos na nutrição de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 938-953, 2012.

CHUNG, Y. H. et al. Ruminal and blood responses to propylene glycol during frequent feeding. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 9, p. 4555-4564, 2009.

CHUNG, Y. H.; GIRARD, I. D.; VARGA, G. A. Effects of rumen-protected choline and dry propylene glycol on feed intake and blood parameters for Holstein dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 6, p. 2729-2736, 2009.

COSTA, R. N. et al. Exposição de diferentes crioprotetores e concentrações sobre o diâmetro e número de células da granulosa de folículos pré-antrais bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 1, p. 252-259, 2010.

COSTA, H. H. A. et al. Efeito da suplementação com sulfato de zinco ou propilenoglicol em ovinos em uma pastagem nativa da Caatinga no período chuvoso: desempenho, características da carcaça e da carne. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 3, p. 993-1003, 2018.

COZZI, G. et al. Effects of feeding propylene glycol to mid-lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 43-51, 1996.

CRUZ, W. F. G. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros fisiológicos de ovelhas suplementadas com níveis crescentes de propilenoglicol na água. **Veterinária Notícias**, v. 20, n. 1, p. 19-27, 2014.

DASARI, M. A. et al. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis A: General**, v. 281, n. 1-2, p. 225-231, 2005.

FARIA, B. N. et al. Efeitos da adição de monensina ou propilenoglicol à polpa cítrica sobre a cinética de degradação dos carboidratos totais e da produção cumulativa de gases *in vitro*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 3, p. 691-697, 2008.

FERRARO, S. M. et al. *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 154, n. 1-2, p. 112-118, 2009.

FERRARO, S. M. et al. *In vitro* ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses combined with forages and their effect on glucose and insulin blood plasma concentrations after an oral drench in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 213, n. 1, p. 74-80, 2016.

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D. E. Anatomia e Fisiologia do Trato Gastrointestinal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. D. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2. ed. 2011, p. 1-23.

FRYDRYCH, Z. Intestinal digestibility of rumen undegraded protein of various feeds as estimated by the mobile bag technique. **Animal feed science and technology**, v. 37, n. 1-2, p. 161-172, 1992.

GANDARIAS, I. et al. Hydrogenolysis through catalytic transfer hydrogenation: Glycerol conversion to 1, 2-propanediol. **Catalysis Today**, v. 195, n. 1, p. 22-31, 2012.

GOULARTE, S.R. et al. Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1479-1486, 2011.

GRUMMER, R. R. et al. Effect of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 12, p. 3618-3623, 1994.

HARIADI, B. T.; SANTOSO, B. Evaluation of tropical plants containing tannin on *in vitro* methanogenesis and fermentation parameters using rumen fluid. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 3, p. 456-461, 2010.

HOMOLKA, P.; HARAZIM, J.; TRINACTY, J. Nitrogen degradability and intestinal digestibility of rumen undegraded protein in rapeseed, rapeseed meal and extracted rapeseed meal. **Czech Journal of Animal Science**, v. 52, n. 11, p. 378, 2007.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. UFSM, Santa Maria, 2011, 212 p.

KRISTENSEN, N. B.; RAUN, B. M. L. Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 10, p. 4707-4717, 2007.

LEE, H. J. et al. Comparative survey of rumen microbial communities and metabolites across one caprine and three bovine groups, using bar-coded pyrosequencing and ¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Applied Environmental Microbiology**, v. 78, n. 17, p. 5983-5993, 2012.

LI, X. Z. et al. Effects of dietary linseed oil and propionate precursors on ruminal microbial community, composition, and diversity in yanbian yellow cattle. **PloS One**, v. 10, n. 5, p. 1-15, 2015.

LIEN, T. F. et al. Effects of propylene glycol on milk production, serum metabolites and reproductive performance during the transition period of dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 3, p. 372-378, 2010.

LOMANDER, H. et al. Supplemental feeding with glycerol or propylene glycol of dairy cows in early lactation—Effects on metabolic status, body condition, and milk yield. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 5, p. 2397-2408, 2012.

MIZE, H. E.; LUCIO, A. J.; FHANERET, C. J. al. Emulsions of crude glycerin from biodiesel processing with fuel oil for industrial heating. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 6, p. 1319-1327, 2013.

McART, J. A. A.; NYDAM, D. V.; OETZEL, G. R. A field trial on the effect of propylene glycol on displaced abomasum, removal from herd, and reproduction in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 5, p. 2505-2512, 2012.

MOTA, C. J. A.; PESTANA, C. F. M. Coprodutos da Produção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 416-425, 2011.

NIELSEN, N. I.; INGVARTSEN, K. L. Propylene glycol for dairy cows: A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 115, n. 3-4, p. 191-213, 2004.

OLIVEIRA, V. S.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. L. Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo – revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, ano XI, n. 20, 2013.

OLIVO, Paula Martins et. al. Assessing the nutritional value of agroindustrial co-products and feed through chemical composition, in vitro digestibility, and gas

production technique. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 289-295, 2017.

PEREIRA, E. S. et al. Importância da inter-relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 1, p. 125-134, 2005.

RIBEIRO FILHO, J. D. et al. Hidratação enteral em bovinos: avaliação de soluções eletrolíticas isotônicas administradas por sonda nasogástrica em fluxo contínuo. **Ciência Rural**, v. 41, n. 2, p. 285-290, 2011.

RIZOS, D. et al. The effect of feeding propylene glycol to dairy cows during the early postpartum period on follicular dynamics and on metabolic parameters related to fertility. **Theriogenology**, v. 69, n. 6, p. 688-699, 2008.

RODRIGUES, F. V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 91-99, 2013.

RUKKWAMSUK, T.; PANNEUM, S. Effect of oral administration of propylene glycol during periparturient period on blood biochemical parameters and liver triacylglycerol accumulation in postparturient dairy cows. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 23, p. 3239-3245, 2010.

RUSSELL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 1. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, n. 11, p. 3551- 3561, 1992.

SANTOS, R. P. et al. Inclusion of propylene glycol in the diet of sheep and its effect on their lambs' protein and mineral metabolites. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 561-566, 2017.

SAUER, F. D.; ERFLE, J. D.; FISHER, L. J. Propylene glycol and glycerol as a feed additive for lactating dairy cows: an evaluation of blood metabolite parameters. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 53, n. 2, p. 265-271, 1973.

SENGER, C. C. D. et al. Comparação entre os métodos químicos, in situ e in vivo para estimativa do valor nutritivo de silagens de milho. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.835-840, 2007.

SILVA, J. F. F. **Mecanismos reguladores de consumo**. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Org.). *Nutrição de Ruminantes*. 2a ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2011, p. 61-82.

SMITH, N. A. et al. Transient high glycaemic intake in the last trimester of pregnancy increases offspring birthweight and postnatal growth rate in sheep: a randomised control trial. **BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology**, v. 116, n. 7, p. 975-983, 2009.

THEODOROU, M. K. et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal feed science and technology**, v. 48, n. 3-4, p. 185-197, 1994.

TRABUE, S. et al. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 17, p. 7043-7051, 2007.

VALDARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 161-189.

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

WILKINSON, J. Transformações e perspectivas dos agronegócios brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 26-34, 2010.

YADAV, G. D.; CHANDAN, P. A.; TEKALE, D. P. Hydrogenolysis of glycerol to 1, 2-propanediol over nano-fibrous Ag-OMS-2 catalysts. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 51, n. 4, p. 1549-1562, 2011.

YANG, J. Y. et al. Nutrient synchrony: is it a suitable strategy to improve nitrogen utilization and animal performance? **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 7, p. 972-979, 2010.

ZHOU, C. C.; BELTRAMINI, J. N.; FANA, Y. X.; LU, G. Q. M. Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source to valuable commodity chemicals. **Chemical Society Reviews**, v. 37, n. 3, p. 527-549, 2008.

CAPÍTULO II – FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE DIETAS PARA RUMINANTES COM ADIÇÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE PROPILENOGLICOL

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de níveis crescentes de propilenoglicol (PGLIC) na fermentação ruminal *in vitro* de dietas contendo diferentes proporções de volumoso: concentrado com inóculo ruminal de bovinos. Foram utilizadas dietas contendo silagem de capim Mombaça e um concentrado comercial nas proporções 100:0, 50:50 e 0:100 de volumoso: concentrado. Tais dietas foram testadas com inclusão de PGLIC nas concentrações 0, 2, 4 e 6%. O inóculo foi obtido de três bovinos adaptados a dieta com proporção 75:25 de volumoso: concentrado. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com arranjo fatorial 3 x 4, sendo os fatores as três dietas e os quatro níveis de PGLIC, perfazendo 12 tratamentos com 3 blocos (animais doadores). Em frascos de 150 mL foram adicionados 1,0 g de amostra, 10 mL de inóculo, 90 mL de meio de cultura e os devidos níveis de PGLIC para serem incubados a 39 °C sob controle rigoroso de temperatura. As medidas de pressão e volume de gases foram tomadas por meio de um transdutor de pressão acoplado a uma seringa graduada nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas após o início do processo de fermentação. Houve diminuição da produção de gases, degradação da matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) a medida em que se elevou a porcentagem de PGLIC. Em todas as variáveis os parâmetros de France sofreram maior efeito das dietas quando comparados aos efeitos dos níveis de PGLIC. O PGLIC pode ter sido responsável por diminuir a atividade microbiana e conseqüentemente a degradação do substrato. Dessa forma, conclui-se que as dietas exercem maior efeito sobre os parâmetros de degradação *in vitro* em relação ao PGLIC. O PGLIC reduz as taxas de degradação ruminal das dietas. A adição de até 4% de PGLIC é a mais indicada nesse estudo, pois não reduz severamente a degradabilidade das dietas.

Palavras-chave: Produção de gases. Ruminantes. Energia na dieta.

CHAPTER II - *IN VITRO* FERMENTATION OF DIETS FOR RUMINANT WITH ADDED GROWING PROPYLENE GLYCOL LEVELS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of increasing levels of propylene glycol (PGLIC) on ruminal fermentation *in vitro* of diets containing different ratios of forage: concentrate with bovine rumen inoculum. Diets containing Mombaça grass silage and a commercial concentrate in the proportions 100: 0, 50:50 and 0: 100 of forage: concentrate were used. Such diets were tested with the inclusion of PGLIC in concentrations 0, 2, 4 and 6%. The inoculum was obtained from three cattle adapted to the diet with a 75:25 forage: concentrate ratio. The design used was randomized blocks (DBC) with a 3 x 4 factorial arrangement, with the factors being the three diets and the four levels of PGLIC, making 12 treatments with 3 blocks (donor animals). In 150 ml flasks, 1.0 g of sample, 10 ml of inoculum, 90 ml of culture medium and the appropriate levels of PGLIC were added to be incubated at 39 ° C under strict temperature control. The pressure and gas volume measurements were taken using a pressure transducer coupled to a graduated syringe in times 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 and 96 hours after the start of the fermentation process. There was a decrease in gas production, degradation of dry matter (DM) and organic matter (MO) as the percentage of PGLIC increased. In all variables, France's parameters suffered a greater effect from diets when compared to the effects of PGLIC levels. PGLIC may have been responsible for decreasing microbial activity and consequently degradation of the substrate. Thus, it is concluded that diets have a greater effect on the parameters of *in vitro* degradation in relation to PGLIC. PGLIC reduces rumen degradation rates in diets. The addition of up to 4% PGLIC is the most recommended in this study, as it does not severely reduce the degradability of diets.

Key words: Gas production. Ruminants. Energy in the diet.

1 INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes vem evoluindo com o decorrer dos anos, aliado a isso vê-se o crescimento populacional e sua busca por alimentos de melhor qualidade. Com isso necessita-se cada vez mais de tecnologias e alternativas que melhorem os sistemas de produção sem que os custos sejam drasticamente alterados.

De acordo com Faria et al. (2008), o uso de aditivos energéticos como o propilenoglicol - PGLIC na alimentação de ruminantes pode ser uma prática alternativa que promove melhorias nos sistemas de produção de leite e carne, devido ao aumento no aporte de glicose e diminuição de doenças metabólicas. Pois, a suplementação com o mesmo pode aumentar a produção de propionato em relação aos outros ácidos graxos de cadeia curta - AGCC (BAIYILA et al., 2002).

A fermentação de PGLIC é realizada principalmente por bactérias predominantes em dietas com altas proporções de açúcares (Faria et al., 2008), portanto, como perspectiva de utilização nutricional, é importante estudar seu efeito no rúmen tanto com dietas concentradas como também com maiores proporções de volumoso, pois estas são geralmente mais viáveis economicamente.

A adição de um componente altamente fermentável como o PGLIC (TRABUE et al., 2007) pode resultar em melhor desempenho animal. Assim, faz-se necessário maior número de estudos que visem averiguar sua inclusão em quantidades adequadas e seus possíveis efeitos nos parâmetros ruminais (CRUZ et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de níveis crescentes de PGLIC na fermentação *in vitro* de dietas contendo diferentes proporções de volumoso: concentrado com inóculo ruminal de bovinos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada sob aprovação do Comitê de Ética na utilização de animais da Universidade Federal do Tocantins (CEUA – UFT) com o número de processo 23101.000790/2014-02.

O ensaio *in vitro* foi realizado no Laboratório de Fermentação Ruminal e Produção de Gases da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, *Campus* de Araguaína - TO, em janeiro de 2019. Foram testados quatro níveis de PGLIC (0,0, 2,0, 4,0 e 6,0%) para se observar os efeitos sobre a produção de gases de dietas contendo silagem de capim *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça e um concentrado comercial com 20% de PB a base de milho e farelo de soja, nas proporções 100:0, 50:50 e 0:100 de volumoso: concentrado.

O inóculo foi obtido de três bovinos mestiços canulados no rúmen, com peso médio de 677,5 Kg, provenientes dos setores de bovinocultura de leite e bovinocultura de corte foram adaptados a dietas contendo os mesmos ingredientes das dietas experimentais com proporção 75:25 de volumoso: concentrado, consumindo 2% do peso vivo (PV).

As dietas foram previamente secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas a 1 mm, em seguida foram submetidas a análises para determinação dos teores de: matéria seca (MS) (método 967.03), proteína bruta (PB) (método 981.10), segundo Official (2016), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), com aparelho autoclave pelo método sequencial (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido (NIDN e NIDA, respectivamente) foram determinados segundo Licitra et al. (1996) (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com arranjo fatorial 3 x 4, sendo os fatores as três dietas e os quatro níveis de propilenoglicol, perfazendo 12 tratamentos com 3 blocos (animais doadores de inóculo).

O experimento *in vitro* foi conduzido utilizando-se a técnica semi-automática de produção de gases, proposta por Maurício et al. (1999).

Tabela 1. Composição química das dietas experimentais.

g kg⁻¹ de MS	Silagem (S)	50S:50C	Concentrado (C)
Matéria seca (g kg ⁻¹ de MN ¹)	31,51	90,94	89,23
Proteína bruta	4,59	10,61	17,57
Extrato etéreo	2,83	2,75	2,99
Fibra em detergente neutro	76,96	55,27	26,61
Fibra em detergente ácido	41,55	21,73	2,62
PIDN ²	2,54	5,25	9,48
PIDA ³	1,08	1,17	2,84
Lignina	4,83	2,21	0,07
Matéria mineral	7,92	9,00	8,92

¹Matéria natural; ²Proteína insolúvel em detergente neutro; ³Proteína insolúvel em detergente ácido. Valores expressos em g kg⁻¹ de matéria seca.

Em frascos com capacidade para 150 mL, foram adicionados aproximadamente 1,0 g de amostra sob aspersão de CO₂, com 3 réplicas de cada tratamento, 10 mL de inóculo, 90 mL de meio de cultura e os devidos níveis de PGLIC, sendo o volume proporcional ao total de conteúdo no interior dos frascos. Para os ajustes de variação, foram incubados frascos considerados branco, contendo as soluções de incubação sem substrato. Os frascos foram vedados com tampa de silicone e incubados em estufa a 39 °C, sob controle rigoroso de temperatura.

As medidas de pressão e volume de gases foram tomadas utilizando-se um transdutor de pressão modelo DPI800-P, conectado a uma válvula de três saídas, sendo a primeira acoplada a uma agulha (0,8 x 25,0 mm) que servia como acesso aos gases no interior dos frascos, a segunda ao transdutor e a terceira a uma seringa plástica que serviu para a medição do volume de gases. As leituras foram realizadas nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas após o início do processo de fermentação. O modelo de France et al. (1993) foi ajustado aos dados da cinética de produção de gases, como expresso abaixo:

$$Y = A \{1 - \exp[-b(t-L) - c \times (\sqrt{t} - \sqrt{L})]\} \quad (1)$$

Em que,

Y: produção de gases acumulada (mL);

t: tempo de incubação (horas);

A: total de gases produzidos (mL);

b (h^{-1}) e c ($h^{-0.5}$): taxas fracionais constantes; e

L : tempo de colonização (horas);

A taxa fracional média (h^{-1}) de produção de gases (μ) foi calculada como:

$$\mu = \frac{b + c}{2\sqrt{t}}$$

Em que,

“ μ ” é a taxa de produção de gases (h^{-1});

Sendo os demais termos definidos anteriormente.

As equações geradas foram comparadas por meio de teste de paralelismo e identidade de curvas de acordo com Regazzi e Silva (2004) ($P < 0,05$). A degradabilidade efetiva foi obtida segundo metodologia de France et al. (1993), onde:

$$DE = S_0 e^{-kT} (1 - kI) / (S_0 + U_0) \quad (2)$$

Em que,

DE: Degradabilidade efetiva

k : taxa de passagem; sendo calculado para $k = 0,02; 0,03; 0,04, 0,05, 0,06, 0,07$ e $0,08$ por hora.

S_0 e U_0 : frações inicialmente fermentáveis e frações não fermentáveis, respectivamente, sendo:

$$I = \int_0^{\infty} \exp - [(b + k) (t - T) + c (\sqrt{t} - \sqrt{T})] dt. \quad (3)$$

Encerradas as medições e períodos de incubação, os frascos foram mergulhados em água gelada para cessar a fermentação. Os resíduos dos frascos foram filtrados em cadinhos filtrantes para a realização da análise para a geração dos dados de degradabilidade da MS e MO. Tais dados foram submetidos à análise variância, sendo as dietas testadas pelo teste de Tukey e os níveis de PGLIC por regressão linear, ambos utilizando a significância de 5% de probabilidade de erro tipo I.

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + F1_j + F2_l + F1.F2_{jl} + e_{ijk} \quad (4)$$

Em que,

μ : média geral.

B_i : efeito do Bloco i , $i = 1, 2, 3$.

$F1_j$: efeito das dietas j , $j = 1, 2, 3$.

$F2_j$: efeito dos níveis de propilenoglicol j , $j = 1, 2, 3, 4$.

$F1_j.F2_j$: efeito da interação ($F1 \times F2$)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito significativo das dietas foi observado para a produção de gases ($P < 0,05$) (Tabela 2). Após 96 horas de incubação, maior volume de gases foi observado para a dieta concentrada (195,50 mL) e menor para a dieta volumosa (107,99 mL). A qualidade de carboidratos e proteínas presentes nos concentrados elevam sua digestibilidade, disponibilizando altos teores de amido para os microrganismos ruminais, o que favorece a atividade fermentativa e por consequência aumenta a produção cumulativa de gases (MIZUBUTI et al., 2011), diferente dos alimentos volumosos, que por sua vez contém teores maiores de celulose, hemicelulose e lignina e menores de PB e amido (Tabela 1), fator que interfere negativamente na produção de gases pela redução da atividade microbiana (NEIVA JÚNIOR et al, 2010).

Foi observado efeito linear decrescente para os níveis de PGLIC ($P < 0,05$), com diminuição da produção de gases a medida em que se elevou a porcentagem de PGLIC. Isso pode ter ocorrido pois, o uso de PGLIC pode modificar o ambiente ruminal através da redução do potencial redutor, desfavorecendo as bactérias que realizam a fermentação de carboidratos estruturais. Tal fermentação é a principal via de produção de gases como dióxido de carbono e metano (CO_2 e CH_4) no rúmen e estes são responsáveis por cerca de 90% dos gases produzidos em sistemas *in vitro* de fermentação ruminal (BLÜMMEL E ØRSKOV, 1993). Além disso o PGLIC pode ter exercido sua função glicogênica com absorção intacta ou via produção de propionato, como relatado *in vivo* por Kristensen; Raun (2007). Resultados semelhantes foram observados por Faria et al. (2008) e Ferraro et al. (2009), que observaram menor volume de produção de gás e rápida metabolização do PGLIC em fermentação *in vitro*. Não houve interação significativa entre as dietas e os níveis de PGLIC, ($P > 0,05$).

A dieta concentrada teve maior degradação da MS em relação as com proporções 50:50 e 100:0 de volumoso: concentrado ($P < 0,05$) (Tabela 3). O aumento de concentrado nas dietas aumenta a degradabilidade do substrato disponível aos microrganismos, gerando aumento da fermentação. Não houve efeito significativo na interação dietas e PGLIC ($P > 0,05$) para degradação da MS após 96 h de incubação.

Tabela 2. Produção cumulativa de gases após 96 horas de incubação de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.

Produção de Gases 96h (mL)											
Dietas	%PGLIC				Médias	Dietas	P*			Dietas X PGLIC	CV
	0	2	4	6			EL	EQ	DL		
	100V:0C	131,79	106,31	114,55			78,51	107,79 c	0,002		
50V:50C	162,15	145,62	133,47	127,25	142,12 b	<0,001	<0,001	0,432	0,383	0,883	10,75
0V:100C	209,10	200,79	183,86	188,24	195,50 a		0,002	0,204	0,527		
Médias¹	167,68	150,90	143,96	131,33	148,47	<0,001	0,0832	0,623			

P*: Probabilidade de erro tipo I; EL: Efeito linear; EQ: Efeito quadrático; DL: Desvio da linearidade; CV: coeficiente de variação; Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas diferem a ($P < 0,05$), pelo teste de t-student. Equações: 1 - $\hat{Y} = 165,874 - 5,797X$ ($R^2 = 92,42\%$).

A degradação da matéria seca diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de PGLIC (Tabela 3), com médias de 70,76% no nível 0 e 51,53% no nível 6% de PGLIC. Esse resultado demonstra para esta pesquisa que a produção de gases está associada a degradação. Ao estudarem a produção cumulativa de gases de silagens de quatro híbridos de sorgo pela mesma técnica do presente estudo, Maurício et al. (2003) obtiveram correlações altas ($R^2 = 0,99$) entre o processo de degradação da matéria seca e produções de gases (mL). Tais resultados possibilitam a estimativa da curva de degradação por meio da produção cumulativa de gases, a depender do tipo de alimento utilizado.

As respostas quanto a degradação da matéria orgânica (MO) foram semelhantes as encontradas na degradação da MS, com efeito significativo das dietas, redução linear da degradação em função do aumento dos níveis de PGLIC e interação não significativa entre dietas e PGLIC. Esses resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 3. Degradação da matéria seca (MS) de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.

Degradação da MS (%)											
Dietas	%PGLIC				Médias	Dietas	P*			Dietas X PGLIC	CV
	0	2	4	6			PGLIC				
	EL			EQ			DL				
100V:0C	46,40	38,45	32,90	19,34	34,27 c	0,002	<0,001	0,523	0,532	<0,231	5,78
50V:50C	72,32	59,45	58,84	53,57	61,05 b		<0,001	0,342	0,234		
0V:100C	93,54	87,49	85,23	81,68	86,99 a		0,006	0,193	0,435		
Médias¹	70,76	61,79	58,99	51,53	60,77		<0,001	0,263	0,134		

P*: Probabilidade de erro tipo I; EL: Efeito linear; EQ: Efeito quadrático; DL: Desvio da linearidade; CV: coeficiente de variação; Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas diferem a (P<0,05), pelo teste de t-student. Equações: $1 - \hat{Y} = 69,840 - 3,024X$ ($R^2 = 92,62\%$);

Tabela 4. Degradação da matéria orgânica (MO) de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.

Degradação da MO (%)											
Dietas	%PGLIC				Médias	Dietas	P*			Dietas X PGLIC	CV
	0	2	4	6			PGLIC				
	EL			EQ			DL				
100V:0C	48,26	39,35	33,39	18,74	34,93 c	0,012	0,006	0,731	0,345	<0,131	10,75
50V:50C	74,17	60,82	59,99	54,73	62,43 b		<0,001	0,436	0,343		
0V:100C	95,26	90,88	88,56	75,14	87,46 a		<0,001	0,465	0,453		
Médias¹	72,56	63,68	60,64	49,54	61,61		<0,001	0,283	0,452		

P*: Probabilidade de erro tipo I; EL: Efeito linear; EQ: Efeito quadrático; DL: Desvio da linearidade; CV: coeficiente de variação; Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas diferem a (P<0,05), pelo teste de t-student. Equações: $1 - \hat{Y} = 72,225 - 3,206 X$ ($R^2 = 96,66\%$);

Quando foi considerada a cinética da fermentação ruminal (Tabela 5), em função do efeito das dietas ter sido significativo, observou-se que o parâmetro A (produção total de gases) foi maior para a dieta concentrada e menor para a dieta volumosa, independentemente do nível de PGLIC.

Para as dietas com concentrado observa-se redução da produção de gases até o nível 4% de PGLIC, porém no nível 6% PGLIC a produção total de gases foi maior em relação ao nível 0%, com aumento de 6,29% na relação 50:50 de volumoso: concentrado e de 9,90% na relação 0:100, demonstrando que o concentrado exerce maior efeito que o PGLIC. Nessas dietas a população que fermenta o PGLIC pode ter

aumentado, sugerindo que houve potencialização na fermentação aumentando a produção total de gases. Já para a dieta volumosa houve redução da produção de gases com o aumento do PGLIC, sugerindo que o mesmo tem maior interferência sobre a degradação do volumoso.

A taxa de degradação reduziu com o aumento do nível de PGLIC principalmente para as dietas que continham volumoso, o que pode ter ocorrido devido a energia prontamente fermentável fazer com que os microrganismos tivessem preferência pelo PGLIC.

O tempo de colonização dos tratamentos apresentaram valores semelhantes, demonstrando que os níveis de PGLIC não influenciaram nessa variável, e maior efeito deveu-se às dietas. A degradabilidade efetiva reduziu com o aumento do nível de PGLIC para todas as taxas de passagens e dietas. Na dieta 100% volumosa houve redução de 59,27% para a taxa de passagem de 2%/h e de 61,26% a 8%/h, para a relação 50:50 houve decréscimo de 26,09% a 2%/h e 26,56% a 8%/h, e para a dieta com relação 0:100 a redução da degradabilidade efetiva foi de 15,59% a 2%/h e 23,73% a 8%/h. Essa resposta pode estar relacionada às dietas, onde no volumoso há maior redução da degradabilidade efetiva, e a presença do concentrado fez com que o PGLIC exercesse um menor efeito.

Tabela 5. Parâmetros de France para a cinética da fermentação de dietas com adição de níveis crescentes de PGLIC.

Parâmetros de France	100V:0C				50V:50C				0V:100C			
	PGLIC											
	0%	2%	4%	6%	0%	2%	4%	6%	0%	2%	4%	6%
A	118,70	109,90	106,90	103,94	157,50	139,40	136,90	167,40	203,80	193,90	195,70	213,10
μ	0,0345	0,0266	0,0191	0,0174	0,0497	0,0530	0,0495	0,0198	0,0597	0,0657	0,0548	0,0348
TC	03:57	03:40	04:17	05:05	03:24	03:21	03:47	03:28	03:05	03:49	03:55	04:44
R²	96,35	81,97	82,63	81,73	98,47	94,50	96,75	98,91	98,66	95,95	96,17	98,38
DE (2%)	42,06	35,03	29,61	17,13	66,32	54,57	53,55	49,02	86,36	80,12	77,38	72,90
DE (3%)	40,04	33,44	28,08	16,12	63,50	52,28	51,08	46,89	82,96	76,67	73,73	68,86
DE (4%)	38,11	31,91	26,63	15,17	60,79	50,08	48,72	44,84	79,69	73,35	70,24	65,04
DE (5%)	36,27	30,46	25,26	14,28	58,20	47,97	46,46	42,88	76,55	70,17	66,90	61,43
DE (6%)	34,52	29,06	23,95	13,43	55,70	45,95	44,31	41,00	73,52	67,13	63,72	58,01
DE (7%)	32,85	27,73	22,71	12,64	53,31	44,00	42,25	39,20	70,60	64,21	60,69	54,77
DE (8%)	31,26	26,45	21,53	11,89	51,02	42,14	40,28	37,47	67,80	61,41	57,79	51,71

A: Total de gases (mL); μ - Taxa de degradação fracional (h^{-1}); TC: Tempo de colonização (horas); DE: Degradabilidade Efetiva; R²: coeficiente de determinação; TC: Tempo de colonização (horas:minutos);

As curvas de produção cumulativa de gases dos tratamentos e suas respectivas equações estão representadas nas Figura 1a, b e c e Tabela 6. As curvas de produção de gases ficaram mais baixas com aumento dos níveis de PGLIC, demonstrando que a presença do PGLIC retarda a velocidade do processo fermentativo das dietas. O PGLIC pode ter sido responsável por diminuir a atividade microbiana e conseqüentemente a degradação das dietas, devido a redução de aderência das bactérias as partículas de alimento, pois o PGLIC apresenta baixa tensão superficial ($40,1 \text{ mN m}^{-1}$) (ROWE; SHESKEY; QUINN, 2009), o que confere ação químico-repulsora à massa de alimento a ser fermentada.

No entanto, para as dietas com concentrado observou-se que a partir de 72 horas de incubação os tratamentos com 6% PGLIC sobressaíram os demais. Essa resposta pode ser dada em função do PGLIC ser capaz de dificultar a adesão de bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais que bactérias fermentadoras de carboidratos não estruturais, uma vez que as características de fermentação da silagem têm um efeito mais dominante no padrão de fermentação ruminal do que do concentrado, o que torna a dieta volumosa resistente a efeitos positivos do PGLIC como aditivo (SHINGFIELD; JAAKKOLA; HUHTANEN, 2002).

No teste de paralelismo, o PGLIC modificou o padrão de fermentação de um nível para o outro em todas as dietas. Já no teste de identidade de curvas observou-se que para a dieta volumosa houve identidade entre os tratamentos com 4 e 6% de PGLIC. Na dieta 50:50 as curvas dos níveis 2 e 4% foram idênticas. E para a dieta concentrada houve identidade entre as curvas 0 e 2% de PGLIC.

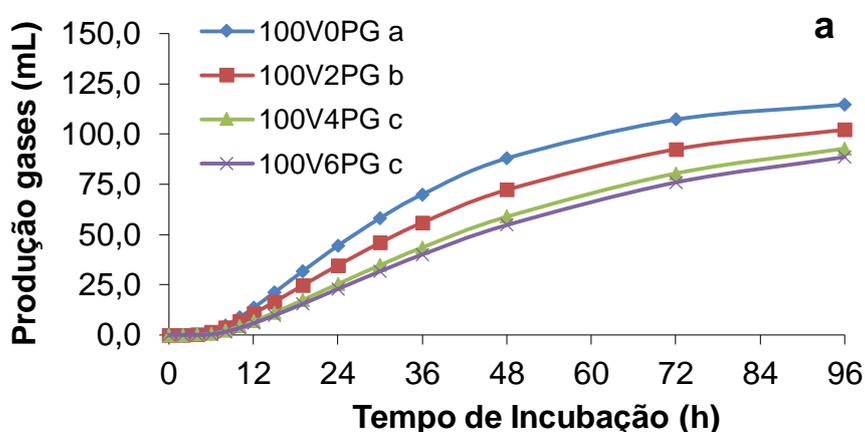


Figura 1a. Curvas da produção cumulativa de gases em função dos tempos de incubação da dieta volumosa com níveis crescentes de PGLIC.

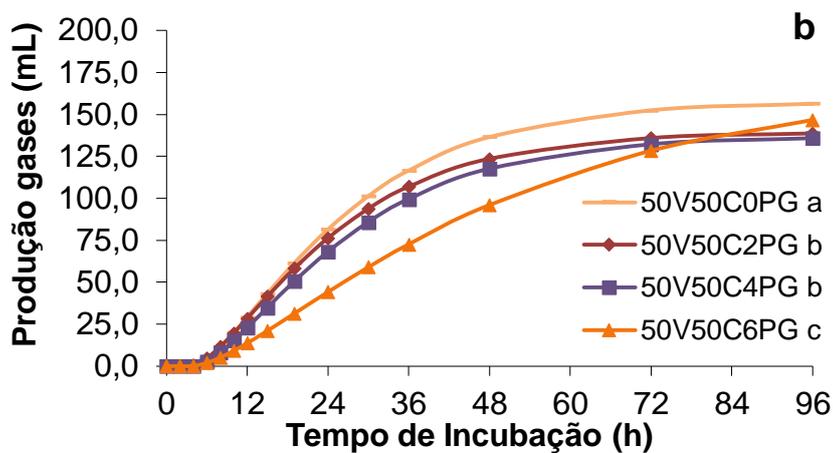


Figura 1b. Curvas da produção cumulativa de gases em função dos tempos de incubação da dieta com relação 50V:50C com níveis crescentes de PGLIC.

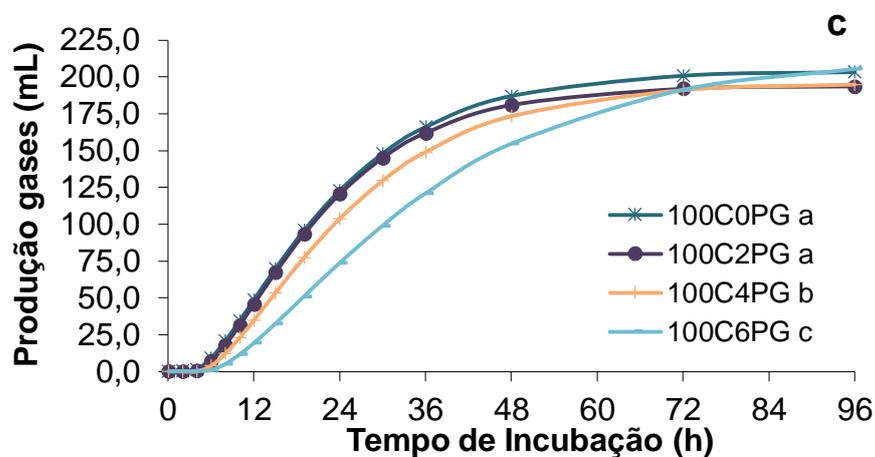


Figura 1c. Curvas da produção cumulativa de gases em função dos tempos de incubação da dieta concentrada com níveis crescentes de PGLIC.

Tabela 6. Equações geradas, testes de paralelismo e identidade das curvas da produção cumulativa de gases dos tratamentos.

Tratamentos	Equações (Modelo de France)	R ²
100V:0C0%	$Y = 118,70 \times \{1 - \exp [-(0,0552) \times (t - 3,9532) - (-0,2194) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,9532})]\}$	aG 96,35
100V:0C2%	$Y = 109,90 \times \{1 - \exp [-(0,0426) \times (t - 3,6781) - (-0,1635) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,6781})]\}$	bH 81,97
100V:0C4%	$Y = 106,90 \times \{1 - \exp [-(0,0339) \times (t - 4,2929) - (-0,1406) \times (\sqrt{t} - \sqrt{4,2929})]\}$	cl 82,63
100V:0C6%	$Y = 103,94 \times \{1 - \exp [-(0,0324) \times (t - 5,0758) - (-0,1380) \times (\sqrt{t} - \sqrt{5,0758})]\}$	cl 81,73
50V:50C0%	$Y = 157,50 \times \{1 - \exp [-(0,0780) \times (t - 3,4001) - (-0,2875) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,4001})]\}$	aD 98,47
50V:50C2%	$Y = 139,40 \times \{1 - \exp [-(0,0830) \times (t - 3,3461) - (-0,3002) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,3461})]\}$	bE 94,50
50V:50C4%	$Y = 136,90 \times \{1 - \exp [-(0,0790) \times (t - 3,7778) - (-0,3070) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,7778})]\}$	bE 96,75
50V:50C6%	$Y = 167,40 \times \{1 - \exp [-(0,0332) \times (t - 3,4613) - (-0,1236) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,4613})]\}$	cF 98,91
0V:100C0%	$Y = 203,80 \times \{1 - \exp [-(0,0935) \times (t - 3,0781) - (-0,3282) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,0781})]\}$	aA 98,66
0V:100C2%	$Y = 193,90 \times \{1 - \exp [-(0,1057) \times (t - 3,4912) - (-0,3950) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,4912})]\}$	aA 95,95
0V:100C4%	$Y = 195,70 \times \{1 - \exp [-(0,0885) \times (t - 3,9054) - (-0,3499) \times (\sqrt{t} - \sqrt{3,9054})]\}$	bB 96,17
0V:100C6%	$Y = 213,10 \times \{1 - \exp [-(0,0573) \times (t - 4,7326) - (-0,2492) \times (\sqrt{t} - \sqrt{4,7326})]\}$	cC 98,38

Equações acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma coluna são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas a 5% de probabilidade. Equações acompanhadas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna são idênticas pelo teste de identidade de curvas a 5% de probabilidade (Regazzi e Silva, 2004).

4 CONCLUSÃO

As dietas exercem maior efeito sobre os parâmetros de degradação *in vitro* em relação ao PGLIC.

O PGLIC reduz as taxas de degradação ruminal das dietas.

A adição de até 4% de PGLIC é a mais indicada nesse estudo, pois não reduz severamente a degradabilidade das dietas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIYILA, T. et al. Effect of propylene glycol and undegradable protein source on rumen fermentation, blood metabolism and milk production in lactating dairy cows. **Animal Science Journal**, v. 73, n. 3, p. 207-213, 2002.

BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E. R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in prediction feed intake in cattle. **Animal Feed Science. Technology**. v. 40, n. 2-3, p. 109-119, 1993.

CRUZ, W. F. G. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros fisiológicos de ovelhas suplementadas com níveis crescentes de propilenoglicol na água. **Veterinária Notícias**, v. 20, n. 1, p. 19-27, 2014.

FARIA, B. N. et al. Efeitos da adição de monensina ou propilenoglicol à polpa cítrica sobre a cinética de degradação dos carboidratos totais e da produção cumulativa de gases *in vitro*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 3, p. 691-697, 2008.

FERRARO, S. M. et al. *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 154, n. 1-2, p. 112-118, 2009.

FRANCE, J. et al. A model to interpret gas accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminal feeds. **Journal of Theoretical Biology**, v. 163, n. 1, p. 99-111, 1993.

KRISTENSEN, N. B.; RAUN, B. M. L. Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 10, p. 4707-4717, 2007.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358,1996.

MAURÍCIO, R. M. et al. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.2, p.1013-1020, 2003.

MIZUBUTI, I. Y. et al. Cinética de fermentação ruminal *in vitro* de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 2021-2028, 2011.

NEIVA JÚNIOR, A. P. et al. Avaliação das silagens de capim-elefante aditivadas com nabo forrageiro, pinhão manso e tremoço, pela técnica de produção de gases. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 1024-1030, 2010.

Official Methods of Analysis. 20. ed. (2016) Gaithersburg - MD - USA: Association Official Analytical Chemists - AOAC, 1015 p.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 22, n. 2, p. 33-45, 2004.

ROWE, R. C., SHESKEY, P. J., QUINN, M. E. **Handbook of Pharmaceutical Excipients**. 6 ed. Pharmaceutical Press and American Pharmacists Association, 2009, p. 592- 593.

SHINGFIELD, K. J.; JAAKKOLA, S.; HUHTANEN, P. Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on diet digestibility, rumen fermentation, blood metabolite concentrations and nutrient utilisation of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 97, n. 1-2, p. 1-21, 2002.

TRABUE, S. et al. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 17, p. 7043-7051, 2007.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

CAPÍTULO III – DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE DIETAS PARA RUMINANTES EM BOVINOS CONSUMINDO ÁGUA COM ADIÇÃO OU NÃO DE PROPILENOGLICOL

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a degradabilidade de dietas com diferentes proporções de volumoso: concentrado por meio da incubação *in situ* em bovinos consumindo água com adição ou não de propilenoglicol (PGLIC). Foram utilizados dois bovinos fistulados no rúmen e adaptados a dieta com proporção 75:25 de volumoso: concentrado, que consumiram água com PGLIC nas concentrações 0,0 e 4,0%, conforme o indicado no ensaio de produção de gases. Três relações de volumoso: concentrado contendo silagem de Mombaça e concentrado comercial foram utilizadas como dietas experimentais: 100:0, 75:25 e 50:50. O delineamento experimental utilizado foi o Cross-over com troca do tipo de água (com ou sem PGLIC) dos animais após cada ciclo de avaliação, sendo três dietas, e dois níveis de PGLIC: 0,0 e 4,0%, perfazendo seis tratamentos com dois animais e dois períodos. Os tempos de incubação usados para a avaliação da degradabilidade *in situ* das dietas foram: 0, 6, 12, 24 e 96 horas. Foram realizadas coletas de líquido ruminal para medição de pH e análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃). Os parâmetros de degradabilidade foram obtidos pelo procedimento de regressão não linear proposto por Gauss-Newton. O consumo de água foi menor quando os animais foram tratados com PGLIC (P<0,05). O pH e N-NH₃ não foram afetados pelo PGLIC (P>0,05). A média de degradação da matéria seca (MS) dos tratamentos sem PGLIC foi maior que a dos tratamentos com PGLIC (P<0,05). As frações A e B, rapidamente e potencialmente fermentáveis, respectivamente, apresentaram maiores valores para a dieta 100% volumosa quando tratada com PGLIC, o que não pôde ser observado para as dietas com relações 75:25 e 50:50 de volumoso: concentrado, que apresentaram menores valores quando tratadas com PGLIC na água (P<0,05). As curvas de degradação da proteína bruta (PB) das dietas sem PGLIC cresceram acentuadamente até às 36 horas de incubação, a partir desse ponto o processo de degradação se tornou mais lento. Já as curvas das dietas com PGLIC tiveram crescimento linear constante até às 96 horas de fermentação. O PGLIC foi responsável por melhorar a degradabilidade da PB da dieta fibrosa. Não houve efeito significativo do PGLIC sobre os parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro (FDN), exceto para a fração potencialmente degradável (B), com menor valor no tratamento 100V0%. Para a degradabilidade da FDA houve efeito tanto da dieta quanto do PGLIC (P<0,05), sendo maiores curvas observadas para os tratamentos com PGLIC e concentrado. O PGLIC influencia negativamente o consumo de água dos animais. As concentrações de N-NH₃ e pH do líquido ruminal não sofrem influência da adição de PGLIC na água. O PGLIC na água melhora os parâmetros de degradabilidade *in situ* da PB e FDA das dietas, porém, em velocidade reduzida. Os parâmetros das equações de Ørskov são melhores ajustados aos dados da dieta com relação 50:50 de volumoso: concentrado e quando tratada com PGLIC.

Palavras-chave: Dietas para ruminantes. Parâmetros de degradação. Aditivo energético. Incubação.

CHAPTER III - *IN SITU* DEGRADABILITY OF DIET FOR RUMINANTS IN CATTLE CONSUMING WATER WITH OR NOT ADDED OF PROPYLENE GLYCOL

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the degradability of diets with different proportions of forage: concentrate by means of in situ incubation in cattle consuming water with or without the addition of propylene glycol (PGLIC). Two rumen fistulated cattle were used and adapted to a diet with a 75:25 roughage: concentrate ratio, which consumed water with PGLIC in concentrations of 0.0 and 4.0%, as indicated in the gas production test. Three forage: concentrate ratios containing Mombasa silage and commercial concentrate were used as experimental diets: 100: 0, 75:25 and 50:50. The experimental design used was the Cross-over with changing the type of water (with or without PGLIC) of the animals after each evaluation cycle, with three diets, and two levels of PGLIC: 0.0 and 4.0%, making six treatments with two animals and two periods. The incubation times used to evaluate the in situ degradability of the diets were 0, 6, 12, 24 and 96 hours. Ruminal fluid collections were performed for pH measurement and ammonia nitrogen (N-NH₃) analysis. The degradability parameters were obtained by the nonlinear regression procedure proposed by Gauss-Newton. Water consumption was lower when the animals were treated with PGLIC ($P < 0.05$). The pH and N-NH₃ were not affected by PGLIC ($P > 0.05$). The average dry matter (DM) degradation of treatments without PGLIC was higher than that of treatments with PGLIC ($P < 0.05$). Fractions A and B, quickly and potentially fermentable, respectively, showed higher values for the 100% roughage diet when treated with PGLIC, which could not be observed for the diets with 75:25 and 50:50 roughage: concentrate ratios, which showed lower values when treated with PGLIC in water ($P < 0.05$). The degradation curves of crude protein (CP) of diets without PGLIC grew markedly until 36 hours of incubation, from that point the degradation process became slower. The curves of diets with PGLIC had a steady linear growth until 96 hours of fermentation. PGLIC was responsible for improving the degradability of CP in the fibrous diet. There was no significant effect of PGLIC on the fiber degradation parameters in neutral detergent (NDF), except for the potentially degradable fraction (B), with a lower value in the 100V0% treatment. For the degradability of FDA, there was an effect of both diet and PGLIC ($P < 0.05$), with greater curves observed for treatments with PGLIC and concentrate. The PGLIC has a negative influence on the water consumption of the animals. The concentrations of N-NH₃ and pH of the ruminal liquid are not influenced by the addition of PGLIC in the water. PGLIC in water improves the parameters of in situ degradability of PB and FDA of the diets, however, at reduced speed. The parameters of the Ørskov equations are better adjusted to the diet data with a 50:50 roughage: concentrate ratio and when treated with PGLIC.

Key words: Ruminant diets. Degradation parameters. Energy additive. Incubation.

1 INTRODUÇÃO

Uma das vantagens de se utilizar a técnica *in situ* é que a mesma pode ser utilizada na avaliação de substâncias, para seus efeitos sobre a degradabilidade ruminal, antes de serem aplicadas *in vivo* em sistemas de produção. Dentre essas substâncias destaca-se o propilenoglicol - PGLIC, oriundo da hidrogenólise do glicerol, que é um coproduto proveniente da produção do biodiesel.

O PGLIC é um aditivo que apresenta potencial para ser utilizado em dietas para ruminantes, contudo há a necessidade de mais estudos sobre sua real influência na degradação de alimentos, além da segurança sobre as quantidades adequadas a serem utilizadas (CRUZ et al., 2014).

O glicerol ou glicerina bruta, apresenta características semelhantes ao PGLIC, como por exemplo a de aditivo energético. Por ser um composto de produção em larga escala e baixo custo (MIZE et al., 2013), tem suas utilizações em dietas para ruminantes. Estudos demonstram que a inclusão de glicerina bruta em dietas pode reduzir a digestibilidade da FDN devido a inibição do crescimento de bactérias celulolíticas (DONKIN et al., 2009). Mas, de acordo com Lage et al. (2017), a glicerina bruta pode substituir o milho (10% da MS) em dietas com 40 ou 60% de concentrado, sem afetar a FDNd. Assim, a glicerina parece ter um efeito diferencial na digestão da fibra, dependendo do nível de amido na dieta.

Socreppa et al. (2017) avaliaram o efeito de diferentes níveis de glicerina bruta em substituição ao milho moído na ingestão, digestibilidade, síntese de nitrogênio microbiano (N) e utilização de N em pastoreio de gado de corte, e deduziram que o uso de glicerina como fonte de energia em suplementos para pastagem de gado pode ser recomendado. A adição de glicerol pode melhorar a eficiência energética dos ruminantes em crescimento alimentados dietas de alta forragem mais do que para aqueles alimentados com maior proporção de concentrado nas dietas (EIRAS et al., 2014). No entanto a adição de PGLIC pode modificar esses resultados.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar a degradabilidade de dietas com diferentes proporções de volumoso: concentrado por meio da incubação *in situ* em bovinos consumindo água com adição ou não de propilenoglicol.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada sob aprovação do Comitê de Ética na utilização de animais da Universidade Federal do Tocantins (CEUA – UFT) com o número de processo 23101.000790/2014-02.

O ensaio foi conduzido no confinamento da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Campus de Araguaína, de 23 de abril e 19 de maio de 2019. Foram utilizados dois bovinos mestiços canulados no rúmen, com peso médio de 677,5 Kg, provenientes dos setores de bovinocultura de leite e de corte, aos quais foram confinados em baias individuais com acesso a comedouros e bebedouros.

Três relações de volumoso: concentrado contendo silagem de capim *Megathyrus maximus* cv. Mombaça e um concentrado comercial com 20% de PB a base de milho e farelo de soja foram utilizadas como dietas experimentais: 100:0; 75:25 e 50:50. Os animais foram adaptados a dieta com proporção 75:25 de volumoso: concentrado com os mesmos ingredientes utilizados para as dietas experimentais, e consumiram água com PGLIC nas concentrações 0,0 e 4,0%, conforme o indicado no ensaio de produção de gases.

As dietas foram previamente secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas a 1 mm, em seguida foram submetidas a análises para determinação dos teores de: matéria seca (MS) (método 967.03), proteína bruta (PB) (método 981.10), segundo Oficial (2016), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), com aparelho autoclave pelo método sequencial (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro e ácido (NIDN e NIDA, respectivamente) foram determinados segundo Licitra et al. (1996) (Tabela 1).

O consumo de água foi medido diariamente, calculando-se a diferença entre a quantidade ofertada e a quantidade residual no período de 24 horas. A limpeza da água foi realizada por meio de filtragem para retirada de restos de alimento. Após a filtragem utilizou-se um balde graduado (10L) para determinar o consumo de água. Após a mensuração do volume restante retornou-se à água para os bebedouros e completou-se com PGLIC diluído na água nas concentrações 0,0 e 4,0%, respectivas ao tratamento. No dia 0 cada animal recebeu 10% do peso vivo (PV) de água e nos demais dias a água era fornecida de acordo com o consumo.

Tabela 1. Composição química das dietas experimentais.

g kg⁻¹ de MS	100S⁴:0C⁵	50S:50C	75S:25C
Matéria seca (g kg ⁻¹ de MN ¹)	31,51	90,94	91,53
Proteína bruta	4,59	10,61	7,04
Extrato etéreo	2,83	2,75	3,19
Fibra em detergente neutro	76,96	55,27	63,99
Fibra em detergente ácido	41,55	21,73	30,59
PIDN ²	2,54	5,25	3,81
PIDA ³	1,08	1,17	1,26
Lignina	4,83	2,21	3,10
Matéria mineral	7,92	9,00	8,53

¹Matéria natural; ²Proteína insolúvel em detergente neutro; ³Proteína insolúvel em detergente ácido, ⁴Silagem, ⁵Concentrado. Valores expressos em g kg⁻¹ de matéria seca.

As variáveis ambientais foram registradas diariamente a cada 15 minutos utilizando-se data loggers modelo HOBOWare Pro® (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA) (Figura 1), para o registro da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar, para cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), pela equação de Mader et al. (2006) em que:

$$ITU = 0,8 * TBS + (UR * (TBS - 14,3) / 100) + 46,3 \quad (1)$$

Em que:

ITU: índice de temperatura e umidade, adimensional;

TBS: temperatura de bulbo seco, °C, e

UR: Umidade relativa (%).

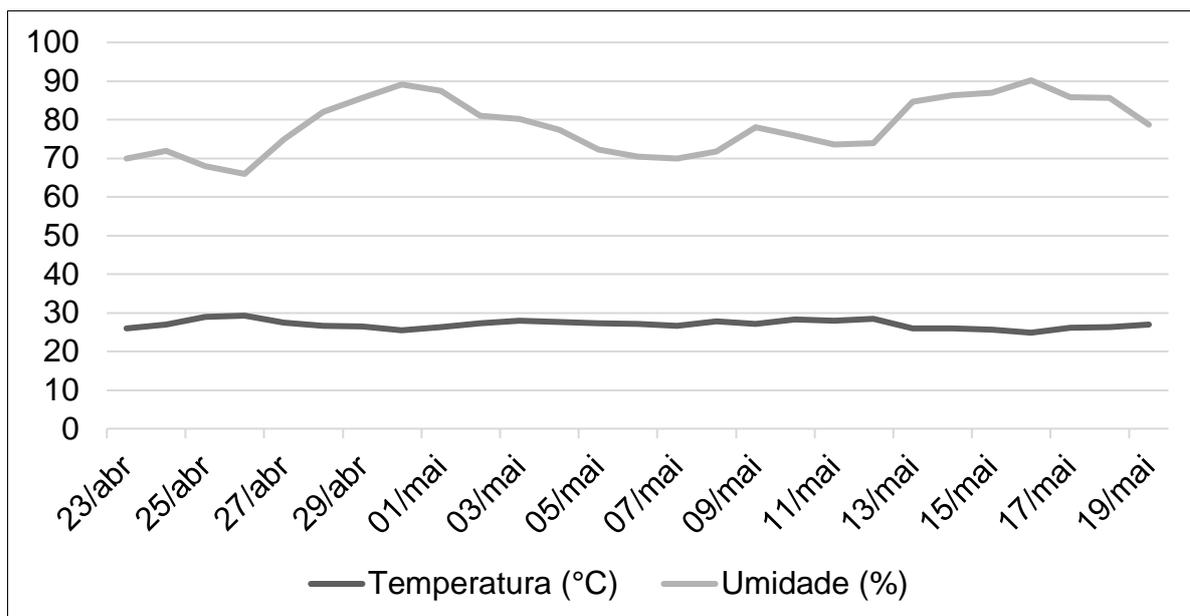


Figura 1. Dados de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.

O delineamento experimental utilizado foi o "Cross-over" com troca do tipo de água (com ou sem PGLIC) dos animais após cada ciclo de avaliação, sendo três dietas, e dois níveis de propilenoglicol: 0,0 e 4,0%, perfazendo seis tratamentos com dois animais e dois períodos. O ensaio teve duração total de 26 dias divididos em 2 períodos com 5 dias de adaptação e 4 de incubação cada, mais um intervalo de 6 dias de descanso, onde nenhum tratamento foi aplicado, entre um período e outro.

Foram utilizados sacos de TNT (tecido não tecido) 5 x 5 cm, devidamente identificados, lavados com água destilada, secos e pesados, aos quais receberam aproximadamente 1,0 g de amostra de cada dieta. Os sacos foram fixados em uma âncora (peça de metal) de aproximadamente 500 g e colocados no interior do rúmen de forma a mantê-los em contato permanente com o líquido ruminal, no saco ventral.

Os tempos de incubação usados para a avaliação da degradabilidade *in situ* das dietas foram: 0, 6, 12, 24 e 96 horas. Foram incubados 18 sacos em cada tempo, com 6 réplicas por amostra de alimento, perfazendo um total de 90 sacos por animal por período experimental. As incubações aconteceram na ordem inversa dos tempos para serem retirados todos juntos, ao final dos períodos, a fim de se realizar lavagem uniforme do material.

Uma vez retiradas do rúmen, os sacos foram mergulhados em água gelada para cessar o crescimento e a fermentação microbiana, e em seguida submetidos a

lavagem com água destilada. A secagem ocorreu em estufa a 55 °C por 72 horas e após 30 minutos no dessecador os pesos brutos foram registrados. Deste peso bruto foi subtraído o peso do saco vazio, obtendo-se desta forma a proporção de matéria pré-seca que desapareceu dos sacos durante a fermentação ruminal.

A determinação do tempo zero (t_0) foi realizada colocando-se aproximadamente 1,0 g de amostra (dietas experimentais) moída a 1 mm nos sacos, que foram mergulhados no rúmen e retirados imediatamente e lavados seguindo os mesmos procedimentos dos demais tempos de incubação. Por este procedimento, foi possível determinar-se a fração solúvel de cada amostra.

Os resíduos foram submetidos a análise de MS (método 967.03), PB (método 981.10), segundo Official (2016), FDN e FDA com o aparelho “Ankon” pelo método seqüencial (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991).

Os parâmetros de degradabilidade *in situ* foram obtidos pelo procedimento de regressão não linear proposto por Gauss-Newton.

Os dados da degradação dos constituintes bromatológicas das dietas foram submetidos a uma análise de regressão, na qual foram regredidos ao modelo de Ørskov e McDonald (1979):

$$Y = A + B (1 - e^{-ct}) \quad (2)$$

Em que:

Y: degradação após o tempo t;

A: fração rapidamente fermentável;

B: fração insolúvel em água, potencialmente degradável;

c: taxa de degradação da fração B; e

t: tempo de incubação no rúmen (horas).

As equações geradas foram comparadas por meio de teste de paralelismo e identidade de curvas de acordo com Regazzi e Silva (2004) ($p < 0,05$).

O tempo de colonização (TC) do material contido nos sacos foram calculados conforme a equação proposta por McDonald (1981):

$$TC = [(-1 / c) \times (\ln (A - S) / B)] \quad (3)$$

Em que:

A, B e c são os mesmos parâmetros definidos na equação 2;

S: fração solúvel, determinada pela porcentagem de desaparecimento no tempo zero de incubação.

Para as frações dos constituintes da parede celular a fração solúvel “S” foi considerada zero, segundo recomendação de Valadares Filho (1994).

Para calcular a degradabilidade efetiva (DE), foi utilizada a equação proposta por Ørskov e McDonald (1979), considerando-se uma taxa de passagem (k) de 2%/hora, sugerida para avaliações de alimentos fibrosos, correspondente a um tempo de permanência no rúmen de 50h:

$$DE = S + (B1 \times c) / (c + k) \quad (4)$$

Em que:

c e S são parâmetros previamente definidos nas equações 2 e 3;

$B1$: fração degradável, calculada subtraindo-se do potencial de degradação (A) menos a fração solúvel (S) ($B1 = A - S$).

Nos dias 9 e 18 do ensaio experimental foi realizada coleta de líquido ruminal nos tempos 0 (antes da primeira refeição), 2, 4 e 8 horas após a refeição matinal, de forma manual diretamente da fístula. O líquido retirado foi filtrado e submetido a medida de pH. Em seguida o mesmo foi acondicionado em frascos de 50 ml para a realização da análise de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), seguindo o protocolo proposto pela AOAC (2016).

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + F1_j + F2_l + F1.F2_{jl} + e_{ijk} \quad (5)$$

Em que,

μ : média geral.

B_i : efeito do Bloco i , $i = 1, 2$.

$F1_j$: efeito das dietas j , $j = 1, 2, 3$.

$F2_l$: efeito dos níveis de propilenoglicol j , $j = 1, 2$.

$F1_j.F2_j$: efeito da interação ($F1 \times F2$)

E_{ijk} : erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de consumo de água, concentração de nitrogênio amoniacal e pH do líquido ruminal estão apresentadas na Tabela 2. O consumo de água foi menor quando os animais foram tratados com PGLIC ($P < 0,05$), com média de $30,24 \text{ L dia}^{-1}$, $23,63 \text{ L dia}^{-1}$ a menos que os animais submetidos ao tratamento sem PGLIC que apresentaram consumo de $53,78 \text{ L dia}^{-1}$. Esse resultado pode ser devido a percepção de sabores e odores pelos animais, além de possível fermentação do propilenoglicol nos bebedouros, levando a água a ter um sabor levemente amargo, mesmo com a troca diária da água disponível aos animais (CRUZ et al., 2014). Estes mesmo autores também observaram redução linear do consumo de água por ovelhas tratadas com níveis crescentes de PGLIC na água.

Embora a maior parte do PGLIC é fermentado em ácido propiônico no rúmen, os odores são resultado de uma fermentação via propanal formado por catálise de desidratase. Assim, em doses elevadas o PGLIC pode causar sintomas de toxicidade em bovinos que são semelhantes aos da toxicidade clássica de enxofre, em que ocorre anemia hemolítica, uma condição em que a hemoglobina é desnaturada por estresse oxidativo (TRABUE et al., 2007).

Quando se verificou as concentrações de N-NH_3 no líquido ruminal não foi observada diferença significativa entre os tratamentos com ou sem PGLIC ($P > 0,05$). Uma possível alteração nesses valores estaria relacionada a modificações na proteína bruta da dieta. As concentrações ruminais de NH_3 obtidas neste estudo poderiam indicar que provavelmente a disponibilidade ruminal de N não foi limitada ou afetada pelo PGLIC para a taxa máxima de síntese e rendimento de proteína microbiana (CHUNG et al., 2009), para a quantidade de 4% de inclusão na água durante o período em que foi aplicado.

O pH do líquido ruminal não foi influenciado pela adição de PGLIC na água, com médias iguais significativamente ($P > 0,05$). A rápida metabolização do mesmo, supracitada por alguns autores, necessita de pouca atividade fermentativa pelos microrganismos ruminais, o que impede alteração do pH do meio, apesar de outros autores sugerirem que parte do mesmo é convertido em propionato no rúmen, ocasionando queda do pH (KRISTENSEN; RAUN, 2007). O efeito do PGLIC no pH ruminal, no entanto, não foi consistente no presente estudo.

Tabela 2. Consumo de água, concentração de nitrogênio amoniacal e pH do líquido ruminal de animais consumindo água com adição ou não de PGLIC.

Parâmetros	PGLIC		Médias	P*	CV
	4%	0%			
Consumo de água	30,24 B	53,78 A	42,01	>0,0001	20,82
Concentração de N-NH ₃	4,19 A	4,84 A	4,52	0,5542	28,97
pH	6,59 A	6,58 A	6,59	0,9610	3,05

P*: Probabilidade de erro tipo I pelo teste F; CV: coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem (P>0,05) pelo teste de t-student.

A temperatura durante todo o período experimental ficou em torno de 25 °C (Figura 1), dentro do recomendado por Pereira (2005), entre 10 e 35 °C para raças zebuínas, e a umidade relativa do ar manteve-se acima de 60%, faixa que se encontra dentro do proposto por Ferreira (2011).

A degradabilidade da matéria seca (MS) foi influenciada pelos tratamentos (P<0,05). A média dos tratamentos sem PGLIC foi maior que a dos tratamentos com PGLIC (Figura 3). Este resultado pode ser devido principalmente ao efeito das dietas, uma vez que houve queda no consumo de água quando os animais foram tratados com PGLIC. Degradabilidades acima de 20% no tempo 0 de incubação indicam alta digestibilidade principalmente das dietas com concentrado, além de haver influência do tamanho de partícula dos alimentos, uma vez que para serem incubados foram moídos a 1 mm. O aumento da disponibilidade de carboidratos fermentáveis favorece o crescimento microbiano e dessa forma a degradabilidade do substrato (SANTOS; MENDONÇA, 2011).

As curvas de degradação da MS foram paralelas entre si (P>0,05), demonstrando ter comportamentos iguais significativamente em todos os tempos de incubação (Tabela 3). Já para o teste de identidade de curvas, os tratamentos com PGLIC apresentaram curvas não idênticas aos tratamentos sem PGLIC, demonstrando o mesmo altera a degradabilidade. No entanto as dietas exerceram maior efeito sobre a degradabilidade da MS, ou seja, independente da adição de PGLIC o concentrado aumentou a degradabilidade dos tratamentos.

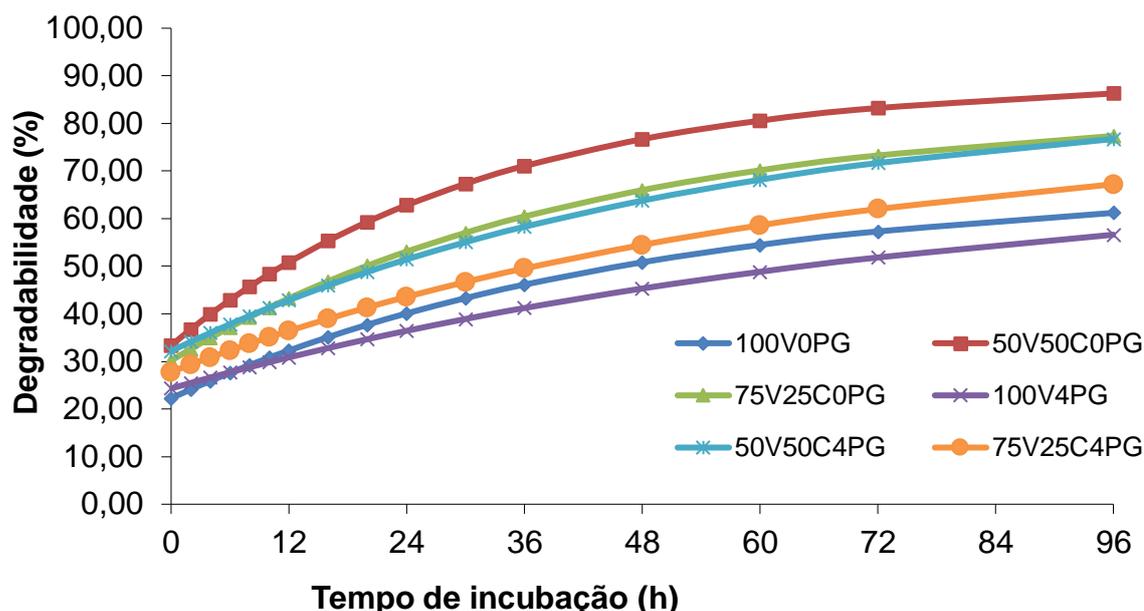


Figura 2. Degradabilidade da matéria seca (MS) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.

Tabela 3. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da matéria seca (MS) dos tratamentos.

Tratamento	Equação (Modelo de Ørskov)			R ²
100vol0%	$P = 22,2523 + 44,8707 (1 - \exp^{-0,021t})$	a	D	78,47
75V25C0%	$P = 30,1555 + 52,5006 (1 - \exp^{-0,024t})$	a	B	75,51
50V50C0%	$P = 33,3345 + 55,6972 (1 - \exp^{-0,031t})$	a	A	80,53
100vol4%	$P = 24,3141 + 45,4654 (1 - \exp^{-0,013t})$	a	E	84,71
75V25C4%	$P = 27,7887 + 51,0762 (1 - \exp^{-0,015t})$	a	C	80,98
50V50C4%	$P = 32,1617 + 53,5417 (1 - \exp^{-0,019t})$	a	B	85,38

P: Quantidade de substrato degradado no tempo t; Equações acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma coluna são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas a 5% de probabilidade. Equações acompanhadas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna são idênticas pelo teste de identidade de curvas a 5% de probabilidade (Regazzi e Silva, 2004).

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre os parâmetros de degradação da MS ($P < 0,05$) (Tabela 4). As frações A e B, rapidamente e potencialmente fermentáveis, respectivamente, apresentaram maiores valores para a dieta 100% volumosa quando tratada com PGLIC, possivelmente devido a presença do aditivo nas primeiras horas de fermentação, que numa dieta altamente fibrosa expressa melhor seu efeito, o que não pôde ser observado para as dietas com relações 75:25

e 50:50 de volumoso: concentrado, que apresentaram menores valores quando tratadas com PGLIC na água, indicando maior efeito do concentrado da dieta.

As taxas de degradação da fração B (c) foram menores quando foi adicionado PGLIC nos tratamentos. O tempo de colonização (TC) aumentou quando os animais foram tratados com PGLIC, com exceção da dieta com relação volumoso: concentrado igual a 50:50, que apresentou semelhança com e sem PGLIC, o que pode ser devido a atividade microbiana reduzida pela disponibilidade energia que foi propiciada pelo efeito energético do PGLIC, tornando mais lenta a adesão dos microrganismos às partículas de alimento, assim como a degradabilidade efetiva que foi menor para todas as taxas de passagens nos tratamentos com PGLIC.

Tabela 4. Parâmetros de degradação da matéria seca (MS) dos tratamentos.

Parâmetros de Ørskov	100V0%	75V25C0%	50V50C0%	100V4%	75V25C4%	50V50C4%
A	22,25	30,16	33,33	24,31	27,79	32,16
B	44,87	52,50	55,70	45,47	51,08	53,54
c	0,021	0,024	0,031	0,013	0,015	0,019
FS	22,42	28,47	31,03	24,47	29,77	33,38
TC	00:11	01:19	01:17	00:16	02:34	01:14
R²	78,47	75,51	80,53	84,71	80,98	85,38
DE (2%)	45,29	58,74	67,36	42,15	50,01	57,96
DE (3%)	40,78	53,44	61,82	37,99	45,11	52,65
DE (4%)	37,75	49,79	57,83	35,41	41,99	49,16
DE (5%)	35,57	47,13	54,82	33,64	39,82	46,68
DE (6%)	33,93	45,11	52,47	32,36	38,22	44,83
DE (7%)	32,65	43,52	50,58	31,39	37,00	43,40
DE (8%)	31,62	42,23	49,03	30,63	36,03	42,26

A: fração rapidamente fermentável; B: fração potencialmente degradável; c: velocidade ou taxa de degradação da fração B; R²: coeficiente de determinação; FS: fração solúvel; TC: tempo de colonização (h: min); DE: degradação dos alimentos para as taxas de passagens de 2 a 8%/h.

As curvas de degradação da PB dos tratamentos estão representadas na figura 3. Independentemente da adição de PGLIC foram observadas maiores curvas de degradação para os tratamentos com concentrado, o que confere efeito dietético sobre a degradabilidade.

Os tratamentos com PGLIC apresentaram curvas diferentes dos tratamentos sem PGLIC (P<0,05). As curvas das dietas sem PGLIC cresceram acentuadamente até às 36 horas de incubação, a partir desse ponto o processo de degradação se tornou mais lento. Já as curvas das dietas com PGLIC tiveram crescimento linear constante até às 96 horas de fermentação. Os microrganismos ruminais podem ter

reduzido a fermentação das dietas tendo preferência pelo PGLIC nas primeiras horas, uma vez que o composto é prontamente fermentável (KRISTENSEN; RAUN, 2007), assim, a degradação das dietas ocorreu de forma mais lenta no início, mantendo-se constante após fermentação total do PGLIC.

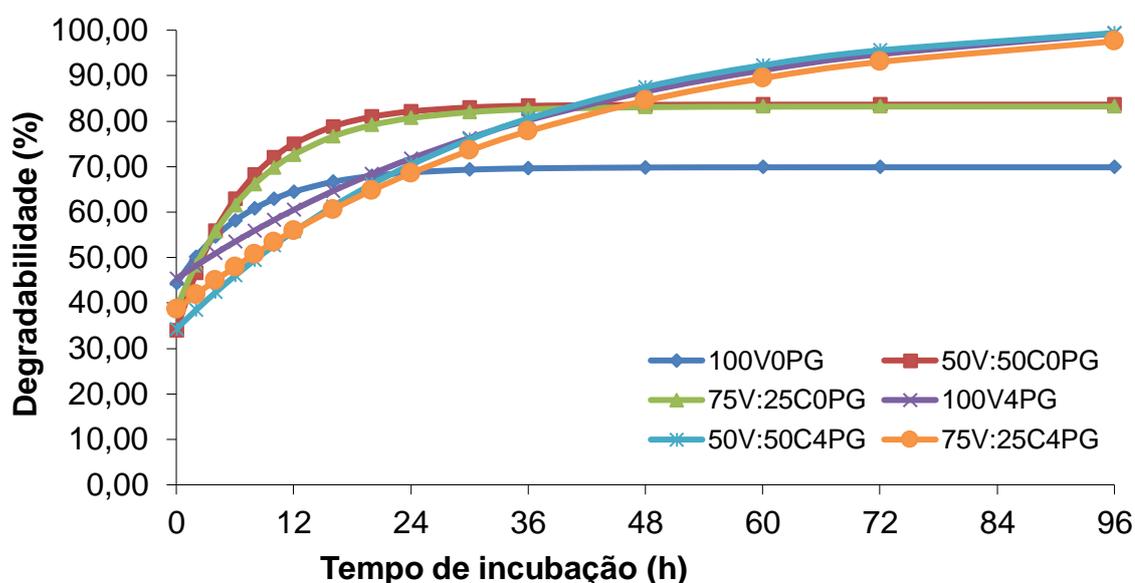


Figura 3. Degradabilidade da proteína bruta (PB) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.

As curvas de degradação da PB das dietas sem PGLIC apresentaram-se iguais no teste de paralelismo ($P > 0,05$) (Tabela 5). Já para as dietas com PGLIC houve diferença no crescimento das curvas, sendo os tratamentos 50V:50C4% e 75V:25C4% paralelas entre si e não paralelas a curva do tratamento 100V4PG ($P < 0,05$). As curvas dos tratamentos sem PGLIC não foram paralelas as dos tratamentos sem. O PGLIC modificou o crescimento das curvas, bem como a degradação das dietas, com maior estímulo às bactérias amilolíticas e proteolíticas em relação aos celulolíticas.

Quanto ao teste de identidade de curvas, não foram observados comportamentos idênticos no crescimento das curvas, exceto para os tratamentos 50V:50C0% e 75V:25C0%, que não diferiram entre si, demonstrando que as dietas com 100% concentrado exerceram maior efeito, enquanto a presença do PGLIC aumentou a degradabilidade da PB da dieta fibrosa. Essa resposta pode se dever ao tipo microrganismo fermentador, pois, segundo Hungate (1966), compostos de rápida

degradabilidade podem ser fermentados por populações de bactérias semelhantes às que fermentam proteína.

Os parâmetros de Ørskov e McDonald (1979) para a degradação da PB dos tratamentos encontram-se na tabela 6. A fração rapidamente fermentável (A) da dieta 100% volumosa aumentou quando tratada com PGLIC, diferente das dietas com concentrado, que apresentaram menores valores dessa fração quando com PGLIC. Para B (fração potencialmente degradável) os valores foram maiores quando os animais consumiram água com PGLIC, numa menor velocidade ou taxa de degradação (c).

Tabela 5. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da proteína bruta (PB) dos tratamentos.

Tratamento	Equação (Modelo de Ørskov)			R ²
100vol0%	$P = 44,3109 + 25,5357 (1 - \exp^{-0,130t})$	a	C	83,15
75V25C0%	$P = 38,9194 + 44,292 (1 - \exp^{-0,119t})$	a	A	80,32
50V50C0%	$P = 33,9885 + 49,6429 (1 - \exp^{-0,146t})$	a	A	83,53
100vol4%	$P = 45,3455 + 59,7234 (1 - \exp^{-0,024t})$	c	D	81,75
75V25C4%	$P = 38,5699 + 64,1751 (1 - \exp^{-0,026t})$	b	B	77,61
50V50C4%	$P = 34,2554 + 68,5411 (1 - \exp^{-0,031t})$	b	B	79,34

P: Quantidade de substrato degradado no tempo t; Equações acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma coluna são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas a 5% de probabilidade. Equações acompanhadas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna são idênticas pelo teste de identidade de curvas a 5% de probabilidade (Regazzi e Silva, 2004).

A fração solúvel (FS) foi aumentada quando os animais consumiram PGLIC na água apenas na dieta 100% volumosa. Da mesma forma, o PGLIC aumentou a degradabilidade efetiva da PB da dieta 100% volumosa, sendo esse aumento observado nas taxas de passagem de 2 a 6%/h. As dietas com volumoso tiveram maiores tempos de colonização (TC) quando tratadas com PGLIC.

Não foram observados efeitos do PGLIC sobre a degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN) dos tratamentos (Figura 4). As curvas de degradação da FDN das dietas com concentrado sobressaíram as demais, enquanto as menores degradabilidades foram observadas para a dieta com 100% volumoso com e sem PGLIC. Os tratamentos sofreram maior influência do tipo de carboidrato da dieta em

relação ao PGLIC, sendo as dietas com concentrado mais digestíveis e, conseqüentemente, com menores teores de FDN que a 100% volumosa.

Tabela 6. Parâmetros de degradação da proteína bruta (PB) dos tratamentos.

Parâmetros de Ørskov	100V0%	75V:25C0%	50V:50C0%	100V4%	75V:25C4%	50V:50C4%
A	44,31	38,92	33,99	45,35	38,57	34,26
B	25,54	44,29	49,64	59,72	64,18	68,54
c	0,130	0,119	0,146	0,024	0,026	0,031
FS	44,04	38,10	32,89	67,84	36,07	33,95
TC	00:05	00:09	00:09	01:26	01:28	00:08
R²	83,15	80,32	83,53	81,75	77,61	79,34
DE (2%)	66,43	76,83	77,64	78,12	74,96	76,04
DE (3%)	65,05	74,29	75,15	72,09	68,49	69,21
DE (4%)	63,82	72,06	72,93	67,93	63,97	64,31
DE (5%)	62,74	70,10	70,94	64,89	60,64	60,61
DE (6%)	61,77	68,36	69,14	62,57	58,08	57,72
DE (7%)	60,89	66,80	67,51	60,75	56,05	55,40
DE (8%)	60,10	65,40	66,03	59,27	54,40	53,50

A: fração rapidamente fermentável; B: fração potencialmente degradável; c: velocidade ou taxa de degradação da fração B; R²: coeficiente de determinação; FS: fração solúvel; TC: tempo de colonização (h: min); DE: degradação dos alimentos para as taxas de passagens de 2 a 8%/h.

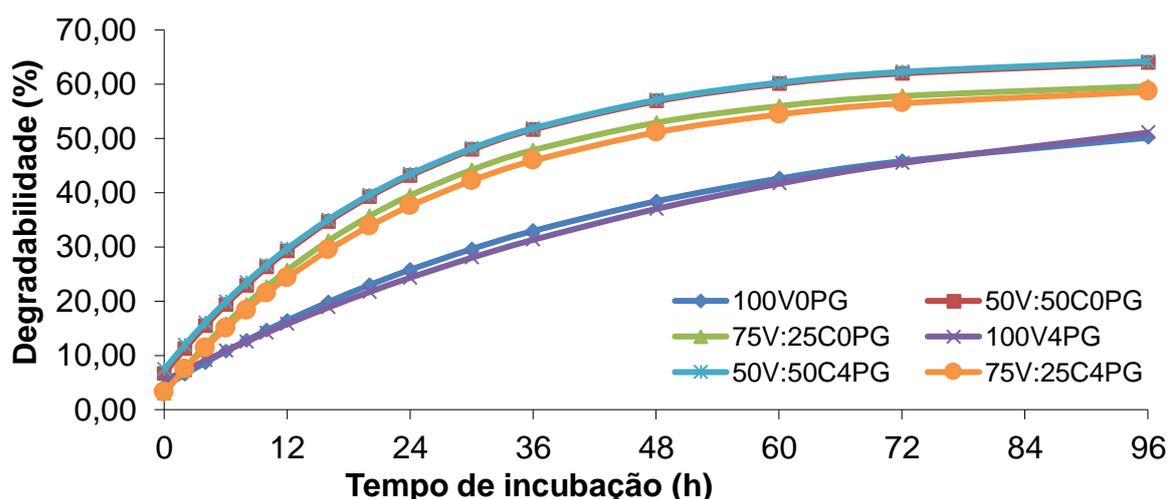


Figura 4. Degradabilidade da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.

Na tabela 7 estão apresentados os testes de paralelismo e identidade das curvas de degradação da FDN. A dieta 100% volumosa apresentou curvas com

crescimentos paralelos quanto a adição ou não de PGLIC. Os demais tratamentos foram paralelos entre si. Quanto a identidade de curvas, houve identidade para a dieta com rela o 50:50 de volumoso: concentrado com e sem PGLIC. A dieta 100% volumosa com e sem PGLIC obtiveram menores curvas, sem diferença significativa entre si. Assim, o PGLIC não modificou o crescimento das curvas de degrada o da FDN, sendo as diferenças encontradas relacionadas ao efeito da dieta.

Tabela 7. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) dos tratamentos.

Tratamento	Equa�o (Modelo de Ørskov)			R ²
100vol0%	$P = 4,2195 + 52,0066 (1 - \exp^{-0,022t})$	b	C	91,36
75V25C0%	$P = 2,9435 + 57,692 (1 - \exp^{-0,042t})$	a	B	97,48
50V50C0%	$P = 6,6323 + 58,4298 (1 - \exp^{-0,041t})$	a	A	97,37
100vol4%	$P = 5,3089 + 57,0061 (1 - \exp^{-0,017t})$	b	C	97,72
75V25C4%	$P = 3,1946 + 56,765 (1 - \exp^{-0,039t})$	a	B	98,02
50V50C4%	$P = 7,3942 + 58,0182 (1 - \exp^{-0,040t})$	a	A	94,04

P: Quantidade de substrato degradado no tempo t; Equa es acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma coluna são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas a 5% de probabilidade. Equa es acompanhadas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna são idênticas pelo teste de identidade de curvas a 5% de probabilidade (Regazzi e Silva, 2004).

Os parâmetros de degrada o da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) encontram-se na tabela 8. Os valores da fra o rapidamente fermentável (A) apresentaram-se baixos ou mais próximos de zero, pois quando se avalia componentes tais como FDN e FDA de dietas não se considera verdadeiramente a fra o solúvel, mas as partículas insolúveis no ambiente ruminal perdidas através dos poros dos sacos (DETMANN, 2010).

Para a fra o potencialmente degradável (B) foi observado aumento apenas na dieta 100% volumosa quando tratada com PGLIC, no entanto com menor taxa de degrada o (c). Nos demais parâmetros não foram observadas varia es nos valores das dietas quando os animais foram tratados com PGLIC.

Para a degradabilidade da FDA, que está representada nas curvas da figura 5, houve efeito tanto da dieta quanto do PGLIC ($P < 0,05$), sendo maiores curvas observadas para os tratamentos com PGLIC e concentrado. As menores taxas de fibra em conjunto com o efeito energético do PGLIC podem ter contribuído para esses resultados. A celulose e lignina presentes na FDA dificultam o acesso dos

microrganismos ao conteúdo celular devido à resistência conferida a esses constituintes. Assim, carboidratos fibrosos, quando associados ao concentrado e ou aditivos energéticos tendem a melhorar as taxas de degradação no rúmen (SILVA et al., 2012; SILVA, 2017).

Tabela 8. Parâmetros de degradação da fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) dos tratamentos.

Parâmetros de Ørskov	100V0%	75V:25C0%	50V:50C0%	100V4%	75V:25C4%	50V:50C4%
A	4,22	2,94	6,63	5,31	3,19	7,39
B	52,01	57,69	58,43	57,01	56,77	58,02
c	0,022	0,042	0,041	0,017	0,039	0,040
FS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TC	03:30	01:11	02:38	05:16	01:25	02:58
R²	91,36	97,48	97,37	97,72	98,02	94,04
DE (2%)	31,64	41,96	45,84	31,42	40,62	46,20
DE (3%)	26,39	36,53	40,30	25,85	35,17	40,69
DE (4%)	22,84	32,42	36,14	22,24	31,11	36,55
DE (5%)	20,26	29,21	32,89	19,71	27,96	33,32
DE (6%)	18,31	26,63	30,28	17,84	25,45	30,74
DE (7%)	16,78	24,51	28,15	16,40	23,40	28,63
DE (8%)	15,56	22,74	26,37	15,25	21,70	26,86

A: fração rapidamente fermentável; B: fração potencialmente degradável; c: velocidade ou taxa de degradação da fração B; R²: coeficiente de determinação; FS: fração solúvel; TC: tempo de colonização (h: min); DE: degradação dos alimentos para as taxas de passagens de 2 a 8%/h.

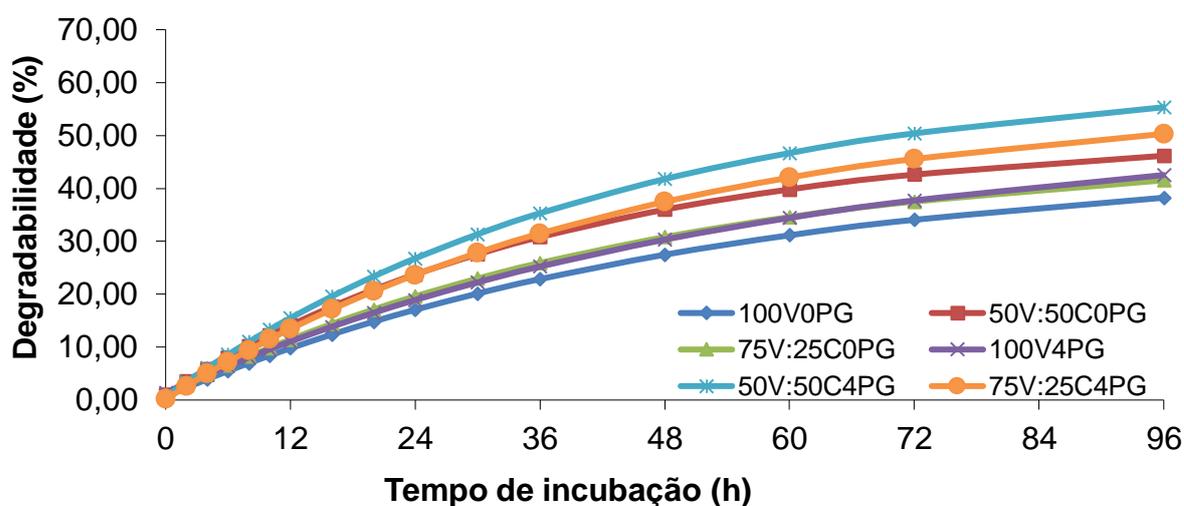


Figura 5. Degradabilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) de dietas em bovinos consumindo água com adição ou não de PGLIC.

No teste de paralelismo todos os tratamentos apresentaram crescimento de curva iguais independentemente da adição de PGLIC, exceto o tratamento 50V50C0%, que teve crescimento diferente dos demais (Tabela 9). No teste de identidade de curvas, observou-se que a presença do PGLIC aumentou a degradabilidade da FDA da dieta 100% volumosa, onde a mesma apresentou idêntica ao tratamento 75V:25C0% de volumoso: concentrado. Os resultados desses dois tratamentos pode se dever as menores taxas de FDA nas dietas com presença de carboidratos solúveis provenientes do concentrado e do PGLIC.

Tabela 9. Teste de paralelismo e identidade de curvas para a degradabilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) dos tratamentos.

Tratamento	Equação (Modelo de Ørskov)			R ²
100vol0%	$P = 0,6521 + 44,8167 (1 - \exp^{-0,019t})$	a	E	92,78
75V25C0%	$P = 0,928 + 46,6408 (1 - \exp^{-0,021t})$	a	D	98,38
50V50C0%	$P = 1,037 + 49,3132 (1 - \exp^{-0,026t})$	b	C	99,16
100vol4%	$P = 1,3323 + 50,0935 (1 - \exp^{-0,018t})$	a	D	95,53
75V25C4%	$P = 0,1344 + 56,9261 (1 - \exp^{-0,022t})$	a	B	99,36
50V50C4%	$P = 0,6412 + 61,3813 (1 - \exp^{-0,023t})$	a	A	97,88

P: Quantidade de substrato degradado no tempo t; Equações acompanhadas por letras minúsculas iguais na mesma coluna são paralelas pelo teste de paralelismo de curvas a 5% de probabilidade. Equações acompanhadas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna são idênticas pelo teste de identidade de curvas a 5% de probabilidade (Regazzi e Silva, 2004).

Nos parâmetros de degradação da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foi observado maior valor de A (fração rapidamente fermentável) para a dieta volumosa quando os animais receberam PGLIC na água (Tabela 10). Maiores valores da variável B (fração potencialmente degradável), foram observados nos tratamentos com PGLIC, com maior degradabilidade no tratamento 50V50C4%. A degradabilidade efetiva foi maior para os tratamentos com PGLIC em todas as taxas de passagens.

Tabela 10. Parâmetros de degradação da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) dos tratamentos.

Parâmetros de Ørskov	100V0%	50V:50C0%	75V:25C0%	100V4%	50V:50C4%	75V:25C4%
A	0,65	1,04	0,93	1,33	0,64	0,13
B	44,82	49,31	46,64	50,09	61,38	56,93
c	0,019	0,026	0,021	0,018	0,023	0,022
FS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TC	00:46	00:47	00:55	01:28	00:27	00:07
R²	92,78	99,16	98,38	95,53	97,88	99,36
DE (2%)	22,49	28,77	24,98	25,06	33,54	30,08
DE (3%)	18,03	23,79	20,29	20,12	27,34	24,34
DE (4%)	15,08	20,33	17,13	16,88	23,11	20,45
DE (5%)	12,99	17,78	14,86	14,59	20,04	17,64
DE (6%)	11,43	15,83	13,15	12,89	17,70	15,51
DE (7%)	10,22	14,28	11,81	11,58	15,87	13,84
DE (8%)	9,25	13,03	10,73	10,53	14,39	12,50

A: fração rapidamente fermentável; B: fração potencialmente degradável; c: velocidade ou taxa de degradação da fração B; R²: coeficiente de determinação; FS: fração solúvel; TC: tempo de colonização (h: min); DE: degradação dos alimentos para as taxas de passagens de 2 a 8%/h.

4 CONCLUSÃO

O PGLIC influencia negativamente o consumo de água dos animais. As concentrações de N-NH₃ e pH do líquido ruminal não sofrem influência da adição de PGLIC na água.

O PGLIC na água melhora os parâmetros de degradabilidade *in situ* da PB e FDA das dietas, apresentando efeito significativo sobre o volumoso principalmente, porém, em velocidade reduzida.

Os parâmetros das equações de Ørskov que descreve a degradabilidade da PB são melhores ajustados aos dados da dieta com relação 50:50 de volumoso: concentrado e quando tratada com PGLIC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHUNG, Y. H. et al. Ruminal and blood responses to propylene glycol during frequent feeding. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 9, p. 4555-4564, 2009.

CRUZ, W. F. G. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros fisiológicos de ovelhas suplementadas com níveis crescentes de propilenoglicol na água. **Veterinária Notícias**, v. 20, n. 1, p. 19-27, 2014.

DETMANN, E. Fibra na nutrição de novilhas leiteiras. **Novilhas leiteiras**. Fortaleza: Graphiti, 2010, p. 253-302.

DONKIN, S. S. et al. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 92, n. 10, p. 5111-5119, 2009.

EIRAS, C. E. et al. Glycerine levels in the diets of crossbred bulls finished in feedlot: apparent digestibility, feed intake and animal performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, n. 1, p. 222-226, 2014.

FERREIRA, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente: Para Aves, Suínos e Bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2011, 371 p.

HUNGATE, R. E. **The rumen and its microbes**. United Kingdom edition. New York and London: Academic Press Inc. 1966, 527 p.

KRISTENSEN, N. B.; RAUN, B. M. L. Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 10, p. 4707-4717, 2007.

LAGE, J. F. et al. Ruminal fermentation of Nellore steers fed crude glycerine replacing starch vs. fibre-based energy ingredient in low or high concentrate diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 57, 2017.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal Animal Science**, v. 84, n. 3, p. 712-719, 2006.

MIZE, H. E. et al. Emulsions of crude glycerin from biodiesel processing with fuel oil for industrial heating. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 6, p. 1319-1327, 2013.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agriculture Science**, v. 96, n. 1, p. 251-252, 1981.

Official Methods of Analysis. 20. ed. (2016) Gaithersburg - MD - USA: Association Official Analytical Chemists - AOAC, 1015 p.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.

PEREIRA, J.C.C. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005, 195 p.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 22, n. 2, p. 33-45, 2004.

SANTOS, F. A. P.; MENDOÇA, P. A. Metabolismo de proteínas In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2 ed. Jaboticabal: Funep, 2011, p. 255-286.

SOCREPPA, L. M. et al. Crude glycerine as an alternative energy feedstuff for beef cattle grazing tropical pasture. **The Journal of Agricultural Science**, v. 155, n. 5, p. 839-846, 2017.

TRABUE, S. et al. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 17, p. 7043-7051, 2007.

VALADARES FILHO, S. C. Utilização da técnica *in situ* para a avaliação de alimentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES - REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá - PR. **Anais...** Maringá - PR: SBZ, 1994. p. 95-118.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a dieta que mais se adequa a realidade na alimentação de ruminantes, o custo do propilenoglicol, os resultados quanto a produção cumulativa de gases e os fatores que influenciaram, o nível 4% PGLIC é o mais indicado neste estudo juntamente com a dieta com relação 50:50 de volumoso: concentrado.

Ressalta-se a importância do uso de PGLIC em quantidade e tempo adequados, tendo em vista que o mesmo pode reduzir o consumo de água e causar comportamento apático aos animais.

Apesar de o PGLIC ser proveniente de uma fonte residual acessível da produção de biodiesel, é importante ressaltar que, diferente de grande parte dos coprodutos e resíduos agroindustriais, ainda não se apresenta como fonte alimentar alternativa, uma vez que o seu custo em relação aos produtos tradicionalmente utilizados é elevado. No entanto, as pesquisas trabalham com boas perspectivas de futuro, visto que o produto tem potencial de uso na produção de ruminantes.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS - SISBIB
REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFT (RIUFT)



TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICIZAÇÃO DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES NA
BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS (BDTD/UFT)

IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE MATERIAL

Tese Dissertação Trabalho de conclusão de mestrado Relatório ou trabalho de pós-doutoramento

IDENTIFICAÇÃO DO AUTOR E DO DOCUMENTO

Autor: Tays Raniellen Miranda Feltosa
 RG: 1.200.013 Órgão expedidor: SSP UF: TO CPF: 049.768.221-41
 E-mail: tays_raniellen@hotmail.com Telefone: Celular: (63) 99114-7397
 Campus universitário: Araguaína Colegiado: Zootecnia Setor:
 Orientador: Luciano Fernandes Sousa Vinculado à IES:
 Título: Propilenodícol na produção de gases e degradabilidade de dietas para ruminantes
 Programa/Curso: Mestrado em Ciência Animal
 Linha de pesquisa: Alternativas alimentares para ruminantes
 Instituição responsável pelo programa: Universidade Federal do Tocantins
 Data da defesa: 14 02 2020 Título obtido: Mestre
 Área de conhecimento (Tabela do CNPq): Produção animal
 Palavras-chave: Nutrição de ruminantes; Aditivo energético; Fermentação ruminal; Concentrado; Volumoso.
 Agência de fomento: CAPES

INFORMAÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Este trabalho tem restrições? Sim Não
 Gerará registro de patente? Total Parcial Não
 Pode ser publicado? Total Parcial* Não

Justifique

Em caso de publicação parcial, assinale as permissões

Sumário Capítulos Especifique Bibliografia Resultados Páginas específicas

Especificar

Outros segmentos do trabalho

Na qualidade de titular dos direitos de autor do trabalho supracitado, de acordo com a Lei nº 9.610/98, autorizo a Universidade Federal do Tocantins, a disponibilizar sem ressarcimento dos direitos autorais, conforme permissões assinaladas acima, o documento em meio eletrônico, no Repositório Institucional e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, em formato digital PDF, para fins de leitura, impressão ou download, a partir desta data, em conformidade com a Resolução CONSEPE nº 05/2011.

Araguaína - TO 13/04/2020 Tays Raniellen M. Feltosa
 Local Data Assinatura do (a) autor (a) ou seu representante legal

Conforme Art. 27º da Resolução CONSEPE nº 05/2011, preencher este Termo em duas vias. Entregar na Secretaria do Programa de Pós-Graduação 01(uma) copia da última versão do trabalho impresso aprovado pela banca e assinado pelo orientador e avaliadores e 01 (uma) copia em cd, formato pdf, acompanhado da Ata de defesa e do Termo de autorização, que será encaminhado à Biblioteca do Campus pela Secretaria do Programa de pós-graduação stricto-sensu. A Biblioteca do Campus encaminhará à Coordenação do SISBIB, na Vice-Reitoria, acompanhada dos documentos: ata de defesa e CD com documento digitalizado em pdf e o termo de autorização assinado.

><

COMPROVANTE DE ENTREGA DE DOCUMENTO PARA PUBLICIZAÇÃO NA

BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS (BDTD/UFT)

Campus universitário de Data

Carimbo e assinatura

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

R.R. 153, Km 112, Zona Rural | CEP: 77806-970 | Araguaína/TO
(63) 3416-5424 | www.ufmt.edu.br | pgcat@ufmt.edu.br



ATA DE DEFESA

Ata de defesa da Dissertação "ADIÇÃO DE PROPILENOGLICOL NA ÁGUA EM DIETAS PARA RUMINANTES: FERMENTAÇÃO RUMINAL" do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical (PPGCat) da Universidade Federal do Tocantins, (UFT) Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ). Às 08h00min do dia 14 de fevereiro de 2020, na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), esteve reunida a banca de defesa da Mestranda Tays Raniellen Miranda Feltosa, constituída pelos seguintes membros: Profª. Dra. Deborah Alves Ferreira; Prof. Dr. Luciano Fernandes Sousa e a Profª. Drª. Angélica Pedrico. Cabe ressaltar e constar em ata de defesa que o Professor Dr. Luciano Fernandes Sousa, participou a distância por meio da tecnologia da informação, via internet. Após finalizar os trabalhos a mestranda foi APROVADA e os membros presentes assinaram a ata de defesa que será homologada pelo colegiado desse Programa de Pós-Graduação.

Observações para a mestranda:

- Aprovada.
 Reprovada.
 Aprovada com correções a serem conferidas pela banca.
 Aprovada com correções a serem conferidas pelo orientador.

MEMBROS DA BANCA	FUNÇÃO PRINCIPAL	ASSINATURA OU JUSTIFICATIVA DE NÃO ASSINATURA
DEBORAH ALVES FERREIRA	Presidente da banca e avaliadora	<i>Deborah Alves Ferreira</i>
ANGÉLICA PEDRICO	Avaliadora	<i>Angélica Pedrico</i>
LUCIANO FERNANDES SOUSA	Orientador	Participação a distância de acordo com Resolução do Consep – UFT Nº 09, DE 14 DE MARÇO DE 2018. <i>Deborah Alves Ferreira</i> Presidente da banca e avaliadora

Prazo para entrega da dissertação corrigida: 60 dias

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

BR 153, Km 112, Zona Rural | CEP: 77804-970 | Araguaína/TO
(63) 3416-5424 | www.uf.edu.br | pgsat@uf.edu.br



Observações:

não há

Deborah Alves Ferreira
Prof. Dra. Deborah Alves Ferreira
PRESIDENTE DA BANCA E AVALIADORA