

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

FABIELLEN CRISTINA PEREIRA

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE MUDANÇA CLIMÁTICA
EM SISTEMAS DE CONFINAMENTO E À BASE DE PASTO
EM NOVA ESCÓCIA – CANADÁ, ATRAVÉS DO CICLO DE
VIDA.**

**FLORIANÓPOLIS - SC
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

FABIELLEN CRISTINA PEREIRA

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE MUDANÇA CLIMÁTICA
EM SISTEMAS DE CONFINAMENTO E À BASE DE PASTO
EM NOVA ESCÓCIA – CANADÁ, ATRAVÉS DO CICLO DE
VIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência para obtenção do Diploma de
Graduação em Zootecnia da Universidade Federal
de Santa Catarina.

Orientador: Prof.^o Dr.^o Luiz Carlos Pinheiro
Machado Filho.

**FLORIANÓPOLIS - SC
2016**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pereira, Fabiellen Cristina
ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE MUDANÇA CLIMÁTICA EM
SISTEMAS DE CONFINAMENTO E À BASE DE PASTO EM NOVA ESCÓCIA -
CANADÁ, ATRAVÉS DO CICLO DE VIDA. / Fabiellen Cristina
Pereira ; orientador, Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho -
Florianópolis, SC, 2016.
61 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias. Graduação em Zootecnia.

Inclui referências

1. Zootecnia. 2. Gases de efeito estufa. 3. Metano
entérico. 4. Avaliação do ciclo de vida. I. Pinheiro
Machado Filho, Luiz Carlos. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Zootecnia. III. Título.

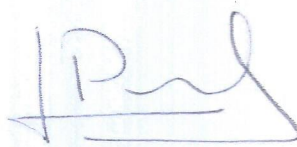
Fabiellen Cristina Pereira

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE MUDANÇA
CLIMÁTICA EM SISTEMAS DE CONFINAMENTO E À
BASE DE PASTO EM NOVA ESCÓCIA – CANADÁ,
ATRAVÉS DO CICLO DE VIDA**

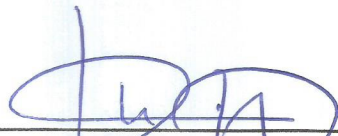
Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Zootecnista.

Florianópolis, 22 de junho de 2016.

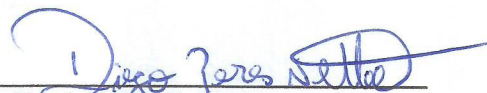
Banca Examinadora:



Prof. Dr.º Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



MSc. Adenor Vicente Wendling
Bacharel em Agronegócios



Prof. Dr.º Diego Peres Netto
Professor
Universidade Federal de Santa Catarina

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado aos meus pais, cujos vigores ilimitados me assistem na busca e no triunfo dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por todo o amor, apoio e dedicação incondicional à minha vida e às minhas conquistas.

Ao meu orientador Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho pelos ensinamentos, confiança, oportunidades, conselhos e apoio durante toda minha graduação.

Ao professor Alan Fredeen da Universidade canadense Dalhousie, o qual me recebeu com muito carinho para a realização desse trabalho, oferecendo-me vasta aprendizagem e suporte.

Aos colegas do Laboratório de Etologia Aplicada, onde tive muita experiência, enriquecimento e momentos prazerosos.

Aos amigos verdadeiros que me deram força não só na graduação, mas em muitos momentos da minha vida, os quais serão sempre lembrados.

À minha família do estágio de vivência, a qual não mediu esforços para me receber e me introduzir em seu dia-a-dia, fazendo com que o curto período em que fiquei lá fosse o mais proveitoso possível.

Meus agradecimentos a todos os professores que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Para finalizar, agradeço a todas as pessoas que me ofereceram oportunidades de estágios, experimentos, atividades, projetos e afins, contribuindo para o meu crescimento não só profissional, mas também pessoal, fazendo parte da minha caminhada a qual me trouxe onde estou hoje.

RESUMO

Frente aos impactos ambientais causados pela bovinocultura leiteira, em especial a contribuição ao aquecimento global, esse trabalho teve como objetivo comparar a emissão de gases de efeito-estufa (GEE) entre dois sistemas distintos de criação: à base de pasto e confinamento. Para tanto, estimou-se, através de uma avaliação parcial do ciclo de vida (ACV), a emissão de gases no período de um ano, em uma propriedade da província de Nova Escócia no Canadá, em que, devido às condições climáticas, o rebanho permanece confinado no inverno e no pasto durante o verão. Os dados coletados de ambos os sistemas foram avaliados no programa HOLOS, versão 2.1. A unidade funcional foi a produção de 1 kg de leite corrigido pela energia. Foram considerados dados de produção, tamanho do rebanho, tipo e quantidade da dieta, uso de fertilizantes, eletricidade, diesel e extensão de área destinada ao cultivo de grãos e à pastagem. Como resultado, o sistema de confinamento apresentou maior emissão de gases em geral, porém, menor emissão em relação ao kg de leite produzido, comparando-se com o pasto. O animal em si foi considerado a maior fonte de GEE, através da emissão de metano entérico. Em termos econômicos, o sistema de confinamento apresentou maior margem bruta, porém, maior sensibilidade a alterações de custos, em relação ao sistema à pasto. A ACV mostrou-se eficiente para a tomada de decisões em uma unidade produtiva, permitindo a busca de opções para tornar a produção mais sustentável. Foram levantadas diversas medidas para reduzir a emissão de GEE em ambos os sistemas.

Palavras-chave: Comparação, Metano, Produção, Sustentável.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama conceitual das entradas e saídas de um Sistema leiteiro.33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fertilizantes utilizados para cada cultura contida na alimentação das vacas.....	29
Tabela 2: Área e quantidade de N necessário para cada cultivo no sistema à Pasto da fazenda da Dalhousie University Campus de Agricultura em 2015.....	29
Tabela 3: Área e fertilizante N necessário para cada cultivo no sistema de confinamento na fazenda da Dalhousie University Campus de Agricultura em 2015.....	30
Tabela 4: Quantidade de alimento (kg de MS) requerida por vaca por dia em sistema à pasto e sistema de confinamento.....	30
Tabela 5: Composição do concentrado compreendendo 16% do TMR.....	31
Tabela 6: Nutrientes e quantidades contidas no premix MDCL18.....	31
Tabela 7: - Produção e teores de gordura e proteína do leite de vacas da fazenda DALAC em Sistema à pasto e confinamento.....	34
Tabela 8: Fonte de GEE em sistema de confinamento e à pasto da unidade leiteira da DALAC por ano.....	36
Tabela 9: Emissão intensiva de GEE considerando apenas emissão total e emissão de CH ₄ entérico em kg CO ₂ equivalente por kg de leite corrigido pela energia (ECM), em sistemas à pasto e confinamento.....	37
Tabela 10: Receita do sistema à Pasto e Confinamento.....	43
Tabela 11: Uso de energia, ERD, para o cultivo feito nos dois sistemas em (x10 ³) BTU/ha.....	44
Tabela 12: - Preço dos ingredientes contidos no concentrado.....	47
Tabela 13: Custos com eletricidade, combustível, alimentação e fertilizante (\$/vaca/dia).....	47
Tabela 14: Lucro estimado nos sistemas de Confinamento e à Pasto.....	47
Tabela 15: Análise de sensibilidade em aumento de 10% dos custos.....	50
Tabela 16: Análise de sensibilidade em aumento de 15% dos custos.....	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Contribuições previstas de fontes de emissões de GEE (Mg CO _{2e}) no sistema de Confinamento da DALAC.....	35
Gráfico 2 - Contribuições previstas de fontes de emissões de GEE (Mg CO _{2e}) no sistema à Pasto da DALAC.....	35
Gráfico 3 - Comparação da emissão de gases entre os sistemas de confinamento e à pasto da unidade leiteira da DALAC estimada por HOLOS 2.1	36
Gráfico 4 - Quantidade total da eletricidade usada no sistema à pasto e confinamento na unidade de produção DALAC por mês e por sistema em kilowatt horas.....	45
Gráfico 5 - Custo total (\$) com eletricidade nos dois sistemas.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

Ácido linoleico conjugado (CLA)
Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)
Avaliação do ciclo de vida (ACV)
Carbono (C)
CO₂ equivalente (CO_{2e})
Dalhousie, campus de Agricultura (DALAC)
Dióxido de carbônico (CO₂)
Dióxido de enxofre (SO₂)
Dióxido de nitrogênio (NO₂)
Energy corrected milk (ECM)
Fibra em detergente ácido (FDA)
Fibra em detergente neutro (FDN)
Gases de efeito estufa (GEE)
Integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF)
Matéria seca (MS)
Metano (CH₄)
Monóxido de carbono (CO)
Nitrogênio (N)
Nova Escócia (NE)
One kilogramme of fat and protein corrected (FCPM)
Óxido nítrico (NO)
Óxido nitroso (N₂O)
Óxidos de nitrogênio (NO_x)
Ozônio (O₃)
Pastoreio Racional Voisin (PRV)
Total mixed ration (TMR)
Total Residential Energy Demand (ERD)
Unidade funcional (UF)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	17
2.1. Objetivo Geral	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Avaliação do ciclo de vida	18
3.2. Impactos ambientais causados pela Bovinocultura de leite	19
3.2.1 Metano entérico	20
3.2.2 Dióxido de carbono e monóxido de carbono	22
3.2.3 Óxidos de nitrogênio	23
3.2.4 Sequestro de Carbono	24
3.3. Sistemas de produção	25
3.3.1 Sistema à Pasto	25
3.3.2 Sistema de Confinamento	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1. Local e período	28
4.2. Descrição do rebanho	28
4.3. Alimentação das vacas e cultivo das culturas	29
4.4. Unidade funcional	31
4.5. Análise econômica	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Emissões de gases	34
5.1.1 Metano entérico	38
5.1.2 Dejetos e fertilizantes	39
5.1.3 Mitigação do metano entérico	40
5.1.4 Sequestro de Carbono	42
5.2. Análise econômica	43
5.2.1 Eletricidade	44

5.2.3 Custos com alimentação	46
5.2.4 Combustível	50
6. CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

Leite e produtos lácteos contêm nutrientes requeridos para uma dieta balanceada e saudável. Estima-se que, aproximadamente, 6 bilhões de pessoas no mundo consomem produtos lácteos diariamente e essa demanda deve crescer no futuro (FAO, 2015). Em 2014, canadenses consumiram em média 73 litros de leite fluido per capita, 12,4 kg de queijo e 2,8 kg de manteiga. Além disso, o Canadá exportou 95.267.753 kg de produtos lácteos, apesar de ser também grande importador. Do Brasil, Canadá importou mais do que exportou no ano de 2014, tornando o Brasil a 14^o maior fonte de importações globais canadense (GOVERNMENT OF CANADA, 2015). Nesse mesmo período, o número de vacas era de 959000 incluindo 23000 em 229 fazendas na província de Nova Escócia (NE). 45% das fazendas leiteiras em NE empregam o sistema de confinamento *tie-stall*, comparado com 71,7% nacionalmente (CANADIAN DAIRY INFORMATION CENTRE, 2015). Sistema *tie-stall* oferece aos animais um local sem espaço, impossibilita movimentos e impede interações sociais, prejudicando a performance e comportamentos fisiológicos dos mesmos (VUCEMILO et al., 2012). Sendo criticado em relação ao bem-estar dos animais.

O leite é o quinto principal produto agrícola do Canadá em valor da produção (FAO, 2013), tendo esta cadeia produtiva grande importância econômica. Entretanto, a produção de leite é baseada no uso de recursos naturais, incluindo energia e água, os quais implicam em algumas degradações, como: uso de combustíveis fósseis, acidificação, eutrofização dos cursos d'água, contaminação dos lençóis freáticos e erosão do solo. Fazendas leiteiras também emitem gases de efeito estufa (GEE) (O'BRIAN, 2012). O impacto ambiental dos sistemas de produção agrícola tem sido foco de preocupações crescentes da sociedade e dos governos.

Os principais GEE vindos de sistemas leiteiros incluem dióxido de carbônico (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). CO₂ provém da queima de combustíveis fósseis usados para colheita, produção e transporte de inputs, incluindo fertilizante nitrogenado e produção de eletricidade, usado para promover a dieta e controle ambiental nas instalações dos animais e remoção de dejetos. CH₄ é produzido entericamente e através da atividade anaeróbica microbiana nos dejetos. N₂O vem do nitrogênio (N) aplicado ao solo e do depósito de dejetos, contribuindo para a

destruição da camada de ozônio (OWEN; SILVER, 2015). Produtos dessas emissões têm aumentado rigorosamente desde a época pré-industrial, e hoje, atuam em 4% das emissões globais. A mudança na concentração atmosférica desses gases resulta do balanço dinâmico entre emissões antropogênicas e a perturbação dos processos naturais, os quais lidam com uma remoção parcial desses gases para a atmosfera (CIAIS et al., 2013), incluindo perda do potencial sequestro de carbono (C). Globalmente, a agricultura contribui com 18% das emissões de GEE (BERRY, 2015), 1,6% provido do Canadá e 2,3% do Brasil (ECGA, 2012).

Sistemas de produção leiteira diferem na quantidade de GEE emitidos devido à diferença no número de animais usados por unidade de leite produzido e à quantidade de inputs externos, como energia fóssil, usados para produzir cada unidade de leite (ARSENAULT et al., 2009). O baixo uso de inputs nos sistemas à pasto é devido ao uso de pastagens para suprir grande parte do requerimento nutricional dos animais, comparado com alta produção no sistema de confinamento que é dependente da importação de grande quantidade de grãos e forragens cultivadas (O'BRIAN, 2012). Quando as emissões dos sistemas leiteiros são mensuradas de forma intensiva (GEE/kg de leite), alta produção causa redução de emissão de gases, dando-se a mesma importância na redução total de GEE de forma isolada. Entretanto, aumentando-se a produção de leite significa maior uso de inputs, que nem sempre são evidentes.

No Canadá, o sistema à pasto funciona de forma intensiva e apenas durante 4 a 6 meses do ano e apesar de requerer mais vacas para balancear a maior produção de leite no sistema de confinamento, utiliza, em geral, menor número de cabeças, devido à restrição física. Porém, o confinamento exige maior uso de recursos em razão de mais operações de campo e uso de fertilizantes, maior custo com infraestrutura e depósito de dejetos e silagens, causando maior emissão de gases que o pasto (ARSENAULT et al., 2009; BELFLOWER et al., 2012).

O impacto ambiental causado pela produção de leite deve ser determinado para auxiliar a tomada de decisões necessárias para atender a demanda crescente de leite pelos consumidores, no contexto de reduzir a emissão de GEE (STORM et al., 2012). Um método que pode ser utilizado para quantificar as fontes de GEE de um sistema é a Avaliação do ciclo de vida (ACV), uma ferramenta holística que requer um inventário detalhado dos inputs e outputs das propriedades (ISO, 2009). O objetivo desse estudo foi utilizar uma abordagem parcial do ciclo de vida para

comparar as fontes de GEE e impactos causados pela produção de leite em sistemas à pasto e confinamento na província de NE no Canadá.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a emissão de GEE provindos de dois sistemas distintos – intensivo à pasto e confinamento - da mesma propriedade leiteira durante o período de um ano.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar as maiores fontes e emissões de GEE nos dois sistemas, através de uma abordagem parcial de ACV.
- Fazer uma análise econômica de ambos os sistemas a fim de relacionar os impactos ambientais, sociais e econômicos causados pela unidade de produção.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Avaliação do ciclo de vida

A ACV trata-se de uma ferramenta holística que busca avaliar os impactos ambientais, uso de recursos e emissões de gases, provocados durante a vida de um produto, através da unidade funcional, expressa em termos quantitativos de um sistema de produção (DE VRIES; DE BOER, 2010). Essa ferramenta trabalha a partir de informações da propriedade, desde a área utilizada para produção de grãos e forragem, composição e quantidade dos alimentos comprados externos à propriedade, média de peso dos animais, bem como parâmetro de fertilidade e produtividade, composição da gordura e proteína no leite, quantidade de fertilizantes requeridos, combustível e eletricidade e até mesmo detalhes nutricionais dos animais (MEUL et al., 2014).

A ACV tem se tornado globalmente utilizada para mensurar os impactos ambientais causados por sistemas agrícolas (THOMASSEN et al., 2008). Apesar de não acessar a vida completa de um produto, fornece uma ideia aproximada das consequências ambientais principalmente em relação à acidificação e eutrofização dos solos e cursos d'água, aquecimento global e utilização de recursos não renováveis durante a cadeia produtiva dentro da porteira (O'BRIEN et al., 2012). Além disso, permite aos usuários tomar decisões baseadas nas melhores estratégias para alterar os impactos no ambiente, principalmente por ser uma ferramenta de fácil uso e ser flexível para manter constantes alterações e atualização de dados (MEUL et al., 2014).

O uso da ACV exige uma unidade funcional a fim de comparar dois ou mais sistemas de produção. A metodologia dessa avaliação inclui 4 estágios: a definição e objetivo do trabalho, o levantamento de todos os dados possíveis, a avaliação dos objetos de uso, ou seja, dos sistemas, e por fim, a interpretação dos resultados alcançados (ISO, 2005). A abordagem da ACV em adição à identificação de problemas e comparação de sistemas objetiva a escolha de processos e técnicas, inclusive permitindo a elaboração de novos, quando necessário. Por ser um inventário detalhado, possibilita a identificação de estágios dentro da cadeia

produtiva que possam minimizar impactos, caso trabalhados ou modificados (GUINÉE et al., 2001).

3.2. Impactos ambientais causados pela Bovinocultura de leite

Segundo definição estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1986), impacto ambiental pode ser definido como quaisquer alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por quaisquer formas de matéria ou energia resultante das atividades humanas que indireta ou diretamente afetam a saúde e bem-estar da população, atividades sociais e econômicas, a biota, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

A pecuária demanda uso de terra para permanência do rebanho, cultivo de grãos e pastagens, sendo a maior ocupante de terra dentre as atividades antropogênicas. Práticas agropecuárias como queimada, revolvimento do solo e até mesmo alta carga animal em determinada área fragilizam o solo, podendo acarretar em erosão, degradação e compactação do mesmo, sem falar do desflorestamento para extensão de área demandada para a agricultura. Algumas técnicas de manejo de pastagem e conservação do solo e uso de sistemas mais sustentáveis, como silvopastoril, podem minimizar as consequências do uso intensivo do solo (STEINFELD et al., 2006) ou Pastoreio Racional Voisin (PRV) (MACHADO, 2010).

O fornecimento de ração aos animais acarreta em alto potencial de eutrofização das águas, devido às tecnologias utilizadas na produção dos grãos, emissões de resíduos de enxofre da indústria de máquinas agrícolas e da produção e uso de fertilizantes químicos. Além destes fatores estarem também relacionados à acidificação dos solos devido à liberação de amônia, nitratos e sulfatos. A produção de ração é também o processo que mais demanda energia extraída de recursos da natureza, principalmente em razão do uso de ureia e diesel (SEÓ, 2015).

Práticas agropecuárias também são grandes contribuintes para a emissão em grande escala de GEE: CH₄, CO₂, monóxido de carbono (CO), N₂O e óxidos de nitrogênio (NO_x), os quais contribuem para o aquecimento global. O aquecimento global é o desequilíbrio no balanço da radiação solar do planeta e ocasiona aumento da temperatura global, derretimento das calotas polares e elevação do nível global

médio do mar (LIMA, 2002). Esse processo é provocado por fatores internos – variações da atividade solar e composição físico-química atmosférica – e externos relacionados a atividades antropogênicas. Esses gases, geralmente expressos em CO₂ equivalente (CO_{2e}), absorvem parte da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e irradiam uma porção de volta, resultando em quase o dobro da energia da atmosfera retornando para a Terra (SILVA; PAULA, 2009).

3.2.1 Metano entérico

O CH₄ é a maior fonte da emissão antropogênica global, provindo principalmente da pecuária, tratamento de água, mineração de carvão e aterros. Na emissão natural, podem-se citar como fontes desse gás, sedimentos oceânicos, animais selvagens, zonas húmidas e turfeiras. (LASSEY, 2008). A emissão de CH₄ advinda do rebanho, 70% produto da bovinocultura (JOHNSON et al., 1994), é dependente, em geral, da população de ruminantes, do nível de produção, sistema utilizado e do manejo de dejetos (KNAPP et al., 2014) e nada mais é do que 6 a 18% da energia bruta ingerida pelo animal que foi não foi aproveitada. Há maneiras de reduzir esse índice e tornar a produção mais rentável e sustentável, como melhorias na dieta, nas pastagens, suplementação alimentar e na genética dos animais (PEDREIRA; PRIMAVESI, 2011).

Os ruminantes sofreram processos anatômicos e fisiológicos durante a evolução, os quais lhes permitiram, através do desenvolvimento de uma câmara de fermentação pré-gástrica, utilizar de forma eficiente carboidratos estruturais como fonte de energia e compostos nitrogenados não proteicos como fonte de proteína. A fermentação origina ácidos graxos de cadeia curta, proteína microbiana, vitaminas do complexo B e vitamina K, CH₄, dióxido de carbono, amônia entre outros compostos, através da atividade física e microbiológica presente no rúmen do animal que atua nos componentes da dieta (OWENS; GOETSCH, 1993 *apud* VALADARES FILHO; PINA, 2011).

O rúmen apresenta ambiente favorável ao desenvolvimento e permanência de populações microbianas, pH de 5,5 a 7, pouco oxigênio e temperatura entre 38 e 42°C. Nessas condições, a população de bactérias é na ordem de 10¹⁰/g de digesta e de protozoário é de 10⁶/g de digesta, porém, a classificação desses

microrganismos depende também do tipo de substrato que eles utilizam como alimento, bem como do produto final. Aproximadamente, 80% da matéria seca (MS) digestível da dieta é digerida pelos microrganismos do rúmen, sendo que os carboidratos compõem cerca de 75% da MS das forragens e a principal fonte de energia para o ruminante (SILVA; LEÃO, 1979).

O CH₄ é produzido por bactérias metanogênicas, archaeobacterias quimiotróficas, tal como a *Methanobacterium ruminatum* e *Methanobrevibacter sp* (KOZLOSKI, 2016), através de reações de fosforilação nos quais prótons e elétrons são transferidos à H e CO₂ e posteriormente convertidos em formato, precursor do CH₄. A formação desse gás depende bioquimicamente de dois mecanismos: da quantidade de carboidrato fermentado no retículo-rúmen e do hidrogênio disponível através da proporção de ácidos graxos voláteis resultantes da degradação de carboidratos. O ácido propiônico é o maior impactante nesse caso, visto que a partir dele se forma a glicose, fator que influencia na quantidade de leite produzido. Outras fontes de hidrogênio poderiam ser os ácidos graxos insaturados, nitratos, sulfatos, oxigênio e crescimento bacteriano, mas em proporção relativamente menor (SILVA; LEÃO, 1979). Fatores relacionados a esses dois mecanismos incluem: tipo e quantidade da dieta, processamento da forragem ofertada, tipo do carboidrato quantidade de lipídeos contida na dieta e opções artificiais de modificação na microflora ruminal, como ionóforos (JOHNSON; JOHNSON, 1995).

Os carboidratos ingeridos pelo animal são polímeros de glucose, em forma de amido ou celulose que serão metabolizados pelos microrganismos do rúmen, oxidados até piruvato. Em seguida, são convertidos de acordo com a via metabólica a que são destinados, nos principais ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como acetato, butirato e propionato, ou em CO₂ (aproximadamente 60%), CH₄ (30 a 40%) e quantidades variáveis de N₂, H₂S e O₂, originados das reações de descarboxilação e das reações do H⁺ pelo HCO₃⁻, oriundo da saliva ou do epitélio ruminal durante a absorção dos AGCC (VALADARES FILHO; PINA, 2011), dependendo do tipo do açúcar que foi fermentado e das espécies bacterianas que irão atuar. Há uma relação inversa entre a produção de propionato e CH₄, devido ao fato de que o CO₂ e H são subprodutos da conversão da glucose em acetato e butirato, enquanto que no propionato, o H é utilizado para produzi-lo (NUSSIO et al., 2011).

A produção e emissão de CH₄ no ruminante, são afetadas pelo seu tamanho, sua produtividade, espécie trabalhada (FRASER et al., 2015) e tipo e quantidade de

alimento que ele ingere (O'MARA, 2011). A genética do animal, dentre outros fatores, os diferencia em relação ao potencial de produção, desempenho reprodutivo e eficiência alimentar. A dieta influencia na composição microbiológica ruminal, além de influenciar na produção de dejetos, outra fonte de emissão de CH₄ (THORNTON; HERRERO, 2009). Geralmente, animais que consomem dietas mais pobres em termos de qualidade, emitem mais CH₄ do que animais que consomem dietas de melhor qualidade, e dietas baseadas em concentrado, por conter mais carboidratos não fibrosos que favorecem a produção de propionato, tendem ser menores emissores do gás, do que dietas baseadas em forragem. O uso de leguminosas na pastagem e um bom sistema de manejo são alternativas para ocasionar redução na emissão de CH₄ (WOODWARD et al., 2001).

3.2.2 Dióxido de carbono e monóxido de carbono

O CO₂ é liberado na atmosfera através do uso de combustíveis fósseis para geração de eletricidade, sendo em maior proporção do que os outros gases liberados: CH₄, SO₂ e NO_x). O CO é oxidado a CO₂ na atmosfera. No Canadá, a energia provém de diferentes fontes, sendo a mais utilizada o carvão. Aproximadamente 1 tonelada de carvão é usada para gerar 1.904 kWh de combustível. Diferentes fontes de combustíveis emitem diferentes taxas de gás. No caso do carvão sub-bituminoso, e lignite para cada kWh produzido dessas fontes, 2,07; 2,15 e 2,17 libras de CO₂ são emitidos respectivamente (EIA, 2015). Fontes de diesel emitem aproximadamente 2,62 kg de CO₂ por litro, além de outros gases como SO₂, NH₃ e N₂O, e demanda demasiada energia (NEMECEK; KAGI, 2007).

Desmatamento e práticas agrícolas no solo, como drenagem de zonas úmidas, aração, revolvimento e queimadas também contribuem para emissão de CO₂ na atmosfera. Fontes naturais desse gás incluem respiração de seres vivos, a partir da reação do oxigênio com a glicose, decomposição de seres vivos e materiais e erupções vulcânicas. Porém, o excesso de emissões antropogênicas desse gás acarreta no desequilíbrio do efeito-estufa, chuva ácida e poluição do ar e afeta reservatórios naturais de carbono e ecossistemas que possuem a capacidade de sequestrar e absorvê-los. Como consequência indireta, esse gás implica em maior

incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares na população (ECYCLE, [201-]).

3.2.3 Óxidos de nitrogênio

O N_2O é produto da nitrificação e desnitrificação do N mineral no solo através de processos bacterianos, sendo que o montante gerado depende do tipo de cultura, tipo e quantidade de fertilizante, depósito de combustíveis fósseis e queimadas no solo (KAISER et al., 1998), sendo ambos os processos dependentes da disponibilidade de oxigênio no solo, mas em condições opostas (JANTALIA et al., 2006). Todas as atividades agrícolas resultam na emissão desse poderoso gás, desde a preparação do solo até a deposição do dejetos no mesmo. A emissão deste, através dos dejetos dos animais depende da espécie trabalhada, da idade do animal, classe, peso corporal, do manejo, da extensão do pasto, tipo do alimento, quantidade de fibra contida na ração e da forma de depósito. Apesar da maior emissão de N_2O provir do uso de fertilizantes, o esterco pode ser usado como fertilizante natural, dispensando o uso dos químicos (O'MARA, 2011).

O processo aeróbico de nitrificação ocorre pela oxidação biológica das formas reduzidas do N gasoso, amônio e amônia, através de bactérias quimioautotróficas e algumas vezes, heterotróficas em nitrato e nitrito. *Nitrosomonas* e *Nitrosospira* são os principais gêneros responsáveis por essa oxidação e *Nitrobacter* é o gênero responsável pela segunda etapa do processo em que nitratos são convertidos em N_2 e N_2O de volta à atmosfera. A importância desse processo é originar formas reduzidas voláteis que serão utilizadas como receptoras de elétrons para oxidação do C e geração de energia, e depende da saturação de água no solo, pH e a temperatura. Solos com baixos valores de espaços porosos saturados com água emitem N_2O através da nitrificação e se esse gás migrar para um sítio do solo rico em O_2 , suas chances de ser desnitrificado a N_2 são mínimas, visto que esse processo é dependente da difusão de O_2 da atmosfera para o interior do solo atuando na proporção de gases que escapam (KILLHAM, 1986; POTH; FOCHT, 1985; FIRESTONE; DAVIDSON, 1989 *apud* JANTALIA et al., 2006). As fontes de N ocorridas durante a decomposição de vegetais são o próprio tecido vegetal, o N mineral previamente presente no solo e o N fruto da reciclagem microbiana, sendo

essas fontes influenciadas pela umidade do solo e pelo contato entre o solo e os resíduos, grau dependente do tipo de preparo realizado no solo, pois este afeta o acesso das enzimas dos micro-organismos ao C e N (AITA; GIACOMINI, 2006).

N₂O quando liberado para a estratosfera reage com o oxigênio atômico prejudicando a formação de ozônio (O₃) e contribuindo para a destruição da camada de ozônio. O óxido nítrico (NO) também contribui para esse dano e para a chuva ácida e tende a se oxidar na atmosfera formando o dióxido de nitrogênio (NO₂). Esses dois gases são considerados poluentes da troposfera, enquanto que N₂O exerce maior influência na estratosfera desequilibrando o efeito estufa. O alcance do nitrato aos cursos d'água também implica em um problema ambiental denominado eutrofização, no qual o excesso de nutriente nas águas de represa ou lagos promove o aumento acelerado de algas dificultando a passagem de luz e desequilibrando o meio aquático. Para as plantas, o N pode ser prejudicial também, quando disponíveis em maior quantidade do que sua capacidade de assimilação podendo limitar seu crescimento (ECYCLE, [201-]).

3.2.4 Sequestro de Carbono

O sequestro de carbono em uma unidade agrícola implica no armazenamento de C, provido do CO₂ atmosférico, pelas raízes profundas de árvores, pasto e vegetações do sistema, aumentando sua densidade no solo, em proporção de balancear a emissão de GEE da atmosfera, desde que a entrada de C supere as perdas por oxidação e erosão (SILVA et al., 2016). Essa taxa de captação tende a ser ainda maior em pastagens compostas por várias espécies, em manejo de rotação de culturas, uso de plantas de coberturas e emprego de leguminosas, devido à alta simbiose de N e ao depósito de N através dos dejetos e urina do animal, fruto do suplemento oferecido durante a ordenha, e também ao aumento da matéria orgânica do solo com a relação C:N (AITA; GIACOMINI, 2006). Florestas e pastos possuem maior estoque de C no solo do que cultivos de grãos, devido ao acúmulo de biomassa, sendo essa concentração de C aumentada se houver árvores plantadas na área de pastoreio (MARTENS et al., 2004). Solos não movimentados (plantio direto) implicam também em menor perda de C em comparação com solos preparados de forma convencional. Sistema de plantio direto apresenta maior estado

de agregação do solo, maior estoque de C orgânico no mesmo, maior fornecimento de N e maior proteção contra erosão, devido aos resíduos vegetais permanecidos na superfície do solo (JANTALIA et al., 2006; AITA; GIACOMINI, 2006).

O C é o principal componente da matéria orgânica do solo, a qual é responsável pela fertilidade e capacidade do mesmo em fornecer condições necessárias para o adequado crescimento das culturas, sendo componente chave para a sustentabilidade dos sistemas (URQUIAGA et al., 2006). Em ecossistemas terrestres, a quantidade de C no solo tende a ser maior do que a quantidade nas próprias vegetações em si e a conversão dessas vegetações naturais em vegetações cultivadas implica em perda de C, causadas pela reduzida entrada de matéria orgânica no solo e efeitos da lavoura que diminuem a proteção física de decomposição, por quebrar os agregados e promover a agitação do solo, expondo as superfícies organo-minerais. O C orgânico do solo provém de resíduos e interações complexas de micro-organismos, plantas e animais em diversos estágios de decomposição associados com as partículas inorgânicas do solo, sendo influenciados por fatores biológicos, como temperatura e umidade do solo, além desses fatores, resíduos deixados na superfície do solo são incorporados através das atividades animais (POST; KWON, 2000). A biodiversidade do solo também influencia a taxa de absorção de C (LAL, 2004).

Dentre os benefícios e funções do estoque de C no solo, podem-se citar: promoção da agregação do solo, capacidade de infiltração da água a ponto de evitar perda por escoamento superficial, servir como substrato energético para a biota do solo, redução da erosão, servir como tampão contra flutuações bruscas no solo em reação à aplicação de insumos agrícolas, atuar como filtro de poluentes de produtos agrícolas e atuar como tampão na emissão de GEE na atmosfera, além de ser fonte natural renovável que melhora a qualidade do solo em geral (LAL, 2004).

3.3. Sistemas de produção

3.3.1 Sistema à Pasto

A produção de leite em pastagens está relacionada com um custo de produção menor, produtos de melhor qualidade e mais recomendado à saúde humana.

Todavia, sua instalação é dependente do clima, padrão racial dos animais e do local a ser produzido. Dentre os sistemas de pastoreio, há o sistema extensivo, no qual os animais, geralmente de raças mistas, permanecem no pasto e apresentam menor desempenho; sistema semiextensivo e intensivo à Pasto, no qual o padrão racial dos animais é melhor, a produção maior e há uso de forrageiras com elevada capacidade produtiva e suplementação de volumosos ou concentrado (CECATO et al., 2010).

O sistema extensivo é denominado pastoreio contínuo, no qual não há muito controle dos animais e da produção de forragem e há baixo investimento de capital (SCHOENIAN, 2011). Nos sistemas semiextensivo, o uso de gramíneas forrageiras deve ser adequado com as condições climáticas do local e da época do ano, atentando-se à temperatura, pluviometria, umidade, radiação solar, tipo de solo, etc. Em épocas críticas pode-se fazer o uso de volumosos, tais como pastagens diferidas, silagens e fenos, que ajudam no aumento da produtividade. No sistema de pastoreio é importante controlar a carga animal por área, a fim de evitar grande número de indivíduos associado à pouca oferta de forragem, o que causaria competição entre os animais e desequilíbrio nutricional devido à falta de alimento, além de pressão no solo e na forrageira. Se há oferta de forragem superior ao que o animal necessita, ele é capaz de escolher a forragem, ingerindo sempre a de melhor qualidade. É importante também realizar um bom manejo da pastagem, para oferecer ao animal forragens de crescimento inicial que apresentem boa quantidade de proteína e baixa quantidade de compostos indigestíveis, como a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Geralmente, o pasto proporciona um leite com maior teor de ácido linoleico conjugado (CLA), em especial pastos em fase de crescimento inicial (CECATO et al., 2010).

No Canadá os sistemas intensivo à pasto são, principalmente: *Strip grazing*, no qual a cada dia uma nova faixa de pasto separada por um fio elétrico é oferecido aos animais e pastoreio rotacional, no qual a área é dividida em piquetes ou células, em que os animais são mudados de acordo com o crescimento da forragem e utilização da mesma. Esse sistema permite melhor distribuição dos dejetos, melhor controle da sementeira, força os animais a consumirem toda a massa forrageira do piquete e a qualidade da forrageira tende a ser mais alta. Geralmente, recomenda-se a troca dos animais dentre 3 a 7 dias para um novo piquete (SCHOENIAN, 2011).

3.3.2 Sistema de Confinamento

O sistema de confinamento é um sistema intensivo de produção, no qual há uso de animais de alto padrão racial, alta média de produção e fornecimento de alimentos volumosos e concentrado no cocho (CECATO et al., 2010). A sofisticação da instalação depende do poder aquisitivo do produtor, mas deve buscar o conforto aos animais. O uso desse sistema justifica-se, dentre outros fatores, pela maior produção, alojando-se maior número de animais em menor área, maior controle ambiental para o uso de raças não adaptadas a certas zonas climáticas, melhor garantia na produção constante no ano e facilidade ao produtor de não gastar energia indo até o pasto e poder ter melhor controle da alimentação dos animais (NOVAES, 1993).

Entretanto, o confinamento requer maior investimento em instalação, apresenta maior incidência de problemas no casco e contaminação devido à alta concentração de animais. Além de demandar grande quantidade de inputs, como grãos, fertilizantes e combustíveis fósseis. Dentre os sistemas utilizados, o *free stall* e *tie-stall* são os mais utilizados no Canadá. O sistema *free stall* é constituído de um galpão grande com cochinhos individuais para as vacas e dispositivos para controle da deposição do dejetos em corredor, além de material de cama, como madeira, borracha e areia, para descanso dos animais (CECCHIN, 2012).

Já no sistema *tie-stall* as vacas forçam-se a permanecer no mesmo local e comer a mesma ração o ano todo, sem opção de caminhar pelo estábulo, devido ao fato de estarem presas por uma corrente no pescoço (KROHN et al., 1992). Nesse sistema, o comportamento social e voluntário dos animais é limitado, inviabilizando o seu bem-estar e causando discussão em relação ao uso ou não do mesmo, apesar de ser largamente adotado em muitas propriedades mundo. Como as vacas não têm opção de fazer outra coisa a não ser deitar, estresse e problemas de comportamento são mais comuns nesse tipo de instalação, por isso sugere-se que as vacas façam exercícios diários para evitar riscos (POPESCU et al., 2013, EFSA, 2009).

Segundo Broom e Fraser (2007), os principais problemas de bem-estar animal em animais de fazenda, incluindo vacas leiteiras, estão relacionados com o sistema de criação e manejo utilizado. Os problemas incluem fatores não só físicos como também comportamentais, ou seja, dificuldade de expressar o comportamento natural da espécie, e de saúde, como incidência de claudicação, estresse e mastite.

Esses fatores são menos comuns em vacas submetidas à sistema de criação em pastagem.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local e período

O experimento foi conduzido na universidade Dalhousie, campus de Agricultura (DALAC) em 2015. A unidade leiteira estudada compreende 22,1 ha destinadas ao pastoreio e 132,86 ha de área destinada à produção de grãos e culturas, principalmente milho e silagem composta por pasto.

Os dados para o inventário da ACV foram coletados de dois sistemas utilizados na fazenda da universidade: sistema intensivo à pasto, desde o final da Primavera, verão e início do outono, e sistema de confinamento, durante o inverno, início da Primavera e fim do Outono, aproximadamente 4 e 8 meses, respectivamente. Os dados foram utilizados para determinar a emissão de GEE, comparando-se os dois sistemas, por meio do programa Holos (Agriculture and Agri-Food Canada; version 2.1), que tem sido usado previamente como uma ferramenta para estimar emissão de GEE de toda a fazenda (BEAUCHEMIN et al., 2011; MCGEOUGH et al., 2012).

4.2. Descrição do rebanho

O rebanho leiteiro da DALAC é composto aproximadamente por 77 vacas Holandesas, das quais 35 estão em lactação, 10 em período seco e 32 novilhas. Dentro das 35 vacas lactantes, 14 encontram-se na primeira lactação, com peso médio de 619 kg, 6 estão na segunda lactação (708 kg) e 15 (747 kg) na terceira lactação. A média da produção de leite anual é de 10.487 kg, sendo 438 kg de gordura e 338 kg de proteína, com um intervalo entre partos de aproximadamente 403 dias. Para esse experimento apenas 16 vacas, peso médio de 700 kg, foram utilizadas, a fim de formar um grupo com alta e semelhante produção de leite, datas de parição e, conseqüentemente, dias em lactação diferentes (dentre 19 e 432 dias em lactação) e variando entre 2° e 6° lactação. As 16 vacas foram avaliadas em ambos os sistemas se respeitando uma distribuição dos partos de forma homogênea ao longo do ano, para se ter igualdade entre os tratamentos.

4.3. Alimentação das vacas e cultivo das culturas

Nas tabelas 2 e 3 são apresentadas a área total utilizada, produção por ha e fertilizante utilizado para cada cultivo nos dois sistemas. O pasto era composto por uma mistura complexa de gramíneas, bluegrass (*Poa compressa*), timothy (*Phleumpratense L.*), orchardgrass (*Dactylisglomerata L.*), tall fescue (*Festucaarundinacea Schreb.*), e reed canarygrass (*Phalarisarundinacea L.*) e, leguminosas, white clover (*Trifoliumrepens*) e red clover (*Trifolium pratense*). Foi assumido por um pesquisador da Universidade, através de cálculos para estimativa do consumo voluntário de bovinos, que as vacas consomem 10 kg de pasto MS/vaca/dia. A silagem de pasto era composta por timothy (*Phleumpratense L.*), alfalfa (*Medicago sativa*), e leguminosas.

Tabela 1: Fertilizantes utilizados para cada cultura contida na alimentação das vacas.

Cultivo	Fertilizante (NPK)
Cevada	30-0-20
Milho em grão	23-15-10
Silagem de milho	6-41-6
Soja	10-20-30
Pasto nativo	15-30-15
Silagem de pasto	21-0-21

Tabela 2: Área e quantidade de N necessário para cada cultivo no sistema à Pasto da fazenda da Dalhousie University Campus de Agricultura em 2015

Cultura	Área (ha)	Produção (kg/ha)	Total fertilizante N (kg)
Cevada	0.24	2960	15.84
Milho em grão	0.46	6172	38.64
Silagem de milho	0.89	9876	20.7
Soja	0.25	2790	5.25
Pastagem native	6.12	4938	269.82
Silagem de pasto	3.44	6790	247.68
Total	14.19		595.93

Tabela 3: Área e N fertilizante necessário para cada cultivo no sistema de confinamento na fazenda da Dalhousie University Campus de Agricultura em 2015.

Cultura	Área (ha)	Produção (kg/ha)	Total fertilizante N (kg)
Cevada	1.36	2960	92.4
Milho em grão	2.56	6172	209.82
Silagem de milho	4.91	9876	549.30
Soja	1.41	2790	29.61
Silagem de pasto	18.97	6790	1368
Total	29.21		2249.13

No sistema à pasto, as vacas recebiam total mixed ration (TMR) durante a ordenha, suplemento complexo de forragens e grãos feita na própria fazenda. Quando confinadas, as vacas eram alimentadas apenas por TMR. O TMR continha 61% de silagem de pasto, 23% de silagem de milho e 16% de concentrado. No confinamento, 27,5 kg (MS/vaca/dia) de TMR era fornecido e no pasto, 10 kg (MS/vaca/dia). A composição do concentrado, mostrada na tabela 5, foi feita para 1000 kg, usando 0,204% do produto de fermentação Diamond V XPC, que contém 5 kg de premix MDCL189 (tabela 6). Diamond V é a marca do produto e XPC é a variedade, a composição não é divulgada no site da empresa.

Tabela 4: Quantidade de alimento (kg de MS) requerida por vaca por dia em sistema à pasto e sistema de confinamento.

Ingrediente	Pasto	Confinamento
Cevada	0.32	0.89
Milho em grão	1.31	3.62
Silagem de milho	1.47	4.04
Soja	0.31	0.87
Silagem de pasto	4.88	13.42
Total	8.29	22.84

Tabela 5: Composição do concentrado compreendendo 16% do TMR.

Ingrediente	Quantidade (kg)
Milho em grão	468,56
Cevada em grão	119,43
Soja em grão	117,14
Soja processada	58,57
Sal iodado	15,40
Sulfato de cálcio dihidratado	3,08
Diamond V XPC	2,04
Óxido de magnésio	5,00
Fosfato dicálcico	3,94
Bicarbonato de sódio	4,33
Canola	154,09
Carbonato de cálcio	36,98
Cloreto de potássio	8,21
MDCL18	3,16

Tabela 6: Nutrientes e quantidades contidas no premix MDCL18.

Nutriente	Quantidade (kg)
Vitamin premix A	0,02675
Vitamin premix D	0,30323
Vitamin premix E	0,30000
Availa – 4	0,33702
Availa – Zn	1,59508
Availa – Cu	0,47802
Sel-Plex 2000	0,67403
Grão de milho moído	1,28587

4.4. Unidade funcional

A unidade funcional (UF) é usada para quantificar e descrever as propriedades de um produto como uma referência de unidade em relação à qual os dados serão padronizados a fim de se possibilitar a comparação de mesma base com outros estudos de ACV (Weidema, et al, 2004). Neste projeto foi definida como kg de GEE CO₂ equivalente por kg de leite corrigido pela energia - Energy corrected milk – (ECM), no qual ECM é calculada como: $ECM \text{ kg.} = (0.14 \times \text{leite kg}) + (5.90 \times \text{gordura kg}) + (3.48 \times \text{proteína kg})$, equilibrando a produção de leite para as diferenças nas quantidades de gordura e proteína (DRMS, 2014). Produção de ECM

foi abordada para comparar impactos ambientais do sistema à pasto versus sistema de Confinamento usando uma unidade comum de output.

4.5. Análise econômica

O preço pago pelo leite em NE é definido por: Fazendeiros leiteiros de Nova Escócia, onde o valor do leite produzido baseia-se na quantidade de gordura e proteína do produto. A fórmula para calcular o preço é $(\text{Kg leite} \times \% \text{gordura} \times \$/\text{kg gordura} + \text{Kg leite} \times \% \text{proteína} \times \$/\text{kg proteína})$. Como os componentes do leite variam todo mês, dois meses foram selecionados para representar os dois sistemas avaliados, Janeiro (confinamento) e Junho (pasto).

O uso estimado da energia total requerida no cultivo foi coletado da ACV de Southwell and Rothwell (1977), a mais extensiva avaliação obtida. Operações de campo incluíram aração, gradagem, fertilizantes, plantio e colheita. No caso das silagens, a energia requerida incluiu o depósito em silo vertical duas vezes por ano. A depreciação do maquinário e eletricidade também foi estimada. O custo com combustível foi feito baseado no valor do diesel local (\$0,90/L) e calculado de acordo com o a quantidade de diesel utilizada por ha em cada cultura.

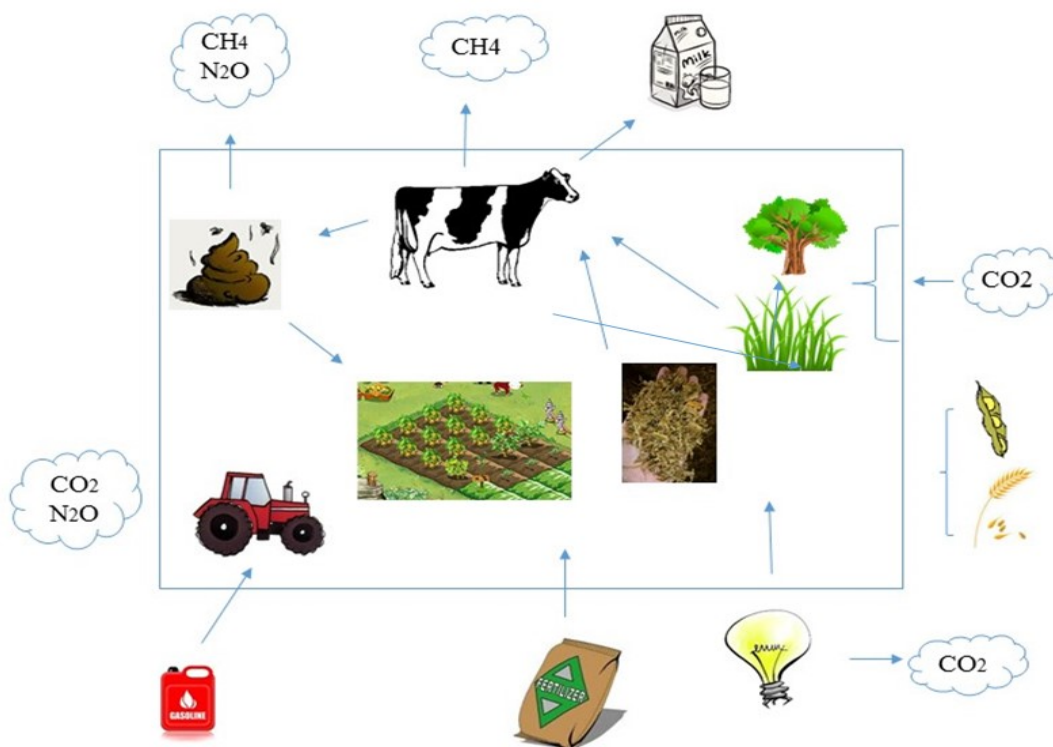


Figura 1 - Diagrama conceitual das entradas e saídas de um Sistema leiteiro.

Foi suposto que todos os grãos cultivados tiveram total potencial e nenhum foi perdido devido a fatores ambientais, como veados ou outros animais pastando. Uma estimativa da produção geral foi obtida de Bill Thomas (comunicação pessoal) e o exato uso e rendimento das terras foram calculados. Dados sobre o combustível usado para cultivo de sementes foram baseados na literatura, mas mesmo assim, foi difícil determinar a quantidade exata demandada para cada estágio de cultivo, como semeadura, pulverização e colheita, por exemplo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 7 apresenta a unidade funcional calculada em kg de leite por vaca por dia.

Tabela 7: - Produção e teores de gordura e proteína do leite de vacas da fazenda DALAC em Sistema à pasto e confinamento.

Unidade	Pasto	Confinamento
Kg Leite/vaca/dia	31.33	40.39
% Proteína	3.1	3.2
Kg Proteína/vaca/dia	0.971	1.29
% Gordura	3.95	4.16
Kg Gordura/vaca/dia	1.23	1.68
Kg ECM*	33.59	44.76

*ECM= Energia corrigida do leite

Normalmente, a UF utilizada em outros trabalhos é 1 kg de gordura e de proteína corrigida do leite - one kilogramme of fat and protein corrected - (FCPM), diferente da utilizada no presente trabalho, em que a gordura e proteína produzida foi corrigida para 4% e 3,3%, respectivamente. É importante levar em consideração que a produção de leite pode ser diferente e alterar esses compostos, bem como o valor da UF (WANG et al., 2015; BATTINI et al., 2015; O'BRIEN et al., 2016).

5.1. Emissões de gases

Emissões de CH₄ entérico compreenderam 46 e 57% do total das emissões de GEE em sistema de confinamento e à pasto (Gráficos 1 e 2, respectivamente). A emissão de N₂O vinda diretamente da pecuária compõe 8 e 19% do total de GEE no sistema em confinamento e pastagem, enquanto 23 e 6% da emissão de gases de efeito estufa foi proveniente da produção de culturas no confinamento e na pastagem. A emissão indireta de N₂O compreendeu a 5% do total de emissões em ambos os sistemas. A queima de combustíveis fósseis na fazenda contribuiu para 16 e 11% das emissões em sistemas de confinamento e à pasto, respectivamente.

A emissão total de cada gás é apresentada na tabela 8. A maior fonte de GEE em ambos os sistemas é advinda do CH₄ entérico e é marginalmente mais alta no sistema de confinamento (65 Mg CO_{2e}) em comparação com o sistema à pasto (55 Mg CO_{2e}). A emissão de CH₄ vinda dos dejetos foi igual em ambos os grupos (1Mg CO_{2e}). Resultado semelhante foi encontrado em Seó (2015), no qual realizou-se uma ACV em sistema de criação à pasto, os animais foram os maiores emissores de GEE, seguidos pela produção de grãos, fertilizantes e diesel.

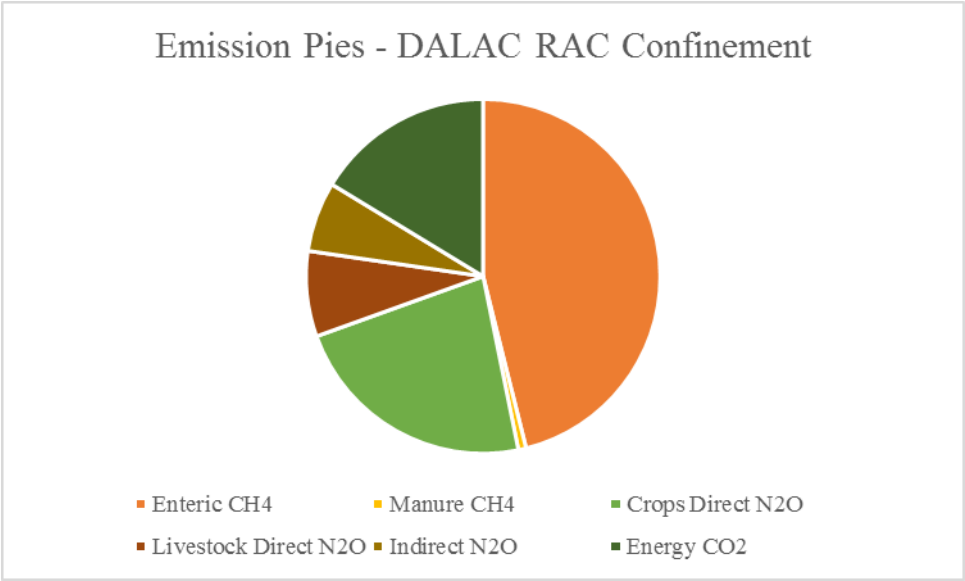


Gráfico 1 - Contribuições previstas de fontes de emissões de GEE (Mg CO_{2e}) no sistema de Confinamento da DALAC.

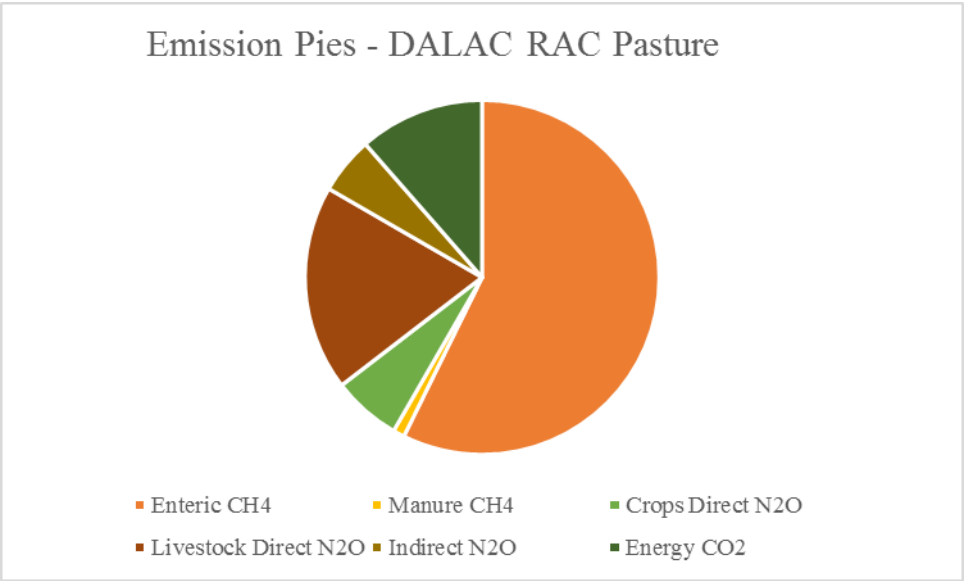


Gráfico 2 - Contribuições previstas de fontes de emissões de GEE (Mg CO_{2e}) no sistema à Pasto da DALAC.

Tabela 8: Fonte de GEE em sistema de confinamento e à pasto da unidade leiteira da DALAC por ano.

Fonte de GEE	Confinamento (MgCO _{2e})	Pasto (Mg CO _{2e})
CH ₄ entérico	65	55
CH ₄ dejetos	1	1
N ₂ O culturas	32	6
N ₂ O rebanho	11	18
N ₂ O indireto	9	5
Energia CO ₂	23	11
Total	130	93
Total por vaca	8.12	5.81

O gráfico 3 mostra as emissões de GEE em sistemas utilizados na unidade de lácteos DALAC, comparando os diferentes sistemas levando em consideração apenas um mês para cada um. Pode-se observar que a maior produção veio do CH₄ entérico das vacas, sendo maior durante o sistema de confinamento. Por outro lado, as emissões diretas do rebanho de N₂O são maiores durante o verão, provavelmente devido ao estrume depositado no solo e pastagem durante a estação de pastoreio, considerando que o estrume em sistema de confinamento pode ser tratado e usado para a geração de energia ou compostagem. Em contraste, em sistema à base de pasto, a pastagem requer menor uso de fertilizantes, como o concentrado, sendo menor contribuinte dos impactos ambientais.

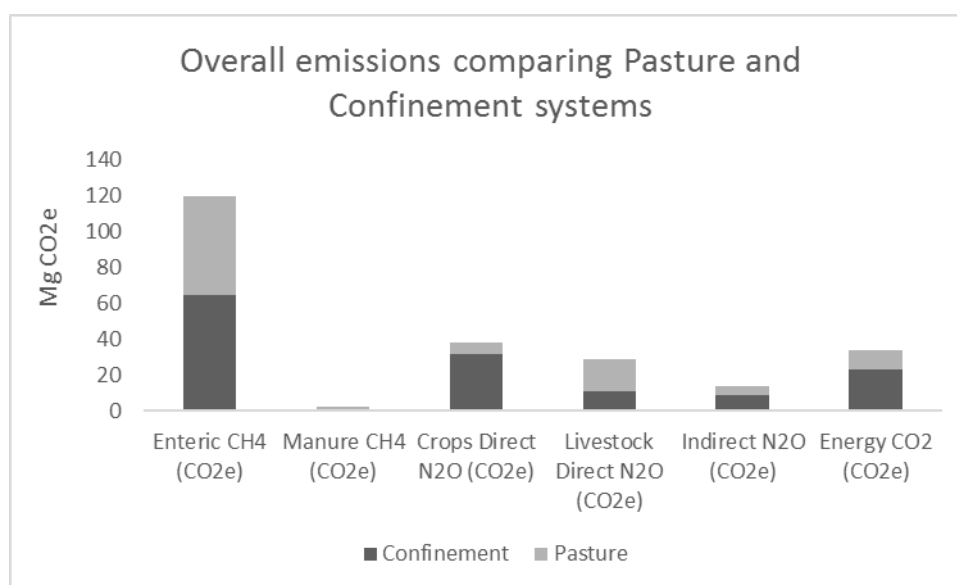


Gráfico 3 - Comparação da emissão de gases entre os sistemas de confinamento e à pasto da unidade leiteira da DALAC.

A emissão de GEE por kg de FCPM relatados por Wang et al. (2015) para vacas em confinamento foi cerca de 1,70 kg de CO_{2e}/kg de FCPM, enquanto O'Brien et al. (2016) e Battini et al. (2015) encontraram nas unidades leiteiras baseadas em pasto aproximadamente 1,26 kg de CO_{2e}/kg de FCPM e entre 1,10 e 1,20 kg de CO_{2e}/kg de FCPM, respectivamente, mais baixos do que a média global, segundo os autores. No presente trabalho (tabela 9), os valores foram ainda menores (0.9 kg de CO_{2e}/kg de ECM para sistema intensivo à pasto e 1 kg de CO_{2e}/kg de ECM para confinamento). Este resultado pode ser influenciado pela produtividade vaca e estrutura das explorações agrícolas. Quanto mais intensivo o sistema é, mais baixa é a emissão por saída de UF, o mesmo acontece com a proporção de rendimento (GARG et al., 2016). Em relação às emissões de CH₄, as literaturas pesquisadas encontraram as emissões de CH₄ como cerca de 50% das emissões totais de GEE, o que se confirma no atual trabalho (46% e 57% nos sistemas de confinamento e intensivo à pasto, respectivamente).

Tabela 9: Emissão intensiva de GEE considerando apenas emissão total e emissão de CH₄ entérico em kg CO₂ equivalente por kg de leite corrigido pela energia (ECM), em sistemas à pasto e confinamento.

Unidade	Pasto	Confinamento
Kg Leite/vaca/dia	31.33	40.39
Kg ECM	33.59	44.76
CH ₄ kg CO _{2e} /vaca/dia	0.31	0.28
Kg CH ₄ /kg leite	0.00951	0.007
Kg CH ₄ / kg ECM	0.0089	0.0063
GEE kg CO _{2e} /vaca/dia	17.73	26.02
Kg GEE/kg ECM	0.52	0.58
Ajustado Kg GEE/Kg ECM	0.9	1

Em um trabalho semelhante de ACV parcial utilizando o programa Holos, por Mc Geough et al. (2012), para quantificar as emissões de vacas leiteiras confinadas no Canadá, no qual a UF foi FCPM, as emissões de GEE foram 0,92 kg de CO_{2e}/kg de FCPM, muito semelhante ao resultado alcançado nos sistemas de confinamento avaliadas neste trabalho. Praticamente, as mesmas premissas foram feitas: todos os alimentos para animais eram produzidos na fazenda e as emissões do transporte, transformação e consumo não foram incluídos, entretanto, fertilizantes sintéticos não foram considerados, o que poderia reduzir as emissões de N₂O das culturas, apesar

de que as emissões totais de N₂O contaram com 40% do total de GEE, muito semelhante à porcentagem encontrada no sistema de confinamento desta obra (36% do total de emissões de N₂O). No entanto, Mc Geough et al. (2012), julgaram que essa estimativa poderia subestimar as emissões de N₂O em fazendas comerciais.

5.1.1 Metano entérico

Em estudo conduzido por Patel et al. (2011), em que três proporções diferentes de pasto e concentrado na dieta foram testadas, a produção de CH₄ aumentou na dieta composta por elevada silagem de pasto. Isto aconteceu devido a uma maior proporção de ácido acético formado a partir da fermentação ruminal de celulose e hemicelulose, e também, devido à taxa de digestão ser mais lenta com este tipo de alimentação. Apesar desse resultado, não houve diferenças estatísticas.

Jiao et al. (2014), também testaram diferentes níveis de concentrado na dieta de vacas em pastoreio, mas não foram observadas diferenças nas emissões de CH₄ entérico, ao passo que as emissões de CH₄ por kg de MS ingerida e por kg de ECM com o aumento do nível de concentrado diminuiu. Oferecer concentrado para vacas que pastam pode ser uma estratégia para reduzir o CH₄ por kg de leite produzido, embora, as emissões de GEE provenientes de cultivo, processamento e transporte dos ingredientes individuais do concentrado devem ser consideradas na perspectiva da mudança climática. No presente estudo, as emissões por kg de ECM e por kg de produção de leite, foram maiores no sistema à pasto. Isso pode acontecer porque o consumo de alimento durante o inverno é maior, portanto, a produção de leite também, o que reduz as emissões por unidade de Kg no sistema de confinamento. No entanto, a emissão total de CH₄ entérico, de um modo geral, parece ser mais elevada no sistema de confinamento.

Por outro lado, Munoz et al. (2015), em um experimento similar, testando diferentes níveis de concentrado nas dietas de vacas em pastoreio, notou diminuição da ingestão de forragem com maior nível de concentrado, que aumentou a produção de leite, mas diminuiu a emissão de CH₄, proporcionando nenhum efeito significativo na emissão por kg de leite, por unidade de consumo de ração e por kg de ECM, evidenciando que esta estratégia não é suficiente para reduzir a produção de CH₄ para vacas de leite em sistema à pasto.

5.1.2 Dejetos e fertilizantes

As emissões de N_2O e CH_4 dependem da armazenagem dos dejetos, das espécies trabalhadas, do manejo, e, quando depositados no pasto, das extensões do mesmo. Apesar de que a maior emissão de N_2O ser fruto do uso de fertilizantes nas culturas e fontes de combustíveis. O dejetos, pode ser usado como um fertilizante natural dispensando o uso de fertilizantes químicos e prejudiciais. Globalmente, o dejetos emite CH_4 e N_2O na taxa de 235 e 211 milhões de toneladas de CO_2 por ano (O'MARA, 2011). O Canadá, em geral, não faz controle regular da aplicação de fertilizantes, assim, o solo pode conter excesso de nutrientes depositados, por conta dos nutrientes já disponíveis no estrume (MC GEOUGH et al., 2012).

Os resultados encontrados neste experimento corroboram com os de Arsenault et al. (2009), no qual, a principal fonte de emissões de GEE veio da fermentação entérica e dos dejetos, por CH_4 e através do depósito de dejetos, pelo N_2O . Além disso, o estoque de dejetos é responsável pela eutrofização e emissão de amônia. A produção de silagem, pelo uso de forragem e silagem de milho especialmente, também contribui para o aquecimento global em ambos os sistemas, à pasto e confinamento. A silagem de milho é o segundo maior contribuinte para a destruição da camada de ozônio, sendo 15% das emissões que causam depleção da camada de ozônio em ambos os sistemas, o primeiro lugar é atribuído à produção de alimentos concentrados, correspondendo a 80% do total de impactos, devido principalmente às emissões relacionadas ao transporte.

Em sistema de confinamento, uma forma de minimizar os impactos ambientais causados pelo cultivo de grãos, é escolher os ingredientes que podem ser menos prejudiciais ou reduzir o uso de alimentos concentrados e oferecer mais volumosos conservados, como o feno e silagem. Evitar o uso de ingredientes ricos em proteínas, que podem exceder o valor que o animal requer, também é uma medida para diminuir as perdas de N e, consequentes impactos causados por ele, como o aquecimento global, acidificação e eutrofização a partir do dejetos de animais (O'BRIEN et al., 2012). Em sistemas convencionais, a adubação nitrogenada e fosfatada lixiviada e volatilizada são mais altas devido ao maior uso de fertilizante nesses sistemas (THOMASSEN et al., 2008).

Esta estratégia também pode reduzir a utilização de energia e a utilização de combustível para cultivar os grãos, e, talvez o custo de produção. Outras alternativas para reduzir essas emissões são: diminuir o uso de fertilizantes através do uso dos dejetos e resíduos agrícolas como adubo nas lavouras e pastagens, mudar práticas agrícolas, melhorar a qualidade do pasto através do manejo e rotação de piquetes e tentar manter as vacas mais tempo nesse sistema, controlar a quantidade de fibra da dieta e selecionar e renovar o rebanho mais frequentemente.

5.1.3 Mitigação do metano entérico

A redução do número de produtores de CH₄ é o primeiro passo para reduzir a emissão de CH₄ entérico. Então, melhorar a produtividade do animal, sem o aumento do uso de insumo, pode resultar em redução do rebanho a um mesmo nível de leite, especialmente onde existem limites de produção na propriedade (físicos, financeiros ou outros). O número de animais também pode ser reduzido na maioria das fazendas, melhorando o desempenho reprodutivo que visa reduzir o intervalo entre partos. Diferenças genéticas entre vacas afetam o potencial de produção de leite e a eficiência alimentar, o que pode reduzir GEE através da redução da quantidade de ração utilizada. Além disso, a melhoria da qualidade da dieta reduz a produção de dejetos e a perda de energia em forma de CH₄ entérico das vacas porque o alimento seria melhor aproveitado. A melhoria da pastagem e utilização de pastagens polifíticas também entram como método de redução de emissões de GEE (THORNTONA; HERRERO, 2009), visto que espécies distintas de forrageiras implicam em diferentes taxas de emissão de CH₄ (FRASER et al., 2015).

Métodos dietéticos destinados a reduzir a produção de CH₄ devem ser estudados. Alterar a composição microbiana do rúmen tem sido o foco de muitas pesquisas, incluindo o uso de óleo vegetal na alimentação. Extratos vegetais, devido à sua concentração em compostos secundários, são considerados uma boa opção para isso, por ser aceitável para o consumo humano e uma fonte natural para o animal que pode modificar a microbiota ruminal (BROUDISCOU et al., 2000). Taninos condensados, substâncias encontradas em algumas plantas, são uma forma potencial para reduzir esse gás também, e seu efeito pode ser distinto dependendo do tipo de tanino, fonte de plantas e espécie de ruminante, como

ovelhas, vacas ou cabras, além de ter a vantagem de aumentar a absorção de ácidos aminados (PUCHALA et al., 2005).

O uso de leguminosas e leveduras também têm sido estudados para reduzir o CH₄ e aumentar a eficiência energética em ruminantes, devido ao aumento da produção de ácido propiônico, redução do ácido acético e aumento da concorrência entre as bactérias acidogênicas e metanogênicas (POSSENTI et al., 2008). Animais alimentados com leguminosas tendem a emitir menos CH₄ entérico do que os animais alimentados apenas com gramíneas, devido à melhor qualidade nutricional das leguminosas. E, animais que possuem menor consumo de ração e dietas de baixa qualidade devem emitir mais CH₄ do que os animais que possuem maior consumo de ração e dietas de alta qualidade. Normalmente, as dietas concentradas apresentam menor emissão de CH₄ do que as dietas forrageiras. Estudos mostram que dietas contendo espécies de Lotus, leguminosa forrageira que contém tanino condensado, são capazes de melhorar o desempenho produtivo de ovelhas e vacas, além de reduzir as emissões de CH₄, insinuando o fato de que dietas complexas estão relacionadas ao bem-estar animal e sistema de agricultura sustentável (WOODWARD et al., 2001).

A escolha da dieta deve considerar muitos fatores, como custo, disponibilidade, qualidade nutricional, palatabilidade, além de, redução da produção de gases. Melhorar a qualidade do pasto e uso de consórcio entre as espécies, a inclusão de mais variedade de legumes e fornecimento de silagem de pasto de alta qualidade também são boas metas. Tem sido estudado também a utilização de outras substâncias na dieta para alterar a microbiota e reduzir a produção de CH₄ no interior do rúmen, por exemplo, óleos essenciais de muitas plantas, óleo de canola, óleo de coco, óleo de alho, óleo de orégano, e enzimas fibrolíticos (BEAUCHEMIN; MACGINN, 2006; WANG et al., 2011). Os ácidos orgânicos também são empregados, atuando no aumento da produção de propionato, em que menos hidrogênio estaria disponível para conversão de CH₄. Malato é o ácido mais estudado, mas também, fumarato e piruvato devem ser considerados. O ponto negativo é o alto preço desta ácidos, mas eles podem ser encontrados no tecido foliar das plantas, proporcionando possibilidade de selecionar forragem que continha este compostos (LASCANO; CARDENAS, 2010).

Os óleos essenciais contêm atividade antimicrobiana atribuída a uma série de metabolitos secundários de plantas, incluindo saponinas, terpenóides e

fenilpropanóides presentes em muitas plantas. Eles são responsáveis por caracterizar o sabor e aroma da planta, e agir para selecionar ou para ir de encontro a grupos específicos de microrganismos no rúmen. É importante observar se as plantas não proporcionam efeitos negativos sobre a fermentação ruminal e digestão alimentar antes de serem ofertadas para os animais (SALLAM et al., 2011; BENCHAAR; GREATHEAD, 2011).

Um estudo com óleo de coco e óleo de peixe (PATRA; YU, 2013), resultou em diminuição da produção de CH₄, em razão de influência na população abundante de microrganismos no rúmen e suas funções organizacionais. Este efeito foi observado mais no óleo de coco do que óleo de peixe, além do óleo de coco também fornecer mais influência na inibição de bactérias celulolíticas e protozoários do que óleo de peixe. Nesse caso, estes efeitos eram dependentes da dose dos óleos, testado em duas concentrações, mas o uso de óleos pode também depender da composição em ácidos gordos, e o tipo de gordura utilizado.

Há uso de substâncias não-naturais para reduzir o CH₄, como os ionóforos, substâncias lipofílicas que deslocam a carga de íons, usado no alimento e causando a redução da produção de CH₄ de duas maneiras: aumentando a eficiência da conversão alimentar ou influenciando na fermentação do rúmen, reduzindo a produção de CH₄ por unidade de MS consumida. Antibióticos como a monensina, lasalocida, salinomina, nigercin e gramicidin, geralmente são estudados para este foco. No entanto, estas substâncias podem ser prejudiciais para o animal, porque reduzem a ingestão, altera o padrão do rúmen, e pode transformar as bactérias resistentes em relação aos antibióticos. Os probióticos podem também ser usados como um aditivo para modificar a fermentação do rúmen e melhorar a produtividade dos animais (LASCANO; CÁRDENAS, 2010).

5.1.4 Sequestro de Carbono

O método e espécie de plantas de cultivo determinam a quantidade de C potencialmente seqüestrado na fazenda. O sequestro de C da pastagem para um horizonte de tempo (8 anos) foi determinada por OT. Bouman (comunicação pessoal). O C orgânico do solo entre 0,1 e 0,3 metros, foi 12,87 kg / m² em alta taxa de lotação, indicando no sistema de pastoreio um aumento cumulativo de 1.120 kg / ha de C orgânico do solo por ano.

Foi feita uma estimativa nesse estudo em relação ao número de árvores necessárias para obter uma emissão de carbono líquido igual a zero a partir dos sistemas, usando o mesmo programa para estimativa dos gases. No sistema de confinamento, 1 km de fileira com 350 árvores da espécie white spruce com espaçamento de 3,5 m seriam necessários para sequestrar 99 mg CO_{2e}. Para sistemas de pastagem, seriam necessárias 278 árvores da mesma espécie, em linhas de 500m para sequestrar 78mg de CO_{2e}. A pastagem e as árvores são as chaves para a agricultura sustentável, a fim de evitar o uso de intensas gestões no solo, como aração, desmatamento e queimas.

Ruminantes criados em sistema à Pasto promovem um balanço na emissão de CO₂ devido ao armazenamento de C nas raízes profundas do pasto. Em uma alta demanda para aumentar a produtividade, a restauração de pastagens degradadas estão associadas com baixas taxas de emissão de CO₂ através do melhoramento da pastagem e do controle político eficiente do deflorestamento (SILVA et al., 2016). Sistemas de produção à pasto, como o PRV e Integração lavoura, pecuária e floresta (ILPF), têm potencial de redução de impactos ambientais provocados pela agricultura e pecuária. Ambos os sistemas preconizam adequado manejo do solo e da pastagem, intensificação da produção, rotação de culturas e auxiliam na mitigação de GEE, trazendo benefício não só ambiental como econômico (NASCIMENTO; CARVALHO, 2011; SEÓ, 2015).

5.2. Análise econômica

O preço de venda do leite calculado em dois meses, janeiro e junho, representando cada sistema, é mostrado na tabela 10, bem como o custo com energia total (tabela 11).

Tabela 10: Receita do sistema à Pasto e Confinamento.

Em cota	Gordura \$/kg	Proteína \$/kg	Preço \$/kg	Receita\$/vaca/dia
Janeiro	9.93	8.6	0.68	27.2
Junho	10.65	7.73	0.65	20.15

Tabela 11: Uso de energia, ERD, para o cultivo feito nos dois sistemas em (x10³) BTU/ha.

Cultivo	Energia	Pasto	Confinamento
Cevada	8305.86	1993.40	11295.9
Milho em grão	24396.19	11222.24	62454.24
Silage de milho	19117.8	17014.8	88133.05
Soja	6524.25	1631.06	9199.19
Silagem de pasto	7384.55	25402.85	140084.9

1 BTU: 1055.055853 Joules

*ERD= Total Residential Energy Demand – Demanda total de energia residencial.

5.2.1 Eletricidade

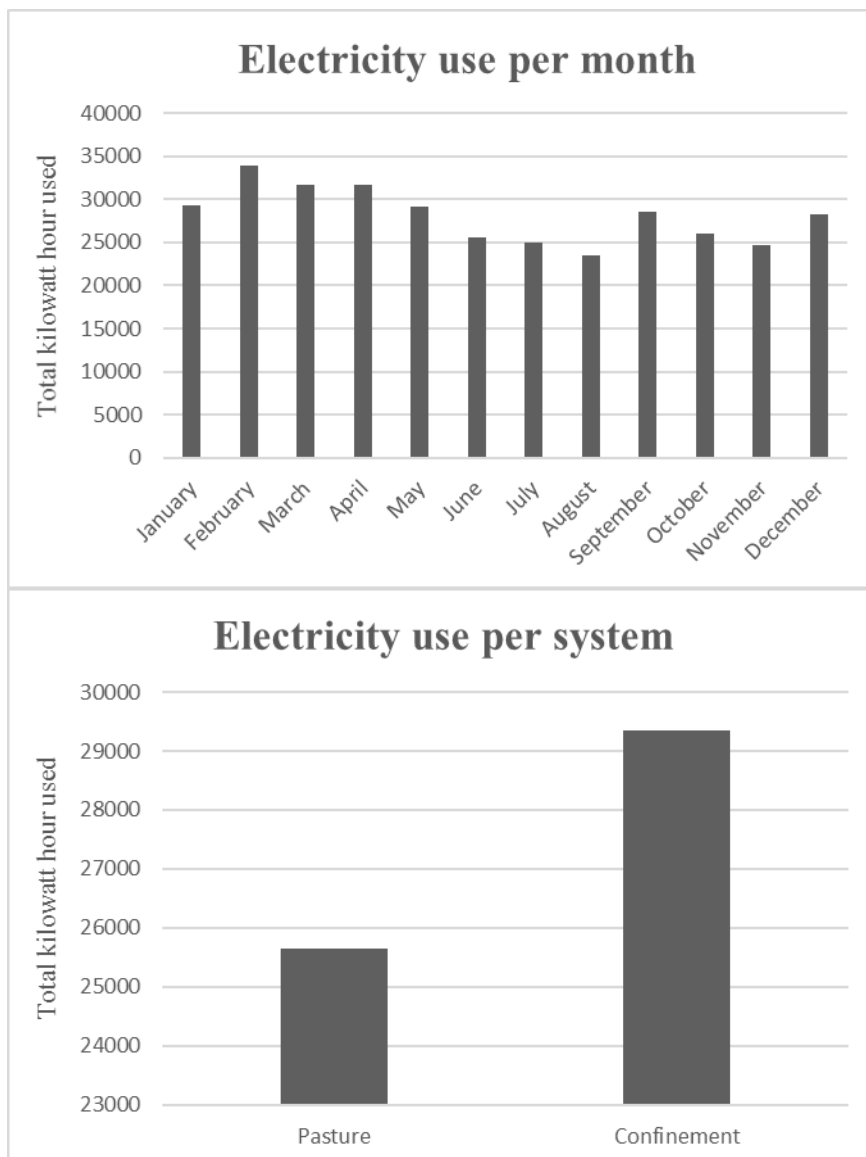


Gráfico 4 - Quantidade total da eletricidade usada no sistema à pasto e confinamento na DALAC por mês e por sistema em kilowatt horas.

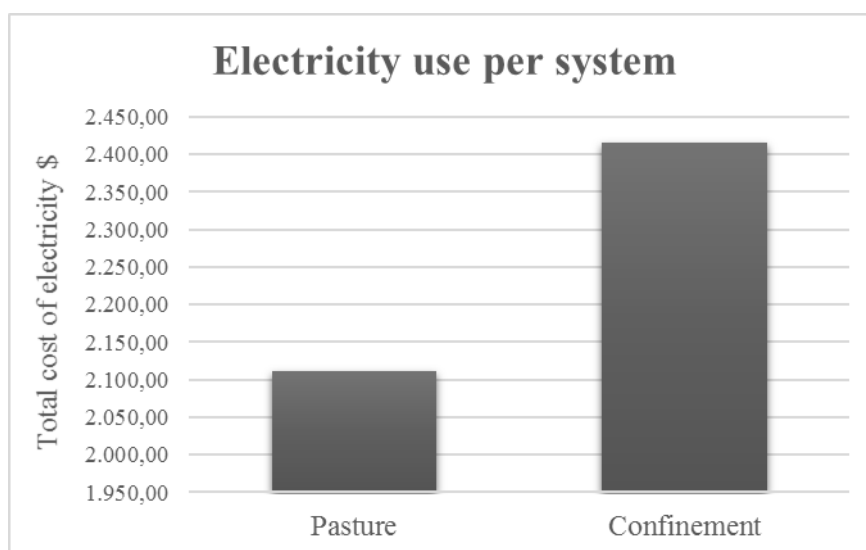


Gráfico 5 - Custo total (\$) com eletricidade nos dois sistemas.

O uso de energia no Sistema de confinamento emite mais CO₂ que o Sistema à pasto, sendo proporcional com a quantidade de energia usada em cada sistema, como mostrado no gráfico 4, a eletricidade usada por mês. Isso pode ser sugerido porque no Sistema de confinamento há maior uso de energia para manter a produção, como controlar a temperatura e o sistema de choque no ambiente em que as vacas estão, controlar o depósito de alimento, maquinário, limpeza e outras ações requeridas. O mesmo foi verificado por O'Brien et al. (2012), em que a quantidade de energia não-renovável usada por tonelada de FCPM foi em torno de 42% menor no sistema de pastagem, quando comparado ao confinamento. Conseqüentemente, visto que o sistema de confinamento demanda maior uso de energia, também tem um maior gasto financeiro com esse recurso.

5.2.3 Custos com alimentação

A fazenda cultiva alguns grãos oferecidos aos animais, portanto, apenas alguns ingredientes são comprados. O custo com fertilizante usado para plantar cada grão é mostrado nesse relatório, mas, também foi incluído na tabela de custos (12) o preço desses grãos, simulando uma fazenda que não faz o cultivo dos mesmos, para comprar o gasto com alimentação nos dois sistemas.

Tabela 12: - Preço dos ingredientes contidos no concentrado.

Ingrediente	Preço \$/ kg em Janeiro	Custo \$ confinamento por vaca/dia	Custo \$ pasto por vaca/dia
Milho em grão	0.511	2.10	0.76
Soja em grão	0.647	0.66	0.23
Cevada em grão	0.22	0.23	0.08
Soja processada	0.7852	0.404	0.1476
Sal iodado	0.448	0.060	0.022
Sulfato de Cálcio	0.31	0.008	0.0032
		9	
Diamond V XPC	1.56	0.028	0.010
MagOx	0.904	0.039	0.014
		76	
Cálcio fosfatado	0.586	0.020	0.0073
Bicarbonato de sódio	1.058	0.040	0.014
Canola	0.435	0.58	0.21
Carbonato de Cálcio	0.0477	0.001	0.00056
		5	
Potássio clorohidratado	1.386	0.10	0.036
MDCL18	10.530	0.292	0.106
		8	
TOTAL	-	4.56	1.64

A tabela 13 apresenta os custos com eletricidade, combustível, alimentação e fertilizante por vaca por dia. E na tabela 14 apresenta-se o lucro estimado por sistema.

Tabela 13: Custos com eletricidade, combustível, alimentação e fertilizante (\$/vaca/dia).

Input	Confinamento	Pasto
Electricidade	5.03	4.39
Combustível	1.8	0.60
Alimentação	4.56	1.64
Fertilizante	1.02	0.54
Total	12.41	7.17

Tabela 14: Lucro estimado nos sistemas de Confinamento e à Pasto.

	Confinamento	Pasto
Receita (\$/vaca/dia)	27.2	20.15
Custo (\$/vaca/dia)	12.41	7.17
Lucro (\$/vaca/dia)	14.73	12.98
Custo por kg de leite	0.31	0.23
Margem bruta por kg de leite	1.19	1.82

Apesar de o sistema de confinamento apresentar estimativa de lucro maior que no sistema intensivo à pasto, o custo por kg de leite é menor. O mesmo observa-se em relação à margem bruta por kg de leite (menor no confinamento). Ou seja, para que se haja um equilíbrio nos custos de produção, o sistema confinamento exige no mínimo uma produção de 18 kg de leite, enquanto que o sistema à pasto exige apenas 11 kg de leite produzidos para alcançar esse balanço. 18 kg de leite representa 45% do potencial de produção de uma vaca confinada, enquanto que 11 kg para uma vaca em pastoreio, representa apenas 35% do seu potencial de produção.

O preço de venda do leite é um pouco maior no confinamento, devido à maior concentração de gordura e proteína e também, à maior produção de leite. No trabalho de Mc Geough et al. (2012), o preço do leite em sistema de confinamento foi de US \$ 0,07 mais elevado em relação ao preço utilizado no presente trabalho. Apesar do preço de venda do leite em sistema de pasto ser, geralmente, inferior ao sistema de confinamento, o preço de produção tende ser menor também, equilibrando essa diferença no retorno final. Esta redução de custos de alimentação pode ser uma razão para usar pastagem como parte da dieta, além de oferecer benefícios para o rebanho, melhorando a saúde e o bem-estar durante a estação de pastoreio. No entanto, manter a alta produção de leite e a mesma composição não pode ser assegurada (SORIANO et al., 2001).

Sistemas de pastagem podem ser tipificados como tendo maior dependência de forragem e entrada de grãos inferiorizada, resultando em menor produção de leite. Fontaneli et al. (2005) compararam o desempenho de vacas holandesas em dois sistemas de produção e três tratamentos: pastagem de melhor qualidade, pasto de baixa qualidade e confinamento tipo *tie-stall*, e relataram que vacas em confinamento têm 19% maior produção de leite do que vacas pastando no pasto de baixa qualidade, no entanto, as vacas no pasto de alta qualidade apenas tem menor produção de leite no período de pós-parto, o que é devido, em parte, pelo aumento do consumo MS de vacas confinadas. Isso foi oposto ao encontrado por Roca-Fernández et al. (2013), em que o consumo de ração foi maior em vacas mantidas na pastagem em relação a vacas de confinamento, que dedicaram maior parte do seu tempo para deitar, ficar em pé e ruminar ao invés de usar o tempo para se alimentar, como vacas de pastagem fazem durante o dia.

A quantidade de alimento ingerido observado no confinamento foi muito similar com o consumo de MS no inverno no sistema à pasto, em estudo de Fontaneli et al. (2005). O alto consumo de MS no inverno pode ser explicado pelo fato de que durante essa estação, os animais precisam de mais energia para manter seu metabolismo trabalhando e produzindo leite, além da otimização do valor nutricional das forrageiras. Esse parâmetro não foi calculado no presente experimento, porém, a quantidade de alimento oferecida no inverno é mais alta do que o suplemento mais o consumo estimado de pasto durante o verão, bem como a produção de leite. No experimento de Fontaneli et al. (2005), não houve diferença entre os teores de gordura e proteína do leite nos tratamentos, diferente do encontrado no presente trabalho.

Em relação ao custo de produção e venda, o mesmo resultado foi encontrado: maior apreciação do leite no confinamento implica expõe em maior custo de produção, equilibrando com o rendimento do sistema à pasto, que exibiu menor custo e menor apreciação, comparando-se com estudo realizado por Fontaneli et al. (2005). Além disso, no sistema à pasto, as vacas mostraram menor incidência de mastite e maior prevalência de bem-estar e conforto, o que pode apresentar melhor saúde e estabilidade animal, conseqüentemente, menor custo com sanidade.

No atual trabalho, o lucro foi maior no sistema de confinamento (tabela 14), porém, é importante notar que o custo gasto com eletricidade no sistema à pasto (gráfico 5) não é calculado exclusivamente para esse sistema, contabilizando uso de eletricidade nas outras unidades produtivas da DALAC, como o setor de ovinos e de galinhas poedeiras. Em adição, o investimento na instalação do confinamento não está contabilizado nos cálculos realizados, o que aumentaria os gastos desse sistema. Em relação à análise de sensibilidade, o resultado mostrou que o sistema de confinamento aparenta ser mais sensível às alterações dos custos. Em um aumento hipotético de 10% dos custos (tabela 15), o lucro reduziu 8% no sistema confinado e 5% no sistema à pasto e no aumento de 15% dos custos (tabela 16), a redução nos lucros foi de 12 e 8% respectivamente.

Tabela 15: Análise de sensibilidade em aumento de 10% dos custos.

	Confinamento	Pasto
Receita	27,2	20,15
Custo	13,65	7,88
Lucro	13,55	12,27
Redução	-8%	-5%

Tabela 16: Análise de sensibilidade em aumento de 15% dos custos.

	Confinamento	Pasto
Receita	27,2	20,15
Custo	14,27	8,24
Lucro	12,93	11,9
Redução	-12%	-8%

5.2.4 Combustível

De acordo com Dalgaard et al. (2001), os processos utilizados na cultura que a mais requerem o uso de combustível são, em geral, os procedimentos para a lavoura, como arar, semear e plantio. Neste caso, a cultura que precisa de mais combustível e energia total por hectare é a silagem de milho, e esta exigência é maior no sistema de confinamento. Devem ser considerados o combustível e energia utilizados nos transportes, nas operações e manipulação de todos os procedimentos necessários para preparar ingredientes da ração.

O Diesel emite cerca de 2,62 kg de CO₂ por litro, além de outros gases como, dióxido de enxofre (SO₂), NH₃ e N₂O, e emprega energia finita (NEMECEK; KAGI, 2007). Numa ACV elaborada por O'Brien et al. (2012), o combustível queimado para os procedimentos da agricultura contribuiu com cerca de 7,5% do total de CO₂ emitido no sistema de confinamento. Combustível, eletricidade e fertilizante representaram 68% e 79% da energia consumida de fontes não renováveis no confinamento e sistema à base de pasto, respectivamente, em que apenas o combustível era de 31% da emissão total no confinamento e 21% no sistema à pasto.

Por muitos anos, a opinião predominante foi de que a economia tem vantagem sobre o ambiente (FAO, 2015). As atividades humanas estão relacionadas com a exploração da natureza. De acordo com essa perspectiva, os danos ambientais na cadeia de produtiva são geralmente reconciliados pela produção de algo que parece ser necessário. No caso da cadeia do leite, as emissões de GEE

são expressas em relação ao leite produzido, enquanto incorre este impacto. A intensidade de GEE é usado como o indicador de progresso ambiental dos sistemas produtivos, dos quais o setor de laticínios não se exclui. A emissão de GEE é dimensionado em relação à produção de leite de uma forma que elas parecem estar diminuindo enquanto a produção de leite aumenta. Em outras palavras, maior produção de leite reduz a relação: kg GEE / kg de leite), onde GEE é medido apenas como CH₄ entérico. No entanto, o aumento da produção de leite requer maior uso de insumos agrícolas que criam GEE por si só e podem aumentar as emissões totais de GEE do sistema.

Deve-se notar que alguns resultados obtidos nesse trabalho não são completamente exatos, devido às suposições que foram feitas, algumas vezes baseadas em senso comum e literatura. Os dados utilizados aqui foram apenas de entrada e saída de insumos exclusivos da unidade leiteira, calculando-se o mais próximo possível da realidade, visto que DALAC contém outras unidades produtivas na mesma área, como ovelhas, bezerros e aves de postura, que influenciam no resultado, mas não foram levados em consideração. Entretanto, foi possível estimar os principais gases emitidos na produção de leite bovino e identificar fatores que podem ser trabalhados a fim de reduzir as consequências ambientais causadas pela unidade.

6. CONCLUSÃO

O método de avaliação do ciclo de vida (ACV) foi crucial para determinar a liberação de CO₂e na atmosfera e comparar os impactos ambientais. Embora nenhum inventário de ciclo de vida seja perfeitamente exato, devido ao enorme leque de dados requeridos, o sistema de confinamento apresentou maior emissão de GEE e maior tendência à perturbação ambiental.

A ACV nesse experimento identificou como principais fontes de emissão de GEE a fermentação ruminal, emitindo CH₄ entérico, e o cultivo de grãos no sistema de confinamento e o depósito de dejetos no sistema à pasto, ambos emitindo N₂O.

O sistema de confinamento aparenta ser mais rentável, entretanto, mais sensível à variações nos custos de produção de leite e possui maiores consequências ambientais, desmembrando o conceito de sustentabilidade

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. *Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas*. In: ALVES, B. J. R. et al. *Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Porto alegre, RS. Genesis. 2006. Cap 3.

ARSENAULT, N.; TYEDMERS, P.; FREDEEN, A. *Comparing the environmental impacts of pasture-based and confinement-based dairy systems in Nova Scotia (Canada) using life cycle assessment*. International Journal of Agricultural Sustainability, 7 (1), 19-41. 2009.

BATTINI, F. et al. *Environmental impacts of different dairy farming systems in the Po Valley*. Journal of Cleaner Production, 112, 91 – 102. 2016.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. *Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acids, essential oil and canola oil*. Journal of Animal science, 84, 6. 2006.

BEAUCHEMIN, K. A. et al. *Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada – Evaluation using farm-based life cycle assessment*. Animal Feed Science And Technology, 166-167, 663-677. 2011.

BELFLOWER, J. B. et al. *A case study of the potential environmental impacts of different dairy production systems in Georgia*. Agricultural Systems (108) 84–93. 2012.

BENCHAAR, C.; GREATHEAD, H. *Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants*. Animal Feed Science Technology. 166–167:338–355. 2011.

BERRY, D. *Breeding the dairy cow of the future: What do we need?* Animal Production Science, 55 (7), 823-837.2015.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. *The welfare of cattle*. In: Animal behavior and welfare. 4º ed. Cabi. 2007. Cap 28.

BROUDISCOU, L-P.; PAPON, Y.; BROUSDICOU, A. F. *Effects of dry plant extracts on fermentation and methanogenesis in continuous culture of rumen microbes*. Animal Feed Science and Technology, 87, 263 - 277. 2000.

CANADIAN DAIRY INFORMATION CENTRE – *Dairy bans by type in Canada*. 2015. Disponível em: <http://www.dairyinfo.gc.ca/index_e.php?s1=dff-fcil&s2=farm-ferme&s3=db-el>. Acesso em: 10 de dez de 2015.

CANADIAN DAIRY INFORMATION CENTRE – *Imports of dairy products*. 2015. Disponível em: <http://www.dairyinfo.gc.ca/index_e.php?s1=dff-fcil&s2=imp-exp&s3=imp>. Acesso em: 05 de jun de 2016.

CECATO, U. et al. *Produção de leite em pastagens em sistema semiextensivo ou semi-intensivo*. In: SANTOS, G. T. et al. *Bovinocultura de leite: Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção*. Maringá, PR. Eduem. 2010.

CECCHIN, D. *Comportamento de vacas confinadas em free-stall com camas de areia e borracha*. Dissertação (Mestrado em construções rurais e ambiência). Universidade Federal de Lavras – MG. 2012.

CIAIS, P.; SABINE, C. et al. *Carbon and Other Biogeochemical Cycles*. Cap 6. 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf>. Acesso em: 15 de dez de 2015.

CONAMA. Resolução N° 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: abril de 2016.

DAIRY FARMERS OF NOVA SCOTIA. Disponível em: <<http://www.dfns.ca/>>. Acesso em: dez de 2016.

DALGAARD, T.; HALBERG, N.; PORTER, J. R. *A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. v. 87, n. 1, 51-65. 2001.

DE VRIES, M.; DE BOER, I. J. M. *Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments*. *Livestock Science*, 128, 1-11. 2010.

DRMS 2014. DHI Glossary. Disponível em: <<http://www.drms.org/PDF/materials/glossary.pdf>>. Acesso em: 29 de nov de 2015.

ECCA – *Environmental and climate change Canada. Global greenhouse gas emissions 2012*. Disponível em: <<https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=54C061B5-1>>. Acesso em: jan de 2016.

ECYCLE. *Dióxido de carbono: essencial por um lado, prejudicial por outro*. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2375-dioxido-de-carbono-co2-essencial-prejudicial-composto-gasoso-fotossintese-respiracao-noturno-fontes-usos-industria-decomposicao-erupcoes-atividade-humana-efeito-estufa-excesso-poluicao-sumidoros-sequestradores-doencas-aquecimento-global-alternativas.html>>. Acesso em maio de 2016.

ECYCLE. *Dióxido de nitrogênio: na fumaça dos carros, das fábricas e até na cozinha, gás leva a problemas respiratórios*. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2393-dioxido-de-nitrogenio-oxido-oxidos-o-que-e-onde-esta-presente-fontes-automoveis-motores-queimadas-microbianas-efeitos-saude-bronquite-problemas-respiratorios-autismo-efeitos-no-meio-ambiente-chuva-acida-alternativas-cozinha.html>>. Acesso em: maio de 2016.

EFSA. *Scientific opinion on welfare of dairy cows in relation to behaviour, fear and pain based on a risk assessment with special reference to the impact of housing, feeding, management and genetic selection*. The EFSA Journal, 1139, 1-66. 2009.

EIA. *How much carbon dioxide is produced when different fuels are burned*. 2015. Disponível em: <<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=73&t=11>>. Acesso em 10 de jan de 2016.

FAO. *Milk and Milk Products*. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/milk-and-milk-products/en/#.VleLXHarTIU>>. Acesso em: 26 de nov de 2015.

FAO. *Food and agricultural commodities production/ commodities by country*. 2013. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities_by_country/E>. Acesso em: 25 de maio de 2016.

FONTANELI, R. S. et al. *Enteric methane emissions from dairy cows fed different proportions of highly digestible grass silage*. Journal of dairy Science, 88, 1264 – 1276. 2005.

FRASER, M. D. *Effect of breed and pasture type on methane emissions from weaned lambs offered fresh forage*. Journal of Agricultural Science, 153, 1128 – 1134. 2015.

GARG, M. R. et al. *Carbon footprint of milk production under smallholder dairying in Anand district of Western India: a cradle-to -farm gate life cycle assessment*. *Animal production Science*, 56, 423 – 436. 2016.

GOVERNMENT OF CANADA – *Relações Canadá – Brasil*. 2015. Disponível em: <http://www.canadainternational.gc.ca/brazil-bresil/bilateral_relations_bilaterales/index.aspx?lang=por&menu_id=46>. Acesso em: 02 de jun de 2016.

GUINÉE, J. B. et al. *Life cycle Assessment: An operational guide to the ISO standards*. Handbook on Life Cycle Assessment. May, 2011.

HOLOS 2.1 – *Agriculture and Agri-food Canada*. Disponível em: <<http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/results-of-agriculturalresearch/holos/?id=1349181297838>>. Acesso em: dez de 2015.

ISO 14000 - family of International Standards. Environmental management. 2009.

ISO 14040 - The Revision of ISO Standards 14040–3. ISO Standards 14040–3. 2005.

JANTALIA, C. P. et al. *Em busca da mitigação da produção de óxido nitroso em sistemas agrícolas: Avaliação de práticas usadas na produção de grãos no Sul do país*. In: ALVES, B. J. R. et al. Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto alegre, RS. Genesis. 2006. Caps 2,4 e 5.

JIAO, H. P. et al. *Effect of concentrate feed level on methane emissions from grazing dairy cows*. *Journal of dairy Science*, 97, 7043 – 7053. 2014.

JOHNSON, K. et al. *Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique*. *Environ. Sci. Technol*, 28, 359-362. 1994.

JOHNSON, K. A E JOHNSON, D. E. *Methane Emissions from Cattle*. *Journal of animal Science*, 73:2483-2492. 1995.

KAISER, E. A. et al. *Nitrous oxide release from arable soil: Importance of n fertilization, crops and temporal variation*. *Soil Biol. Biochem*. Vol. 30, nº. 12, 1553±1563, 1998.

KILLHAM, 1986; POTH e FOCHT, 1985; FIRESTONE e DAVIDSON, 1989 *apud* JANTALIA, C. P. et al. *Em busca da mitigação da produção de óxido nitroso em sistemas agrícolas: Avaliação de práticas usadas na produção de grãos no Sul do país*. In: ALVES, B. J. R. et al. *Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Porto alegre, RS. Genesis. 2006. Cap 4.

KOZLOSKI, G. V. *Metabolismo microbiano ruminal*. In: *Bioquímica dos ruminantes*. 3º ed. Santa Maria, RS. UFSM. 2016. Cap 1.

KNAPP, J. R. et al. *Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions*. *Journal of Dairy Science*, 97, nº. 6, 2014.

KROHN, C. C.; MUNKSGAARD, L.; JONASEN, B. *Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. Experimental procedure, facilities, time budgets - diurnal and seasonal conditions*. *Applied animal behaviour Science*, 34, 37 – 47. 1992.

LAL, R. *Soil carbon sequestration to mitigate climate change*. *Geoderma*, 123, 1 –22. 2004.

LASCANA, C. E.; CÁRDENAS, E. *Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 175-182. 2010.

LASSEY, K. R. *Livestock methane emission and its perspective in the global methane cycle*. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 114–118. 2008.

LIMA, M. A. *Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problemas, oportunidades e desafios*. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.19, n. 3, p.451-472, 2002.

MARTENS, D, A.; REEDY, T, E.; LEWIS, D. T. *Soil organic carbon content and composition of 130-year crop, pasture and forest land-use managements*. *Global change biology*, 10, 65-78. 2004.

MC GEOUGH, E. J. et al. *Life-cycle assessment of greenhouse gas emissions from dairy production in Eastern Canada: A case study*. *Journal of dairy Science*, 95: 5164 – 5175. 2012.

MEUL, M. et al. *Potential of life cycle assessment to support environmental decision making at commercial dairy farms*. *Agricultural systems*, 131, 105 – 115. 2014.

MUNOZ, C. et al. *Effects of concentrate supplementation on enteric methane emissions and milk production of grazing dairy cows*. *Livestock Science*, 175, 37 – 46. 2015.

NASCIMENTO, R. S.; CARVALHO, N. L. *Integração lavoura – pecuária*. Monografias ambientais. NASCIMENTO & CARVALHO, vol. (4), nº4, 828-847, 2011.

NEMECEK, T.; KAGI, T. *Life cycle inventories of swiss European agricultural production systems*. Final report ecoinvent, vol 2, nº 15a. 2007.

NOVAES, L. P. *Confinamento de bovinos leiteiros*. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. *Bovinocultura leiteira: Fundamentos da exploração racional*. 2º ed. Piracicaba, SP. Fealq. 1993.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. *Metabolismo de carboidratos estruturais*. In: In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. 2º ed. Jaboticabal, SP. Funep. 2011. Cap. 7.

O'BRIEN, D. et al. *Life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms*. *Agricultural Systems*, 107, 33-46.2012.

O'BRIEN, D. et al. *How can grass-based dairy farmers reduce the carbon footprint of milk?* *Animal production Science*, 56, 495 – 500. 2016.

O'Mara, F.P. *The Significance of Livestock as a Contributor to Global GHG Emissions Today and in the Near future*. *Animal Feed Science and Technology*, 7-15. 2011.

OWEN, J. J.; SILVER, W. L. *Greenhouse gas emissions from dairy manure management: a review of field-based studies*. *Global Change Biology* 21, 550–565. 2015.

OWENS e GOETSCH, 1993 *apud* VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. *Fermentação ruminal*. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. 2º ed. Jaboticabal, SP. Funep. 2011. Cap. 6.

PATEL, M. *Enteric methane emissions from dairy cows fed different proportions of highly digestible grass silage*. *Acta Agriculturae Scand Section A*, 61, 128 – 136. 2011.

PATRA, A. K.; YU, Z. *Effects of coconut and fish oils on ruminal methanogenesis, fermentation, and abundance and diversity of microbial populations in vitro*. *Journal of Dairy Science*, 96, 1782–1792. 2012.

PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O. *Aspectos ambientais na bovinocultura*. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. 2º ed. Jaboticabal, SP. Funep. 2011. Cap. 16.

POPESCU, S. et al. *Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise*. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 55-43, 2013.

POSSENTI, R. A. et al. *Efeitos de dietas contendo Leucaena leucocephala e Saccharomyces cerevisiae sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, nº 8. 1509 – 1516. 2008.

POST, W. M.; KWON, K. C. *Soil Carbon sequestration and land-use change: processes and potential*. *Global change biology*, 6, 317 – 327. 2000.

PUCHALA, R. et al. *The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats*. *Journal of Animal Science*, 83, 182 – 186. 2005.

ROCA-FERNÁNDEZ, A. I.; FERRIS, C. P.; GONZÁLEZ-RODRÍGUES, A. *Short communication. Behavioural activities of two dairy cow genotypes (Holstein-Friesian vs. Jersey × Holstein-Friesian) in two milk production systems (grazing vs. confinement)*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(1), 120-126. 2013.

SALLAM, S. M. A. et al. *Effect of some essential oils on in vitro methane emission*. *Archives of Animal Nutrition*, 65, nº. 3, 203–214. 2011.

SEÓ, H. L. S. *Avaliação do ciclo de vida e estoque de carbono da produção leiteira em Pastoreio Racional Voisin*. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC. 2015.

SCHOENIAN, S. SHEEP 2011. *A Beginner's guide to raising sheep*. Disponível em: <<http://www.sheep101.info/201/grazingsystems.html>>. Acesso em: maio de 2016

SILVA, J. F. C. LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livrocere, 1979.

SILVA, R. O. et al. *Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation*. Nature climate change. 2016.

SILVA, R. W. C.; PAULA, B. L. *Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural*. Terræ Didática, 5 (1), 42-49. 2009.

SOUTHWELL, P. H.; ROTHWELL, T. M. *Report on analysis of output/input energy ratios of food production in Ontario*. School of Engineering University of Guelph. March, 1977.

STEINFELD, H. et al. *Livestock's Long Shadow environmental issues and options*. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>>. Acesso em: abril de 2016.

STORM, I. M. L.D. et al. *Methods for Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants*. Animals, 2, 160-183. 2012.

THOMASSEN, M. A. et al. *Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands*. Agricultural systems, 96, 95 – 107. 2008.

THORNTON, P. K.; HERRERO, M. *Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics*. PNAS, 107, nº. 46, 19667–19672. 2010.

URQUIAGA, S. et al. *Aplicação de técnicas de ¹³C em estudos de sequestro de C em solos agrícolas*. In: ALVES, B. J. R. et al. Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto alegre, RS. Genesis. 2006. Cap 1.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. *Fermentação ruminal*. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de ruminantes. 2º ed. Jaboticabal, SP. Funep. 2011. Cap. 6.

VUCEMILO, M. et al. *Welfare assessment of dairy cows housed in a tie-stall system*. Mljekarstvo 62 (1), 62-67. 2012.

WANG, Y. et al. *Effects of phlorotannins from Ascophyllum nodosum (brown seaweed) on in vitro ruminal digestion of mixed forage or barley grain*. Animal feed Science and technology, 145, 375 – 395. 2008.

WEIDEMA, BO. et al. *The product, functional unit and reference flows in LCA*. Environmental news, n° 70. 2004.

WILKERSON, V. A.; MERTENS, D. R.; CASPER, D. P. *Prediction of excretion of manure and nitrogen by Holstein dairy cattle*. Journal of dairy Science, 80, 3193 – 3204. 1997.

WOODWARD, S. L. *Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants*. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 61: 23-26. 2001.