

NATHÁLIA LIMA LOPES

**POTENCIAL DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO  
ESTUFA NA PECUÁRIA LEITEIRA PELOS SISTEMAS SILVIPASTORIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL

2013

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

L864p  
2013

Lopes, Nathália Lima, 1988-  
Potencial de neutralização das emissões de gases de efeito estufa na pecuária leiteira pelos sistemas silvipastoris / Nathália Lima Lopes. – Viçosa, MG, 2013.  
x, 116f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Gases estufa - Controle. 2. Leite - Produção. 3. Carbono.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal.  
II. Título.

CDO adapt CDD 634.94251

NATHÁLIA LIMA LOPES

**POTENCIAL DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO  
ESTUFA NA PECUÁRIA LEITEIRA PELOS SISTEMAS SILVIPASTORIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 04 de setembro de 2013.

---

Sílvio Nolasco de Oliveira Neto

---

Marcos Inácio Marcondes

---

Laércio Antônio Gonçalves Jacovine  
(Orientador)

*Aos meus pais, Geraldo e Tânia,*

*às minhas irmãs Karina e Raíra e*

*à minha avó Didi.*

*Dedico*

*“Os problemas que temos hoje não podem ser  
resolvidos se mantivermos a mesma maneira de  
pensar que tínhamos quando os criamos.”*

***Albert Einstein***

*“Descobri como é bom chegar quando se tem paciência.  
E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso  
dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer”.*

***Amyr Klink***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), por todo apoio e oportunidades de crescimento nesses anos de convívio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor e amigo Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, que foi muito mais que um orientador, foi um conselheiro e inspiração em todos os momentos.

Ao meu coorientador Marcos Inácio Marcondes, pelo incentivo e sugestões valiosas.

Ao Professor Sílvio Nolasco de Oliveira Neto, pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

Ao Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira da Região de Viçosa (PDPL-RV), pela preciosa colaboração na pesquisa.

Aos proprietários, Antônio Saraiva e Sérgio Maciel, pela concessão das áreas de estudo.

Aos amigos Carlos, Eliana, Daniel e Aline pela ajuda e torcida de sempre.

Ao GEEA, pelos anos de convívio e aprendizado.

Aos funcionários do DEF, pelo atendimento sempre gentil.

Aos meus pais, Geraldo Antônio Lopes e Tânia Maria de Lima Lopes, que são minha maior motivação e orgulho, pelo serem tão presentes e apaixonados.

À minha irmã Karina e prima-irmã Raíra, por estarem comigo em todos os momentos da minha vida.

À minha avó Deolinda, por me dar uma lição de vida tão motivadora todos os dias.

À minha família, por todo amor.

Às mais humilhadas e às amigas da vida inteira, por serem as irmãs que eu escolhi.

## **BIOGRAFIA**

Nathália de Lima Lopes, filha de Geraldo Antônio Lopes e Tânia Maria de Lima Lopes, nasceu em Viçosa-MG, no dia 23 de fevereiro de 1988.

Em 2005, concluiu o ensino médio no Colégio Equipe, em Viçosa, Minas Gerais.

Em 2006, ingressou no curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, tendo concluído-o em julho de 2011.

Em agosto de 2011, iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
CAPÍTULO 1 .....	4
1. O efeito estufa e as Mudanças Climáticas .....	5
2. A Pecuária Leiteira no Brasil .....	7
3. Mudança de uso do solo .....	11
4. Sequestro de Carbono em pastagens cultivadas .....	13
6. Os Sistemas Integrados como instrumento de otimização do uso da terra.....	27
6.1. Sistemas Silvopastoris.....	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	33
CAPÍTULO 2 .....	41
RESUMO .....	42
1. INTRODUÇÃO .....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	46
2.1. Descrição da área de estudo .....	46
2.2. Definição dos limites do inventário.....	52
2.3. Classe de rigor (Tier).....	53
2.5. Coleta de dados .....	54
2.6. Cálculo de Emissões de GEE.....	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	64
4. CONCLUSÕES.....	73
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
CAPÍTULO 3 .....	76
RESUMO .....	77
1. INTRODUÇÃO .....	80
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	82
2.1. Descrição da área de estudo .....	82
2.2. Inventário do componente arbóreo.....	83
2.3. Estimativa volumétrica.....	83
2.4. Estimativa da biomassa e estoque de carbono.....	83
2.5. Incremento Médio de Carbono.....	85
2.6. Predição da produção volumétrica e estoque de carbono.....	85

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	88
4. CONCLUSÕES.....	94
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95
CAPÍTULO 4.....	97
RESUMO .....	98
1. INTRODUÇÃO .....	101
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	103
2.1. Descrição do local de estudo.....	103
2.3. Conversão do carbono em CO <sub>2</sub> equivalente.....	104
2.4. Cálculo do balanço de gases de efeito estufa .....	105
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	106
4. CONCLUSÕES.....	111
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	112
2. CONCLUSÕES GERAIS .....	113
ANEXOS.....	114



## RESUMO

LOPES, Nathália Lima. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2013. **Potencial de neutralização das emissões de gases de efeito estufa na pecuária leiteira pelos sistemas silvipastoris.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Objetivou-se com este estudo avaliar o potencial de neutralização das emissões de gases de efeito estufa na pecuária leiteira pelos sistemas silvipastoris. Para atender aos objetivos, a pesquisa foi realizada em duas propriedades rurais que tem a pecuária leiteira como atividade principal, sendo que em uma o sistema de produção é caracterizado como intensivo (Propriedade 1) e em outra é adotado o sistema semi-intensivo (Propriedade 2). A Propriedade 1 localiza-se no município de Coimbra (MG) e a Propriedade 2 localiza-se em Porto Firme (MG). O Sistema Silvipastoril estudado caracteriza-se pela produção de leite consorciada com o plantio do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, clone GG 100, no espaçamento 7x6 m. Para realização do inventário de emissões nas duas propriedades foram considerados a fertilização nitrogenada, a fermentação entérica, manejo de dejetos animais, combustíveis fósseis e energia elétrica. Quantificou-se as emissões de GEE das fontes emissoras, conforme metodologias desenvolvidas pelo *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006). Realizou-se um inventário arbóreo em que todos os indivíduos tiveram seu DAP (Diâmetro à Altura do Peito) e altura medidos. A quantificação do volume do fuste e biomassa dos indivíduos foi feita através do método indireto, por meio da utilização de equações de regressão. As emissões totais de GEE pela atividade leiteira nas Propriedades 1 e 2, durante o ano-base adotado, foram de 637,91 tCO<sub>2</sub>e/ano e 71,57 tCO<sub>2</sub>e/ano. Já as emissões por animal foram de 5,27 e 5,44 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano, respectivamente. Considerando a produtividade, a Propriedade 1 apresentou uma emissão de 0,132 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano e a Propriedade 2 apresentou uma emissão de 0,354 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano. Em relação à produção do Sistema Silvipastoril encontrou-se um volume de madeira de 11,81 m<sup>3</sup>/ha e um Incremento Médio Anual de Carbono (IMAC) de 17,54 KgC.ind/ano, aos 30 meses de idade. Os volumes de madeira encontrados aos 14 anos de planejamento, pelo modelo de predição de volume de Clutter (1983), foram de 164,28, 180,50 e 198,30 m<sup>3</sup>/ha para a baixa, média e alta produtividade (S=20, S=26 e S=32). O balanço de carbono nas duas propriedades foi negativo, ou seja, -625,22 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano na Propriedade 1 e -58,88 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano na Propriedade 2. Esses valores demonstram o potencial emissor da pecuária leiteira e, principalmente, da fermentação entérica. A compensação das emissões totais

através do Sistema Silvipastoril analisado, seria possível através do plantio de 9.712,9 indivíduos em uma área de 40,79 ha para a Propriedade 1 e 914,71 indivíduos numa área de 3,84 ha para a Propriedade 2. O incremento de carbono encontrado aos 30 meses é suficiente para a neutralização de 2,41 animais na Propriedade 1 e 2,33 animais na Propriedade 2, o que demonstra a eficiência ambiental da intensificação do sistema de produção. Conclui-se que, quando bem manejados, os Sistemas Silvipastoris são importantes para mitigar as emissões de parte da produção de propriedades leiteiras intensivas e semi-intensivas.

## ABSTRACT

LOPES, Nathália Lima. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. July, 2013. **Neutralization potential emissions of greenhouse gases in dairy farming by silvopastoral systems.** Advisir: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

The objective of this study was to evaluate the potential of neutralizing emissions of greenhouse gases in dairy farming by silvopastoral systems. To meet the objectives, the research was conducted in two rural properties that have dairy farming as the main activity, and in one of the production system is characterized as intensive (Property 1) and another is adopted the semi-intensive system (Property 2). Property 1 is located in the municipality of Coimbra (MG) and Property 2 is located in Porto Firme (MG). The system studied is characterized by the production of milk with consortiums planting hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clone GG 100 in 7x6 m spacing. To compile the inventory of emissions in the two properties were considered nitrogen fertilization, enteric fermentation, animal manure management, fossil fuels and electricity. We quantified the GHG emissions from sources emitting as methodologies developed by the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Performed an arboreal inventory in which all individuals had their DBH (diameter at breast height) and height measured. Quantification bole volume and biomass of individuals was made through indirect method through the use of regression equations. The total GHG emissions for the dairy business in Properties 1 and 2, during the base year adopted, were 637.91 and 71.57 tCO<sub>2</sub>e/year. Emissions per animal were 5.27 and 5.44 tCO<sub>2</sub>e/cab/ano respectively. Considering productivity, Property 1 showed an emission of 0.132 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano and Property 2 showed an emission of 0.354 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano. For the production of System - Silvopastoral found a timber volume of 11.81 m<sup>3</sup>/ha and Medium Carbon Annual Increment (IMAC) of 17.54 KgC.ind / year at 30 months of age. Volumes of wood found at the prediction of volume of Clutter (1983) model, at 14 years of planning were 164.28, 180.50 and 198.30 m<sup>3</sup>/ha for low, medium and high productivity (S = 20, S = 26 and S = 32). The carbon balance was negative in the two properties, ie, in tCO<sub>2</sub>e.ha/ano - 625.22 - 58.88 Property 1 and Property 2 in tCO<sub>2</sub>e.ha/ano. These values demonstrate the emitter potential of dairy farming and mainly from enteric fermentation. Compensation of

total emissions by Silvopastoral system analyzed , it would be possible by planting 9712.9 individuals in an area of 40.79 ha for Property 1 and 914.71 individuals in an area of 3.84 ha for Property 2 . The increase of carbon found at 30 months is sufficient to neutralize the animals 2.41 2.33 Property 1 and Property 2 in animals , demonstrating the environmental efficiency of the intensification of the production system . We conclude that , when well managed, the silvopastoral systems are important to mitigate the emissions of the production of intensive dairy farms and semi - intensive .

## **1. INTRODUÇÃO GERAL**

Há algumas décadas, o tema Mudanças Climáticas tem sido foco de discussões e pesquisas em todo o mundo. Tal fato se deve, principalmente, à recorrência de fenômenos ambientais desastrosos em diversos países, alarmando a sociedade civil, pesquisadores e políticos.

Em termos políticos, o marco inicial para as discussões sobre as Mudanças Climáticas foi a realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro, em 1992, em que foi assinada a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

A Convenção entrou em vigor em 1994 e, desde então, foram realizadas reuniões conhecidas como Conferência das Partes (COP) para o estabelecimento de propostas para minimizar o problema.

Entre as conferências, destaca-se a ocorrida no ano de 1997 como a mais expressiva devido à assinatura do Protocolo de Quioto. Este acordo teve como principal objetivo o estabelecimento da redução de emissões aos países industrializados (ANEXO I) em 5,2%, em relação aos níveis observados em 1990, para o período de 2008 a 2012.

Dentro do âmbito do Protocolo de Quioto, foram criados mecanismos de flexibilização para auxiliar a redução das emissões de gases de efeito estufa, sendo eles: Implementação Conjunta, Mecanismos de Desenvolvimento Limpo e Comércio de Emissões.

Paralelo a esses mecanismos, foram estabelecidas estratégias de caráter voluntário para a diminuição das emissões em países com metas não obrigatórias.

Durante a COP 15 realizada em Copenhague, os países em desenvolvimento (NÃO-ANEXO I) firmaram metas voluntárias de redução de emissões. O Brasil, através da Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), estabeleceu a diminuição entre 36,1% a 38,3% das emissões brasileiras até 2020.

Além do Estado e dos ambientalistas, o mercado financeiro também entendeu a importância da produção sustentável para o crescimento equilibrado de um país. Isso vem acompanhado de uma sensibilização, ainda que discreta, por parte do mercado consumidor que passou a exigir que os produtos e serviços sejam ambientalmente corretos.

Paralelo a isso, durante muitos anos, percebeu-se uma grande abertura de fronteiras agropecuárias em áreas anteriormente preservadas ambientalmente. Desta forma, tais atividades, e em especial a pecuária, têm sido vistas como vilãs na degradação ambiental e aumento das emissões de gases de efeito estufa.

Parte da degradação atribuída à pecuária se deve ao grande potencial de emissão de metano. O primeiro inventário brasileiro avalia o equivalente a 57 milhões de toneladas de carbono das emissões nacionais de metano ligadas ao processo de fermentação entérica e ao manejo de dejetos animais do rebanho bovino (LIMA et. al., 2001).

Atualmente, muitas iniciativas voluntárias vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de viabilizar a conservação ambiental em propriedades rurais, já que é notório que a retirada de floresta para produção, causa um impacto negativo sobre o meio ambiente e aumenta a emissão de gases de efeito estufa. Dentre as importantes iniciativas, está a neutralização de emissões de carbono por meio do plantio de árvores e, conseqüentemente, a utilização de sistemas de produção integrados.

O princípio básico da neutralização de carbono é o de sequestro e fixação de carbono na biomassa das plantas, através do processo de fotossíntese e crescimento vegetal. Este mecanismo voluntário foi criado na Inglaterra, onde as políticas possuem maiores restrições ambientais.

Seguindo essa mesma linha da fixação de carbono e serviços ambientais, surgiram os Sistemas Agroflorestais (SAFs). Os SAFs podem ser definidos como qualquer sistema de uso da terra que envolva a integração de árvores ou outras plantas perenes lenhosas com cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais, objetivando a obtenção de benefícios das interações ecológicas, produtivas e econômicas dos seus diferentes componentes (NAIR, 1993).

Por possuírem vantagens relacionadas aos serviços ambientais e de complementação de renda do produtor rural, os SAFs têm sido incorporados em diversos programas estaduais e federais de incentivo à produção sustentável no meio rural, como por exemplo, o Programa Agricultura de Baixo Carbono.

Ainda que tenha-se avançado em pesquisas sobre os sistemas integrados, os estudos sobre a estocagem de carbono e os serviços ambientais promovidos pelos mesmos ainda são insuficientes para a compreensão plena dos procedimentos envolvidos. Entre os sistemas integrados destaca-se o Sistema Silvipastoril para a produção leiteira.

A produção leiteira no Brasil vem apresentando um crescimento contínuo dos últimos anos. Segundo a CEPEA (2011), a pecuária tem participado com aproximadamente 7,3% do

PIB Brasileiro nos últimos 10 anos, comprovando sua importância no cenário econômico nacional.

A pecuária leiteira é uma atividade que se adaptou às diversas regiões do país. Entretanto, Minas Gerais se destaca em relação aos demais em número de propriedades e produção gerada. Segundo o IBGE (2013), Minas Gerais apresentou maior aquisição de leite cru para industrialização (25,7% do total) nos primeiros trimestres de 2012 e 2013. Os estados do Rio Grande do Sul e Paraná apresentaram uma participação de 14,6% e 12,5%, respectivamente, na aquisição de leite cru nesse mesmo período.

Como qualquer outra atividade humana, a prática da pecuária, de leite e corte, causa impactos significativos ao meio ambiente, contribuindo com a degradação dos sistemas naturais, principalmente devido à forma de criação e aos processos de produção. No caso brasileiro, potencializam-se ainda mais estes impactos negativos da atividade, uma vez que a opção pela criação extensiva, em pastagens, ainda é expressiva (PALERMO, 2011).

Deste modo, objetivou-se avaliar o potencial de neutralização dos sistemas silvipastoris para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa na pecuária leiteira.

Para um melhor entendimento do trabalho, a dissertação foi estruturada em quatro capítulos, conforme descrito a seguir:

**Capítulo 1:** “Revisão de literatura”, em que abordou-se estudos relacionados ao aquecimento global, mudanças climáticas, emissões de GEE na pecuária leiteira e sistemas silvipastoris.

**Capítulo 2:** “Inventário de emissões de gases de efeito estufa da pecuária leiteira em propriedades da Zona da Mata mineira” no qual foram identificadas e quantificadas as emissões de GEE em duas propriedades leiteiras no período do ano-base (Abril de 2012 a Março de 2013).

**Capítulo 3:** “Estocagem de carbono de Sistema Silvipastoril no município de Porto Firme, MG” em que gerou-se dados do incremento médio anual de carbono do sistema e comparação do mesmo com outros estudos de estocagem de carbono.

**Capítulo 4:** “Balanço de carbono das emissões de gases de efeito estufa por sistema silvipastoril no município de Porto Firme, MG” em que foi apresentado o balanço de carbono de duas propriedades leiteiras pelos dados de estocagem do Sistema Silvipastoril implantado na Zona da Mata mineira.

**CAPÍTULO 1**  
**REVISÃO DE LITERATURA**



## **1. O efeito estufa e as Mudanças Climáticas**

### **1.1. Os Gases de Efeito Estufa e o aquecimento global**

O efeito estufa é um fenômeno natural sem o qual não haveria vida no planeta terra. Campos (2001), apresenta uma definição do efeito estufa natural:

“A energia da radiação eletromagnética emitida pelo sol atinge a atmosfera, principalmente na forma de radiação luminosa, e uma parte menor de infravermelha e ultravioleta. Parte dessa radiação é refletida pela atmosfera, parte é absorvida e outra parte atravessa a atmosfera, alcançando a superfície terrestre. A superfície terrestre reflete a parcela da radiação eletromagnética de ondas luminosas e absorve outra parcela. As radiações absorvidas participam de processos físicos e sua energia transforma-se, resultando ao final na emissão pela Terra de calor, sob a forma de radiação térmica (ondas longas). O calor irradiado pela Terra se dirige ao espaço, porém parte dele é aprisionado na atmosfera, devido a presença de gases causadores do efeito estufa- GEE”.

Desta forma, entende-se que os Gases de Efeito Estufa (GEE) são essenciais à sobrevivência no planeta pois estes têm o papel importante de retenção de calor na terra, garantindo que a temperatura se mantenha nos níveis adequados. No entanto, é preocupante o ritmo com que as suas concentrações têm aumentado em todo o mundo, causando grandes desastres ambientais.

O aumento do efeito estufa e conseqüentemente, o aquecimento global, têm afetado a vida das pessoas de várias maneiras. Segundo o IPCC (2007), o aumento da temperatura produz efeitos na agricultura e na saúde humana, tais como a mortalidade na Europa devido ao calor e manutenção de vetores de doenças infecciosas em algumas áreas.

São muitos os gases responsáveis pelo efeito estufa, dentre eles tem-se: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), vapor d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), os clorofluorcarbonetos (CFC's) e o hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ). Tais gases são provenientes de processos naturais, atividades humanas e industriais.

Na Tabela 1, é possível perceber que as emissões de  $\text{CO}_2$  são mais significativas (71,7%), seguidas do  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  com 17,8% e 10,3%, respectivamente. Avaliando o perfil das emissões, nota-se que o setor de mudanças do uso da terra/florestas é o que mais contribui nas emissões totais brasileiras.

Tabela 1 – Emissões brasileiras por setor e tipo de gases do ano de 2005, em GgCO<sub>2</sub>e.

Fonte de Emissão	Emissões					( <b>%</b> )
	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>Outros gases</b>	<b>Totais</b>	
Energia/queima comb. fósseis	333.077	7.329	3.565	0	343.971	<b>15,7</b>
Energia/emissões fugitivas	13.913	4.137	0	0	18.050	<b>0,8</b>
Processos industriais	25.438	84	7.006	4.598	37.126	<b>1,7</b>
Mudanças do uso da terra/florestas	1.202.134	59.703	6.045	0	1.267.882	<b>57,7</b>
Agropecuária	0	276.318	204.631	0	480.949	<b>21,9</b>
Tratamento de resíduos	0	44.373	4.557	0	48.930	<b>2,2</b>
Totais	1.574.562	391.944	225.804	4.598	2.196.908	<b>100,0</b>
<b>Representação (%)</b>	<b>71,7</b>	<b>17,8</b>	<b>10,3</b>	<b>0,2</b>	<b>100,0</b>	

Fonte: MCT (2009a) (Adaptado).

Mais importante que a quantidade de emissões de cada gás de efeito estufa, é o Potencial de Aquecimento Global (PAG) que estes possuem. Este fator mede o potencial de aquecimento de um determinado gás comparado à capacidade de aquecimento do CO<sub>2</sub>, que é considerado o gás de referência para cálculos.

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), os países em desenvolvimento são os mais vulneráveis às variações do clima, devido à dificuldade de se adaptar à eventos extremos em geral. O IPCC ainda afirma que quanto maiores forem as dificuldades, maiores os esforços de toda a sociedade para sua adaptação (CADERNOS NAE, 2005).

Além dos danos provocados à saúde humana, prevê-se que o aquecimento global e o consequente aumento da temperatura irão transformar os biomas em várias regiões do planeta. Uma preocupação recorrente do Brasil é a região nordeste do país, que de semi-árido pode ser substituído por vegetação árida ao longo de anos, inviabilizando a produção de alimentos.

## 1.2. Potencial de Aquecimento Global (PAG)

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o GEE mais discutido atualmente, mas outros gases também contribuem para o aquecimento do planeta. Com o objetivo de criar uma unidade comum para os GEE, o IPCC desenvolveu o Potencial de Aquecimento Global (PAG).

O PAG é uma medida que simplifica o modo como uma determinada quantidade de GEE contribui para o aquecimento global, comparando o gás em questão com a mesma quantidade de CO<sub>2</sub>, cujo potencial é definido como 1 (KEY ASSOCIADOS, 2009). O PAG dos principais gases de efeito estufa estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos gases de efeito estufa por período de tempo.

Gás	Período de vida (anos)	Horizonte de tempo (PAG)		
		20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Variável	1	1	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	12 + 3	56	(25) 21	6,5
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	120	280	(298) 310	170
Hidrofluorcarbonetos (HFCs)	264	9100	11700	9800
Perfluorcarbonetos (PFCs)	2600 ~ 50000	4400~6200	6500~9200	10000~14000
Hexafluoreto de enxofre (SF <sub>6</sub> )	3200	16300	23900	34900

Fonte: Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22. Citado por UNFCCC, 2011 (Adaptado).

Os potenciais de aquecimento global do metano e óxido nitroso, que anteriormente eram de 21 e 310 respectivamente, atualmente estão sendo substituídos por 25 e 298, segundo estudo da UNFCCC (2011).

## 2. A Pecuária Leiteira no Brasil

### 2.1. Características gerais

No Brasil, o complexo agroindustrial do leite tem importância significativa, e se destaca por estar presente em todo território nacional e, na maioria dos estados, tem uma contribuição social relevante gerando renda e uma quantidade expressiva de postos de trabalho (GOMES, 2007).

Mesmo considerando o extenso território nacional, é possível perceber a presença da pecuária em diferentes regiões do país, evidenciando que esta se adaptou assim às variações climáticas, topográficas, sociais e econômicas a que estão inseridas.

A pecuária leiteira brasileira possui diferentes sistemas de produção que varia dependendo da região do país onde está estabelecida e, conseqüentemente, do perfil do produtor. As variações climáticas e topográficas também são um critério relevante na escolha do modelo de produção a ser utilizado e estes, por sua vez, serão determinantes para o grau de produtividade do rebanho. De maneira geral, o sistema de produção pode ser a pasto, confinamento ou semi-confinamento.

No Brasil, a alimentação de bovinos se dá, em sua maioria, através de pastagens cultivadas. Tal fato se deve à extensão territorial do Brasil e ao potencial elevado da produção de forragem das pastagens tropicais, ainda que este não seja aproveitado como deveria.

Já o sistema baseado no confinamento, utiliza tecnologias avançadas para criar um ambiente que seja adequado para o animal. Uma das vantagens desse sistema é a diminuição da influência das condições edafoclimáticas na produtividade do rebanho.

Por necessitar de tecnologias de alto valor, o investimento inicial associado ao sistema de confinamento é bastante elevado. No entanto, este apresenta produtividades maiores em relação ao sistema de pasto já que o animal é alimentado de forma eficiente, adquirindo nutrientes controlados necessários à maior produção leiteira.

Regiões do Brasil e do mundo onde as condições edafoclimáticas permitem o desenvolvimento de boas pastagens ao longo de todo o ano, tendem a utilizá-la como única fonte de nutriente animal. Em contrapartida, a presença de duas estações distintas (chuva e seca), é um fator decisivo para a produção de espécies forrageiras.

Outra característica importante dos produtores de leite no Brasil é a sua ausência de especialização da produção, ou seja, a atividade muitas vezes é direcionada para o consumo próprio ou como fonte adicional de renda. Uma consequência disso é a ausência de investimento em tecnologia e conhecimento sobre práticas mais sustentáveis do ponto de vista econômico e ambiental.

A média de produção diária de leite na Zona da Mata de Minas Gerais, tanto na ausência de chuva como na época chuvosa, é de 93 litros por produtor, entretanto existe uma grande variação entre eles, que oscila de 2 a 350 litros por dia (ZOCCAL et al., 2004).

Uma minoria da cadeia leiteira brasileira é composta por produtores especializados e esses se caracterizam por se estabelecerem em grandes áreas. Por obter sua renda principal da

atividade leiteira, os produtores especializados buscam maiores investimentos em tecnologia, conhecimento técnico e aquisição de animais de raças superiores.

Além da não especialização, a produção leiteira no Brasil se dá, em sua maioria, em pequenas propriedades rurais. Fagundes (2004) apontou, de acordo com o Censo Agropecuário de 2006, que do total produzido em propriedades especializadas na pecuária leiteira, 44,1% ocorre em propriedades de até 50 hectares.

Segundo Santos et. al. (2010), de maneira geral, a produção de leite no país é bastante heterogênea. Se por um lado, existem locais em que a produtividade é superior a 3.500 L/vaca/ano, a grande maioria ainda possui baixa produtividade chegando a 800 L/vaca/ano. Essa baixa produtividade aumenta ainda mais as pressões ambientais sofridas pelo setor, já que necessita-se de áreas de pastagens cada vez maiores para garantir uma mesma produção anual.

Em relação ao regime de pastejo, este pode ser extensivo, intensivo ou semi-intensivo. Segundo Simões et.al. (2009), no sistema extensivo o método de pastejo é contínuo e se caracteriza pela utilização da pastagem sem descanso durante todo o ano, podendo ser com um número de animais fixo ou variável ao longo do ano. Neste regime, as forrageiras não são aproveitadas em sua eficiência máxima e a capacidade de suporte da pastagem geralmente não ultrapassa 1,5 UA. ha<sup>-1</sup>.

Já o pastejo no sistema semi-intensivo é do tipo rotacionado, sendo que a pastagem é subdividida em um número variável de piquetes, que são utilizados de maneira subsequente (ASSIS et al., 2005).

Ainda segundo Assis et. al. (2005), o mesmo regime rotacionado é válido para o sistema intensivo, que se diferencia do semi-intensivo apenas pela maior adoção de tecnologias, como maior correção e adubação dos solos e, na sua maioria, a utilização de irrigação da pastagem, permitindo que o nível de produção de forragem seja alto e, conseqüentemente, as taxas de lotação sejam superiores a 2,0 UA.ha<sup>-1</sup>.

## **2.2. Situação atual das pastagens brasileiras**

A conversão de florestas em pastagens é o principal impacto gerado pela pecuária e constitui uma fonte importante de emissões de gases de efeito estufa.

As áreas de pastagens no Brasil evoluíram significativamente após a introdução dos capins do gênero *Brachiaria* e seus cultivares, que se adaptaram às condições edafoclimáticas

das regiões de trópicos, tornando predominante nas pastagens existentes e também em formação (BODDEY et al.,2003).

Apesar do grande aumento de pastagens em processo de degradação, estas ainda são o principal componente alimentar de animais ruminantes de todo o país.

“A pastagem é um sistema biológico, com perdas e exportação de energia (produtos) para outros organismos. Dada à precariedade, desconhecimento e/ou incapacidade de adoção de determinados pacotes tecnológicos, é natural que se instale o processo de degradação da pastagem, variando apenas a precocidade e a velocidade do declínio e produção, conforme o solo e o clima. Portanto, é necessário o conhecimento das forrageiras que se adaptam as condições edafoclimáticas da região, manter os níveis de nutrientes de acordo com as exigências nutricionais da planta, bem como avaliar a capacidade de suporte da pastagem para utilizar o manejo mais adequado”. (RODRIGUES et al., 2000).

Segundo Jantalia et al. (2006a), a atividade pecuária é responsável pela ocupação de 2 milhões de km<sup>2</sup> de área, ou seja, 25 % do território nacional e 6% da área mundial correspondente a pastagens.

O processo de degradação de pastagens é, muitas vezes, consequência do intenso pastejo a que estas áreas são submetidas, elevando assim a velocidade de perda de produtividade. Além disso, esse processo de degradação, na maioria das vezes, não é acompanhado de fertilização adequada, agravando ainda mais a situação das mesmas.

No Brasil, grande parte dos produtores utilizam o sistema extensivo de produção, ou seja, com ausência de fertilização adequada levando a uma baixa capacidade de suporte da pastagem. Como mencionado anteriormente, essa capacidade de suporte não ultrapassa 1,5 UA.ha<sup>-1</sup>.

Devido a isso, muitos produtores que utilizavam o sistema extensivo, estão migrando para o sistema intensivo de produção. Neste caso, utiliza-se o pastejo rotacionado e a irrigação como forma de aumentar a capacidade de suporte das pastagens. No entanto, na adoção de sistemas mais intensivos, o impacto do pisoteio animal no solo é mais acentuado gerando maior compactação do solo quando em contato com a irrigação (PIRES, 2007).

Como vantagem do sistema intensivo, pode-se destacar também uma maior ciclagem dos nutrientes do solo pela presença das fezes e urina produzidas pelo animal sob a pastagem. Devido a isto, muitos pesquisadores e técnicos indicam a permanência do animal na pastagem pelo maior período possível. Mas, tal decisão deve ser tomada com cautela e analisando sempre outros aspectos importantes relativos à sanidade das pastagens e a capacidade deste em alimentar eficientemente o rebanho.

### 3. Mudança de uso do solo

Os ecossistemas terrestres incluindo a vegetação e o solo são considerados atualmente como um grande sumidouro de carbono, especialmente os solos. Existem várias maneiras pelo qual o manejo apropriado do solo, pode resultar em significativa redução no aumento dos gases de efeito estufa (GARRITY et al., 2001).

Qualquer que seja a alteração do uso solo acarreta em mudanças nas emissões e sequestro de carbono. Dentre as várias alterações, pode-se citar: retirada da floresta para implantação de pastagem, agricultura e criação de complexos urbanos.

Um solo que está submetido à vegetação nativa possui um equilíbrio entre as trocas de carbono e não é tratado com as técnicas de revolvimento com a mesma intensidade quem em ecossistemas cultivados.

Em ecossistemas nativos, o clima e as condições do solo são os fatores primários determinantes do balanço de carbono, pois estes controlam as taxas de produção e decomposição de matéria orgânica. Já em sistemas agrícolas, os fatores mais importantes são o tipo de uso e a taxa de decomposição através da produção de resíduos, seleção de cultivares, fertilização, procedimentos de colheita, métodos de preparo do solo e manejo de resíduos (CERRI et. al., 2001).

O uso da terra e mudanças no uso da terra são itens importantes a se considerar em análises futuras de leite e produção de carne já que o setor pecuário mundial hoje já faz uso de cerca de 70% de terras destinadas à produção agrícola (STEINFELD et al., 2006).

A utilização da terra para a produção de alimentos para a população humana concorre com a produção de alimentos para animais, transporte, conservação ambiental e outros, o que contribuiu para o aumento do desmatamento nas últimas décadas. Segundo a Coordenação de Monitoramento e Controle Florestal - COMON (2007), o desmatamento é a operação que objetiva a supressão total da vegetação nativa em determinada área para seu aproveitamento como uso alternativo do solo.

A Mata Atlântica, por exemplo, ocupava mais de 1.290.000 km<sup>2</sup> originalmente, valor que correspondia a 15% do território nacional, ocupando 17 estados. Atualmente, no entanto, possui apenas 8% da sua cobertura original. Talo fato pode ser explicado pelo fato da Mata Atlântica estar localizada nos maiores polos industriais, silviculturais e aglomerados urbanos do país (ALIANÇA PARA CONSERVAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA, 2007).

No caso da Amazônia, as consequências do desmatamento sobre a biodiversidade é muito significativa. Segundo Soares et al. (2006), um quarto das 382 espécies de mamíferos perderão 40% de sua área de distribuição geográfica.

Além de afetar a biodiversidade, o desmatamento provoca perdas também dos serviços ambientais. São muitos os benefícios gerados pelas florestas, sendo eles: manutenção da qualidade da água, ciclagem de nutrientes, proteção do solo, fornecimento de alimentos e energia.

Além dos serviços citados acima, as florestas atuam como sumidouros de carbono. Estima-se que as florestas brasileiras estoquem um total cerca de 54 bilhões de toneladas de carbono. Nesse contexto, o desmatamento no Brasil é o processo que mais contribui para emissão de CO<sub>2</sub>, totalizando de 70% das emissões nacionais. A contabilidade das emissões do desmatamento leva o Brasil a ocupar o quinto lugar da lista de países emissores, representando 5% do total mundial (CAIT\_WRI, 2007).

Os resultados obtidos em pesquisas mostram que as pastagens bem manejadas apresentam aumento no total de C estocado nos solos em função do tempo de implantação das gramíneas. Foram encontrados valores na ordem de 0,4 a 0,6 kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> para a camada 0 - 30 cm de profundidade do solo em pastagens bem manejadas (CERRI et. al., 1999; CERRI et. al., 2006).

As pastagens ocupam cerca de 170 milhões de hectares do território nacional e representam a base da produção pecuária. O Brasil possui aproximadamente 25% da área territorial ocupada com pastagens, sendo que 20% destas correspondem a pastagens degradadas de plantas do gênero *Brachiaria*. Estima-se que os pastos ocupem 9,18 milhões de hectares no estado de São Paulo, sendo constituídos, em sua maioria, por plantas do gênero *Brachiaria*, e que aproximadamente 50% desse total já se encontram em algum estágio de degradação (TEIXEIRA, 2010).

Houghton et al. (1987), citados por Salati (1994), encontrou que cerca de 25% do carbono existente no metro superior do solo sob floresta tropical são perdidos na atmosfera se o solo for convertido em algum tipo de cultivo, enquanto até 12% são perdidos quando a vegetação natural dá lugar a pastagens ou áreas abandonadas pelo uso agrícola (Tabela 2).



Tabela 2 - Percentagem das reservas iniciais de carbono perdidas para atmosfera quando florestas tropicais são convertidas em diferentes tipos de uso da terra.

<b>Uso da terra</b>	<b>Vegetação %</b>	<b>Solo %</b>
Terra cultivada	90-100	25
Pastagens	90-100	12
Culturas degradadas (abandonadas) ou pastagens	60-90	12-25
Culturas rotativas	60	10
Florestas degradadas	25-50	<10
Derrubada	10-50	<10
Plantações de árvores	30-50	<10
Reservas extrativistas	0	0

Fonte: Adaptado de Houghton et al. (1987), citados por Salati (1994).

Como a produtividade das pastagens no Brasil é considerada baixa, o uso intensivo das pastagens é uma das medidas mais importantes para viabilizar a expansão das lavouras e das florestas de produção sem efeito sobre a fronteira agrícola e a produção de alimentos (GOUVELLO et. al., 2010).

#### **4. Sequestro de Carbono em pastagens cultivadas**

As pastagens produtivas podem manter altos estoques de C no solo quando produtivas ou diminuir os estoques quando degradadas (MAIA et al, 2009). No entanto, em algumas situações, as pastagens podem atuar como grandes emissoras de metano.

Segundo Cerri et al. (2009), a emissão de CH<sub>4</sub> na pastagem pode estar associada à maior retenção de água pelo solo, à maior presença de sítios de anaerobiose resultante principalmente do pisoteio de animais e ainda à deposição de dejetos neste solo. Desta forma, a deposição dos dejetos (fezes e urina) nas pastagens é uma importante fonte de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O para atmosfera.

Estudando as taxas de oxidação de CH<sub>4</sub> em solos cultivados com pastagem e pastagem com leguminosas, Cardoso et al. (2001) encontraram taxas de 10,25, 10,03, 7,70 e 8,87 g C/ha/dia para área de cerrado, lavoura, pastagem e pastagem com leguminosa, respectivamente, nos períodos chuvosos. Essas menores taxas de oxidação de metano pelas pastagens podem ser resultado da compactação superficial do solo, causada pelo pastejo de animais (LAUREN et al., 1995).

Verchot et al. (2000) encontraram uma grande variação nas emissões e sequestro de CH<sub>4</sub> em solos de pastagem. Durante o período de chuvas as pastagens apresentaram as maiores emissões de CH<sub>4</sub>, e durante o período seco, oxidação desse gás. MOSIER et al., (2004) propõem que a conversão de áreas de floresta em pastagens ocasionam uma diminuição nas taxas totais de oxidação de metano.

Em contrapartida, Braga (2010) afirma que, considerando a taxa média de produção de carne mundial de 0,02 t/ha/ano e um sequestro de C médio em áreas de pastagem bem manejada da ordem de 0,06 t C/ha/ano, a área total das pastagens no mundo resulta em 0,2 Gt C/ano, o que potencialmente seria suficiente para compensar cerca de 4% do total de emissões de carbono no planeta.

Carvalho (2009) encontrou acúmulo no solo de 0,46 Mg C ha/ano, no caso de uma pastagem não degradada e sem restrições quanto à fertilidade. Já em uma pastagem implantada em solo de baixa fertilidade, houve emissão de C para atmosfera, com taxas de perda variando de 0,15 a 1,53 Mg C ha/ano, respectivamente para pastagem não degradada e degradada. Segundo o autor, a magnitude das perdas depende do grau de degradação da pastagem.

Embora alguns estudos tenham verificado o potencial das pastagens cultivadas para sequestrar CO<sub>2</sub> atmosférico, não existe praticamente nenhuma informação sobre estratégias de manejo do pastejo para mitigar os efeitos de gases do efeito estufa, e ao mesmo tempo garantir sistemas de produção rentáveis (SOUSSANA et al., 2007).

Além das incertezas quanto a taxa de emissão e sequestro de C do solo em pastagem, existem outras dúvidas em relação ao ciclo desse C na produção leiteira. Ainda que a pastagem, quando bem manejada, tenha potencial de sequestrar C, esta faz parte da alimentação do animal, que, por sua vez, também irá emitir metano através dos processos de fermentação entérica e manejo de dejetos. Desta forma, a contabilização do carbono sequestrado pela pastagem, muitas vezes, não é abordada inventários voltados para a produção de leite ou carne.

## **5. Emissões relacionadas à pecuária leiteira**

As emissões de gases de efeito estufa relacionadas à pecuária são importantes se comparadas ao total de emissões brasileiras. O primeiro inventário brasileiro avalia o equivalente a 65 e 100 Tg/ano de metano provenientes dos processos digestivos de herbívoros

ruminantes, representando 15% das emissões totais de metano no país. Já o manejo de dejetos é responsável pela emissão de 20 a 30 Tg/ano (IPCC, 1995).

As emissões diretas da pecuária leiteira são provenientes dos processos de fermentação entérica e dejetos animais. Já as emissões indiretas estão relacionadas à fertilização das pastagens e das culturas que compõem a alimentação do gado, consumo de combustíveis fósseis por máquinas agrícolas e energia elétrica consumida em ordenhas e irrigação.

### 5.1.1. Fermentação entérica

Os gases emitidos pelos animais ruminantes nesses dois processos que contribuem para o aquecimento global são principalmente três: metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

Steinfeld et al. (2006) estimaram uma emissão mundial de 86 Mton CH<sub>4</sub> para o ano de 2004, com uma contribuição do gado bovino de 76,9% do total (58,6% originado do gado de corte e 18,3% do gado leiteiro) (Tabela 3).

Tabela 3 - Emissões de metano da fermentação entérica no mundo para o ano 2004 e a contribuição de cada tipo de animal.

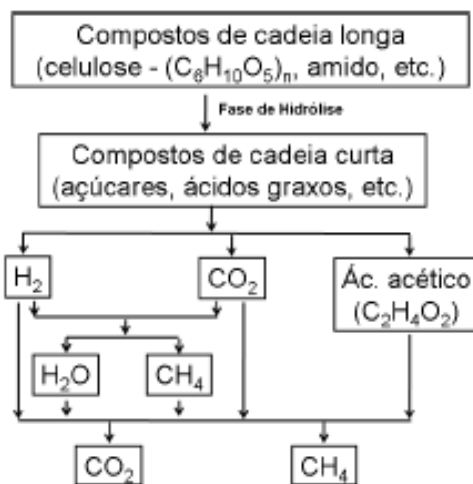
<b>Animais</b>	<b>Emissões de CH<sub>4</sub> (10<sup>6</sup>ton de CH<sub>4</sub>)</b>	<b>Emissões de CO<sub>2</sub>eq (10<sup>6</sup>ton de CO<sub>2</sub>eq)</b>	<b>Contribuição (%)</b>
Bovinos	65,85	1.382,85	76,9
Bovino de corte	50,16	1.053,36	58,6
Bovino de leite	15,69	329,49	18,3
Bubalinos	9,23	193,83	10,8
Pequenos ruminantes*	9,44	198,24	11,0
Suínos	1,11	23,31	1,3
<b>Total</b>	<b>85,63</b>	<b>1.798,23</b>	<b>100</b>

\*caprinos e ovinos.

Fonte: Adaptado de Steinfeld et al. (2006).

A produção de metano pela fermentação entérica faz parte do processo digestivo natural de ruminantes. A fermentação do material vegetal ingerido no rúmen é um processo anaeróbico que converte os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta, tais como os ácidos acéticos, propiônico e butírico. Ao produzir-se essa transformação, libera-se calor, que é dissipado como calor metabólico pela superfície corporal, e são produzidos

dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ), que são eliminados, pelo menos em parte, com os gases respiratórios (DUKES et al., 1977). (Figura 2).



**Figura 2** - Representação esquemática do processo de fermentação entérica, que ocorre no pré-estômago dos animais ruminantes.

Fonte: MCT, 2004.

A proporção de dióxido de carbono e metano produzidos pelo rúmen depende da sua configuração e do balanço energético da fermentação. Geralmente, a proporção de  $\text{CO}_2$  é duas a três vezes do que a quantidade de metano produzido. Enquanto o  $\text{CH}_4$  é eliminado pelo “aroto”, o destino do  $\text{CO}_2$  é mais difícil de ser identificado, pois este é fundido e reciclado pelo metabolismo do carbono (VAN SOEST, 1982).

A quantidade de metano produzida pelo processo de fermentação entérica depende de muitos fatores. Entre eles estão o tipo e a raça do animal, a quantidade e o tipo/digestibilidade do alimento consumido, a intensidade do esforço físico ao qual o animal é submetido, a prática de criação adotada (sistema extensivo, intensivo, etc.), a idade e o peso do animal (MCT, 2004; DONG et al., 2006a).

A dieta alimentar do ruminante é um fator determinante na quantidade de  $\text{CH}_4$  produzida pelo rúmen. Isto ocorre porque apenas parte da alimentação diária é convertida em metano. A variação na quantidade da alimentação diária, por sua vez, depende do peso do animal, da taxa de ganho de peso e da taxa de produção de leite. A otimização da conversão de metano depende da eficiência do rúmen, que está fortemente ligada à dieta (BATES, 2001).

Ou seja, o metano é um subproduto da digestão dos ruminantes e sua liberação representa perda de energia e produtividade para o animal. Esta perda, por sua vez, depende

do tipo de dieta destinada ao animal, mas normalmente considera-se entre 5-15% da energia bruta ingerida (CICERONE & OREMLAND, 1988).

Desta forma, entende-se que a redução dos índices de emissão de metano pelo rúmen está diretamente ligada a medidas que promovam uma melhor eficiência produtiva, ou seja, melhoria da dieta.

Segundo Owens e Goetsch (1988), dietas que possuem grande quantidade de volumosos podem representar perdas energéticas de 6 a 18%, em relação à energia inicial consumida. Os volumosos tradicionalmente conhecidos e utilizados são a forragem produzida em pastagens e os volumosos chamados suplementares tais como as silagens de milho, de sorgo e de capineiras; os fenos, a cana-de-açúcar e as palhadas (AGUIAR, 2004).

Segundo Johnson e Johnson (1995), dietas compostas por cerca de 90% de alimentos concentrados, as perdas de energia na forma de CH<sub>4</sub> podem ser variáveis, podendo variar de 2 a 3%. Ou seja, metade do valor encontrado para alimentos volumosos.

Para Crutzen et. al. (1986), a qualidade e a quantidade de alimento aliados ao desempenho do rúmen são fundamentais para determinar o total de energia alimentar perdido na produção de metano. Os mesmos estimaram a energia bruta ingerida que é transformada em CH<sub>4</sub>, utilizando pesquisas detalhadas de bovinos nos EUA, Alemanha e da Índia. Em média, as estimativas das emissões de CH<sub>4</sub> dos bovinos nos EUA são 58 kg/cab/ano. Na Alemanha ocidental, as emissões médias estimadas foram de 57 kg/cab/ano. Para os países industrializados, a média estimada foi de 55 kg/cab/ano. Nos países em desenvolvimento (Brasil, Argentina e Austrália), a média encontrada foi de 57 kg/cab/ano.

Os fatores de emissão para pecuária em diferentes regiões do Brasil, segundo o IPCC (1996) se encontra na Tabela 4. Através desta pode-se perceber que o fator de emissão médio geral foi menor que os fatores de emissão sugeridos pelo IPCC (1996).

Tabela 4 – Fator de emissão de CH<sub>4</sub> em diferentes regiões do Brasil.

Categoria de animal	Sub-população	Região	Fator de emissão default	Fator de emissão estimado
			Kg CH <sub>4</sub> /cabeça/ano	
Gado de corte	Fêmeas adultas	Norte	58	65
		Nordeste	58	73
		Centro-Oeste	58	67
		Sudeste	58	67
		Sul	58	65
	Machos adultos	Norte	57	62
		Nordeste	57	73
		Centro-Oeste	57	64

		Sudeste	57	64
		Sul	57	66
		Norte	42	47
		Nordeste	42	56
	Jovens	Centro-Oeste	42	48
		Sudeste	42	48
		Sul	42	50
		Norte	57	59
		Nordeste	57	61
Gado de leite	Média	Centro-Oeste	57	61
		Sudeste	57	65
		Sul	57	62

Fonte: Adaptado de IPCC (1996).

No entanto, pesquisas atuais contestam os fatores estimados para a pecuária de leite. Pesquisas desenvolvidas por Primavesi et al. (2004) indicaram uma variação da emissão de CH<sub>4</sub> por vacas em lactação de 131 kg cab/ano, valor bastante superior a 57 kg cab/ano, apresentado pelo MCT (2000).

### 5.1.2. Dejetos animais

Os dejetos animais em condições anaeróbicas também são uma importante fonte de emissão. Existem vários fatores que influenciam diretamente a porcentagem de emissão pelo manejo de dejetos, sendo a alimentação e, conseqüentemente, a eficiência da fermentação, um dos mais relevantes.

A fermentação dos nutrientes alimentares pela microbiota ruminal (bactérias, protozoários e fungos) resulta na formação de ácidos graxos voláteis (usados pelo ruminante como fonte de energia) e de gases (CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>), eliminados por meio da eructação e respiração (MARTIN et al., 2009).

Estudos apontam que os alimentos ou rações que possuem alto teor de sólidos voláteis aumentam a proporção de metano produzido, já que estes serão metabolizados pelas bactérias em condições favoráveis. Esse potencial de geração de metano varia de 0,17 a 0,49 m<sup>3</sup> de metano por kg de sólidos voláteis, ou seja, média de 0,25 m<sup>3</sup> de metano por kg de sólidos voláteis (US-EPA, 1992).

Outro fator decisivo para a proporção de metano produzido pelo dejetos é o tipo de estocagem a que esse resíduo está sendo submetido. A estocagem seca ou sua deposição em pastagens, principalmente por eliminação direta dos animais através da defecação, cria

condições de maior aerobiose (maior presença de oxigênio) e, portanto, de menor geração de metano, sendo estas consideradas desprezíveis nestes casos (DONG et al., 2006a; REID et al., 2004).

A estocagem líquida (lagoas e tanques), por sua vez, cria uma situação de anaerobiose gerando ambiente propício para a ação de bactérias produtoras de metano.

Esta condição anaeróbica é comum em sistemas intensivos, onde grande quantidade de cabeças de gado é criada em um espaço confinado, e quando os dejetos são manipulados sob forma líquida (DONG et al., 2006a).

Na Tabela 5 são indicados os fatores de emissão para o manejo de dejetos propostos pelo IPCC (2006), em que nota-se uma igualdade de valores entre o gado de corte e leite (Tabela 5).

Tabela 5 - Fatores de emissão de CH<sub>4</sub> originado do manejo de dejetos em diferentes categorias animais.

<b>Categoria de animal</b>	<b>Sub-população</b>	<b>Fator de emissão (KgCH<sub>4</sub>/cab/ano)</b>	<b>Fator de emissão (tCO<sub>2</sub>e/cab/ano)</b>
Gado de corte	Média	1,00	0,025
Gado de leite	Média	1,00	0,025
Ovinos	Média	0,16	4,0*10 <sup>-3</sup>
Caprinos	Média	0,17	4,25*10 <sup>-3</sup>
Suínos	Média	0,75	0,018

Fonte: Adaptado de MCT (2010).

Por apresentar um potencial de aquecimento de 21 a 25 vezes maior que o CO<sub>2</sub>, segundo a UNFCCC (2011), e representar a maior parte das emissões de ruminantes, o metano é alvo de maiores preocupações no setor. Devido a isso, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de reduzir as emissões desse gás garantindo a mesma rentabilidade.

Como exemplo, compostos à base de ionóforos, principalmente a monensina, são aditivos utilizados na alimentação de ruminantes que têm mostrado seu efeito inibitório na produção de CH<sub>4</sub> através de processos do rúmen (DOMESCIK e MARTIN, 1999; LANA e RUSSELL, 2001).

Os ionóforos melhoram a eficiência do metabolismo de energia através da alteração dos tipos de ácidos graxos voláteis produzidos no rúmen (aumento de propionato, redução de acetato e butirato) e pela diminuição da energia perdida durante a fermentação do alimento. O

melhor desempenho animal é resultante de maior retenção de energia durante a fermentação ruminal (MILLEN, 2007).

Ainda segundo Millen (2007), tem-se sugerido que os ionóforos reduzem a produção de  $\text{CH}_4$  através da inibição das bactérias gram-positivas produtoras de  $\text{H}_2$ , podendo interferir no processo de biohidrogenação no rúmen.

Já a mitigação das emissões de metano provenientes do manejo de resíduos animais pode ser obtida através de processos de recuperação de energia, por meio de digestores anaeróbicos (SOLLOD & SANTOS, 1998).

Os biodigestores têm sido muito utilizados para elaboração de projetos de MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo) por ser de fácil execução. O biogás capturado através dos biodigestores pode ser queimado ou utilizado para geração de energia (aquecimento, elétrica, combustível), levando assim desenvolvimento ao meio rural.

### **5.1.3. Fertilização nitrogenada**

O processo de fertilização de culturas agrícolas, forrageiras e florestais é responsável pela emissão de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), um dos gases de efeito estufa. O óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) apresenta uma vida útil na atmosfera estimada em 120 anos (IPCC, 1995) e o potencial de aquecimento global de cada molécula de  $\text{N}_2\text{O}$ , num horizonte de cem anos, é 298 vezes maior do que o de cada molécula de  $\text{CO}_2$ .

Segundo a FAO (2003), as emissões por fertilização nitrogenada podem aumentar de 35 a 60% até 2030, devido ao aumento de fertilizantes sintéticos e dejetos de animais. No Brasil, a principal fonte de emissões desse gás são os dejetos de animais não manejados em pastagem (40%), enquanto os fertilizantes sintéticos são responsáveis pela emissão de 6% desse gás (MCT, 2009b).

As emissões por dejetos animais irão se diversificar através do tipo de manejo adotado e pela sua composição.

Os resíduos dos animais depositados na pastagem secam e decompõem-se no campo, de modo que são esperadas quantidades mínimas de emissão de  $\text{CH}_4$  a partir dessa fonte. Em contrapartida, quando o material orgânico dos dejetos animais é decomposto sob condições anaeróbicas, as bactérias metanogênicas podem produzir quantidades consideráveis de metano. O uso de esterco como fertilizante não é expressivo no país (20%, no máximo, nos casos de gado de gado leiteiro e suínos, e cerca de 80% no caso de aves) (MCT, 2010).



Já a composição do dejetos, segundo o MCT (2010), é determinada pela dieta animal, de modo que quanto maior o conteúdo de energia e a digestibilidade do alimento, maior a capacidade de produção de CH<sub>4</sub>. Um gado alimentado com uma dieta de alta qualidade produz um dejetos altamente biodegradável, com maior potencial de gerar metano. Já um gado alimentado com uma dieta mais fibrosa produzirá um dejetos menos biodegradável, contendo material orgânico mais complexo, tal como celulose, hemicelulose e lignina. Esta segunda situação estaria mais associada ao gado criado a pasto em condições tropicais.

De acordo os dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos, o consumo de nitrogênio na forma de fertilizante no País, entre 1989 a 2006, aumentou de forma linear, a uma taxa de 97,2 mil toneladas de N ao ano e as suas emissão aumentaram em 182,5% de 1990 a 2005 (Tabela 6).

Tabela 6 - Estimativas de emissão de N<sub>2</sub>O de solos agrícolas no Brasil.

Fonte	1990	1994	2000	2005	Participação em 2005	Variação 1990/2005
	Gg					
<b>Emissões Diretas</b>	<b>212,8</b>	<b>235,0</b>	<b>251,2</b>	<b>305,7</b>	<b>66,9</b>	<b>43,7</b>
Fertilizantes químicos	11,0	16,6	23,6	31,1	6,8	182,5
Adubos de origem animal	13,2	14,3	14,0	15,6	3,4	18,3
Gado bovino	4,7	5,0	4,9	5,5	1,2	15,2
Outros	8,5	9,3	9,2	10,2	2,2	20,0
<b>Resíduos de culturas</b>	<b>15,3</b>	<b>19,0</b>	<b>21,6</b>	<b>29,1</b>	<b>6,4</b>	<b>89,6</b>
Soja	4,8	6,1	8,0	12,5	2,7	157,2
Cana	1,0	1,2	1,8	2,3	0,5	123,5
Feijão	0,8	1,2	1,1	1,0	0,2	35,2
Arroz	0,9	1,2	1,3	1,5	0,3	77,8
Milho	3,5	5,3	5,3	5,7	1,3	64,5
Mandioca	2,7	2,7	2,5	2,8	0,6	6,4
Outras	1,7	1,4	1,7	3,2	0,7	88,0
<b>Solos orgânicos</b>	<b>7,5</b>	<b>9,0</b>	<b>11,1</b>	<b>12,8</b>	<b>2,8</b>	<b>70,3</b>
<b>Dejetos em pastagens</b>	<b>165,7</b>	<b>176,2</b>	<b>180,8</b>	<b>217,1</b>	<b>47,5</b>	<b>31,0</b>
Gado bovino	144,0	154,7	162,7	198,4	43,4	37,8
Outros	21,7	21,5	18,1	18,6	4,1	-14,4
<b>Deposição atmosférica</b>	<b>21,1</b>	<b>23,0</b>	<b>24,2</b>	<b>29,1</b>	<b>6,4</b>	<b>37,8</b>
Fertilizantes sintéticos	1,2	1,8	2,6	3,5	0,8	182,5
Gado bovino	15,6	16,7	17,5	21,2	4,6	36,1
Outros animais	4,3	4,5	4,1	4,4	1,0	2,6
<b>Lixiviação</b>	<b>83,7</b>	<b>93,3</b>	<b>100,6</b>	<b>122,0</b>	<b>26,7</b>	<b>45,7</b>
Fertilizantes sintéticos	9,2	13,9	19,7	25,9	5,7	182,5
Gado bovino	58,4	62,7	65,6	79,5	17,4	36,1
Outros animais	16,1	16,8	15,4	16,5	3,6	2,6
<b>Total</b>	<b>317,7</b>	<b>351,4</b>	<b>376,0</b>	<b>456,8</b>	<b>100</b>	<b>43,8</b>

Fonte: MCT, 2010a (Adaptado).

As emissões diretas de N<sub>2</sub>O estão associadas aos processos de nitrificação e desnitrificação desses fertilizantes. A nitrificação é a oxidação biológica de formas reduzidas do nitrogênio. Ela é favorecida por solos bem drenados, deste modo, adequada disponibilidade de água e temperatura do solo são importantes para otimizá-la. Já a desnitrificação é caracterizada por uma série de processos bióticos e abióticos que originam formas reduzidas voláteis oriundas do nitrato e nitrito do solo, favorecida por solos saturados com água e pelo aumento da temperatura (JANTALIA et al., 2006).

As emissões também podem ser afetadas pelo tipo de fertilizante aplicado. De maneira geral, fertilizantes amoniacais afetam as emissões de N<sub>2</sub>O mais lentamente que fertilizantes nítricos quando a desnitrificação é o processo de formação do N<sub>2</sub>O. Quando a nitrificação é a principal responsável pela formação de N<sub>2</sub>O, fertilizantes amoniacais apresentam maiores relações com a quantidade de N<sub>2</sub>O emitida (SIGNOR, 2010).

Além das emissões diretas citadas, com a fertilização podem ocorrer emissões indiretas de N<sub>2</sub>O, seja por volatilização em NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> ou por lixiviação. As emissões diretas e indiretas de N<sub>2</sub>O por solos agrícolas em Minas Gerais, no ano de 2005, podem ser vistas na Tabela 7.

Tabela 7 – Emissões diretas e indiretas de N<sub>2</sub>O por solos agrícolas em Minas Gerais no ano de 2005

<b>Emissão</b>	<b>Fração de N que volatiliza</b>	<b>Fração de N que percola</b>	<b>Total de emissões (t N<sub>2</sub>O)</b>	<b>Total de emissões (GgCO<sub>2</sub>eq.)</b>
Indireta	0,10	0,30	811,1	251,5
Direta	-	-	4.756,9	1.474,7

Fonte: EMATER/FEAM. (Adaptado).

Para mitigar as emissões de GEE advindas do setor agropecuário e cumprir as metas de redução estabelecidas pelo governo federal, criou-se o programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que tem como um dos objetivos: Incentivar a adoção de práticas sustentáveis que garantem a redução de emissões de GEE, aliadas ao aumento de renda dos produtores rurais (BRASIL, 2011).

Uma das tecnologias previstas para cumprir os objetivos do programa é a Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); que é o processo de redução do N<sub>2</sub>, uma molécula abundante na atmosfera e que não pode ser utilizada pela maioria dos microrganismos e plantas, em amônia (NH<sub>3</sub>), e, a partir daí, em formas reativas orgânicas e inorgânicas de vital importância para as plantas. Esse processo é realizado por microrganismos conhecidos como fixadores de N<sub>2</sub> ou diazotróficos (CANTARELLA, 2007).

A substituição da fertilização nitrogenada pela FBN tem se mostrado eficiente para a agricultura brasileira, já que proporciona o fornecimento de nitrogênio às culturas com a melhor relação custo/benefício e impacto ambiental reduzido (HUNGRIA et al., 2007; ALMEIDA, 2008; MONTEIRO et al., 2012), reduz os riscos ambientais e contribui para a melhoria da fertilidade do solo (BRASIL, 2011).

#### **5.1.4. Combustíveis fósseis**

A principal fonte energética primária não-renovável empregada no país é o petróleo, tendo alcançado 72% das fontes fósseis em 1994. A intensificação do uso do petróleo no Brasil deve-se a duas principais causas. A primeira é decorrente da expansão do parque industrial nacional, no período entre a II Guerra Mundial e o segundo choque do petróleo, em que houve um desenvolvimento econômico acelerado. A segunda causa está associada à opção pelo transporte rodoviário no escoamento da produção e nos transportes de massa e individual (MCT, 2006).

Segundo dados do MCT (2006), o consumo energético do Setor Agropecuário apresentou crescimento de 55% no período de 1970 a 1994, o que representa uma taxa anual de apenas 1,8%, aumentando de 5,3 para 8,2 Mtep no período. Ainda segundo o MCT, verificou-se nas últimas décadas uma substituição entre energéticos no setor agropecuário devido à sua própria modernização, caracterizada pela maior mecanização e eletrificação da atividade. Ou seja, como consequência, a lenha, o querosene e o carvão vegetal dão lugar ao óleo diesel e à eletricidade.

Segundo o Balanço Energético Nacional (2010), o óleo diesel é o combustível mais utilizado no setor agropecuário (Tabela 8).

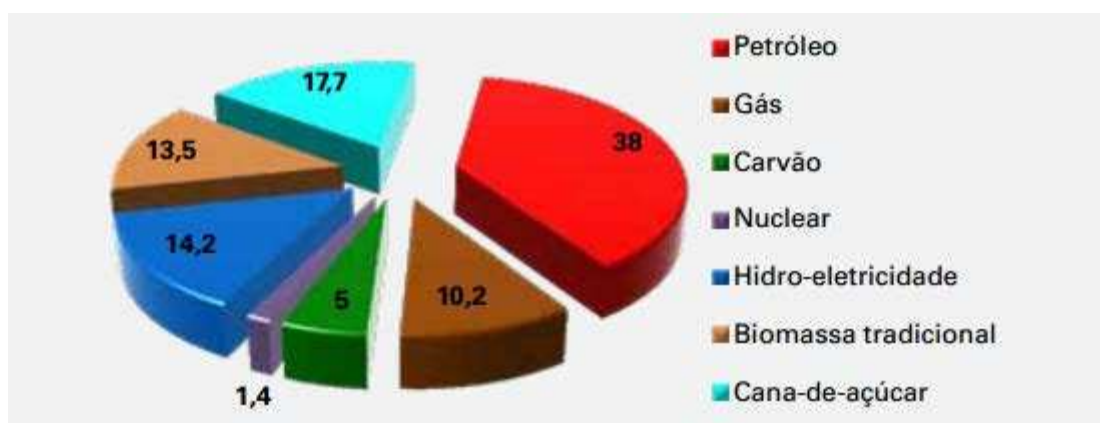
Tabela 8 – Consumo final por fonte entre os anos 2000 e 2009.

Fontes	Consumo de combustível (%)									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Lenha	22,4	21,2	23,0	24,4	25,7	26,1	26,3	26,0	25,6	25,5
Óleo diesel	60,8	62,8	61,1	59,2	57,6	56,7	56,2	56,3	57,4	58,3
Eletricidade	15,1	13,8	14,2	15,1	15,5	16,1	16,5	16,7	16,0	15,1
Outras	1,7	2,2	1,7	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0

Fonte: BEN (2010). (Adaptado).

Segundo o relatório do IPCC, o CO<sub>2</sub> é responsável por mais de 97% das emissões totais de gases de efeito estufa de fontes móveis. Os especialistas do IPCC indicam que a incerteza dos cálculos para esse gás é da ordem de 5%, proveniente principalmente de erros de operação, mais do que das imprecisões nos fatores de emissão. Os demais gases (CO, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>) são liberados pela combustão incompleta gerada muitas vezes por problemas de regulação e desgaste nos motores.

A Figura 1 representa o perfil da matriz energética brasileira até o ano de 2011. As emissões brasileiras do setor de energia são pouco representativas no contexto global, devido à matriz energética relativamente limpa do país, de fundamento hidrelétrico, e o uso de biocombustíveis na área de transporte, tendo a matriz 46% de participação de energia renovável (GAZZONI, 2012).



**Figura 1** – Matriz energética brasileira por porcentagem de fonte.

Fonte: EPE, 2011.

No Brasil, percebe-se o aumento de fontes renováveis de energia para a mitigação dos gases de efeito estufa. Dentre essas fontes, estão os biocombustíveis, que além de reduzir a

liberação de gases de aquecimento global, contribuem para a diminuição de outros impactos negativos ao meio ambiente.

Os biocombustíveis são combustíveis renováveis derivados de matéria-prima biológica e incluem o bioetanol, ou simplesmente etanol, o biodiesel, o biogás (metano). Destes, o etanol é o biocombustível mais utilizado e cuja produção mais cresce no mundo, com um aumento de 4,4 bilhões de barris em 1980 para 46,2 bilhões de barris em 2005 (VICHI, 2009).

Segundo Plá (2002), as vantagens da utilização do biodiesel podem ser de curto e longo prazo. Como vantagem de longo prazo, tem-se a redução das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Já como vantagem de curto prazo, tem-se os seus efeitos positivos sobre a saúde humana nas grandes cidades através do controle das emissões de óxidos de enxofre.

### 5.1.5. Energia elétrica

A energia hidráulica, ou hidrelétrica, é uma das maiores das fontes perpétuas ou renováveis de energia, correspondendo, em 2006, a 17% de todas as fontes renováveis de energia no mundo e no Brasil corresponde a 14,9% da matriz energética nacional e 85% da eletricidade gerada (VICHI, 2009).

A Tabela 9 a seguir mostra a evolução da participação da energia hidráulica na oferta de energia elétrica em três períodos distintos: 1970, 1994 a 2007. Através da tabela, percebe-se uma redução entre 1994 e 2007 e isso se deve, em grande parte, ao aumento da participação dos produtores independentes e à entrada em operação de usinas termelétricas movidas a gás natural e nucleares.

Tabela 9 – Evolução da oferta de energia no Brasil.

Setor	Oferta por ano (%)		
	1970	1994	2007
Hidráulica	87	94	85
Urânio	0	0	3
Gás natural	0	0	3
Carvão mineral	3	2	1
Derivados de Petróleo	8	2	3
Outras	2	2	5

Fonte: Balanço Energético Nacional (2007).

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema responsável pela produção e transmissão de energia elétrica para todo o país, sendo formado por empresas da região Sul, Sudeste, Centro-oeste, Nordeste e parte da região Norte. Do total produzido, somente 3,4% da energia elétrica do Brasil localiza-se fora do SIN (ONS, 2011).

As represas hidrelétricas em áreas tropicais, como a Amazônia brasileira e Mata Atlântica, emitem gás carbônico(CO<sub>2</sub>) através da decomposição das árvores situadas acima da lâmina d'água, que são deixadas em pé na hora de encher os reservatórios, e também libera metano (CH<sub>4</sub>) por decomposição sob condições anaeróbicas no fundo do reservatório. O metano pode ser liberado através de vários caminhos, inclusive por bolhas e difusão pela superfície, e é liberado no transcurso da água por meio das turbinas (FEARNSIDE, 2008).

A evolução temporal das emissões de gases de efeito estufa aumenta mais o impacto da represa quando são contadas as emissões do cimento, aço e combustível fóssil usados na construção da obra. As emissões da construção de barragem começam anos antes de qualquer geração de eletricidade (FEARNSIDE, 2002).

A Tabela 10 a seguir evidencia as emissões de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> das hidrelétricas referentes ao Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito estufa.

É importante ressaltar que, em cada uma, não está inclusa a matéria orgânica continuamente drenada da bacia.

Tabela 10 – Emissão de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> dos reservatórios hidrelétricos brasileiros nos anos de 1998 e 1999.

<b>Hidrelétrica</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>Índice de emissão de CH<sub>4</sub> (Kg/km<sup>2</sup>/dia)</b>	<b>Índice de emissão de CO<sub>2</sub> (Kg/km<sup>2</sup>/dia)</b>	<b>Emissão total da Hidrelétrica (tC/ano)</b>
Tucuruí	2.430	4.240	109,4	8.475	2.602.945
Samuel	559	216	104	7.448	535.407
Xingó	60	3.000	40,1	6.138	41.668
Serra da Mesa	1.784	1.275	51,1	3.973	895.373
Três Marias	1.040	396	196,3	1.117	540.335
Miranda	50,6	390	154,2	4.338	38.332
Barra Bonita	312	140,76	20,9	3.985	137.341
Itaipú	1.549	12.600	20,8	171	93.269
Segredo	82	1.260	8,8	2.695	23.497
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>23.518</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4.908.166</b>

Fonte: MCT (2006).

As emissões podem variar de acordo com a profundidade, com a distribuição da biomassa submersa e tempo de submersão. Por isso, estudos de monitoramento por períodos de tempo longos devem ser estimulados, para se caracterizar a curva de comportamento das emissões (MCT, 2006).

Ainda segundo o MCT (2006), a energia hidrelétrica não é mais considerada uma fonte isenta de emissões atmosféricas, como se afirmava em estudos ambientais da década de 70 e 80. No entanto, comparando-se com as emissões de gases geradas por termelétricas, as hidrelétricas apresentaram resultados melhores.

## **6. Os Sistemas Integrados como instrumento de otimização do uso da terra**

As florestas têm um papel importante nos processos químicos e biológicos que ocorrem no planeta terra, pois essas podem atuar como sumidouros ou fontes de emissão de gases de efeito estufa, quando há alteração em seu uso. Desta forma, as emissões provenientes das mudanças do uso da terra são significativas no Brasil e no mundo e têm sido alvo de grande preocupação.

No mundo, a cada ano, aproximadamente, seis milhões de hectares de terras produtivas se desgastam pela erosão e entram em processo de desertificação. Anualmente, mais de 11 milhões de hectares de florestas tropicais em várias regiões do planeta são devastadas. Grande parte dessas florestas é transformada em terra agrícola de baixa fertilidade, incapazes de promover o sustento dos que dela necessitam (CMMAD, 1988).

A partir da década de 70, muitas pesquisas indicaram o valor do componente arbóreo para a conservação dos solos e da água. Paralelo à isso, surgiram instituições internacionais voltadas à pesquisas ligadas à sustentabilidade agroflorestal, como ICRAF (International Council for Research in Agroforestry), que foi pioneiro no estudo da agrossilvicultura como instrumento de conservação dos recursos naturais e otimização do uso do solo.

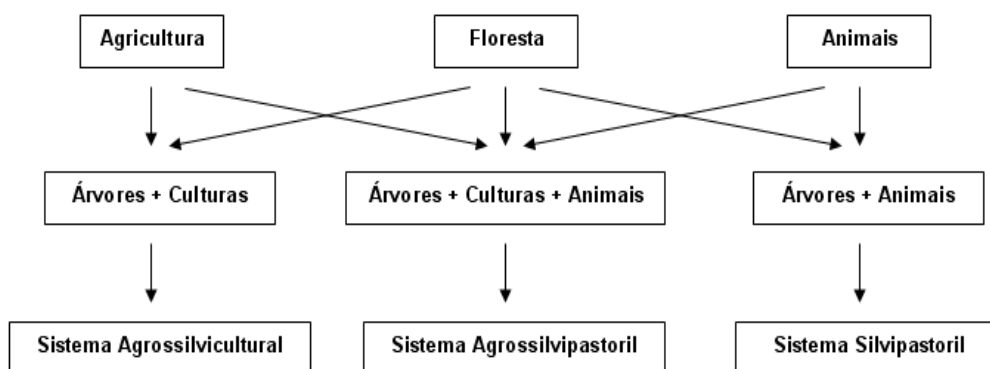
Um conceito importante de Agrossilvicultura foi proposto por Young (1991):

“Agrossilvicultura é o nome coletivo para sistemas de uso da terra e tecnologias em que plantas lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras, bambus) são cultivadas em associação com plantas herbáceas (culturas agrícolas e/ou pastagens) e/ou animais, em uma mesma unidade de manejo, e de acordo com um arranjo espacial, temporal ou ambos; nos quais deve haver tanto interações ecológicas como econômicas entre os componentes lenhosos e não lenhosos no sistema.”

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) podem ser implantados com diversas configurações. A escolha de um determinado modelo irá depender do objetivo do produtor e das condições edafoclimáticas da região em que este está inserido afim de que os ganhos produtivos e ambientais sejam satisfatórios. Segundo Nair (1993), a classificação mais difundida atualmente considera os aspectos funcionais e estruturais, detalhados a seguir:

- Sistemas Agrossilviculturais: combinação de cultivos agrícolas e árvores;
- Sistemas Silvipastoris: árvores e pastagem/animal na mesma área de maneira simultânea ou escalonada no tempo;
- Sistemas Agrossilvipastoris: cultivos agrícolas, árvores e pastagem/animal na mesma área de maneira simultânea.

A Figura 3 a seguir representa a classificação dos Sistemas Agroflorestais.



**Figura 3** - Representação diagramática de associações de componentes do Sistema Agroflorestal.

Fonte: Garcia& Couto (1997).

Segundo Porfírio (2006), a interação dos componentes pecuário, agrícola e florestal é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável rural. Todos devem atuar na mitigação de seus impactos no meio ambiente e permitir a máxima biodiversidade possível, o uso conservacionista do solo, a produção e conservação da água. Assim, é necessário que haja um “casamento” desses componentes no meio rural, em prol da qualidade de vida, da sustentabilidade e da estabilidade da produção.

Os sistemas integrados ou Sistemas Agroflorestais (SAFs) auxiliam o produtor rural na diversificação da produção, uma vez que permite a integração de várias atividades numa mesma área. Para Macedo (2000), a característica mais importante dos SAFs parece ser a



estabilidade ou sustentabilidade ecológica. Esta sustentabilidade resulta da diversidade biológica promovida pela presença de diferentes espécies vegetais e, ou, animais, que exploram nichos diversificados dentro do mesmo sistema. A multiestratificação diferenciada de grande diversidade de espécies de múltiplos usos, que exploram os diferentes perfis verticais e horizontais da paisagem nos SAFs, podem otimizar o máximo aproveitamento da energia solar.

Apesar da grande quantidade de resultados conclusivos de pesquisa sobre as vantagens dos SSPs, em particular dos seus benefícios ambientais, muitos produtores rurais ainda se mostram relutantes em incorporar essa tecnologia de intensificação agrícola em seus sistemas de produção (DAGANG; NAIR, 2003).

Estudo do Banco Mundial (PAGIOLA et al., 2004) mostra que uma das principais barreiras para a adoção de Sistemas Silvopastoris seria a sua baixa lucratividade inicial. A explicação na exigência de maiores investimentos de tempo e dinheiro na implantação do sistema, os quais diminuiriam a velocidade de obtenção dos lucros. Deste modo, nos primeiros anos após o estabelecimento de sistemas silvipastoris, a renda da propriedade rural seria comparativamente menor do que aquela sob sistema tradicional de pastagem.

Além de fatores econômicos e operacionais os aspectos culturais também constituem uma barreira para a adoção de Sistemas Silvopastoris, especialmente aqueles relacionados à percepção por parte dos produtores das características e potencialidades agronômicas desses sistemas. Nesse sentido, o desconhecimento, por parte de alguns produtores, dos benefícios que espécies arbóreas poderiam, potencialmente, oferecer à propriedade rural, constitui um obstáculo para a adoção dessa prática (DIAS-FILHO, 2008).

Ainda segundo Dias-Filho (2008), a criação de políticas públicas de linhas de crédito para a implantação desses sistemas seria fundamental para tornar o investimento economicamente viável. Outra forma importante de estímulo à adoção de sistemas silvipastoris seria o desenvolvimento de políticas pelas quais os produtores fossem pagos pelos serviços ambientais que gerassem com o uso de práticas silvipastoris. Tal incentivo aliviaria o ônus financeiro assumido pelo produtor e proveria à sociedade os benefícios ambientais advindos dessas práticas.

## 6.1. Sistemas Silvistoris

Sistema Silvistoril (SSP) é a combinação intencional de árvores, pasto e gado numa mesma área, simultaneamente, e manejados de forma integrada, com o objetivo de incrementar a produtividade por unidade de área. Estes apresentam potencial de geração de benefícios econômicos e ambientais para os produtores e para a sociedade. São sistemas com múltiplas funções, onde existe a possibilidade de intensificação da produção e recuperação da capacidade produtiva pelo manejo integrado dos recursos naturais (EMBRAPA, 2001).

Para Domingos (2006), esta modalidade de sistema pode contribuir, parcialmente, para reduzir os problemas decorrentes do desmatamento e da degradação de diferentes ecossistemas. Além disso, apresentam vantagens em relação às monoculturas no que diz respeito ao sequestro de carbono para a redução do efeito estufa, tema tão discutido atualmente.

De acordo com Andrade (2000), os sistemas silvistoris podem ser classificados em dois grupos: eventuais e verdadeiros. Os eventuais são aqueles em que a associação árvore-pasto-animal se estabelece em determinado momento, muitas vezes de forma não intencional, de uma exploração arbórea ou pecuária convencional, onde o estrato herbáceo é utilizado pelo gado até o ponto permitido pela competição imposta pelas árvores. Já os sistemas classificados como verdadeiros, o componente arbóreo, o pasto e os animais são considerados integrantes do sistema desde o planejamento do empreendimento, em que os componentes possuem papéis definidos e determinado nível de participação.

A escolha da espécie florestal no sistema silvistoril deve ser feita considerando alguns aspectos importantes. Segundo Castro (2006), a escolha deve ser feita, principalmente, com base no tipo de produção desejada, seja ela a produção florestal (madeira, celulose, resinas etc.), a produção animal (leite, carne, lã etc.) ou, ainda, um sistema misto em que se obtenham produtos tanto do componente florestal quanto do animal. As espécies exóticas de rápido crescimento mais comumente utilizadas no Brasil em sistemas silvistoris são as dos gêneros *Eucalyptus* e *Acacia*.

Um dos serviços ambientais proporcionados pelos sistemas silvistoris é a fixação de carbono. Dixon (1995) aponta que a adoção de sistemas de uso da terra como os agroecossistemas, sistemas silviculturais e/ou agroflorestais quando bem manejados, podem estocar até 228 tC ha<sup>-1</sup>, incluindo o carbono retido no solo.

Estudando um sistema silvistoril de 10 anos composto por 60 indivíduos de *Eucalyptus grandis* (Eucalipto) e 45 *Acacia mangium* (Acácia), na Zona da Mata Mineira,

Müller et al. (2009) encontraram um estoque estimado de 14,29 t C. ha<sup>-1</sup>, no qual 11,17 t C. ha<sup>-1</sup> estavam estocados no eucalipto e 3,12 na acácia. O sistema analisado é composto por faixas de árvores em nível com largura de 10 m intercaladas por faixas de pastagem com largura aproximada de 30 m. Dentro da faixa de árvores, foi mantido um espaçamento de 3m x 3m entre linhas e plantas.

Em outro estudo realizado por Tsukamoto (2003) num sistema agroflorestal composto do consórcio entre híbridos de eucalipto ( *Eucalyptus* spp.), arroz (*Oriza sativa* L. cv. Guarany), soja (*Glycinemax* (L.) Merr. Cv. Conquista) e braquiária (*Brachiaria brizantha* Stapf.) visando a produção de madeira, produtos agrícolas e carne bovina, observou-se uma fixação de carbono de 84,384 t C ha<sup>-1</sup> no sistema agrossilvipastoril com eucalipto, aos 11 anos, no município de Paracatu-MG. Os clones foram plantados no espaçamento 10 x 4m viabilizando o cultivo agrícola nos primeiros dois anos e o pastejo animal a partir do terceiro ano.

Quando se comparam sistemas silvipastoris com eucalipto com espécies arbóreas nativas, esses se destacam na fixação de biomassa e carbono, por apresentarem rápido crescimento. Amaro (2010), estudando um fragmento florestal de 17 hectares localizado em Viçosa na Zona da Mata de Minas Gerais, encontrou um incremento médio para biomassa aérea e raiz de 1,5 tC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> referente a uma Floresta Estacional Semidecidual em estágio avançado com 1498 indivíduos.ha<sup>-1</sup>. Ou seja, um incremento inferior ao encontrado por Tsukamoto (2003). Dentre as espécies encontradas no povoamento, destacam-se a *Siparuna arianae*, *Bathysa nicholsonii*, *Siparuna guianensis*, *Aparisthmium cordatum*, *Jacaranda macranta*, *Eugenia leptoclada*, *Mabea fistullifera*, *Myrcia formosiana*, *Apuleia leiocarpa* e *Erythroxylum pelleterianum*.

Uma das vantagens das árvores em pastagem está relacionada à diminuição da incidência de radiação. Animais protegidos do calor pastam por períodos maiores e reduzem, em média, 20% o consumo de água. A temperatura do ar abaixo da copa das árvores pode variar de 2 a 3°C menos que a observada na pastagem a pleno sol, podendo reduzir até 9,5°C (BAUMER, 1991; PEZO e IBRAHIM, 1998).

Kephart e Buxton (1993) verificaram que aumentando 63% de sombra a cinco espécies diferentes de gramíneas forrageiras perenes, o conteúdo da parede celular decresceu em apenas 3% e o teor de lignina em 4%, fatores que contribuiriam para um aumento da digestibilidade em 5%.

Segundo Castro (2006), nas áreas sob a influência de árvores ocorre elevação dos teores de matéria orgânica no solo devido à deposição contínua de biomassa por meio da queda de folhas, flores, frutos e galhos que, ao se decomporem, promovem a ciclagem de nutrientes removidos das camadas mais profundas do solo.

O primeiro passo na tentativa de diminuir a emissão de metano pela fermentação entérica é fornecer alimentos de melhor qualidade, aumentando assim a produtividade do rebanho com o intuito de promover a diminuição das emissões por unidade de leite produzida. A melhoria da qualidade da alimentação normalmente está diretamente ligada ao aumento da porcentagem de proteína bruta na dieta.

Carvalho et al. (1999) encontraram um teor de proteína bruta (PB) da forragem mais elevado em regime de sombreamento do que a pleno sol, nas estações seca e chuvosa.

Paciullo et al. (2004) estudando sobre o ganho de peso de novilhas leiteiras em sistemas silvipastoris e pastagens exclusivas de *B. decumbens*, durante a época das chuvas, encontraram um ganho de peso por animal semelhante entre os tratamentos (486g/dia). No entanto, durante o período seco, o ganho de peso variou com o tipo de pastagem, sendo 40% maior no sistema silvipastoril com arbórea, gramínea e estilosantes (326g/dia), em relação ao observado na monocultura de braquiária (226g/dia).

Estudo de Murgueitio (2000) mostrou incrementos da produção de leite de 10.585 para 12.702 L ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> numa propriedade da Colômbia, devido ao aumento de 1,6 a 2,6% do teor de matéria orgânica no solo através da introdução de *Prosopis juliflora* e *Leucaena leucocephala* numa pastagem de capim-estrela.

Outra maneira de diminuição da produção de metano pelo rúmen, segundo Possenti et. al. (2008), é através do uso de leguminosas na dieta. Estes autores mostram que a adição de 50% de *Leucaena leucocephala* associada a 50% do feno de capim *Cynodon dactylon* cv. coast-cross é possível uma melhoria do padrão de fermentação no rúmen de bovinos. A produção de ácido propiônico aumentou e a emissão de metano reduziu em 12,3% com o fornecimento dessas dietas sem a presença de leveduras.

De maneira geral, a nutrição pode contribuir para a mitigação dos gases de efeito estufa da pecuária de leite. Porém essa diminuição das emissões não pode estar aliada à perda de produtividade do animal. Desta forma, é importante que existam pesquisas que busquem a melhoria das práticas de manejo e tecnologias sustentáveis para o tratamento e reciclagem dos dejetos animais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. P. A. Volumosos para bovinos de corte: opções, avanços tecnológicos e viabilidade econômica. In: SIMPOSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. 4., Viçosa, 10 a 12 jun., 2004. **Anais ...**Viçosa:UFV, 2004. 484 p. p. 269-312.
- ALIANÇA PARA CONSERVAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. Mata Atlântica e ecossistemas associados. Disponível em: <<http://WWW.aliancamataatlantica.org.br/>>. Acesso em: 17 fev.2007.
- AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG.** 2010. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2010.
- ANDRADE, C.M.S. de **.Estudo de um Sistema Agrossilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T.BLAKE e *Panicum maximum* JACQ.CV. Tanzânia-1, na região dos cerrados de Minas Gerais, Brasil.** Dissertação de Mestrado, Viçosa, 2000.
- BATES, Judith. Economic evaluation of emission reductions of nitrous oxides and methane in agriculture in **EU: Bottom-up analysis.** AEA technology Environment, Abingdon, 2001.
- BAUMER, M. Animal production, agroforestry and similar techniques. *Agrofor. Abstr.*,v.4, p.179-198, 1991.
- BODDEY, R. M. et al. Potencial para acumulação e sequestro de Carbono em pastagens de *Brachiaria*. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O.M.R., MIGUEZ, J.D.G. ( Eds). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira.** JAGUARIÚNA : Embrapa Meio Ambiente, p. 213-229, 2001.
- BODDEY, R. M.; XAVIER, D.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S... Brazilian Agriculture: The Transition to Sustainability. **Journal of Crop Production**, New York, USA, v. 9, n. 1/2, p. 593-621, 2003.
- BRAGA, G. J. Sequestro de Carbono em Pastagens Cultivadas. Publicação Online. **Pesquisa & tecnologia**, vol. 7, n. 16, junho de 2010.
- BRASIL. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura –Versão Preliminar.** 75 p., 2011.
- CADERNOS NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005, **Mudança do Clima: Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do Clima.** NAE, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, Brasília.
- CAIT-WRI, World Resource Institute. 2007. Disponível em <http://archive.wri.org>
- CAMPOS, C. P. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto.** 2001. 169p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

CARDOSO, A. N.; SAMINEZ, T. C.; VARGAS, M. A. Fluxo de Gases-traço de Efeito Estufa na Interface Solo/Atmosfera em Solos de Cerrado. **Bol. Pesq. Desenv.** Embrapa Cerrados, Planaltina, n. 17, p. 1-23. 2001.

CARVALHO, M.M.; BARROS, J.C.; XAVIER, D.F. et al. Composición química del forraje de *Brachiaria decumbens* asociada con tres especies de leguminosas arbóreas. In: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES, 6., 1999, Cali. Memorias... Cali: CIPAV, 1999. 1 CD-ROM.

CARVALHO, J. L. N. **Dinâmica do carbono e fluxo de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado**. 141p Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CASTRO, C.R.T. PACIULLO, D.S.C. **Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris**. Embrapa. Comunicado técnico 50 - ISSN 1678-3123. Juiz de Fora, MG. Agosto, 2006.

CERRI C.C., M. et al. Carbon stocks in soils of the Brazilian Amazon. In: R. Lal, J.M. Kimble e B.A. Stewart (eds.). **Global Climate Change and Tropical Ecosystems. Advances in Soil Science**. CRC Press, Boca Raton, 1999.33-50 p.

CERRI C. C.; BERNOUX M.; CARVALHO M. C. S.; VOLKOFF, B. Emissões e remoções de dióxido de carbono pelos solos por mudanças de uso da terra e calagem. Relatórios de Referência do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001, 41 p.

CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

CERRI, C.E.P.M. et al. Simulating soil organic carbon changes in eleven land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with RothC and Century models. **Agr. Ecosyst. Environ.**, Amsterdam, 122: 2006. 46-57.

CICERONE, R.J.; OREMLAND, R.S. Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biogeochemical Cycles*.v.2, 299-327 p., 1988.

CMMAD. COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 1988.

COMON – Coordenação de Monitoramento e Controle Florestal. IBAMA. **Desmatamento**. Disponível em: <<http://www/ibama.gov.br/desmatamento/>>. Acesso em: 18 fev. 2007.

CRUTZEN, P. J.; ASELMANN I.; SEILER, W. **Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans**. *Tellus* 38D, p. 271-284, 1986.

DAGANG, A. B. K.; NAIR, P. K. R. Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions. *Agroforestry Systems*, v.59, n. 2, p.149-155, 2003.

DIAS-FILHO, M.B.; FERREIRA, J.N. Barreiras à adoção de sistemas silvipastoris no Brasil. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 22p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 347).

DIXON, R.K. Agroforestry systems: Sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, v. 31, p. 99-116. 1995.

DOMESCIK, E.J.; MARTIN, S.A. Effects of laid lomycin propionate and monensin on the in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. *Journal of Animal Science*, Savoy, v.77, p.2305-2312, 1999.

DOMINGOS, S. C. **Sistemas Silvipastoris para a produção de leite**. Juiz de Fora, 2006.

DONG, H., MANGINO, J., MCALLISTER, T.A., HATFIELD, J.L., JOHNSON, D.E., LASSEY, K.R., LIMA, M.A., ROMANOVSKAYA, A., 2006a, “Emissions from livestock and manure management”. In: Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (eds.), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 4*, Capítulo 10, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japão.

DUKES, H.H.; SWENSON, M.J. **Fisiologia de los animales domesticos**. Funciones vegetativas. Madrid: Aguilar (p. 1054), 1977.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estatísticas do leite**. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/producao/dados2002/producao/tabela02.10.php>>. Acesso em: 04.12.2006.

EMBRAPA - Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema agroflorestal perspectivas para o sistema silvipastoris**. Disponível em <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/index.htm>>, acesso em 11 de março de 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção de leite**. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/index.html>. 19 Fev. 2008.

FAGUNDES, M. H. **Situação atual e perspectivas para o setor lácteo**. Revista de Política Agrícola, 2004, Ano XIII, n.1, 30p.

FEARNSIDE, P.M. As Hidrelétricas de Belo Monte de Altamira (Babaquara) como fontes de emissão de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA*, v. 12, 2009, p.5-56.

FEARNSIDE, P.M. Hidrelétricas como “fábricas de metano”: o papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa. *Oecol. Bras.*, 12 (1): 100-115, 2008.

GARCIA, R. & COUTO, L. **Sistemas silvipastoris**. In: Gomide, J.A. (ed.). SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Viçosa, Anais....Viçosa: UFV, p. 447-471p., 1997.

GARRITY, D.; FISHER, M. **Proceedings of the Workshop on Tropical Agriculture in Transition: Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions**, Center for Development Research. Bonn, Germany, 2001.

GAZZONI, D.L. Balanço de emissões de CO<sub>2</sub> por biocombustíveis no Brasil: histórico e perspectivas. Londrina: Embrapa Soja, 2012, 101 p.

GOMES, A.L.; FERREIRA FILHO, J.B.S. Economias de escala na produção de leite: uma análise dos Estados de Rondônia, Tocantins e Rio de Janeiro. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.45, n.3, p.591-619, 2007.

GOUVELLO, C. de; SOARES FILHO, B. S.; NASSAR, A. (Coord.). Estudo de baixo carbono para o Brasil: relatório de síntese técnica: uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas. Washington, DC: World Bank, 2010. 288 p. il.

HOUGHTON, R. A.; BOONE, R. D.; FRUCI, J. R.; HOBBIE, J. E.; MELILLO, J. M.; PALM, C. A.; PETERSON, B. J.; SHAVER, G. R.; WOODWELL, G. M.; MOORE, B.; SKOLE, D. L.; MYERS, N. The flux of carbon from terrestrial ecosystems to the atmosphere in 1980 due to changes in land use: geographic distribution of the global flux. In: TELLYS/39B. [S.L.: s.n.], 1987. p. 122-139.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária**. Pesquisa Trimestral do Leite. 2013.

IPCC, 1995. Climate Change 1994. **Radiative Forcing of Climate Change**. Cambridge: University Press. 339p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006, **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds.), Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japão, IGES, Japão.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: climate change impacts, adaptation and vulnerability**. Disponível em: < <http://www.ecolatina.com.br/pdf/Relatorio-IPCC2.pdf> >. Acesso em: 07 nov. 2007.

JANTALIA, C.P., OLIVEIRA, O.C., LENGROBER, J.A., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M., ALVES, B.J.R., 2006a, “O nitrogênio como elemento chave para evitar a degradação das pastagens e suas implicações na produção de gases de efeito estufa”. In: Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Aita, C., Boddey, R.M., Jantalia, C.P., Camargo, F.A.O. (eds.), *Manejo de sistemas agrícolas – Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Gênese, Porto Alegre, pp. 201-215.



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

KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. **CropSci.**, v.33, p.831-837, 1993.

KEY ASSOCIADOS. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa BM&FBOVESPA**. São Paulo, 2009.

LAUREN, J.; CARDOSO, A. N.; DUXBURY, J.; VARGAS, M.; AYARSA, M.; MATSON, P. Effects of agricultural development on methane uptake by soils: a temperate – tropical comparison. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 1995, St. Louis, Missouri. **Annual meeting abstracts**. St. Louis: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 1995.

LIMA, M.A.; PESSOA, M.C.P.Y; LIGO, M.A.V. **Emissões de metano da pecuária. Relatórios de referência**, MCT, Brasília. Disponível em: <<http://www.forumclimabr.org.br/inventario.htm>>, 2002.

MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.E.P; C.C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 149, p. 84-91, 2009.

MARTIN, C., MORGAVI, D.P., DOREAU, M., 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal** 4, 351–365.

MILLEN, D.D.; ARRIGONI, N.M.B.; PACHECO, R.D.L. et al. **Manipulação da fermentação ruminal: saúde animal e qualidade do produto final**. PUBVET, v.1, n.5, 2007.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Comunicação nacional inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasil, 2004.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Protocolo de Kyoto**. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/4193.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/4193.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2006.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasil, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/clima/comunic\\_old/pecuar01.htm](http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pecuar01.htm)>. Online. Acesso em: 11 dez. 2000.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Informações Gerais e Valores Preliminares**. Ministério da Ciência e Tecnologia, Nov./2009b, 19p.

MOSIER, A.; WASSMANN, R.; VERCHOT L., KING J.; PALM C. Methane and nitrogen oxide fluxes in tropical agricultural soils: sources, sinks and mechanisms. **Environment, Development and Sustainability** vol 6, p. 11–49, 2004.

MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 11-17, dez. 2009. Edição Especial.

MURGUEITIO, E. Sistemas agroflorestais para La producción ganadera em Colombia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2000. CD-ROM.

NAIR, P. K. R. **Na Introduction to Agroforestry**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 499 p., 1993.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em:< <http://www.ons.org.br/>>. Acesso em: 30 de out. 2011.

ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIOS TROPICAIS (OTS) & CENTRO AGRONÓMICOTROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANSA (CATIE) **Sistemas Agroflorestais: principios y aplicaciones en los tropicos**. San José: Trejos Hnos. Sucs.,S.A., San José, 1986. 818 p.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminant fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed) **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Waveland Press, 1988. p.145-171.

PACIULLO, D. S.C.; AROEIRA, L. J. M.; VIANA FILHO, A. et al. Desempenho de novilhas mestiças Europeu x Zebu, mantidas em sistema silvipastoril ou em monocultura de braquiária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. Anais.... Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

PAGIOLA, S.; AGOSTINI, P.; GOBBI, J.; DE HAAN, C.; IBRAHIM, M.; MURGUEITIO, E.; RAMÍREZ, E.; ROSALES, M.; RUÍZ, J. P. Paying for biodiversity conservation services. Washington: World Bank. Environment Department Papers, 2004.37 p. (World Bank. Environmental and Economic Series, 96).

PALERMO, G.C., 2011. **Emissões de gases de efeito estufa (GEE) e medidas mitigatórias da pecuária: potencialidades da intensificação e do confinamento do gado bovino de corte brasileiro**. Dissertação de M.Sc., PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. Sistemas silvipastoriles. Turrialba: CATIE, 1998. 12p. (CATIE. Materiales de Enseñanza, 40).

PIRES, B. S. **Resistência ao cisalhamento e compressibilidade de um latossolo sob diferentes usos e manejos**. 2007, 86p. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de Pastagens: Procedimentos para Introdução de Árvores em Pastagens Convencionais** Comunicado Técnico 155, Colombo – PR, dezembro 2006.

POSSENTI, R, A.; FRANZOLIN, R; SCHAMMAS, E, A. et. al. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. **R. Bras. Zootec.** V.37, n.8, Viçosa Aug. 2008.

PRIMAVESI, O. et.al. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.39, n.3.p. 277-283, mar 2004.

REID, R.S., THORNTON, P.K., MCCRABB, G.J., KRUSKA, R.L., ATIENO, F., JONES, P.G., 2004, “Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of the tropics?”, *Environmental, development and sustainability*, vol. 6, pp. 91-109.

RODRIGUES, L.R.de A.; QUADROS, D.G.; RAMOS, A. K. recuperação de Pastagens Degradadas. In: SIMPÓSIO PECUÁRIA-PERSPECTIVA PARA O III MILÊNIO, 1., Pirassununga, 2000. **Anais...** Pirassununga: FZEA 2000. p. 18.

SALATI, E. **Emissão x sequestro de CO<sub>2</sub>**: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 39-76.

SANTOS, G.T; MASSUDA, E.M; KAZAMA, D.C.S; JOBIM, C.C; BRANCO, A.F. Bovinocultura leiteira: Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção. Eduem, Maringá, 2010.

SIGNOR, D. **Estoques de carbono e nitrogênio e emissões de gases do efeito estufa em áreas de cana-de-açúcar na região de Piracicaba.** 2010. 119 p. Dissertação. (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, 2010.

SOARES-FILHO, B. S.; Nepstad, D. C.; Curran, L. M.; Cerqueira, G. C.; Garcia, R. A.; Ramos, C. A.; Voll, E.; McDonald, A.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P. **Modelagem da Conservação na Bacia Amazônica.** Nature, 2006.

SOLLOD, A. E.; SANTOS, M. G. B. **Implementation strategy for reducing methane emissions from cattle in México:** a prefeasibility survey for the atmospheric pollution prevention division of the United States Environmental Protection Agency. [Fairfax]: ICF Kaiser Consulting Group, 1998.

SOUSSANA, J. F. et al. (2007) Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121, 121-134.

STEINFELD, H., GERBER, P., WASSenaar, T., CASTEL, V., ROSALES, M., de HAAN, C. **Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options.** FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2006.

TEIXEIRA, E. M. de L. C. **Estoque de carbono em pastagens com diferentes sistemas de uso e manejo.** Nova Odessa - SP, 2010. 88p.

TSUKAMOTO FILHO, A.A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais.** 2003. 98p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

U.S. Environmental Protection Agency (Washington, D.C.), 1992. *Global emissions from livestock and poultry manure.* Washington: USEPA.

VAN SOEST, Peter J. *Nutritional ecology of the ruminant.* 2nd ed. Ithaca: Cornell University, 1994.

VERCHOT, L. V., DAVIDSON, E. A., CATTANIO, J. H. and ACKERMAN, I. L. Land-use change and biogeochemical controls of methane fluxes in soil of eastern Amazonia. *Ecosystems* 3, 41-56. 2000.

VICHI, F. M.; MANSOR, M.T.C. Energia, Meio Ambiente e Economia: O Brasil no contexto mundial. *Revista Química Nova*, São Paulo. 2009.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation.** Wallingford: CAB International, 1991, 275p. (ICRAF Science and Practice of Agroforestry, n.4).

ZOCCAL, R.; SOUZA, A.D.; GOMES, A.T. **Produção de leite na agricultura familiar.** In: MARTINS, C.E. et al. (Org.). *Tecnologias alternativas para a produção do leite e derivados em bases sustentáveis.* 1ª ed. Juiz de Fora, MG: EMBRAPA Gado de Leite, v.1, 19-34p., 2004. Disponível em: <[www.cnpqgl.embrapa.br](http://www.cnpqgl.embrapa.br)> .Acessado em 01/11/2010.

**CAPÍTULO 2**  
**INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO**  
**ESTUFADA PECUÁRIA LEITEIRA EM PROPRIEDADES DA**  
**ZONA DA MATA MINEIRA**

## CAPÍTULO 2

### INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA PECUÁRIA LEITEIRA EM PROPRIEDADES DA ZONA DA MATA MINEIRA

#### RESUMO

LOPES, Nathália Lima. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2013. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa da pecuária leiteira em propriedades da Zona da Mata mineira.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Objetivou-se com este estudo realizar o inventário das emissões de gases de efeito estufa da pecuária leiteira em propriedades da Zona da Mata mineira, a primeira com sistema de produção intensivo e a segunda com sistema de produção semi-intensivo. As emissões nos dois sistemas foram referentes aos processos de fermentação entérica e manejo de dejetos animais, fertilização nitrogenada e consumo de combustíveis fósseis. Quantificou-se as emissões de GEE das fontes emissoras, conforme metodologias desenvolvidas pelo *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006). As emissões totais de GEE pela atividade leiteira nas Propriedades 1 e 2, durante o ano-base adotado, foram de 637,91 tCO<sub>2</sub>e/ano e 71,57 tCO<sub>2</sub>e/ano, ou seja, 5,27 e 5,44 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano, respectivamente. Deste total, a fermentação entérica emitiu 3,72 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano na Propriedade 1 e 3,51 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano na Propriedade 2, ou seja, foi responsável por 81,75% e 83,17% das emissões totais nas duas propriedades, respectivamente. Considerando a produtividade, a Propriedade 1 apresentou uma emissão de 0,132 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano e a Propriedade 2 de 0,354 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano. Os resultados demonstram a eficiência ambiental da intensificação do sistema de produção, fazendo com que as emissões por unidade produzida sejam diluídas. O estudo é importante para a criação de fatores específicos para a realidade brasileira, e mais especificamente, para Minas Gerais, onde a produção de leite é muito significativa. O conhecimento do perfil das emissões de gases de efeito estufa é importante para a adoção de medidas de redução em processos e atividades de maior potencial emissor e para a criação de tecnologias sustentáveis para a produção rural.

**Palavras-chave:** Inventário; emissões; pecuária leiteira.

## ABSTRACT

LOPES, Nathália Lima. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. July, 2013. **Inventory of emissions of greenhouse dairy cattle in the forest zone of mining properties gases.** Advisor: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

The objective of this study to perform the inventory of emissions of greenhouse gases from dairy farming in the forest zone of mining properties , the first with intensive production system and the second semi-intensive production system. Emissions in both systems were on procedures for enteric fermentation and animal manure management , nitrogen fertilization and fossil fuel consumption . We quantified the GHG emissions from sources emitting as methodologies developed by the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006 ) . The total GHG emissions for the dairy business in Properties 1 and 2 , during the base year adopted, were 637.91 and 71.57 tCO<sub>2</sub>e/year tCO<sub>2</sub>e/year , ie , 5.27 and 5.44 tCO<sub>2</sub>e.cab / year, respectively. Of this total , enteric fermentation issued 3.72 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano on Property 1 and Property 2 in tCO<sub>2</sub>e.cab/ano 3.51 , ie , accounted for 81.75 % and 83.17 % of total emissions in two properties , respectively. Considering productivity, Property 1 showed an emission of 0.132 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano and Property 2 of 0.354 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano . The results demonstrate the environmental efficiency of the intensification of the production system , causing emissions per unit produced are diluted . The study is important for creating specific to the Brazilian reality , and more specifically, Minas Gerais State , where milk production is very significant . Knowing the profile of emissions of greenhouse gases is important for the adoption of mitigation measures and processes largest emitter potential activities and the creation of sustainable technologies for rural production.

**Key-words :** Inventory ; emissions ; dairy farming .

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade leiteira é importante para a economia da maioria dos países, sendo os Estados Unidos, Índia e China, os maiores produtores. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil no ano de 2010, produziu 30,7 bilhões de litros, sendo o 5º maior produtor mundial.

No Brasil, a pecuária leiteira é praticada em todo o território, por aproximadamente um milhão e trezentos mil produtores que estão presentes em cerca de 40% das propriedades rurais (ALVIM & MARTINS, 2008). Tal fato pode ser explicado pela facilidade da atividade em adaptar a diferentes condições climáticas e topográficas presentes no país.

Segundo dados do IBGE (2010), o Censo Agropecuário de 2006 contabilizou 5,1 milhões de estabelecimentos agropecuários no Brasil, desse total 1,3 milhões praticam, ao menos parcialmente, a atividade leiteira, o que representa 25% do total.

Dos estados brasileiros, Minas Gerais apresenta a maior produção nacional seguida do Rio Grande do Sul. Apesar da sua grande produção, Minas Gerais se caracteriza pela presença de pequenas e médias propriedades rurais e pelo modo de produção ainda bastante rudimentar.

Apesar de apresentar grande importância para o cenário econômico nacional, a pecuária, assim como outras atividades do setor agrário, foram responsáveis em décadas anteriores pela devastação de extensas áreas florestais. Tal fato, aliado às mudanças climáticas, fez crescer as pressões ambientais sobre a pecuária de leite e de corte no Brasil e no mundo. Este cenário fez surgir a necessidade da realização de estudos relacionados à produção de gases de efeito estufa no setor pecuário.

O primeiro inventário brasileiro avalia o equivalente a 57 milhões de toneladas de carbono das emissões nacionais de metano ligadas às fermentações entéricas e aos dejetos animais do rebanho bovino (LIMA et. al. 2002). O metano (CH<sub>4</sub>) é um gás importante de efeito estufa, apresentando um potencial de aquecimento 25 vezes maior que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e vida útil de, aproximadamente, 12 anos na atmosfera (IPCC, 2006).

Além dos processos de fermentação entérica e manejo de dejetos, a fermentação nitrogenada e consumo de combustíveis fósseis também contribuem para o total de emissões de gases de efeito estufa da pecuária leiteira.



A elaboração de inventários de gases de efeito estufa é importante para o conhecimento do perfil emissor da atividade e estabelecimento de metas de redução e estímulo à alternativas sustentáveis para o setor.

Apesar da sua importância, a elaboração de inventários em propriedades rurais ainda é insipiente e insuficiente para um maior conhecimento do assunto. Atualmente, ainda prioriza-se a realização de inventários direcionados a empresas e indústrias visando a estratégia de marketing ambiental.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo realizar o inventário das emissões de gases de efeito estufa da pecuária leiteira em duas propriedades da Zona da Mata mineira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da área de estudo

O inventário de emissões de gases de efeito estufa foi feito em duas propriedades da Zona da Mata de Minas Gerais, que apresentam características distintas, conforme descrito a seguir:

#### 2.1.1. Propriedade 1

A Propriedade 1 localiza-se no município de Coimbra ( 20°51'24"S e 42°48'10"W) (Figura 1), na Zona da Mata de Minas Gerais e é conhecida como Fazenda Oásis, que foi avaliada no período de Abril de 2012 a Março de 2013.



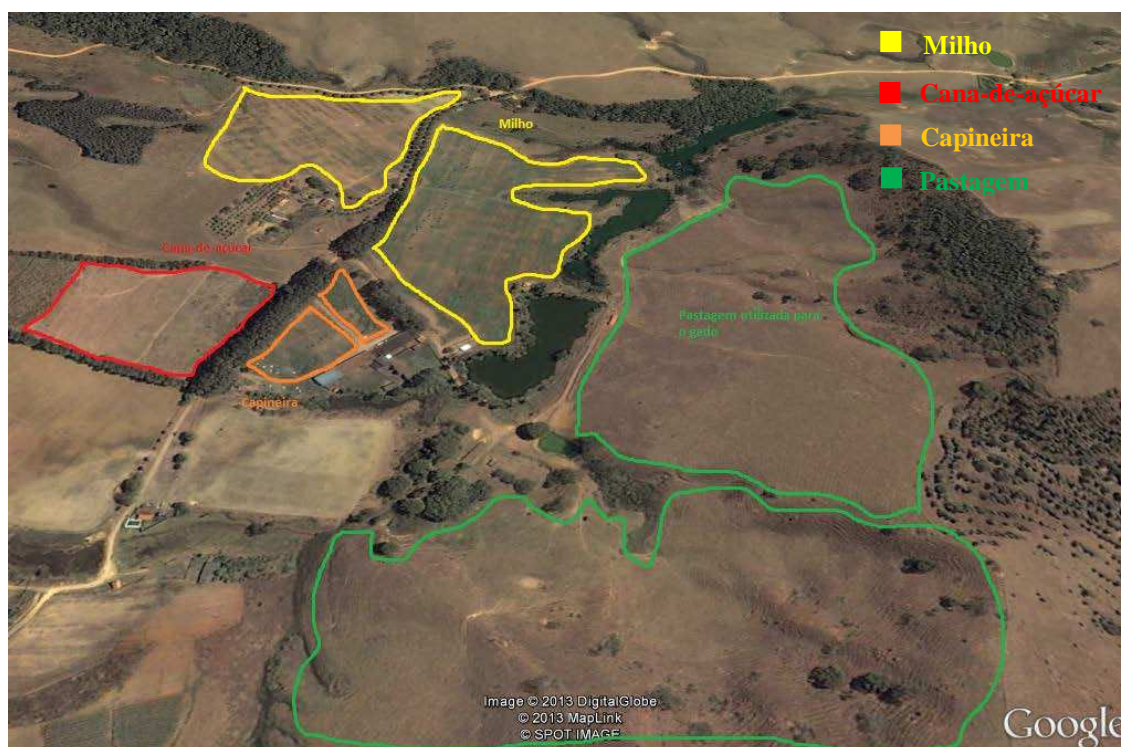
**Figura 1** – Localização do município de Coimbra (MG) (Fonte: Prefeitura Municipal de Coimbra).

O clima na região de Porto Firme é verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos e a temperatura média anual é de 21,6 °C. O município possui uma área de 106,83 km<sup>2</sup> e uma população de 7.054 mil habitantes, segundo o IBGE.

A Fazenda Oásis possui uma área total de 205 ha, com 53 ha destinados à pecuária leiteira (Figura 2), sendo que, deste total, 38,5 ha estão sendo utilizadas atualmente pelos animais. A cultura de milho na propriedade possui área de 9,5 ha, a cana-de-açúcar (Cultivar RB867515) soma 3,8 ha e a capineira (*Pennisetum purpureum*, Cultivar Napier) possui uma área total de 1,2 ha. Além disso, a propriedade possui 3 represas artificiais, 61 há destinados à cafeicultura e 88 ha de reserva legal.

Para a cultura do milho, utilizou-se 700 Kg/ha de NPK (08-24-12), 700 kg/ha de NPK (30-00-10) em cobertura e 200 kg de uréia. Para a cana-de-açúcar utilizou-se 400 kg de NPK (08-28-16) no plantio e 150 kg de NPK (18-06-24) em cobertura. Para a capineira, o produtor utilizou 250 kg/ha de NPK (08-28-16) no plantio e 100 kg/ha de NPK (18-06-24) em cobertura.

Para o pasto o produtor utilizou 2500 kg/ha de NPK (08-28-16) no plantio, 500 kg/ha de NPK (20-00-20) e 400 kg de uréia em cobertura.



**Figura 2** – Posicionamento das culturas na Fazenda Oásis, Coimbra, MG.

O sistema de produção pode ser definido como intensivo, com a presença de animais semi-confinados, onde 7 lotes são mantidos no cocho entre ordenhas (Figura 5), e o restante do ano no pasto (Figuras 3 e 4). A dieta das vacas em lactação é composta por pasto, silagem de milho e cana-de-açúcar corrigida. Já as vacas secas são alimentadas de pasto, cana-de-açúcar corrigida e 1 kg de concentrado na seca. E a alimentação dos animais em parto é composto de silagem de milho e 1 kg de concentrado. Além disso, a Fazenda Oásis utiliza os sistemas de irrigação e ordenha mecanizados.

No momento da avaliação, o rebanho encontrava-se com 121 animais, sendo 58 vacas, 43 em lactação, 55 novilhas, 6 bezerras e 2 rufiões. A propriedade utiliza animais de origem

holandesa e possui também cruzamentos com a raça Jersey. Na Tabela 1 a seguir estão os dados de produtividade do rebanho da Fazenda Oásis.



**Figura 3** – Vista da Fazenda Oásis.



**Figura 4** – Pastejo das vacas em lactação.



**Figura 5** – Lote de vacas em lactação no cocho.

Tabela 1 – Dados específicos do rebanho presente na propriedade 1 (Fazenda Oásis, Coimbra, MG).

Variável	Valor	Unidade
Rebanho	121	Cabeças
Área de pasto	38,5	Há
Produção média de leite	420.143	Litros/ano
Digestibilidade (D)	70	%
Peso médio (W)	550	Kg

Incremento de peso (WG)	0,3	Kg/cab/dia
Prenhez (PR)	25	%
Percentual de gordura (MF)	3,16	%

Fonte: Dados do PDPL-RV.

### 2.1.2. Propriedade 2

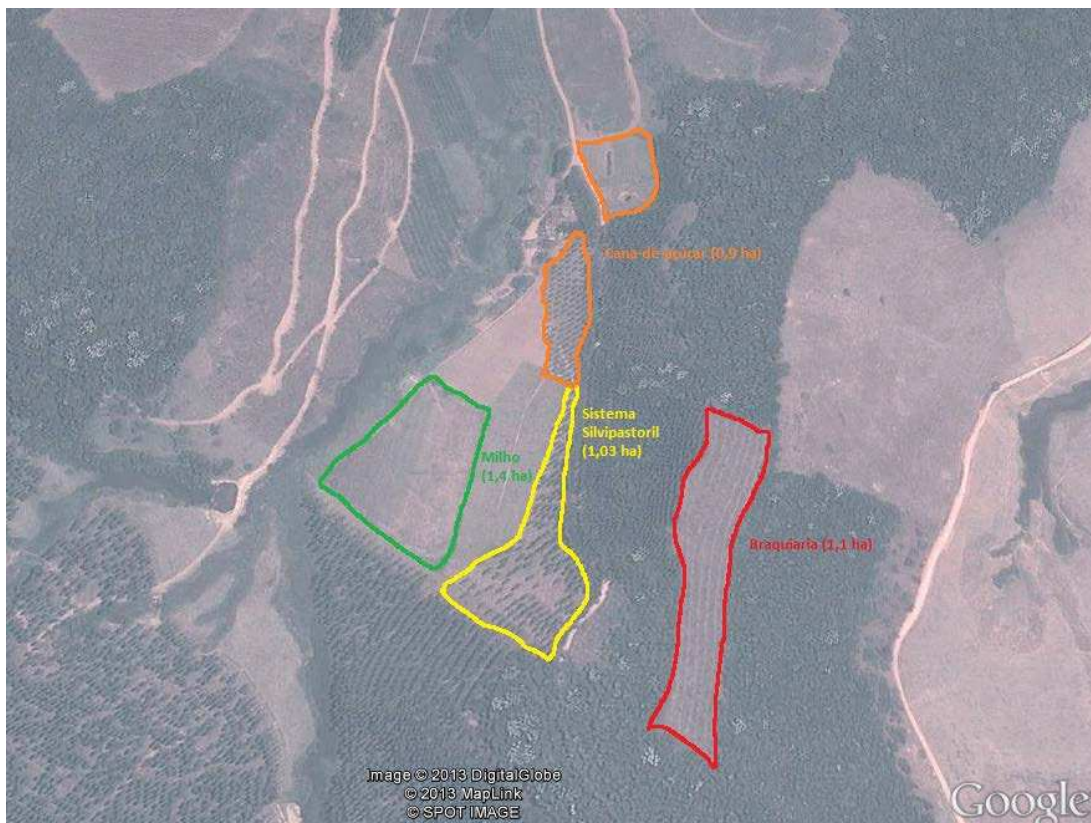
A Propriedade 2 localiza-se no município de Porto Firme ( 20°38'54"S e 43°05'18"W) (Figura 6), também na Zona da Mata de Minas Gerais. É conhecida como Sítio Olhos d`água e também foi avaliada no período de Abril de 2012 a Março de 2013.



**Figura 6** - Localização do município de Porto Firme (MG) (Fonte: Laboratório de Biogeografia e Climatologia, UFV).

O clima na região de Porto Firme é do tipo Cwb, segundo o sistema de Köppen, ou seja, mesotérmico com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. A temperatura média anual é de 21,8 °C, precipitação anual de 1.221,4 mm e altitude de 640 m. O relevo caracteriza-se por ser majoritariamente acidentado e a vegetação é do tipo floresta tropical subperenifólia, pertencente ao bioma da Mata Atlântica.

O Sítio Olhos d`água possui uma área total de 15,6 ha, sendo que 7,8 ha são utilizados diretamente na atividade leiteira, incluindo áreas depastejo, alimentação do rebanho e benfeitorias.



**Figura 7** – Posicionamento das culturas no Sítio Olhos d'água, Porto Firme (MG).

Em 2009 foi realizada a implantação de 1,03ha de capim-mombaça (*Panicum maximum*) no Sistema Silvopastoril para pastejo rotacionado, 1,6 ha de cana-de-açúcar e 1,7 ha de milho (Figura 7) para silagem.

Para o plantio do eucalipto, utilizou-se 0,150 Kg/cova de NPK (06-30-06). O plantio em cova (30 x 30 cm) foi realizado de forma manual, adotando-se o híbrido *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, clone GG 100, no espaçamento de 7 x 6 m, que totalizou 247 plantas/ha. Três meses após o plantio, realizou-se a adubação de cobertura do eucalipto com aplicação de 0,160Kg/planta de NPK (20-05-20).

Para a cultura do milho, utilizou-se 500 Kg/ha de NPK (08-24-12), 500 kg/ha de NPK (30-00-10) em cobertura e 200 kg de uréia. Para o pasto o produtor utilizou 1875 kg/ha de NPK (08-28-16) no plantio, 250 kg/ha de NPK (20-00-20) e 250 kg de uréia em cobertura. Para a cana-de-açúcar utilizou-se 180 kg de NPK (08-28-16) no plantio e 150 kg de NPK (20-05-20) em cobertura.

O sistema de produção pode ser caracterizado pelo nível médio de produtividade, ou seja, pode se enquadrar no sistema semi-intensivo. A alimentação do rebanho é baseada em pasto(Figuras 8 e 9)suplementado com cana-de-açúcar corrigida, silagem de milho e

concentrado durante o período de seca. A ordenha na propriedade é mecanizada (Figuras 10 e 11).



**Figura 8** – Vista do Sistema Silvopastoril.



**Figura 9** – Vista da propriedade.



**Figura 10** – Vacas em lactação na sala de ordenha.



**Figura 11** – Vista da sala de ordenha.

As vacas em lactação são dispostas em 38 piquetes de 270 m<sup>2</sup> de capim-mombaça em sistema rotacionado. No momento do estudo, o rebanho era composto por 10 vacas em lactação e 2 vacas secas. Na Tabela 2 a seguir estão os dados de produtividade específico do rebanho da Propriedade 2.

Tabela 2 – Dados específicos do rebanho presente na propriedade 2 (Sítio Olhos D`água, Porto Firme, MG).

<b>Variável</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Animais em lactação	12	Cabeças
Área para pecuária leiteira	1,03	Há
Produção média de leite	37.011	Litros/ano
Digestibilidade (D)	70	%
Peso médio (W)	570	Kg
Incremento de peso (WG)	0,5	Kg/cab/dia
Prenhez (PR)	60	%
Percentual de gordura (MF)	4,57	%

Fonte: Dados do PDPL-RV.

## 2.2. Definição dos limites do inventário

Com o objetivo de auxiliar na definição do limite operacional utilizado definiram-se três escopos, divididos em emissões diretas, emissões indiretas e outras emissões indiretas, de acordo com os critérios do GHG Protocol (2013) e da ABNT NBR *ISO 14064 – Greenhouse gases*, são eles:

### **Escopo 1 – Emissões diretas**

As emissões diretas são relativas a fontes que pertencem ou são controladas pela organização (pecuária leiteira), ou seja, emissões originadas dentro dos limites organizacionais definidos.

### **Escopo 2 – Emissões indiretas**

Emissões provindas da geração de energia elétrica (rede), consumo de combustíveis por máquinas agrícolas e equipamentos de ordenha e fertilização nitrogenada das culturas agrícolas que servem de alimentação para o gado.



### Escopo 3 – Outras emissões indiretas

São outras emissões causadas por atividades da organização, porém são provenientes de fontes não controladas e/ou não pertencentes a esta. Exemplo: transporte terceirizado de concentrados e fertilizantes.

Considerou-se no inventário apenas as emissões de responsabilidade dos proprietários, ou seja, as emissões dos escopos 1 e 2. Já as emissões do escopo 3 foram desconsideradas, pois entendeu-se que estas não são de responsabilidade do proprietário e sim das empresas fornecedoras de fertilizantes e concentrados.

Além da definição dos limites organizacional e operacional, deve-se estabelecer um período-base para a realização do estudo. Para este trabalho, adotou-se o período de Abril de 2012 a Março de 2013 como ano-base.

### 2.3. Classe de rigor (Tier)

De acordo com o guia para inventários do IPCC (2006), o *Tier* é o nível de complexidade metodológico para elaboração de inventários e, normalmente, apresentam três níveis.

O *Tier 1* é o método básico e o mais utilizado, empregado principalmente quando há limitação na obtenção de dados. O *Tier 2* é um método intermediário de complexidade. E o *Tier 3* é o nível mais complexo e requer demanda de dados e outras informações muito detalhadas, por isso é o de maior dificuldade de obtenção (KEY ASSOCIADOS, 2009).

O método *Tier 3* exige que os dados utilizados sejam específicos de cada unidade e processo, tais como dados de atividade e a composição do combustível utilizado e, também, os tipos específicos de tecnologia empregada, quando existente. No *Tier 2* os fatores de emissão empregados estão de acordo com as práticas industriais do país, ou seja, são dados específicos para as condições brasileiras. No presente trabalho, foram utilizadas as classes de rigor apresentadas no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Classes de rigor adotadas para cada fonte de emissão de GEE.

Escopo	Fontes de emissão de GEE		Gás	TIER
1	Pecuária	Fermentação entérica	CH <sub>4</sub>	3
		Manejo de dejetos	CH <sub>4</sub>	
2	Fertilização nitrogenada	N <sub>2</sub> O direta	N <sub>2</sub> O	2
		N <sub>2</sub> O indireta	N <sub>2</sub> O	

		N <sub>2</sub> O pastagem	N <sub>2</sub> O	
	Combustível	Máquinas agrícolas	CO <sub>2</sub>	2
	Energia elétrica	Irrigação e ordenha	CO <sub>2</sub>	2

## 2.5. Coleta de dados

Primeiramente, identificou-se as fontes emissoras de GEE para a pecuária nas duas propriedades estudadas. Considerou-se as emissões referentes à fermentação entérica, manejo de dejetos animais, energia elétrica, combustíveis fósseis e fertilização nitrogenada da pastagem do eucalipto (Sistema Silvipastoril) e das culturas agrícolas que servem de alimentação ao gado (milho, cana-de-açúcar e capineira).

As coletas de dados foram feitas especificamente em cada propriedade, durante o período estipulado como ano-base, ou seja, abril de 2012 a março de 2013.

Os dados foram obtidos com o auxílio dos proprietários das duas fazendas e dos estagiários e técnicos do Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira da Região de Viçosa (PDPL-RV), através da aplicação de formulários de coletas.

## 2.6. Cálculo de Emissões de GEE

A identificação das fontes e a metodologia de cálculo de emissões basearam-se na ABNT NBR ISO 14.064 (2007b) e nas diretrizes estabelecidas pelo IPCC (2006) – *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

### 2.6.1. Emissões do Escopo 1

#### 2.6.1.1. Fermentação entérica

Os cálculos de metano da fermentação entérica foram feitos baseados na seguinte equação:

$$E_{\text{ferm.}} = (EF_{\text{leite}} * P_{\text{leite}})/10^3 \quad (1)$$

Em que:

$E_{\text{ferm.}}$  = Emissão total de metano por fermentação entérica (t CH<sub>4</sub>/ano).

$EF_{leite}$  = Fator de emissão para gado de leite. (Kg CH<sub>4</sub>/cabeça/ano).

$P_{leite}$  = População total de animais no rebanho.

Para calcular o fator de emissão, foram utilizadas as seguintes equações:

$$EF_{leite} = GE_{leite} * Y_m * 365/55,65 \quad (2)$$

Em que:

365 dias/ano;

55,65 MJ/Kg CH<sub>4</sub>;

$Y_m$  = Taxa de conversão de metano (0,14);

$GE_{leite}$  = Ingestão de energia bruta do gado de leite (MJ/cabeça/dia).

A energia bruta foi estimada baseada na seguinte equação:

$$GE_{leite} = \left[ \left( (NE_m + NE_f + NE_l + NE_p) / RND \right) + (NE_g / RND_g) \right] * 100 / DE \quad (3)$$

Em que:

$NE_m$  = Energia líquida necessária para a manutenção (MJ/cabeça/dia);

$NE_f$  = Energia líquida necessária para a alimentação (MJ/cabeça/dia);

$NE_l$  = Energia líquida necessária para a lactação (MJ/cabeça/dia);

$NE_g$  = Energia líquida necessária para o crescimento (MJ/cabeça/dia);

$NE_p$  = Energia líquida necessária para a gestação (MJ/cabeça/dia);

$RND$  = Razão da energia líquida, consumida para manutenção, lactação e gestação, para a energia digerível consumida;

$RND_g$  = Razão da energia líquida consumida para o crescimento e a correspondente energia digerível consumida;

$DE$  = Digestibilidade (%).

A energia líquida requerida para a manutenção ( $NE_m$ ), alimentação ( $NE_f$ ), lactação ( $NE_l$ ) e gestação ( $NE_g$ ) foram estimadas pelas seguintes equações:

$$NE_m = 0,335 * W^{0,75} \quad (4)$$

$$NE_f = NE_m * 0,17 \quad (5)$$

$$NE_l = MP * (1,47 + 0,40 * MF) \quad (6)$$

$$NE_p = 0,075 * NE_m * PR/100 \quad (7)$$

$$NE_g = 4,18 * [(0,035 * W^{0,75} * WG^{1,119}) + WG] \quad (8)$$

Em que:

W é o peso do animal (Kg);

MP é a produção de leite (Kg/cabeça/dia);

MF é o conteúdo de gordura do leite (%);

PR é a taxa de prenhez (%);

WG é o ganho de peso do animal jovem (kg/cabeça/dia).

Os valores de RND e RND<sub>g</sub> foram obtidos pelas equações propostas pelo *Guidelines* (2006):

$$RND = 0,298 + (0,00335 * DE) \quad (9)$$

$$RND_g = -0,036 + (0,00535 * DE) \quad (10)$$

### 2.6.1.2. Manejo de Dejetos

As emissões provenientes do manejo de dejetos animais foram estimadas utilizando a metodologia proposta pelo *Guidelines* (2006), descrita abaixo:

$$E_{dejetos} = (EF_{dejetos} * P_{leite})/10^3 \quad (11)$$

Em que:

$E_{dejetos}$  = Emissão de metano por manejo de dejetos do gado de leite (t CH<sub>4</sub>/ano);

$EF_{dejetos}$  = Fator de emissão para manejo de dejetos do gado de leite (Kg CH<sub>4</sub>/cab<sup>l</sup>/ano);

$P_{leite}$  = População total de animais no rebanho.

O fator de emissão para o manejo de dejetos foi calculado seguindo a equação abaixo:

$$EF_{dejetos} = VS * B_o * \left(\frac{MCF * MS}{10^4}\right) * 365 * 0,67 \quad (12)$$

Em que:

VS = Excreção diária média de sólidos voláteis para gado de leite (Kg/cabeça/dia);

B<sub>o</sub> = Capacidade máxima de produção de metano para os dejetos produzidos (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/Kg);

MCF = Fator de conversão de metano para o sistema de manejo de dejetos adotado (%);

MS = Fração de animais relacionada ao sistema de manejo de dejetos adotado (%).

A excreção diária média de sólidos voláteis foi obtida de acordo com a seguinte equação:

$$VS = GE * (1 \text{ KgMs}/18,45\text{MJ}) * (1 - DE/100) * (1 - ASH/100) \quad (13)$$

Em que:

GE = Ingestão diária média de alimento (MJ/cabeça/dia);

DE = Taxa de digestibilidade do rebanho (%);

ASH = Fração do conteúdo de cinzas nos dejetos produzidos (%).

## 2.6.2. Emissões do Escopo 2

### 2.6.2.1. Fertilização nitrogenada

As emissões totais de N<sub>2</sub>O são calculadas pelo somatório das emissões diretas, indiretas e emissões pela deposição de dejetos animais em pastagem(Equação 14).

$$E_{N_2O} = E_{N_2O_d} + E_{N_2O_i} + E_{N_2O_{pastagem}} \quad (14)$$

Em que:

E<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = Emissão total de N<sub>2</sub>O, em toneladas por hectare (t N<sub>2</sub>O/ha);

E<sub>N<sub>2</sub>O<sub>d</sub></sub> = Emissão direta de N<sub>2</sub>O, em toneladas por hectare (t N<sub>2</sub>O/ha);

$E_{N_2O_i}$  = Emissão indireta de N<sub>2</sub>O, em toneladas por hectare (t N<sub>2</sub>O/ha);

$E_{N_2O_{pastagem}}$  = Emissão de N<sub>2</sub>O pela deposição de dejetos animais na pastagem, em toneladas por hectare (t N<sub>2</sub>O/ha).

#### a) Emissões diretas de N<sub>2</sub>O

As emissões diretas de N<sub>2</sub>O são as produzidas principalmente pela adição de esterco animal em pastagens, uso de fertilizantes sintéticos, cultivo de plantas fixadoras de nitrogênio, pela incorporação de resíduos de colheita no solo e pela mineralização de nitrogênio devido ao cultivo de solos orgânicos.

A estimativa das emissões de N<sub>2</sub>O provenientes da fertilização nitrogenada em solos agrícolas foi baseada na equação 15 a seguir.

$$E_{N_2O_d} = (F_{SN} + F_{AW}) * EF_1 \quad (15)$$

Em que:

$E_{N_2O_d}$  = Emissões de N<sub>2</sub>O direta, por fertilização nitrogenada em solos agrícolas (tN<sub>2</sub>O/ha/ano);

$F_{SN}$  = Quantidade de nitrogênio aplicada ao solo agrícola na forma de fertilizante sintético, corrigida para emissões de NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> (Kg N/ano);

$F_{AW}$  = Quantidade de nitrogênio de esterco proveniente do sistema de manejo *daily spread* e aplicado ao solo agrícola como fertilizante, corrigida para emissões de NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> (kg N/ano);

$EF_1$  = Fator de emissão direta do nitrogênio aplicado aos solos agrícolas (kg N<sub>2</sub>O-N/kg N aplicado) (0,0125, segundo o IPCC, 1997) (ANEXO).

Para o cálculo do  $F_{SN}$  utilizou-se a seguinte equação:

$$F_{SN} = N_{fert} * (1 - Frac_{GASF}) \quad (16)$$

Em que:

$N_{fert}$  = Quantidade de nitrogênio aplicada na forma de fertilizante sintético (kg N/ano);

$Frac_{GASF}$  = Fração do nitrogênio aplicada na forma de fertilizante sintético que volatiliza como NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, em kg [NH<sub>3</sub>-N e NO<sub>x</sub>-N]/kg N<sub>2</sub>O-N aplicado (0,1, segundo o IPCC, 1997).

Já o cálculo do  $F_{AW}$  foi realizado através da seguinte equação:

$$F_{AW} = N_{esterco} * (1 - Frac_{GASM}) \quad (17)$$

Em que:

$N_{esterco}$  = Quantidade de nitrogênio de esterco aplicado ao solo agrícola como fertilizante (kg N por ano);

$Frac_{GASM}$  = Fração do nitrogênio excretada pelos animais de criação que volatiliza como  $NH_3$  e  $NO_x$ , em kg [ $NH_3$ -N e  $NO_x$ -N] por kg N excretado (0,2, segundo o IPCC, 1997).

A quantidade de nitrogênio proveniente do esterco aplicado ao solo foi calculada através das equações que se seguem:

$$N_{esterco} = N_{exL} * Frac_{leite} \quad (18)$$

Em que:

$Frac_{leite}$  = Fração do esterco produzido pelo gado leiteiro que é aplicada ao solo na forma de fertilizante (1);

$N_{exL}$  = Quantidade de nitrogênio excretada pelo rebanho leiteiro (kg N/ano), dado por:

$$N_{exL} = Efet_{leite} * N_{leite} \quad (19)$$

Em que:

$Efet_{leite}$  = Efetivo do rebanho leiteiro, em cabeças de animais por ano;

$N_{leite}$  = Quantidade de nitrogênio excretada por animal do rebanho leiteiro (kg N/ano) (70, segundo o IPCC, 1997).

## **b) Emissões indiretas de $N_2O$**

Já as emissões indiretas de  $N_2O$  referem-se à porção de nitrogênio incorporado no solo que é volatilizada na forma de  $NH_3$  e  $NO_x$  e que também é perdida por lixiviação (Equação 20).

$$E_{N_2O_i} = N_2O_G + N_2O_L \quad (20)$$

Em que:

$N_2O_G$  = N<sub>2</sub>O produzido a partir da deposição atmosférica de NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, (kg N<sub>2</sub>O-N/ano);

$N_2O_L$  = N<sub>2</sub>O produzido a partir da lixiviação e do escoamento superficial de nitrogênio (kg N<sub>2</sub>O-N/ano).

O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) produzido pela deposição atmosférica de NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> foi calculado através da seguinte equação:

$$N_2O_G = [(N_{fert} * Frac_{gasf}) + (N_{esterco} * N_{pastagem}) * Frac_{GASM} * EF_4] \quad (21)$$

Em que:

$N_{fert}$  = Quantidade de nitrogênio aplicada na forma de fertilizante sintético (kg de N/ano);

$Frac_{GASF}$  = Fração do nitrogênio aplicada na forma de fertilizante sintético que volatiliza como NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, (kg [NH<sub>3</sub>-N e NO<sub>x</sub>-N]/kg N aplicado) (0,1, segundo o IPCC, 1997);

$N_{esterco}$  = Nitrogênio contido nos dejetos de animais intencionalmente aplicados aos solos como fertilizante (kg N/ano);

$N_{pastagem}$  = Nitrogênio contido nos dejetos de animais em pastagem (kg N/ano);

$Frac_{GASM}$  = Fração do nitrogênio excretada pelos animais de criação que volatiliza como NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, (kg [NH<sub>3</sub>-N e NO<sub>x</sub>-N]/kg N excretado) (0,2, segundo o IPCC, 1997);

$EF_4$  = Fator de emissão para a deposição atmosférica (kg N<sub>2</sub>O-N/kg [NH<sub>3</sub>-N e NO<sub>x</sub>-N] emitido) (0,01, segundo o IPCC, 1997).

Já o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) produzido pela lixiviação e escoamento superficial de nitrogênio foi calculado através da seguinte equação:

$$N_2O_L = [(N_{fert} + N_{esterco} + N_{pastagem}) * Frac_{leach}] * EF_5 \quad (22)$$

Em que:



$Frac_{leach}$  = Fração do nitrogênio adicionado ao solo que é perdida por lixiviação ou escoamento superficial (kg N lixiviado ou escoado/kg de fertilizante ou esterco) (0,3, segundo o IPCC, 1997);

$EF_5$  = Fator de emissão de  $N_2O$  para lixiviação/escoamento (kg  $N_2O-N$ /kg N lixiviado/escoado) (0,025, segundo o IPCC, 1997).

### c) Emissões de $N_2O$ por dejetos em pastagem

As frações de dejetos que ocorrem em pastagem variam de acordo com o tipo de animal e a região do país. Os valores adotados para o cálculo são referentes aos dados do *Guidelines* (2006):

$$N_2O_{Pastagem} = E_{fet_{leite}} * N_{exl} * AWMS_{pastagem} * EF_3 \quad (23)$$

Em que:

$E_{fet_{leite}}$  = Efetivo do rebanho leiteiro, em cabeças por ano (cab/ano);

$N_{exl}$  = Quantidade de nitrogênio excretada por animal de pastagem (Kg N/ano), (70);

$AWMS_{pastagem}$  = Fração do nitrogênio excretada pelos animais do rebanho leiteiro em pastagem;

$EF_3$  = Fator de emissão de  $N_2O$  para o sistema de manejo utilizado (pastagem), em kg  $N_2ON$ /kg N excretado (0,02, segundo o IPCC, 1997).

As emissões por fertilização nitrogenada nas propriedades são provenientes da deposição de dejetos animais na pastagem e da adição de fertilizantes nas culturas agrícolas, sendo que estes foram utilizados de acordo com a recomendação de adubação proposta pelo Agrônomo do PDPL-RV. Além dos fertilizantes sintéticos, os dejetos produzidos pelo gado de leite são utilizados na pastagem como adubo orgânico.

Para o cálculo das emissões pela fertilização nitrogenada, considerou-se as adubações de plantio e cobertura de todas as culturas ligadas à produção de leite. A adubação de plantio ou implantação da pastagem foi dividida por 15, que é o período médio (anos) que a mesma demanda para sua reforma, ou seja, novo plantio.

### 2.6.2.2. Combustão móvel

As emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao uso de combustíveis são provenientes das atividades de preparo do solo (Aração e gradagem) e preparo da silagem (Ensiladeira ou picadeira mecânica).

Para o preparo do solo considerou-se uma aração e duas gradagens nas duas propriedades. O consumo de combustível foi calculado de acordo com as especificações técnicas das máquinas agrícolas que indicam o rendimento de 16,56 litros de diesel/ha na aração e 21,71 litros de diesel/ha na gradagem.

Para o preparo da silagem, no período da seca, considerou-se o rendimento médio da ensiladeira de modelo PN Plus 2000 que é de 1,0 ha de cultura (milho, cana-de-açúcar, capim) por hora de funcionamento, sendo o consumo médio de 17 litros/hora. Considerou-se um corte para o milho aos 100 dias após o plantio. A capineira rende 6 cortes anuais, sendo que o primeiro é feito cerca de 100 dias após o plantio, e os subsequentes aos 40 a 60 dias após o rebrote. Já a colheita da cana-de-açúcar fresca é feita diariamente e sua ensilagem ocorre no final do período das águas.

Os cálculos das emissões de GEE pela combustão móvel, em tCO<sub>2</sub>e., foram feitos conforme equação a seguir:

$$E = (\sum C_i * FE_i)/1000 \quad (24)$$

Em que:

E = Emissão de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) (toneladas);

C = Consumo do combustível *i* (litros);

FE = Fator de Emissão do CO<sub>2</sub> associado ao combustível *i* (kg CO<sub>2</sub>/litro) (ANEXO).

### 2.6.2.3. Energia elétrica

As emissões de CO<sub>2</sub> por consumo de energia elétrica da rede estão associadas à irrigação das culturas agrícolas e ordenha mecanizada das vacas em lactação.

Até o momento da coleta de dados, a propriedade 2 não utilizava o sistema de irrigação por aspersão. Dessa forma, o consumo de energia elétrica associado à irrigação foi calculado apenas para a propriedade 1. O cálculo foi realizado considerando-se o rendimento de

irrigação de 40,8 KWh/ha/dia para a motobomba Dancor CAM W10 3 CV. Considerou-se o período de 100 dias de irrigação por aspersão por ano, segundo relatório dos consultores da propriedade.

Nas operações de ordenha foram utilizadas as ordenhadeiras Alfalaval 03 conjuntos na propriedade 1 e Delaval 02 conjuntos na propriedade 2 com consumo energético de 1,32 kw/h e 1,94 kw/h, respectivamente. Além da ordenha mecanizada, a propriedade 1 ainda utiliza um tanque de refrigeração sul inox 540l com consumo de 1,70 kw/h. Na propriedade 2 não há sistema de refrigeração já que o leite é encaminhado para o laticínios logo depois da ordenha. Considerou-se duas ordenhas diárias em ambas propriedades.

Para o cálculo de emissão de dióxido de carbono equivalente, em toneladas, utilizou-se a equação a seguir (IPCC, 2006):

$$E = \sum CE_m * FE_m \quad (25)$$

Em que:

CE = consumo total de energia elétrica do mês  $m$  (MWh);

FE = fator de Emissão do mês  $m$  (tCO<sub>2</sub>e./MWh) (ANEXO);

$m$  = mês do ano-base (abril/2012 a março/2013).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Emissões do escopo 1

A emissão do escopo 1 na Propriedade 1 foi de 4,55 CO<sub>2</sub>e.cab/ano. Deste total, 3,72 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano são referentes à fermentação entérica e 0,8308 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano são devido aos dejetos animais (Tabela 1). Nota-se que grande parte das emissões de metano do gado de leite (81,75%) está relacionada ao processo digestivo destes animais ruminantes, que tem a capacidade de decompor o alimento e gerar grande quantidade de metano.

A emissão total por animal na Propriedade 2 foi de 4,22 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano. Deste total, 3,51 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano são referentes à fermentação entérica e 0,7106 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano são devido aos dejetos animais. Da mesma maneira que a Propriedade 1, a Propriedade 2 possui a maior parte (83,17%) de suas emissões concentradas no processo de fermentação entérica, em detrimento dos demais processos.

Um fator que contribui para a diferença entre os fatores de emissão da fermentação entérica nos rebanhos das duas propriedades é a produção de leite anual. Enquanto um bovino leiteiro adulto da propriedade intensiva (Propriedade 1) requer 60,88 MJ/dia de NEL (Energia requerida para a lactação) para produzir 22,27 L de leite com 3,16% de gordura, o animal da propriedade semi-intensiva (Propriedade 2) produz, em média, 10,5 L de leite com 4,57% de gordura, requerendo 47,82 MJ/dia de NEL.

Tabela 1 – Emissão de CO<sub>2</sub>e do gado de leite nas Propriedades 1 e 2 pelos processos de fermentação entérica e dejetos animais durante o ano-base

Categoria	Emissão			Por unidade produzida (KgCO <sub>2</sub> e.litro/ano)
	Por animal (KgCH <sub>4</sub> .cab/ano)	Por animal (tCO <sub>2</sub> e.cab/ano)	Proporção (%)	
<b>Propriedade 1</b>				
Fermentação entérica	148,93	3,72	81,75	1,07
Dejetos animais	33,23	0,8308	18,25	0,239
<b>Total</b>	<b>182,16</b>	<b>4,55</b>	-	<b>1,31</b>
<b>Propriedade 2</b>				
Fermentação entérica	140,58	3,51	83,17	1,13
Dejetos animais	28,42	0,7106	16,82	0,230
<b>Total</b>	<b>169,00</b>	<b>4,22</b>	-	<b>1,36</b>

Os fatores de emissão da fermentação entérica encontrados para o rebanho nas duas propriedades foram bastante superiores aos indicados pelo MCT (2010) para gado de leite (70 kgCH<sub>4</sub>.cab/ano) e gado de corte (43 kgCH<sub>4</sub>.cab/ano) no estado de Minas gerais. No entanto, os fatores calculados estão entre o intervalo de 121 e 147 kg CH<sub>4</sub>.cab/ano estimado por Primavesi (2004) para vacas em lactação em condições tropicais brasileiras.

Assim como na fermentação entérica, a emissão associada aos dejetos por animal (0,8308kg CH<sub>4</sub>/cab/ano) foi inferior à encontrada pelo MCT (2010) para gado de leite (1,8 kg CH<sub>4</sub>.cab/ano) e gado de corte (1,5kg CH<sub>4</sub>.cab/ano) em Minas Gerais.

Os dados do MCT citados acima foram obtidos a partir de alguns fatores zootécnicos da pecuária brasileira baseados em especialistas e literatura. Para a Região Sudeste, considerou-se as raças Holandesa e Girolando (Gir) sob sistema semiextensivo, em que a produção varia de 1.200 e 2.000 litros de leite por vaca ordenhada/ano, criados a pasto, com suplementação volumosa na época de menor crescimento das forrageiras tropicais.

Além disso, os dados apresentados pelo MCT no Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa representam uma média do total de cabeças estimado na região e, portanto, estão sujeitos às variações de acordo com o manejo do gado.

Os demais dados do rebanho leiteiro nacional utilizados nas estimativas de emissões pelo MCT estão no Quadro 2.

Quadro 2 – Dados do rebanho leiteiro nacional utilizados nas estimativas relativas ao período de 2002 a 2006

Região	Raças predominantes	Peso vivo	Digestibilidade	Taxa de prenhez	Consumo médio alimento	Teor de gordura
		(Kg)	(%)	(%)	(Kg)	(%)
Norte	Mestiças (Gir+Hol.)	400	55	55	7,9	4,3
Nordeste	Mestiças (Gir+Hol.)	400	55	55	7,9	4,3
Sudeste	Mestiças (Gir+Hol.)	400	75	60	7,9	4,3

Sul	Européias (Hol., Jersey)	414	60	60	9,9	3,5
Centro- Oeste	Mestiças (Gir+Hol.)	400	56	60	7,9	4,3

Fonte: MCT (2006).

Os fatores de emissão apresentados pelo MCT (2010) foram, expressivamente, inferiores aos encontrados na pesquisa devido ao manejo diferenciado destinado ao rebanho nas duas estimativas. O MCT (2010) considera, para o cálculo das emissões, o sistema semiextensivo, ou seja, os animais são criados a pasto e concentrado com suplementação volumosa apenas na época de menor crescimento das forrageiras, sendo que o consumo médio de alimento é de 7,9 kg para a região Sudeste. Em consequência disso, o peso vivo do rebanho é de 400 kg, cerca de 150 kg abaixo do peso médio encontrado nas propriedades analisadas.

Parte da superioridade encontrada nos fatores de emissão calculados nesse estudo pode ser explicada pela composição a dieta dos animais presentes nas duas propriedades, em que, prioriza-se a utilização de pasto e volumosos.

Cederberg e Mattsson (2000) obtiveram 155,00kg de CH<sub>4</sub>.cab/ano num sistema de produção de leite convencional e 173,60 kg de CH<sub>4</sub>.cab/ano no sistema de produção de leite orgânico. Isso pode ser explicado pelo maior consumo de forragens pelos animais do sistema orgânico do que no sistema convencional, em que utiliza-se dietas à base de concentrados.

Primavesi et al. (2004) aponta em seus estudos, que a substituição de volumoso por concentrado energético resultou em emissão máxima de metano quando o concentrado participou em apenas 40% da matéria seca da dieta.

Qualquer variação na dieta do animal pode levar à diferentes emissões de metano pelo rúmen. Ainda assim, o IPCC (2006) destaca apenas duas dietas capazes de promover essa diferenciação. Uma delas com mais 90% de concentrado e taxa de conversão de CH<sub>4</sub> de 3% da EB ingerida e a outra com menos de 90% de concentrado e taxa de conversão de CH<sub>4</sub> de 6,5% da EB ingerida. Esses critérios não são aplicáveis à realidade brasileira, em que, raramente se utiliza uma dieta com 90% de concentrado.

Em dietas com elevadas proporções de concentrado há a indução da redução da produção de metano através da inibição de bactérias metanogênicas (HEGARTY, 1999) e produção de bacteriocinas através de bactérias lácticas que inibem a ação das bactérias metanogênicas (RODRIGUEZ E CAMPOS, 2007).

### 3.1.2. Emissões do escopo 2

#### a) Fertilização nitrogenada

O total de N presente na uréia foi obtido utilizando o fator de 0,45, recomendado por Sarmento (1999).

Nota-se na Tabela 3 que a fertilização nitrogenada na Propriedade 1 foi responsável pela emissão de 0,460 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano, considerando a pastagem, milho, cana-de-açúcar e capineira. Deste total, 87,54% são referentes à fertilização nitrogenada da pastagem (0,424 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano) e o restante (0,0353 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano) proveniente das culturas do milho, cana-de-açúcar e capineira.

Já na Propriedade 2, a pastagem foi responsável pela emissão de 0,6005 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano, incluindo a fertilização nitrogenada e a deposição de dejetos animais. O eucalipto emitiu 0,267 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano, considerando a produção de N<sub>2</sub>O direta e indireta. A cana-de-açúcar e o milho emitiram, respectivamente, 0,0727 e 0,156 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano.

Tabela 3 – Emissão de N<sub>2</sub>O direta, indireta e por dejetos animais na pastagem, milho, capineira e cana-de-açúcar, nas Propriedades 1 e 2, no período-base (Abril de 2012 a Março de 2013), em toneladas

Culturas	Emissão				
	Por área (t ha/ano)		Por animal (tCO <sub>2</sub> e.cab/ano)		Por unidade produzida (KgCO <sub>2</sub> e.litro/ano)
	N <sub>2</sub> O direta	N <sub>2</sub> O indireta	N <sub>2</sub> O pastagem	CO <sub>2</sub> e	
<b>Propriedade 1</b>					
Pastagem	9,01*10 <sup>-2</sup>	6,10*10 <sup>-3</sup>	7,62*10 <sup>-2</sup>	0,4247	0,122
Milho	4,00*10 <sup>-3</sup>	5,07*10 <sup>-3</sup>	-	0,0223	0,0064
Cana-de-açúcar	6,63*10 <sup>-4</sup>	2,55*10 <sup>-3</sup>	-	0,0079	0,0022
Capineira	4,27*10 <sup>-4</sup>	2,37*10 <sup>-3</sup>	-	0,0069	0,0019
<b>Total</b>	<b>0,0951</b>	<b>0,0161</b>	<b>0,0762</b>	<b>0,46</b>	<b>0,132</b>
<b>Propriedade 2</b>					
Pastagem	1,19*10 <sup>-2</sup>	4,70*10 <sup>-3</sup>	7,56*10 <sup>-3</sup>	0,6005	0,194

Milho	$1,85 \cdot 10^{-3}$	$4,43 \cdot 10^{-3}$	-	0,1560	0,0505
Cana-de-açúcar	$4,98 \cdot 10^{-4}$	$2,42 \cdot 10^{-3}$	-	0,0727	0,0235
Eucalipto	$8,38 \cdot 10^{-3}$	$2,36 \cdot 10^{-3}$	-	0,2670	0,0865
<b>Total</b>	<b>0,0226</b>	<b>0,0139</b>	<b>0,0075</b>	<b>1,09</b>	<b>0,354</b>

A maior emissão associada à fertilização da pastagem nas Propriedades 1 e 2, se deve à sua demanda nutricional em relação às demais culturas e à emissão adicional causada pela incorporação dos dejetos animais. Segundo Cantarutti (2002), o animal interfere nas quantidades de nutrientes removidas da pastagem e isto depende do tipo de exploração e da intensidade do sistema de produção. Na fase de utilização da pastagem, a necessidade de aporte externo de nutrientes dependerá do balanço nutricional entre a saída (alimentação dos animais e outras perdas) e o potencial de reciclagem dos mesmos.

Ainda segundo Cantarutti (2002), de maneira geral, as plantas recuperam apenas 50, 20 e 60% do N, P e K aplicados por meio da fertilização química, respectivamente. As fertilizações de manutenção devem, por princípio, repor pelo menos as quantidades exportadas dos nutrientes. As doses de P e K a serem aplicadas têm sido definidas com base na interpretação da análise química do solo e nas características do sistema de produção. As quantidades de N, por sua vez, dependem do sistema de produção e da capacidade de reposição da forrageira.

Além de contribuir para o aumento da produção de carne e leite pelos animais, a fertilização da pastagem e o manejo adequado do rebanho podem aumentar o sequestro de C no solo. Em estudos compilados por Conant et. al. (2001), as taxas médias de sequestro de C nesses estudos variaram de -0,2 a +3,0 Mg C ha/ano, considerando-se uma pastagem bem manejada.

#### **b) Combustíveis fósseis**

As atividades de preparo do solo na propriedade são terceirizadas e, geralmente, ocorrem a cada início de safra.

O consumo de combustíveis na Propriedade 1 foi de 3.514,06 litros durante as operações de preparo do solo, ou seja, aração e gradagem. No período do ano-base foram consumidos 877,68 litros de diesel na aração e gerou-se uma emissão de 0,054 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano (Tabela 4). A operação de gradagem gerou um consumo de 2.637,28 litros de diesel e emitiu



0,164tCO<sub>2</sub>e.cab/ano e a produção de silagem consumiu 287,3 litros de diesel, gerando uma emissão de 0,018 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano, evidenciando assim um menor potencial emissor da operação em relação às operações de aração e gradagem.

A Propriedade 2 consumiu, no período do ano-base, 573,39 litros de diesel durante as operações de preparo do solo, ou seja, aração e gradagem. Nesse período foram consumidos 129,16 litros de diesel na aração e gerou-se uma emissão de 0,034tCO<sub>2</sub>e.cab/ano. A operação de gradagem gerou um consumo de 388,13 litros de diesel e emitiu 0,104tCO<sub>2</sub>e.cab/ano e a produção de silagem consumiu 56,1 litros de diesel, gerando 0,015 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano.

Tabela 4 – Emissão de CO<sub>2</sub>e por consumo de combustível, nas Propriedades 1 e 2, durante o ano-base (Abril de 2012 a Março de 2013)

Operação	Consumo (litros)	Emissão		
		Total (tCO <sub>2</sub> e/ano)	Por animal (tCO <sub>2</sub> e.cab/ano)	Por unidade produzida (KgCO <sub>2</sub> e.litro/ano)
<b>Propriedade 1</b>				
Aração	877,68	2,35	0,019	0,005
Gradagem	2.637,28	7,07	0,058	0,016
Produção de silagem	287,3	0,77	0,006	0,0017
<b>Total</b>	<b>3.802,26</b>	<b>10,19</b>	<b>0,084</b>	<b>0,0227</b>
<b>Propriedade 2</b>				
Aração	129,16	0,34	0,028	0,0090
Gradagem	388,13	1,04	0,086	0,0278
Produção de silagem	56,1	0,15	0,013	0,0042
<b>Total</b>	<b>573,39</b>	<b>1,53</b>	<b>0,127</b>	<b>0,0411</b>

### c) Energia elétrica

A Propriedade 1 consumiu 233.964,4KWh com irrigação e ordenha mecanizada no período do ano-base (Tabela 5). Desse total, 2.832,4 KWh são referentes à ordenha, 14.892 KWh são provenientes da refrigeração do leite e 216.240 KWh estão relacionados à irrigação. A ordenha mecanizada foi responsável pela emissão de 0,0006tCO<sub>2</sub>e/cab/ano, a refrigeração do leite emitiu 0,031 tCO<sub>2</sub>e/cab/ano e a irrigação emitiu 0,460 tCO<sub>2</sub>e/cab/ano.

O consumo de energia elétrica na Propriedade 2 está associado apenas à ordenha, pois esta ainda não utiliza o sistema de irrigação automatizada. A ordenha mecanizada consumiu 963,6 KWh no período do ano-base. Esse consumo gerou uma emissão de 0,0073 tCO<sub>2</sub>e/cab/ano.

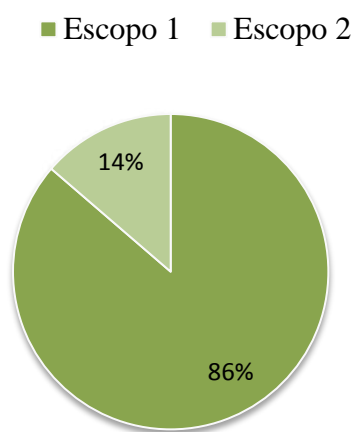
Os resultados evidenciam a grande demanda energética da irrigação em detrimento da ordenha mecanizada e refrigeração e, conseqüentemente, o alto custo associado à operação. No entanto, em algumas regiões do Brasil, a utilização de irrigação por aspersão automatizada é necessária diante da escassez hídrica em parte do ano. Apesar do alto custo, quando implantada e manejada de maneira correta, a irrigação pode aumentar consideravelmente a produtividade da cultura.

Tabela 5 – Emissão de CO<sub>2</sub>e por consumo de energia elétrica, nas Propriedade 1 e 2, durante o ano-base (Abril de 2012 a Março de 2013)

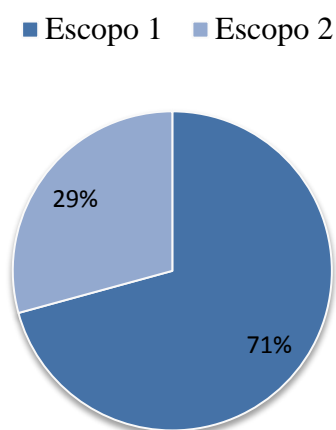
Operação	Consumo (KWh/ano)	Emissão		
		Total (tCO <sub>2</sub> e/ano)	Por animal (tCO <sub>2</sub> e.cab/ano)	Por unidade produzida (KgCO <sub>2</sub> e.litro/ano)
<b>Propriedade 1</b>				
Ordenha mecanizada	2.832,4	0,259	0,0021	6,04*10 <sup>-4</sup>
Refrigeração do leite	14.892	1,36	0,0112	0,0032
Irrigação	216.240	19,81	0,1637	0,0471
<b>Total</b>	<b>233.964,4</b>	<b>21,42</b>	<b>0,177</b>	<b>0,0504</b>
<b>Propriedade 2</b>				
Ordenha mecanizada	963,6	0,088	0,0073	0,0023
<b>Total</b>	<b>963,6</b>	<b>0,088</b>	<b>0,0073</b>	<b>0,0023</b>

Segundo Brianézi (2011), a emissão de GEE oriunda do setor elétrico depende do consumo e do fator de emissão de GEE equivalente àquele período (mensal). Desta forma, ainda que um determinado mês tenha um maior consumo de energia elétrica em relação a outro período, não necessariamente o primeiro apresenta uma emissão de CO<sub>2</sub> mais elevada que o segundo. Por isso, é importante utilizar a média dos fatores de emissão no período do estudo para diminuir os erros de estimativa.

As emissões do escopo 1 (fermentação entérica e manejo de dejetos) foram as mais expressivas nas duas propriedades. O escopo 2, embora contribua para o aumento das emissões totais da pecuária leiteira, não representa a maior preocupação do setor. Na Propriedade 1, o escopo 1 foi responsável por 86 % das emissões totais e na Propriedade 2 por 71 %. Desta forma, entende-se que potenciais medidas de redução de GEE devem estar prioritariamente direcionadas para a fermentação entérica e manejo de dejetos (Figuras 12 e 13).



**Figura 12** – Emissões de CO<sub>2</sub>e na Propriedade 1, por escopo.



**Figura 13** – Emissões de CO<sub>2</sub>e na Propriedade 2, por escopo.

Dentre as fontes emissoras do escopo 1, considerando as duas propriedades, nota-se que a fermentação entérica possui participação de destaque, com emissões de 3,72 e 3,51 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano nas Propriedades 1 e 2, respectivamente.

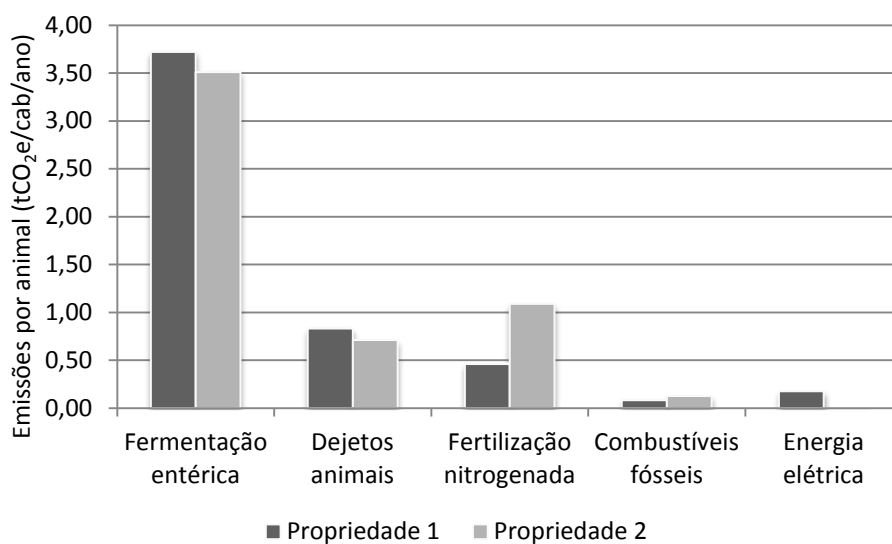
Das emissões relacionadas ao escopo 1, o processo que obteve menor potencial emissor foi o manejo de dejetos animais, com 0,8308 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano e 0,7106 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano nas Propriedades 1 e 2, respectivamente (Figura 14). Os valores encontrados são baixos pois os resíduos gerados não são armazenados em condições anaeróbias e sim dispostos sobre a pastagem como adubo orgânico. Em pesquisa sobre emissão de CH<sub>4</sub> a partir de fezes, Sagggar et al. (2004) relataram um intervalo entre 0,167 a 3,236 g CH<sub>4</sub>/kg de fezes. Considerando a produção média diária de 40 kg de fezes por animal utilizada na pesquisa, a emissão na Propriedade 1 foi de 2,27 g CH<sub>4</sub>/kg de fezes e na Propriedade 2 de 1,94 g CH<sub>4</sub>/kg de fezes, ou seja, ambas dentro do intervalo proposto por Sagggar et. al. (2004).

Segundo Williams (1993) em estudos conduzidos na Austrália, mostra que, a produção de CH<sub>4</sub> a partir de fezes é inferior a 3% do produzido no rúmen. E apenas o manejo

com lagoas anaeróbicas seriam capazes de produzir significativas emissões de CH<sub>4</sub> a partir de fezes de bovinos de corte e leite (LODMAN et al, 1993).

O escopo 2 apresentou emissões inferiores às do escopo 1 em ambas propriedades. Mesmo na Propriedade 1, em que o nível tecnológico é maior, observa-se uma pequena participação da fertilização nitrogenada, consumo de combustíveis fósseis e energia elétrica no total de emissões da pecuária leiteira.

Dos processos correspondentes ao escopo 2, a fertilização nitrogenada apresentou maior potencial emissor, com uma emissão total de 55,66 tCO<sub>2</sub>e.ano e 19,32 tCO<sub>2</sub>e/ano nas Propriedades 1 e 2. Já a emissão por animal foi de 0,46 e 1,09 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano nas Propriedades 1 e 2, respectivamente. Segundo Kebreab et al. (2001), a intensificação dos sistemas de produção resulta numa menor emissão de N<sub>2</sub>O por unidade de produto. Isso pode ser comprovado no estudo, em que verificou-se uma emissão de 0,132 tCO<sub>2</sub>e.litro/ano na Propriedade 1 de sistema mais intensivo de produção e 0,354 tCO<sub>2</sub>e.litro/ano na Propriedade 2, em que o sistema de produção é caracterizado como semi-intensivo. Além disso, o destaque da fertilização nitrogenada em relação aos demais deve-se, em grande parte, ao potencial de aquecimento global do N<sub>2</sub>O que é 298 vezes maior que o CO<sub>2</sub>.



**Figura 14** – Emissões diretas e indiretas (Escopos 1 e 2) de CO<sub>2</sub>e nas Propriedades 1 e 2.

#### 4. CONCLUSÕES

- O escopo 1 foi responsável pela emissão de 71 e 88% das emissões nas propriedades 1 e 2, respectivamente. Já as atividades relacionadas ao escopo 2, embora contribuam para o aumento das emissões da pecuária leiteira, não são o principal foco de preocupações do setor.
- Em ambas propriedades, a fermentação entérica é a maior fonte de emissões, sendo que o principal fator de mitigação é mudança na dieta.
- Dietas com maior proporção de alimentos concentrados tendem a reduzir a emissão de metano.
- Embora produza maiores emissões totais de gases de efeito estufa, a propriedade com sistema de produção intensivo possui melhor desempenho ambiental pois reduz as emissões por unidade de produção.
- Os resultados encontrados são referentes à propriedade com média tecnologia e, portanto, refletem a maior parte das propriedades produtoras de leite no Brasil, em que seus proprietários muitas vezes não são especializados na atividade.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 14.064. **Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa.** Rio de Janeiro, RJ, 20p., 2007a.

ABNT NBR ISO 14.064. **Parte 2: Especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa.** Rio de Janeiro, RJ, 28p., 2007b.

ALVIM, R. S.; MARTINS, M. C. Aspectos econômicos da produção leiteira nacional: importação e exportação de leite e derivados. In: SANTOS, G. T.; UHLIG, L.; BRANCO, A. F.; JOBIM, C. C.; DAMASCENO, J.C.; CECATO, U. (Ed.). Bovinocultura de leite: inovação tecnológica e sustentabilidade. Maringá: Eduem, 2008.

BAUMER, M. Animal production, agroforestry and similar techniques. *Agrofor. Abstr.*, v.4, p.179-198, 1991.

BRIANÉZI, D. **Estocagem e compensação de carbono pelas árvores do *campus-sede da Universidade Federal de Viçosa*.** 2011. 42 p. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Rio de Minas Gerais, 2011.

CANTARUTTI, R.B.; SANTO, H.Q. Entrada e conservação de nutrientes nos sistemas de produção de bovinos a pasto. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SIMCORTE, 2002. p.133-152.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. **Ecological Application** 11, 343-355. 2001.

ECOTERRA, 2007, “Compreensão da Neutralização”, ECOTERRA-Brasil. Disponível em: <http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&tipo=temas&cd=1705> .Acesso em 10 dez.de 2008.

GHG PROTOCOL BRASIL. **Metodologia: Especificações.** Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br>>. Acesso em 22 junho de 2013.

HEGARTY, R. S.; BIRD, S. H.; VANSELOW, B. A.; WOODGATE, R. Effects of the absence of protozoa from birth or from weaning on the growth of microorganisms. **Biotechnology Bioengineering**, v. 39, p. 833-858, 2008.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. 2006. p. 10.1-10.84.

KEBREAB, E.; FRANCE, J.; BEEVER, D. E. & CASTILLO, A. R. Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 60: 275-285, 2001.

KEY ASSOCIADOS. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa BM&FBOVESPA**. São Paulo, 2009.

LIMA, M.A.; PESSOA, M.C.P.Y; LIGO, M.A.V. **Emissões de metano da pecuária. Relatórios de referência**, MCT, Brasília. Disponível em: <<http://www.forumclimabr.org.br/inventario.htm>>, 2002.

LODMAN, D. W., BRAINE, M. E., CARMEAN, B. R., ZIMMERMAN, P., WARD, G. M., JOHNSON, D. E. Estimates of methane emissions from manure of U.S. cattle. **Chemosphere**26: 189-1993.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Kyoto**. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/4193.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/4193.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2006.

MCT – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Segunda Comunicação Inicial do Brasil - Parte II: Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal**. Capítulo 3: Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa por Setor. 102p., 2010b.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. Sistemas silvipastoriles. Turrialba: CATIE, 1998. 12p. (CATIE. Materiales de Enseñanza, 40).

PRIMAVESI, O. *et.al.* **Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras**. *Pesq. Agropec. Brás*, Brasília, v.39, n.3. p. 277 – 283, mar 2004.

RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E. Manipulação ruminal para redução da emissão de metano. In: *Simpósio Nacional sobre Produção Animal e Ambiente*, 1, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. p. 1-28.

SAGGAR, S., BOLAN, N.S., BHANDRAL, R., HEDLEY, C. B., LUO, J.A review of emissions of methane, ammonia, and nitrous oxide from animal excreta deposition and farm effluent application in grazed pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research** 47: 513-544. 2004.

SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. *et al.* Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1203-1208, 1999.

WILLIAMS, D. J. Methane emissions from manure of free-ranging dairy cows. **Chemosphere**26: 179-187, 1993.

WILSON, J.R.; HILL, K.; CAMERON, D.M. The growth of *Paspalum notatum* under shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. *Trop. Grassl.*, v.24, p.24-28, 1990.

## **CAPÍTULO 3**

### **ESTOCAGEM DE CARBONO DE UM SISTEMA SILVIPASTORIL NO MUNICÍPIO DE PORTO FIRME, MG**



## CAPÍTULO 3

### ESTOCAGEM DE CARBONO DE UM SISTEMA SILVIPASTORIL NO MUNICÍPIO DE PORTO FIRME, MG

#### RESUMO

LOPES, Nathália Lima. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2013. **Estocagem de carbono de um Sistema Silvopastoril no município de Porto Firme, MG.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o estoque de carbono de um sistema silvipastoril implantado na Zona da Mata Mineira, no município de Porto Firme. O sistema estudado caracteriza-se pela produção de leite consorciada com o plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, clone GG 100, em espaçamento 7x6 m, em 1,03 hectares e apresenta um índice de falhas de 36,7%, totalizando 155 indivíduos. Realizou-se um inventário arbóreo, em que todos os indivíduos tiveram seu DAP e altura medidos. A quantificação do volume do fuste e biomassa dos indivíduos foi feita através do método indireto, por meio da utilização de equações de regressão. As equações utilizadas são referentes à um sistema silvipastoril localizado no município de Viçosa. O Sistema Silvopastoril apresentou um volume de madeira de 11,81 m<sup>3</sup>/ha e um incremento de 3,46 tC/ha/ano. Estes valores foram superiores aos encontrados em florestas naturais e inferiores aos estimados em estudos com plantios adensados. Os volumes de madeira estimados para o horizonte de planejamento de 14 anos, pelo modelo de predição de volume de Clutter (1983), foram de 164,28m<sup>3</sup>/ha, 180,50m<sup>3</sup>/ha e 198,30 m<sup>3</sup>/ha para a baixa, média e alta produtividade (S=20, S=26 e S=32). Mesmo o melhor cenário de produtividade apresentou um volume inferior ao esperado para plantio em sistema silvipastoril com 2,5 anos de idade. No entanto, quando bem manejados, os Sistemas Silvopastoris podem alcançar produtividades maiores que as encontradas neste estudo. Conclui-se que, nos primeiros anos de desenvolvimento, o fuste é o maior contribuinte para biomassa total do indivíduo arbóreo. Em contrapartida, a matéria orgânica é o compartimento que menos colabora para o incremento de carbono total. Além disso, quando bem manejados,

os Sistemas Silvopastoris são uma estratégia ambientalmente eficiente para a mitigação de parte da produção leiteira, sendo esta de sistema intensivo ou semi-intensivo.

**Palavras-chave:** Estoque de carbono; biomassa; Sistemas Silvopastoris.

## ABSTRACT

LOPES, Nathália Lima. M.Sc ., Universidade Federal de Viçosa. July, 2013. **Carbon storage of a Silvopastoral System in the city of Porto Firme , MG.** Advisor: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

The objective of this study was to evaluate the carbon stock of a silvopastoral system deployed in the Forest Mining District, in the municipality of Porto Firme . The studied system is characterized by the production of milk with consortiums of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clone GG 100 in 7x6 m spacing on 1.03 acres and has an index of 36.7 % failures , totaling 155 individuals . We conducted a woody inventory , in which all individuals had their DBH and height measured . Quantification bole volume and biomass of individuals was made through indirect method through the use of regression equations . The equations used are given for a silvopastoral system located in Viçosa . The Silvopastoral system had a volume of 11.81 m<sup>3</sup>/ha of wood and an increment of 3.46 tC.ha / year. These values were higher than those found in natural and lower than estimated in studies with dense plantations forests . The timber volumes estimated for the planning horizon of 14 years for the prediction of volume of Clutter (1983 ) model , were m<sup>3</sup>/ha 164.28 , 180.50 and 198.30 m<sup>3</sup>/ha m<sup>3</sup>/ha for the low , medium and high productivity ( S = 20 , S = 26 and S = 32 ) . Even the best scenario yield showed a lower than expected for planting in silvopastoral system with 2.5 year old volume. However , when well managed, the silvopastoral systems can achieve higher yields than those found in this study . We conclude that , in the early years of development, the stem is the largest contributor to total biomass of tree individual. In contrast, the organic matter is less the compartment that contributes to the increase of total carbon. Also, when well managed , the silvopastoral systems are environmentally efficient strategy to mitigate part of milk production , which is intensive or semi - intensive system .

**Key-words:** Carbon stock ; biomass ; silvopastoral systems.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP 15), o Brasil assumiu a meta voluntária de reduzir suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), entre 36,1% e 38,9%, dos níveis de 2005, até 2020 (Brasil, 2011). Dentre as principais fontes de emissões de GEE no país, estão as atividades agropecuárias, incluindo a mudança do uso da terra. Nos últimos anos, a cobertura florestal brasileira vem sendo convertida rapidamente em vários outros usos. Segundo o INPE (2009), a Amazônia perdeu cerca de 18%, equivalentes a 720 mil km<sup>2</sup>, de sua floresta original entre os anos de 1970 e 2007.

Além das emissões provenientes da mudança do uso da terra, existem aquelas relacionadas à pecuária, incluindo os processos de fermentação entérica e manejo de dejetos animais.

Com o objetivo de auxiliar na redução das emissões provenientes da mudança do uso da terra e demais fontes agropecuárias e cumprir as metas estabelecidas pelo Brasil na última Conferência das partes, o governo federal criou o programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC). O Programa possui várias diretrizes sustentáveis, dentre as quais está a utilização de sistemas integrados de produção, como: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Sistemas Agroflorestais.

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) podem ser definidos como qualquer sistema de uso da terra que envolve a utilização deliberada de árvores ou outras plantas perenes lenhosas com cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais, com intuito de ter benefícios das interações ecológicas e econômicas dos diferentes componentes (Nair, 1993). Os SAFs possuem várias conformações, dependendo dos componentes utilizados. Dentre estas, pode-se citar os Sistemas Silvopastoris.

Sistemas Silvopastoris são formas de uso da terra no quais árvores ou arbustos são combinados com pastagens e animais em uma mesma unidade de área (Nair, 1993). O uso desses sistemas pode acarretar diferentes vantagens econômicas para o produtor rural, como aumento de renda, maior variedade de produtos e serviços, redução dos riscos em relações às flutuações dos preços dos produtos comercializados, melhor distribuição de mão de obra rural e amortização dos custos iniciais de implantação e manutenção da floresta (COUTO et al., 1996).

A presença de espécies arbóreas no sistema de produção de leite e/ou grãos, permite uma modificação significativa do microclima e tal fato pode ser comprovado através do aumento da umidade para plantas dos estratos inferiores, o que favorece consideravelmente o desenvolvimento das espécies.

Outra característica importante desse sistema é a possibilidade de diversificar o número de espécies em uma só área, favorecendo o seu aproveitamento para vários usos. Pode-se entender como diversificação quando cada componente do sistema usa diferencialmente os recursos naturais (energia solar, água e nutrientes). Isto possibilita o uso mais eficiente desses recursos e uma melhor ocupação da área com espécies de interesse econômico. Além disso, ampliam a base alimentar para a fauna e criam novos habitats, favorecendo a qualidade da biodiversidade e o controle biológico de pragas e doenças (Budowski, 1979; Nair, 1984; OTS/CATIE, 1986).

Para Vale et. al. (2004), os sistemas integrados de produção reduzem os riscos econômicos para os produtores, devido à maior diversificação da produção, ficando mais protegido contra os efeitos de quedas de preços no mercado.

Além das várias vantagens citadas, a estocagem de carbono pelo componente arbóreo também se destaca como um importante serviço ambiental promovido por sistemas silvipastoris.

Para verificar a estocagem de carbono é necessário realizar aquantificação do volume e de biomassa do componente arbóreo. Atualmente, os estudos direcionados à estocagem de carbono em sistemas silvipastoris ainda são insuficientes para o completo entendimento do assunto, sendo assim, a capacidade de produção deste serviços, bem como de outros, ainda é pouco conhecida.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o estoque decarbono deum sistema silvipastoril implantado na Zona da Mata Mineira, no município de Porto Firme.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da área de estudo

A propriedade estudada é assistida pelo Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira da região de Viçosa (PDPL-RV), desde agosto de 2009. A renda total da propriedade é voltada para a produção de leite e a venda é restrita a laticínios da região.

A propriedade está localizada no município de Porto Firme (20°38'54"S e 43°05'18"W), na Zona da Mata de Minas Gerais (Figura 1).

O clima na região de Porto Firme é do tipo Cwb, segundo o sistema de Köppen, ou seja, mesotérmico com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. A temperatura média anual é de 21,8 °C, precipitação anual de 1.221,4 mm e altitude de 640 m. O relevo caracteriza-se por ser majoritariamente acidentado e a vegetação é do tipo floresta tropical subperenifólia, pertencente ao bioma da Mata Atlântica.



**Figura 1** – Mapa de uso e ocupação do solo do Sítio Olhos d`água em Porto Firme, MG.

O Sistema Silvopastoril é composto pela associação da gramínea *Panicum maximum* (capim-mombaça) com *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, clone GG 100, em

espaçamento 7x6 m, em 1,03 hectares (Figura 1) e apresenta um índice de falhas de 36,7%, totalizando 155 indivíduos.

## **2.2. Inventário do componente arbóreo**

Foi realizado o censo florestal por meio de um inventário, em março de 2013, em que todas as árvores tiveram seu DAP (diâmetro com casca à 1,30m) e suas alturas total e comercial mensuradas. O DAP foi obtido com o auxílio de uma fita métrica e a altura total e do fuste através do hipsômetro Forest Vertex®. De posse desses dados foi realizado uma caracterização da distribuição diamétrica dos indivíduos do povoamento florestal.

Em seguida, conhecendo-se a altura total e o DAP de cada árvore do povoamento, estimou-se o volume.

## **2.3. Estimativa volumétrica**

Conhecendo-se a altura total e o DAP de cada árvore do povoamento, estimou-se o volume através do método indireto, ou seja, da utilização de equação de volume.

Utilizou-se o método indireto pelo fato do plantio ser direcionado para fins comerciais, em que houve restrições na derrubada dos indivíduos, além de já existirem equações para região e que são adequadas para a região estudada.

Desta forma, para a estimativa do volume dos eucaliptos presentes no sistema silvipastoril, utilizou-se a equação proposta por Muller (2009), descrita a seguir:

### **- Volume do fuste:**

$$\ln V = -9,961 + 1,846 * \ln DAP + 1,067 * \ln Ht \quad (1)$$

## **2.4. Estimativa da biomassa e estoque de carbono**

Considerou-se para o estudo apenas o estoque de carbono do componente arbóreo do Sistema Silvipastoril.

Para estimar a biomassa de árvores individuais, segundo Campos e Valente (1993), as variáveis independentes mais comumente utilizadas nos modelos de regressão são o diâmetro com casca a 1,30 m (DAP), a altura total e o volume.

O cálculo da biomassa foi feito através da utilização da equação ajustada por Silva et. al.(2008), detalhada a seguir:

**- Biomassa do fuste:**

$$LnCF = -4,9220 + 1,8882 * LnDAP + 1,1496 * LnHt \quad (2)$$

O teor de carbono presente em diferentes partes da árvore pode ser obtido através de análises químicas, mas muitas vezes utiliza-se apenas um fator de conversão, que está em torno de 50% de cada tonelada de matéria seca do indivíduo. No entanto, para Sanquetta e Balbinot (2004), o uso impensado do fator (0,5) pode levar à estimativas de biomassa e carbono que não conferem com a realidade. Pensando nisso, utilizou-se o fator mais conservador, proposto pelo IPCC (2006), de 0,47 para espécies arbóreas.

Para o cálculo da biomassa de galhos e folhas, utilizou-se as seguintes equações, propostas por Paixão (2004):

**- Biomassa dos galhos:**

$$Ln(Y) = -1,695267 + 3,888792 * LnDAP - 2,492777 * LnHt \quad (3)$$

**- Biomassa das folhas:**

$$Ln(Y) = -6,649474 + 2,273838 * LnDAP - 0,1555153 * LnHt \quad (4)$$

Ainda como proposto por Paixão (2004), o estoque de carbono da parte aérea (fuste, galhos e folhas) representa 67,06% do carbono total armazenado em uma floresta de eucalipto com 6 anos de idade. Desta forma, a estimativa média do carbono total por hectare, incluindo, além da parte aérea, o sistema radicular e a manta orgânica, foi obtida pela seguinte expressão:

**- Carbono total:**

$$CTotal = C_{parte\ aérea} * \frac{100}{67,06} \quad (5)$$



A manta orgânica (CMO) e o sistema radicular (CSR) contribuem, em média, com 12,26 e 20,68% do carbono total, respectivamente (PAIXÃO, 2004). Assim, as estimativas médias do carbono por hectare armazenado nesses compartimentos puderam ser obtidas através das seguintes expressões:

**- Carbono da manta orgânica:**

$$CMO = C_{Total} * 0,1226 \quad (6)$$

**- Carbono do sistema radicular:**

$$CSR = C_{Total} * 0,2068 \quad (7)$$

## **2.5. Incremento Médio de Carbono**

O cálculo do Incremento Médio Anual em Carbono (IMAC) dos indivíduos de eucalipto presentes no sistema silvipastoril foi feito por meio da divisão da quantidade estimada de carbono total de cada indivíduo pela idade.

$$IMAC_{ij} = Q_{ij}/I_{ij} \quad (8)$$

Em que:

IMAC = incremento médio anual em carbono, em KgC.indivíduo<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

Q = quantidade estimada de carbono do i-ésimo indivíduo da j-ésima espécie, em Kg;

I = idade do i-ésimo indivíduo da j-ésima espécie, em anos.

## **2.6. Predição da produção volumétrica e estoque de carbono**

Planejar a produção de uma floresta significa definir os objetivos pretendidos, ou seja, os "Retornos de Investimentos" e prever em termos de longo prazo a produção total, incluindo todos os cortes a serem realizados no povoamento. Ou seja, refere-se ao ordenamento de uma floresta tanto em otimização da produção madeireira, da produção financeira, quanto da produção de benefícios indiretos ou serviços ambientais (sociais e

ecológicos) a um custo mínimo, sejam eles custos de produção, custos sociais, ou custos ecológicos. (HOSOKAWA, 1982).

A estimativa do estoque de crescimento e da produção futura de uma floresta pode ser obtida através de modelos de crescimento e produção e estes estão diretamente ligados ao índice de local (S) do povoamento.

O índice de local indica a altura dominante média do povoamento em uma idade específica, chamada de idade-índice. Existem alguns métodos para avaliar a capacidade produtiva, dentre eles, a avaliação por fatores edafoclimáticos. Quanto melhores forem as condições ambientais e operacionais do plantio, nota-se que melhor será a capacidade produtiva e crescimento em altura do povoamento.

Afim de estimar o rendimento das florestas a longo prazo, ou seja, o planejamento da produção de ciclo longo, realizou-se a técnica de predição volumétrica. Segundo Soares et. al.(2007), a predição do crescimento e da produção utiliza distribuições diamétricas e pode ser aplicada à povoamentos florestais equiâneos e inequiâneos.

Para a predição de volume do povoamento foram utilizadas equações referentes ao modelo de Clutter (1983), descrito a seguir:

$$\ln Y_2 = \beta_0 + \frac{\beta_1}{I_2} + \beta_2 S + \beta_3 \ln B_2 + \varepsilon \quad (9)$$

$$\ln B_2 = \ln B_1 \left( \frac{I_1}{I_2} \right) + \beta_4 \left( 1 - \frac{I_1}{I_2} \right) + \beta_5 \left( 1 - \frac{I_1}{I_2} \right) S + \varepsilon \quad (10)$$

Em que:

$Y_2$  = Produção volumétrica futura, em m<sup>3</sup>/ha;

$I_1$  = Idade presente, em meses;

$I_2$  = Idade futura, em meses;

$B_1$  = Área basal presente, em m<sup>2</sup>/ha;

$B_2$  = Área basal futura, em m<sup>2</sup>/ha;

S = Índice de sitio (m);

$\beta_1, \dots, \beta_5$  = Parâmetros do modelo.

As equações utilizadas para a predição de volume referentes ao modelo de Clutter (1983) foram ajustadas por Silva et. al. (2008) com dados de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, de propriedade da Empresa Florestal Celulose Nipo-Brasileira – CENIBRA S/A, no Município de Guanhães, MG, na região do Alto e Médio Rio Doce.

**Área basal:**

$$LnB_2 = LnB_1 * \left(\frac{I_1}{I_2}\right) + 3,3425 * \left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) + 0,0131 * \left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right) * S \quad (11)$$

**Volume com casca:**

$$LnVcc_2 = 1,5760 - 19,2699 * \left(\frac{1}{I_2}\right) + 0,00287 * S + 1,1249 * LnB_2 \quad (12)$$

O cálculo da área basal inicial do povoamento (30 meses de idade) foi realizado por meio da seguinte equação:

$$AB = \sum_{i=1}^n \frac{\pi * DAP^2}{40000} \quad (13)$$

Em que:

AB = Área basal, m<sup>2</sup>.

DAP = Diâmetro da altura do peito, em metros.

Para a projeção de produção, considerou-se três classes de produtividade (S=20, S=26 e S=32), ou seja, baixa, média e alta respectivamente, e a idade variando de 30 meses a 168 meses (horizonte de planejamento de 14 anos). Utilizou-se o horizonte de planejamento de 14 anos, com colheita no 14º ano, para simular a produtividade da madeira para serraria.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Estimativa volumétrica e estoque de carbono

Com base nas equações utilizadas, foram calculados o volume, a biomassa e o carbono do fuste das árvores (Tabela 1).

Tabela 1–Volume total (VT), biomassa e carbono estocados (por hectare) no fuste das árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone GG100) por classe de diâmetro, aos 30 meses de idade.

<b>Classe Diamétrica (cm)</b>	<b>Frequência</b>	<b>AB (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>VT (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Biomassa (t /ha)</b>	<b>C (fuste) (t /ha)</b>
00,00 - 1,99	0	0	0	0	0
2,00 - 3,99	0	0	0	0	0
4,00 - 5,99	3	0,0067	0,0370	0,0128	0,0060
6,00 - 7,99	4	0,0188	0,0967	0,0379	0,0178
8,00 - 9,99	7	0,0423	0,1926	0,0787	0,0370
10,00 - 11,99	10	0,1005	0,5309	0,2411	0,1133
12,00 - 13,99	68	0,9251	4,9170	2,3696	1,1137
14,00 - 15,99	59	0,9970	5,5724	2,8055	1,3186
16,00 - 17,99	4	0,0847	0,4671	0,2455	0,1154
18,00 - 19,99	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>2,17</b>	<b>11,81</b>	<b>5,79</b>	<b>2,72</b>

Ao todo, com 30 meses de idade o povoamento apresentou um total volumétrico de 11,81 m<sup>3</sup>/ha. O Incremento Médio Anual (IMA) para o volume do fuste no sistema silvipastoril foi de 5,95m<sup>3</sup>/ha.

Além do carbono estocado no fuste, calculou-se o estoque de galhos, folhas, matéria orgânica e raízes. Na Tabela 2 verifica-se que o incremento de carbono no povoamento,

considerando os diversos compartimentos da árvore e suas respectivas porcentagens de estocagem, aos 30 meses de idade, foi de 8,66 tC/ha, ou seja, 3,46 tC ha/ano.

O fuste foi responsável pelo maior incremento de carbono no sistema, contribuindo com 31,41% do total estocado. A matéria orgânica foi o compartimento que menos colaborou para o incremento de carbono total no sistema, estocando apenas 12,24%. Drumond (1996), estudando um plantio de eucalipto de 8 anos e espaçamento 3,0x2,0 m, encontrou uma porcentagem de biomassa da matéria orgânica em torno de 12,21%, valor equivalente ao encontrado no presente trabalho.

Tabela 2 – Estoque de carbono total do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 30 meses de idade.

<b>Compartimento</b>	<b>C (t/ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Fuste com casca	2,72	31,41
Galhos	1,56	18,01
Folhas	1,57	18,12
Matéria orgânica	1,06	12,24
Raízes	1,79	20,22
<b>Total</b>	<b>8,66</b>	<b>100</b>

Durante o estágio inicial de desenvolvimento de um povoamento florestal, uma grande parte de carboidratos é direcionada para a produção de biomassa da copa. Posteriormente a esse estágio, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos tendem a diminuir, gradativamente (Cromer et al., 1975; Larcher, 1984; Caldeira et al., 2000). Em parte, isso explica o baixo incremento de carbono do fuste em relação aos demais compartimentos nesse estágio inicial de crescimento do povoamento.

A capacidade produtiva de um povoamento florestal é comumente avaliada para a predição de crescimento e produção de volume e biomassa de uma floresta, para fins comerciais ou não. O potencial produtivo, por sua vez, depende das condições de sítio a que esse povoamento está inserido, incluindo fatores climáticos e tecnológicos. Na Tabela 3 a seguir, são apresentadas as produções de biomassa proposta por alguns autores, para florestas de eucalipto e outras espécies, em diferentes condições de plantio e sítios.

Tabela 3 - Produção de biomassa, em t/ha, para algumas espécies de eucalipto e outras espécies nativas em diferentes idades e espaçamentos.

Espécie	Idade (anos)	Região	Espaçamento (m)	Biomassa (t/ha)						Referência
				Tronco	Casca	Galhos	Folhas	Raiz	MO	
<i>E. camaldulensis</i>	1,3	Três Marias-MG	3,0x1,5	1,5	0,4	2,0	3,1	5,0	-	LADEIRA et. al (2001)
<i>E. pellita</i>	1,3	Três Marias-MG	3,0x1,5	1,9	0,6	2,4	3,7	4,9	-	“
<i>E. urophylla</i>	1,3	Três Marias-MG	3,0x1,5	3,7	0,7	3,8	4,6	6,3	-	“
<i>E. urophylla</i>	1,3	Três Marias-MG	3,0x3,0	2,4	0,5	2,7	3,0	4,2	-	“
<i>E. urophylla</i>	1,3	Três Marias-MG	3,0x4,0	2,1	0,4	2,2	2,5	3,9	-	“
<i>E. pellita</i>	2,6	Três Marias-MG	3,0x1,5	9,9	3,0	6,4	6,7	16,5	-	“
<i>E. urophylla</i>	2,6	Três Marias-MG	3,0x1,5	20,7	3,1	7,1	7,9	15,7	-	“
<i>E. pellita</i>	2,6	Três Marias-MG	3,0x3,0	6,8	2,0	4,7	5,3	11,1	-	“
<i>E. urophylla</i>	2,6	Três Marias-MG	3,0x3,0	12,7	2,1	5,4	6,2	11,7	-	“
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva-MG	3,0x5,0	18,34	-	5,12	4,01	-	-	ASSIS (1999)
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva-MG	3,0x4,0	18,31	-	6,26	3,63	-	-	“
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva-MG	3,0x3,0	24,29	-	5,54	5,69	-	-	“
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva-MG	3,0x2,0	38,48	-	5,31	6,6	-	-	“
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva-MG	4,0x2,25	23,78	-	4,7	3,97	-	-	“
<i>E. urophylla</i>	3,1	Bocaiúva-MG	5,0x1,8	25,53	-	5,06	2,85	-	-	“
<b>Média (até 3 anos)</b>				<b>14,02</b>	<b>0,85</b>	<b>4,57</b>	<b>4,65</b>	<b>5,28</b>	-	
<i>Mata natural I</i>	-	Rio Doce-MG	1690 (N/ha)	86,6	6,5	14,3	4,0	-	13,7	DRUMOND (1996)
<i>Mata natural II</i>	-	Rio Doce-MG	1247 (N/ha)	46,6	1,0	7,7	2,2	-	11,8	“
<i>Braúna</i>	24	Rio Doce-MG	2,0x2,0	84,5	11,5	8,7	2,0	-	9,4	“
<i>Angico</i>	24	Rio Doce-MG	2,0x2,0	105,8	10,2	4,2	1,4	-	10,7	“
<i>Angico x Ipê</i>	24	Rio Doce-MG	2,0x2,0	83,3	10,4	6,7	2,6	-	8,2	“
<i>Eucalipto</i>	8	Rio Doce-MG	3,0x2,0	82,8	16,5	4,8	2,4	-	14,8	
<i>Eucalipto x Acacia</i>	10	C. Pacheco-MG	3,0x3,0	14,29	-	-	-	-	-	MULLER (2009)

Fonte: Soares et al. (2012) (Adaptado).

Os estudos apresentados por Soares (1995), indicam uma média de 14,02 tC/ha no fuste em plantios adensados de várias espécies de *Eucalyptus* de 1,3 a 3,1 anos de idade. Esse valor é superior ao encontrado no presente trabalho (3,46 tC/ha).

Ainda considerando plantios adensados, Mello e Gonçalves (2008) avaliaram plantações comerciais de *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade em dois sítios no planalto ocidental do Estado de São Paulo e encontraram um Incremento Médio Anual (IMA) para biomassa nos sítios mais produtivo e o menos produtivo, de 14,5 t ha/ano e 10,4 t ha/ano, respectivamente. Mesmo o sítio menos produtivo apresentou um incremento superior ao encontrado no estudo.

Considerando incrementos em sistemas integrados, Müller et al. (2009) apresentou um sistema silvipastoril misto com *Eucalyptus grandis* (Eucalipto) e *Acacia mangium* (Acácia),

localizado na Zona da Mata Mineira, aos 10 anos, com densidade de 105 árv/ ha, sendo 60 árvores de eucalipto e 45 árvores de acácia. Ao todo, o sistema apresentou um estoque estimado de 14,29 t C/ha, no qual 11,17 t C/ha estavam estocados no eucalipto e 3,12 t C/ha na acácia. Ou seja, o estoque de 1,11 t C/ha/ano foi inferior ao encontrado neste estudo (3,46 t C/ha/ano).

Já um sistema agrissilvipastoril estudado por Tsukamoto (2003) com eucalipto no município de Paracatu-MG, apresentou um estoque de carbono de 84,384 t C/ ha, aos 11 anos, ou seja, 7,67 t C/ha/ano. Este valor é cerca de 2 vezes maior ao encontrado nesse estudo.

Oliveira (2010) estudando sistemas silvipastoris utilizando *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, com mesma idade (21 anos), em áreas diferentes e com densidades de 1.000 e 500 árvores por hectare, no município de Alegrete – RS, encontrou um estoque de carbono de 63,1 e 70,6 t C /ha e incrementos de 3,0 e 3,6 t C /ha/ano para o pinus, em densidades de 500 e 1.000 árvores por hectare, respectivamente. Já para o eucalipto o carbono fixado foi de 71,5 e 80,2 t /ha e os incrementos encontrados foram de 3,4 e 3,81 t C /ha/ano, também para densidades de 500 e 1.000 árvores por hectare. Esses valores de incremento para o eucalipto foram próximos ao estimado.

Quando se compara sistemas silvipastoris com eucalipto a povoamentos de espécies arbóreas nativas, estes se destacam na fixação de biomassa e carbono, por apresentarem rápido crescimento. Amaro (2010), encontrou um incremento médio para biomassa aérea e raiz de 1,5 t C /ha/ano em uma Floresta Estacional Semidecidual em estágio avançado na Zona da mata mineira com 1498 indivíduos.ha<sup>-1</sup>.

Além da estimativa volumétrica aos 30 meses de idade, estimou-se o volume a longo prazo. A Tabela 4 indica a produção do povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 14 anos de planejamento.

Tabela 4 - Produção para o povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 14 anos de planejamento.

Idade (Meses)	S = 20			S = 26			S = 32		
	B (m <sup>2</sup> /ha)	Vcc (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> )	B (m <sup>2</sup> /ha)	Vcc (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> )	B (m <sup>2</sup> /ha)	Vcc (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> )
36	5.19	19.12	6.37	5.36	20.15	6.72	5.52	21.21	7.07
42	6.87	28.28	8.08	7.13	30.01	8.58	7.40	31.85	9.10
48	8.47	37.91	9.48	8.84	40.48	10.12	9.22	43.20	10.80
54	9.97	47.63	10.58	10.45	51.07	11.35	10.95	54.76	12.17
60	11.36	57.16	11.43	11.94	61.52	12.30	12.55	66.19	13.24
66	12.64	66.36	12.07	13.32	71.63	13.02	14.04	77.30	14.05
72	13.82	75.15	12.53	14.59	81.32	13.55	15.41	87.97	14.66
78	14.90	83.50	12.85	15.76	90.53	13.93	16.68	98.14	15.10
84	15.89	91.38	13.05	16.84	99.26	14.18	17.85	107.79	15.40
90	16.80	98.82	13.18	17.83	107.50	14.33	18.92	116.92	15.59
96	17.65	105.81	13.23	18.75	115.26	14.41	19.92	125.54	15.69
102	18.42	112.40	13.22	19.60	122.58	14.42	20.84	133.67	15.73
108	19.15	118.60	13.18	20.38	129.48	14.39	21.70	141.33	15.70
114	19.81	124.43	13.10	21.11	135.97	14.31	22.50	148.57	15.64
120	20.44	129.93	12.99	21.79	142.10	14.21	23.24	155.39	15.54
126	21.02	135.11	12.87	22.43	147.88	14.08	23.93	161.84	15.41
132	21.56	140.00	12.73	23.02	153.34	13.94	24.58	167.93	15.27
138	22.06	144.61	12.58	23.57	158.50	13.78	25.18	173.69	15.10
144	22.54	148.98	12.42	24.09	163.38	13.61	25.75	179.14	14.93
150	22.98	153.12	12.25	24.58	168.00	13.44	26.28	184.31	14.75
156	23.40	157.03	12.08	25.04	172.38	13.26	26.79	189.22	14.56
162	23.80	160.75	11.91	25.47	176.55	13.08	27.26	193.87	14.36
<b>168</b>	<b>24.17</b>	<b>164.28</b>	<b>11.73</b>	<b>25.88</b>	<b>180.50</b>	<b>12.89</b>	<b>27.71</b>	<b>198.30</b>	<b>14.16</b>

Através das equações ajustadas pelo modelo de Clutter (1983), encontrou-se os volumes totais com casca ao final de 14 anos (168 meses) iguais a 164, 28, 180,50 e 198,30 m<sup>3</sup>/ha, considerando os três níveis de produtividade respectivamente (S=20, S=26 e S=32). Ao final do período de planejamento, os incrementos em volume encontrados foram de 11,76, 12,89 e 14,16 m<sup>3</sup>/ha/ano para as situações de baixa, média e alta produtividade,



respectivamente. Nota-se, portanto, que mesmo considerando o maior nível de produtividade, esta foi comprometida pela ausência de tecnologias de preparo do solo adequadas para o plantio.

Ainda assim, a utilização do eucalipto em sistemas silvipastoris tem se tornado cada vez mais frequente devido ao seu crescimento acelerado e, conseqüentemente, seu grande potencial de estocagem de carbono. Além disso, sabe-se que as florestas plantadas, com espécies nativas ou exóticas, possuem maiores taxas de crescimento em relação às florestas naturais e, conseqüentemente, terão melhores resultados na fixação de carbono em sua biomassa.

De uma maneira geral, os indivíduos presentes em sistemas silvipastoris apresentam um potencial elevado de estocagem de carbono devido ao ganho de diâmetro proporcionado por espaçamentos maiores.

Outro fator importante na escolha do eucalipto é a sua boa aceitação no mercado. Isto se deve à sua fácil adaptação para diversos usos, tanto em escala industrial como para pequenos consumidores. Desta forma, o produtor tem a possibilidade de vendê-la para diversos fins, não ficando a mercê de um único comprador.

No entanto, para a implantação da cultura, deve-se atentar às exigências do mercado consumidor quanto às características do produto e à relação custo-benefício, em que o custo de transporte é um fator decisivo.

#### 4. CONCLUSÕES

- Os incrementos de carbono em Sistemas Silvopastoris de baixa tecnologia são superiores aos encontrados em florestas naturais e inferiores aos estimados em estudos com plantios adensados.
- Nos primeiros anos de desenvolvimento, o fuste é o maior contribuinte para biomassa total do indivíduo arbóreo. Em contrapartida, a matéria orgânica é o compartimento que menos colabora para o incremento de carbono total.
- Quando bem manejados, os Sistemas Silvopastoris são uma estratégia ambientalmente eficiente para a mitigação de parte da produção leiteira, sendo esta de sistema intensivo ou simi-intensivo.
- As estimativas obtidas neste estudo podem ser usadas como referência para a implantação de Sistemas Silvopastoris, como contribuição à mitigação das mudanças climáticas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG.** 2010. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2010.
- BRASIL, M.A.M. & FERREIRA, M. - **Características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*, aos três anos de idade.** IPEF, Piracicaba, (19): 80-97, 1979.
- BUDOWSKI, G.; RUSSO, R. Nitrogen-fixing trees and nitrogen fixation in sustainable agriculture: research challenges. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, p. 767-770, 1997.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N.; CARBONERA PEREIRA, J.; SANTOS, E. D. Produção de biomassa em uma procedência australiana de *Acácia meamsii* De Wild. Plantada no sul do Brasil. **Revista Árvore**, v. 24, n. 2, p. 201-206, 2000.
- CAMPOS, J. C.; VALENTE, O. F. Considerações sobre o inventário de povoamentos florestais, com ênfase na biomassa e na sua transformação em carvão vegetal. Viçosa; SIF, 1993. 19p. (Boletim Técnico SIF, 1).
- CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: a quantitative approach.** New York: John Wiley & Sons, 1983. 333p.
- CROMEE, R. N.; RAUPACH, M.; CLARKE, A. R. P.; CAMERON, J. N. *Eucalyptus* plantations in Australia. The potential for intensive production. **Appita**, v 29, p. 165-173, 1975.
- HOSOKAWA, R.T. Funções de forma e o planejamento da produção florestal. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 5., O uso de funções de forma de tronco em estudo de Volumetria de Espécies Florestais. Curitiba, Anais...Curitiba, EMBRAPA/CNPF. p. 7-14, 1982.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2009). PRODES (Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia). Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>> . Último acesso em 12/05/2009.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. 2006. p. 10.1-10.84.
- LARCHER, W. *Oikologie der Pflanzen.* Stuttgart: EugenUlmeGmbH& Co, 1984. 320 p.
- MELLO, S. L. M. e GONÇALVES, J. L. M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 101-111, 2008.

MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 11-17, dez. 2009. Edição Especial.

NAIR, P.K.R..ed. 1984-88. **Agroforestry system descriptions** 1-26. Agroforestry Systems. Various issues.

OLIVEIRA, C. L. **Estimativas da dinâmica de carbono na biomassa lenhosa de Terra Firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã por métodos dendrocronológicos**. 2010. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM, 2010.

OTS/CATIE. **Sistemas Agroforestales: principios y aplicaciones en los tropicos**. San Jose: Organización para Estudios Tropicales/CATIE, 1986. 818p.

PAIXÃO, F. A. **Quantificação do Estoque de Carbono em Floresta Plantada de Eucalipto e Avaliação Econômica de Diferentes Alternativas de Manejo**. 2004. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R. **Metodologias para determinação de biomassa florestal**. In: FIXAÇÃO DE CARBONO: ATUALIDADES, PROJETOS E PESQUISAS (Sanquetta et al. editores). Curitiba: p.77-92, 2004.

SILVA, R. F. da et al. **Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto**. *Rev. Árvore*, Dez 2008, vol.32, no.6, p.979-992. ISSN 0100-6762.

SOARES, T. S.; LEITE, H. G.; VALE, A. B.; SOARES, C. P. B.; SILVA, G. F. Avaliação de um modelo de passo invariante na predição da estrutura de um povoamento de Eucalyptus sp. *Revista Árvore*, Viçosa, v.31, n.2, p.275-283, 2007.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**, Viçosa, Editora UFV, v.2. 272p. 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. *Silviculture-se*. 2007. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em: 2 out. 2007.

TSUKAMOTO FILHO, A.A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais**. 2003. 98p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VALE, R. S. do; COUTO, L.; SILVA, M. L. da; GARCIA, R.; ALMEIDA, J. C. de C.; LANI, J. L. Análise da viabilidade econômica de um sistema silvipastoril com eucalipto para a Zona da Mata de Minas Gerais. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p. 107-120, 2004

**CAPÍTULO 4**  
**ANÁLISE DO POTENCIAL DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES**  
**DE GASES DE EFEITO ESTUFA DA PECUÁRIA LEITEIRA PELO**  
**SISTEMA SILVIPASTORIL NO MUNICÍPIO DE PORTO FIRME, MG**

## CAPÍTULO 4

### **ANÁLISE DO POTENCIAL DE BALANÇO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE SISTEMA SILVIPASTORIL NO MUNICÍPIO DE PORTO FIRME, MG.**

#### **RESUMO**

LOPES, Nathália Lima. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2013. **Análise do potencial de neutralização das emissões de gases de efeito estufa da pecuária leiteira pelo Sistema Silvopastoril no município de Porto Firme, MG.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Objetivou-se com este estudo realizar o cálculo do balanço das emissões e remoções de GEE por sistema silvipastoril implantado na Zona da Mata Mineira, no município de Porto Firme. O sistema silvipastoril presente no Sítio Olhos d'água possui 30 meses de idade e é composto pela associação da gramínea *Panicum maximum* (capim-mombaça) com o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em espaçamento 7x6 m, em 1,03 hectares e apresenta um índice de falhas de 36,7%, totalizando 155 indivíduos. Realizou-se o balanço de carbono de duas propriedades rurais localizadas na Zona da Mata de Minas Gerais, com emissões de 637,91 tCO<sub>2</sub>e/ano e 71,57 tCO<sub>2</sub>e/ano. Os dados de incremento de carbono pelo sistema silvipastoril e de emissão de GEE foram retirados dos capítulos anteriores. O sistema silvipastoril apresentou um volume de madeira de 11,81 m<sup>3</sup>/ha e um incremento de 3,46 tC.ha/ano. O balanço de carbono nas duas propriedades foi negativo, ou seja, -625,22 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano na Propriedade 1 e -58,88 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano na Propriedade 2. Esses valores demonstram o potencial emissor da pecuária leiteira e, principalmente, da fermentação entérica. Partindo do pressuposto que os proprietários desejassem compensar as suas emissões através do sistema silvipastoril analisado, seria necessário o plantio de 9.712,9 indivíduos em uma área de 40,79 ha para a Propriedade 1 e 914,71 indivíduos numa área de 3,84 ha para a Propriedade 2. Além disso, o incremento de carbono encontrado aos 30 meses é suficiente para a neutralização de 2,41 animais na Propriedade 1 e 2,33 animais na Propriedade 2. Além do potencial de estocar carbono numa taxa mais elevada que espécies nativas, a utilização do eucalipto para neutralização de carbono também se justifica pela substituição ao carvão mineral em indústrias siderúrgicas após a sua venda. Além disso, mesmo que seja cortado ao

final da rotação, pode-se manejar a propriedade ou uma dada região de forma a se obter um estoque médio nos plantios de eucalipto. A compensação de carbono por meio do plantio de árvores é uma prática interessante para a mitigação dos gases de efeito estufa. No entanto, esta deve vir acompanhada de outras ações de compensação e diminuição das emissões.

**Palavras-chave:** Balanço de carbono; neutralização; pecuária leiteira.

## ABSTRACT

LOPES, Nathália Lima. M.Sc ., Universidade Federal de Viçosa. July, 2013. **Analysis of neutralization potential emissions of greenhouse dairy cattle by Silvopastoral System gases in the city of Porto Firme , MG.** Advisor: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

The objective of this study hold balance calculation of emissions and removals of GHG by silvopastoral system deployed in the Forest Mining District, in the municipality of Porto Firme. O this silvopastoral system in Olhos d ` Water Ranch has 30 months old and is made by the association of the grass *Panicum maximum* ( Mombaça grass ) with the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* in 7x6 m spacing on 1.03 acres and has an index of 36.7 % failures , totaling 155 individuals . We carried out the carbon balance on two farms located in the Forest Zone of Minas Gerais , with emissions of 637.91 and 71.57 tCO<sub>2</sub>e/year tCO<sub>2</sub>e/year . The increment data silvopastoral system by carbon and GHG emissions were removed from the previous chapters . The silvopastoral system presented a timber volume of 11.81 m<sup>3</sup>/ha and an increment of 3.46 tC.ha / year. The carbon balance was negative in the two properties , ie , in tCO<sub>2</sub>e.ha/ano -625.22 -58.88 Property 1 and Property 2 in tCO<sub>2</sub>e.ha/ano . These values demonstrate the emitter potential of dairy farming and mainly from enteric fermentation . Assuming that the owners wanted to offset their emissions through silvopastoral system analyzed , the planting of 9712.9 individuals in an area of 40.79 ha for Property 1 and 914.71 individuals would need an area of 3.84 ha for property 2 . Furthermore, the increase of carbon found at 30 months is sufficient to neutralize the animals 2.41 2.33 Property 1 and Property 2 in animals . Besides the potential to store carbon at a higher rate than native species , the use of eucalyptus to carbon neutrality is justified also by replacing coal in steel industries after its sale . Moreover , even if the cut end of the rotation handle may be property or a particular region in order to obtain an average stock in eucalyptus plantations . Carbon offsetting by planting trees is interesting for the mitigation of greenhouse gases practice. However , this should be accompanied by other actions for compensation and reduced emissions .

**Key-words:** Carbon balance ; neutralization ; dairy farming.



## 1. INTRODUÇÃO

As atividades de compensação ou neutralização de carbono surgiu em alguns países da Europa há algumas décadas. O Brasil, no entanto, só iniciou medidas de neutralização voluntária anos mais tarde, já que a população ainda não possuía exigências ambientais sobre os produtos e serviços.

O princípio básico da neutralização de carbono é o sequestro e fixação de carbono na biomassa da planta, através do seu crescimento vegetal, com isso podendo neutralizar ou mesmo compensar as emissões anteriormente efetuadas por terceiros. A neutralização ainda pode vir acompanhada de medidas de redução das taxas emissão de GEEs através, por exemplo, do uso eficiente de energia e adoção de tecnologias mais limpas por parte dessas empresas e instituições.

Como mencionado, as florestas tem um papel importante na neutralização de carbono. As florestas atuam no ciclo de carbono por meio da assimilação, estocagem e emissão do mesmo para atmosfera. Por possuírem a capacidade de sequestro do dióxido de carbono da atmosfera através do processo da fotossíntese e armazenamento em sua biomassa, elas se tornaram importantes sumidouros de carbono, podendo permanecer por muito tempo em seus compartimentos, caso a vegetação não seja retirada (Hassan, 2009).

Nos últimos anos, devido às pressões ambientais latentes em todo o mundo, a neutralização de carbono passou a ser adotada por diversos setores. Muitos eventos, produtos, serviços diversos, instituições e tantos outros segmentos já possuem suas atividades neutralizadas, como por exemplo: a Copa do Mundo de 2006 na Alemanha e de 2010 na África do Sul. O Brasil também estabeleceu como meta neutralizar as emissões da copa do mundo de 2014 e a olimpíadas de 2016.

Muitos países e estados, já estão adotando a neutralização como medida restritiva de mercado, ou seja, muitas ações já estão se tornando lei e todos os setores da sociedade devem estar preparados para tais mudanças. No setor agrário, as restrições são relacionadas à acesso a créditos e financiamentos, que priorizam produtores e associações que possuem medidas ambientais implantadas e inventário de emissões realizado.

Desta forma, nota-se que é cada vez maior a exigência para que todos os setores da economia se adéquem a um mercado cada vez mais exigente em relação às questões ambientais, até então deixadas a segundo plano nos investimentos.

Neste sentido, com o presente estudo objetiva-se calcular o balanço das emissões e remoções de GEE do sistema silvipastoril implantado na Zona da Mata Mineira, no município de Porto Firme.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Descrição do local de estudo**

Realizou-se o balanço de carbono de duas propriedades rurais localizadas na Zona da Mata de Minas Gerais, descritas a seguir:

#### **2.1.1. Propriedade 1**

A Propriedade 1 localiza-se no município de Coimbra ( 20°51'24"S e 42°48'10"W) (Figura 1), na Zona da Mata de Minas Gerais. A propriedade é conhecida como Fazenda Oásis e foi avaliada no período de abril de 2012 a março de 2013.

A Fazenda Oásis possui uma área total de 205 hectares, sendo 53 hectares destinados à pecuária leiteira. Atualmente, dos 53 ha destinados para a pecuária, 38,5 são aproveitados para o pastejo dos animais. A propriedade conta ainda com o plantio de milho (9,5 ha), cana-de-açúcar (3,8 ha) e capineira (1,2 ha). Além disso, a propriedade possui 3 represas artificiais, 61 ha destinados à cafeicultura e 88 ha de reserva legal.

Além da ordenha mecanizada, a propriedade conta com o sistema de refrigeração de leite e irrigação por aspersão, ambos movidos à energia elétrica. O consumo de combustíveis na propriedade é referente ao preparo do solo (aração e gradagem) e picadeira para silagem (ensiladeira mecânica).

No período do ano-base do inventário (Abril de 2012 a Março de 2013), a propriedade apresentou uma emissão total de 637,91 tCO<sub>2</sub>e/ano (Capítulo 2).

#### **2.1.2. Propriedade 2**

A Propriedade 2 analisada localiza-se no município de Porto Firme ( 20°38'54"S e 43°05'18"W) (Figura 6) na Zona da Mata de Minas Gerais. A propriedade é conhecida como Sítio Olhos d`água e também foi avaliada no período de abril de 2012 a março de 2013.

O Sítio Olhos d`água possui 1,03 ha de Sistema Silvipastoril para pastejo rotacionado, 1,6 ha de cana-de-açúcar e 1,7 ha de milho para silagem.

O sistema de produção pode ser caracterizado pelo nível médio de produtividade, ou seja, pode se enquadrar no sistema semi-intensivo. O consumo de energia elétrica na propriedade é referente à ordenha mecanizada e de combustíveis é referente às operações de preparo do solo (aração e gradagem) e preparo da silagem (ensiladeira mecânica).

No período do ano-base do inventário (Abril de 2012 a Março de 2013), a propriedade apresentou uma emissão total de 71,57 tCO<sub>2</sub>e/ano (Capítulo 2).

## 2.2. Estoque de carbono do Sistema Silvistoril

O balanço de carbono nas propriedades descritas foi realizado através dos dados de estocagem do sistema silvistoril, de localizado no município Porto Firme, conforme calculado do Capítulo 3.

O Sistema Silvistoril estudado localiza-se no município de Porto Firme ( 20°38'54"S e 43°05'18"W) na Zona da Mata de Minas Gerais e está inserido numa propriedades de 15,6 ha. O sistema presente no Sítio Olhos d'águapossui30 meses de idade e é composto pela associação da gramínea *Panicum maximum* (capim-mombaça) com o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, clone GG 100, em espaçamento 7x6 m e um índice de falhas de 36,7%, totalizando 155 indivíduos em 1,03 hectares.

Como visto no Capítulo 3, o Sistema Silvistoril foi responsável pela remoção de 3,46 tC.ha/ano e o incremento de carbono foi de 17,54 kgC/ind/ano.

## 2.3. Conversão do carbono em CO<sub>2</sub> equivalente

A partir do resultado de incremento de carbono obtido no Capítulo 3 foi feita a transformação da tonelada de carbono para tCO<sub>2</sub>e. A conversão é necessária pois esta é a unidade padrão utilizada que compara a intensidade de radiação de um Gás de Efeito Estufa (GEE) ao do dióxido de carbono, através da multiplicação pelo fator 3,67, que corresponde a massa específica do dióxido de carbono (44) sobre a massa específica do elemento carbono (12) (Equação 1).

$$tCO_2eq = \left( C * \frac{44}{12} \right) / 1000 \quad (1)$$

Em que:

tCO<sub>2</sub>e = dióxido de carbono equivalente, em toneladas.

C = teor de carbono, em kg.

44/12 = massa específica do dióxido de carbono (44) sobre a massa específica do elemento carbono (12).

#### **2.4.Cálculo do balanço de gases de efeito estufa**

O balanço de gases de efeito estufa foi calculado pela diferença entre o incremento de carbono do plantio de eucalipto do sistema silvipastoril e as emissões de CO<sub>2</sub> liberadas pela atividade leiteira no período do ano-base.

Para quantificar o número de árvores para neutralizar as emissões do CO<sub>2</sub> da pecuária leiteira no período do ano-base (abril de 2012 a março de 2013), o presente trabalho utilizou a seguinte equação apresentada por Azevedo e Quintino (2010):

$$N = \frac{Et}{Ft} \quad (2)$$

Em que:

N = Número de árvores a serem plantadas;

Et = Emissão total de GEE, em tCO<sub>2</sub>e;

Ft = Fator de fixação de carbono em biomassa no local de plantio, em tCO<sub>2</sub>e/ind/ano.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Balanço de emissões e remoções de GEE no sistema silvipastoril

No Capítulo 2 destacou-se que as emissões de GEE pela atividade leiteira nas Propriedades 1 e 2, durante o ano-base adotado, foram de 5,27 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano e 5,44 tCO<sub>2</sub>e.cab/ano. Considerando a produtividade, a Propriedade 1 apresentou uma emissão de 1,51 kgCO<sub>2</sub>e. litro/ano e a Propriedade 2 apresentou uma emissão de 1,75 kgCO<sub>2</sub>e.litro/ano.

Na Tabela 1 a seguir, além do valor estocado no sistema silvipastoril analisado no presente trabalho (cenário 1), observam-se valores de estocagem de carbono encontrados em diversos estudos com espaçamentos e idades diferentes.

Tabela 1 – Estocagem de carbono, em tC ha/ano, para alguns povoamentos de eucalipto em diferentes espaçamentos.

Cenários	Idade (anos)	Região	Espaçamento (m)	Estocagem (tC /ha/ano)	Referência
1 (S)	2,5	MG	7,0x6,0	3,46	-
2	2,6	MG	3,0x3,0	4,88	Ladeira et. al. (2001)
3	9,0	SP	3,0x2,0	14,51	Mello e Gonçalves (2008)
4	10,0	MG	3,0x3,0	1,11	Muller et. al (2009)
5 (S)	11,0	MG	10,0x4,0	7,67	Tsukamoto (2003)
6 (S)	4,7	MG	8,0x3,0	13,04	Castro (2013)
7 (S)	2,6	MG	9,0x1,0	14,85	“
8 (S)	3,6	MG	8,0x3,0	7,72	“

(S) - Sistemas agroflorestais

O cenário 2 é referente à um plantio de *Eucalyptus urophylla* de 2,6 anos de idade, localizado no Município de Três Marias, Minas Gerais.

O cenário 3 refere-se ao plantio comercial de *Eucalyptus grandis* aos 9 anos de idade no planalto ocidental do Estado de São Paulo. O estoque de carbono encontrado neste estudo é cerca de 4 vezes maior que o encontrado no sistema silvipastoril analisado.

O cenário 4, considerado de baixa produtividade, apresenta um sistema silvipastoril misto com *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, localizado na Zona da Mata Mineira, aos 10 anos, com densidade de 105 árv. ha<sup>-1</sup>, sendo 60 árvores de eucalipto e 45 árvores de acácia.

O cenário 5 evidencia um estudo de Tsukamoto (2003), em que quantificou-se o estoque de carbono de um sistema agrissilvipastoril com eucalipto no município de Paracatu-MG.

Os cenários de 6 a 8 são referentes à três sistemas integrados implantados no município de Viçosa, Minas Gerais. O cenário 6 refere-se a um sistema agrissilvipastoril composto pelo híbrido (*Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*), braquiária (*Brachiaria decumbens*) e milho (*Zea mays*), em uma área de 0,93ha. Já o cenário 7 evidencia um sistema silvipastoril também composto por eucalipto (*Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*), braquiária (*Brachiaria decumbens*). O cenário 8 é referente à um sistema agrissilvipastoril composto pelo mesmo híbrido dos outros dois cenários, braquiária (*Brachiaria decumbens*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*).

A Tabela 2 a seguir mostra a simulação da neutralização das emissões de CO<sub>2</sub>e, evidenciando o número de animais e a produção leiteira neutralizados para cada hectare plantado com eucalipto de acordo com os cenários de estocagem de carbono apresentado na Tabela 1.

Tabela 2 - Número de animais e produção de leite neutralizadas para cada hectare com plantio de eucalipto em vários cenários de produtividade.

Cenários	Propriedades			
	1		2	
	Animais Neutralizados/ha de plantio de eucalipto	Produção neutralizada (litros)/ha de plantio de eucalipto	Animais Neutralizados/ha de plantio de eucalipto	Produção neutralizada (litros)/ha de plantio de eucalipto
1 (S)	2,41	8.403,97	2,33	7.251,42
2	3,39	11.860,92	3,29	10.234,28
3	10,10	35.264,90	9,78	30.428,57
4	0,77	2.695,36	0,74	2.325,71
5 (S)	5,34	18.635,76	5,17	16.080,00

<b>6 (S)</b>	9,07	31.688,74	8,79	27.342,85
<b>7 (S)</b>	10,09	35.238,41	9,78	30.405,71
<b>8 (S)</b>	5,37	18.761,58	5,21	16.188,57

Considerando as emissões por litro de leite produzido, o incremento de 3,46 tC ha/ano ou 12,69 tCO<sub>2</sub>e ha/ano seria suficiente para a neutralização de 8.403,97 litros de leite por ano na propriedade 1 e 7.251,42 litros na propriedade 2. Isso indica a eficiência ambiental da intensificação do sistema de produção, que aumenta a produtividade e, conseqüentemente, diminui as emissões por unidade de produto e aumenta a produção neutralizada através dos Sistemas Silvopastoris.

Nos cenários 2 e 4, ambos de baixa produtividade, os estoques encontrados seriam suficientes para neutralizar a ação de 3,39 e 0,77 animais na propriedade 1, respectivamente. Já na propriedade 2, o mesmo estoque neutralizaria 3,29 e 0,74 vacas. Nota-se que no cenário 4, o estoque de carbono de 1,11 tC/ha/ano não neutralizaria a ação de um animal, considerando o ano-base do inventário na propriedade mais intensiva.

Os demais cenários apresentaram resultados superiores aos encontrados para este estudo. O cenário 7 apresentou os melhores resultados tanto para a propriedade 1 (10,09 animais) quanto para a propriedade 2 (9,78 animais). Ou seja, aproximadamente cinco vezes o número de animais neutralizadas pelo Sistema Silvopastoril estudado em Porto Firme.

O balanço de carbono nas duas propriedades foi negativo, ou seja, -625,22 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano na propriedade 1 e -58,88 tCO<sub>2</sub>e.ha/ano na propriedade 2. Esses valores demonstram o potencial de emissão da pecuária leiteira e, principalmente, da fermentação entérica.

Considerando o total de animais na propriedade 1 (121) e propriedade 2 (12) e partindo do pressuposto que deveria ocorrer a compensação das emissões através do Sistema Silvopastoril analisado, seria necessário o plantio de 9.702,90 indivíduos em uma área de 40,79 ha para a propriedade 1 e 914,71 indivíduos numa área de 3,84 ha para a propriedade 2 (Tabela 3).

Além de cumprir um papel importante de estocagem de carbono na biomassa das árvores, os sistemas silvipastoris proporcionam conforto térmico para o gado fazendo com que estes precisem de um gasto energético menor para realizar as mesmas atividades, contribuindo para um aumento considerável da produtividade de leite.



Estudos de Balbinot et al. (2011), apontam que, quando bem manejados, os sistemas intensivos com árvores de crescimento rápido (cerca de 2,2 cm de diâmetro por ano) no Brasil possuem um potencial de fixação de aproximadamente 5 tC ha/ano em 11 anos, o que equivale à neutralização de 13 bois adultos e 6 vacas em lactação por ano, ou seja, o dobro do número de animais neutralizados pelo sistema silvipastoril analisado.

Tabela 3 – Balanço de carbono das propriedades 1 e 2 através do sistema silvipastoril localizado em Porto Firme.

Propriedades	Incremento de carbono	Emissão	Balanço	Número de	Área
				árvores para neutralização	ha
	(tCO <sub>2</sub> e.ha/ano)			Un.	
<b>1</b>	12,69	637,91	-625,22	9.712,90	40,79
<b>2</b>	12,69	71,57	-58,88	914,71	3,84

Nota-se, portanto, que a estocagem de carbono através do plantio de espécies arbóreas pode ser uma proposta interessante para a melhoria ambiental do sistema de produção e diversificação da renda, desde que haja conhecimento técnico, planejamento e monitoramento adequados.

Aliada às questões econômicas, mesmo que seja cortado ao final da rotação, pode-se manejar a propriedade ou uma dada região de forma a se obter um estoque médio nos plantios de eucalipto.

Além do potencial de estocar carbono numa taxa mais elevada que espécies nativas, a utilização do eucalipto para neutralização de carbono também se justifica pela substituição ao carvão mineral em indústrias siderúrgicas após a sua venda.

O consumo de carvão vegetal no setor de ferro-gusa e aço, em 2009, representou 20% das fontes utilizadas pelo setor com 2.724 tOE (ou 2.724 x 10<sup>10</sup> kcal) consumidos, sendo o coque de carvão mineral continuou sendo o mais representativo com 36,4% do consumo (MME, 2009).

Dados do IBGE do ano de 2007 mostram que, a produção de carvão vegetal oriunda de plantações apresentou um aumento de 45,9% em relação ao ano de 2006, alcançando 3.806.044 toneladas. Por outro lado, o carvão oriundo de florestas nativas apresentou um

crescimento de apenas 1,0% entre 2006 e 2007, produzindo 2.530.425 toneladas de carvão vegetal.

Desta forma, a utilização do eucalipto por meio de SAFs em pequenas e médias propriedades rurais viabilizariam uma substituição cada vez maior ao carvão mineral. Com isso, há necessidade de alternativas sustentáveis e conhecimento técnico, para que esses produtores possam diversificar a sua renda, preservando suas atividades produtivas tradicionais, como pecuária leiteira e produção de grãos.

Vislumbrando a recuperação de pastagens degradadas, o Programa Agricultura de Baixo Carbono (Programa ABC) têm procurado incentivar a implantação de sistemas integrados para pequenos e médios produtores rurais através do financiamento com taxa de juros mais acessível. Além do papel ambiental, tal programa visa também melhorias sócio-econômicas. O Programa tem como uma das metas é a implantação da integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) em 4 milhões de ha de área.

Paralelo ao balanço e compensação de carbono, é importante salientar a necessidade de adoção de medidas de redução das emissões de GEE, como o tratamento e reaproveitamento de resíduos e melhoria da dieta do gado de leite.

#### 4. CONCLUSÕES

- O balanço de carbono negativo nas duas propriedades demonstra o impacto da pecuária leiteira e, sobretudo, da fermentação entérica para as emissões totais no setor agropecuário.
- O incremento de 3,46 tC.ha/ano é suficiente para a neutralização de, aproximadamente, 3 animais e uma produção de cerca de 8.000 litros de leite em propriedades intensivas e semi-intensivas.
- A compensação das emissões vinculadas à propriedades intensiva com 121 animais e semi-intensiva com 12 animais é possível com o plantio de cerca de 9.000 e 900 indivíduos arbóreos, respectivamente.
- A implantação de sistemas silvipastoris é importante tanto para a estocagem de carbono quanto para a melhoria do ambiente para o animal, podendo aumentar o rendimento do rebanho.
- Aliada às questões ambientais, os sistemas silvipastoris são uma fonte importante de geração de renda para o produtor rural, seja este especializado ou não na atividade leiteira.
- A utilização do eucalipto para a neutralização de carbono se justifica pela sua importância no abastecimento de carvão vegetal em indústrias, em substituição ao carvão mineral.
- A compensação de carbono por meio do plantio de árvores é uma prática importante para a mitigação dos gases de efeito estufa. No entanto, esta deve vir acompanhada de outras ações de compensação e diminuição das emissões.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, M. F. C.; QUINTINO, I. Manual Técnico: Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de mudas nativas. Rio de Janeiro: Ambiental Company, 2010. 17 p.

BALBINOT, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n.6, p.1163-1175, 2011.

HASSAN, A. **Reservas Legais e Projetos de Neutralização de Emissões de Carbono: Uma Estratégia para auxiliar a Implementação de Áreas Protegidas na Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM**, 2007a. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2007/default.shtm>>. Acessado em: 03/09/2010.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. O Brasil desconcentrando terras. Brasília: INCRA, 2006.

LADEIRA, B. C. et al. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma sequência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 45, n.1, p. 69-78, 2001.

MELLO, S. L. M. e GONÇALVES, J. L. M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 101-111, 2008.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Disponível em:<[http://www.mct.gov.br/clima/comunic\\_old/pecuar01.htm](http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pecuar01.htm)>. Online. Acesso em: 11 dez. 2000.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balço Energético Nacional 2010 | ano base 2009**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acessado em:13/09/2010.

MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 11-17, dez. 2009. Edição Especial.

SANTOS, G.T; MASSUDA, E.M; KAZAMA, D.C.S; JOBIM, C.C; BRANCO, A.F. **Bovinocultura leiteira: Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção**. Eduem, Maringá, 2010.

TSUKAMOTO FILHO, A.A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais**. 2003. 98p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

## 2. CONCLUSÕES GERAIS

- A pecuária leiteira é fonte de grande parte das emissões no meio rural devido à liberação de metano pela fermentação entérica dos ruminantes.
- As emissões de gases de efeito estufa da pecuária leiteira podem ser diluídas através do aumento da produtividade animal e da produção de forrageiras de melhor qualidade pelas pastagens.
- Os Sistemas Silvopastoris possuem um papel importante na viabilização da neutralização de carbono em pequenas e médias propriedades rurais.
- As estimativas de fixação de carbono pela inclusão de árvores na pastagem presentes neste estudo podem ser usadas como referência para o estabelecimento de projetos de neutralização de carbono em pequenas propriedades rurais que têm a pecuária leiteira como fonte principal de renda.
- A elaboração do inventário de GEE em propriedades rurais é importante para traçar metas e iniciativas sustentáveis para o setor agropecuário, contribuindo assim, para atenuação do aquecimento global.
- A compensação de carbono por meio do plantio de árvores é uma prática interessante de atenuação do efeito estufa, pois além da fixação de carbono, promove outros serviços ambientais importantes para o ecossistema.
- Adicionalmente à prática de compensação, devem-se adotar metas próprias de redução das emissões de GEE, a fim de contribuir para o balanço das emissões e remoções de GEE da pecuária leiteira e para o cumprimento das metas nacionais de redução de GEE e minimização das mudanças do clima.

## ANEXOS

Quadro 2 – Fatores da emissão direta e indireta de N<sub>2</sub>O por disposição dos resíduos dos animais em pastagem.

Categoria animal	Emissão de N <sub>2</sub> O direta		Emissão de N <sub>2</sub> O indireta	
			Deposição atmosférica	Lixiviação/Escoamento superficial
	Quantidade de N excretada (Kg/animal/ano)	FE (KgN <sub>2</sub> O-N/KgN excretado)	FE (KgN <sub>2</sub> O/kgNH <sub>3</sub> /kgNO <sub>x</sub> emitido)	FE (KgN <sub>2</sub> O/kgNH <sub>3</sub> /kgNO <sub>x</sub> (lixiviado))
Gado de corte	40	0,02	0,01	0,025
Gado de leite	70	0,02	0,01	0,025
Aves	0,6	0,02	0,01	0,025
Caprino	12	0,02	0,01	0,025
Equino	40	0,02	0,01	0,025

Fonte: IPCC (2006).

Quadro 3 – Fatores de emissão de GEE utilizados para os cálculos da combustão fóssil e de biomassa.

<b>Combustíveis fósseis</b>	<b>Unidades</b>	<b>CO<sub>2</sub> (Kg/unidade)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (Kg/unidade)</b>	<b>N<sub>2</sub>O (Kg/unidade)</b>
Gasolina automotiva	litros	2,327	-	-
Óleo diesel	litros	2,681	-	-
GLP	litros	1,530	-	-
Etanol (E100)	litros	1,469	-	-
Biodiesel (B100)	litros	2,499	-	-
Madeira ou resíduos de madeira	toneladas	1.747,2	4,68	6,24.10 <sup>-2</sup>

Fonte: IPCC (2006). (Adaptado).

Quadro 4 – Fatores de emissão médios mensais para CO<sub>2</sub> gerado pelo Sistema Interligado Nacional (SIN).

<i>Mês/ano</i>	<i>Abr/2012</i>	<i>Mai/2012</i>	<i>Jun/2012</i>	<i>Jul/2012</i>	<i>Ago/2012</i>	<i>Set/2012</i>	<i>Out/2012</i>	<i>Nov/2012</i>	<i>Dez/2012</i>	<i>Jan/2013</i>	<i>Fev/2013</i>	<i>Mar/2013</i>	<i>Abr/2013</i>
FE (tCO <sub>2</sub> e/ MWh)	0,0642	0,0620	0,0522	0,0394	0,0460	0,0783	0,0984	0,1247	0,1168	0,1151	0,1090	0,0981	0,0959

Fonte: MCTI (2013).