

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;

**AGRIPEC: UM MODELO PARA ESTIMAR CUSTOS ECONÔMICOS E
EMISSÕES DE GASES EFEITO – ESTUFA PARA A PECUÁRIA
BOVINA BRASILEIRA.**

Thelmo Vergara de Almeida Martins Costa

Tese de Doutorado

Brasília/DF, Junho/2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;

**AGRIPEC: UM MODELO PARA ESTIMAR CUSTOS
ECONÔMICOS E EMISSÕES DE GASES EFEITO – ESTUFA PARA A
PECUARIA BOVINA BRASILEIRA**

Thelmo Vergara de Almeida Martins Costa

Orientador: Dr. Jean François Tourrand

Tese de Doutorado

Brasília/DF, Junho/2009

Costa, Thelmo Vergara de Almeida Martins

AGRIPEC: um modelo para estimar custos economicos e emissões de gases efeito – estufa para a pecuaria bovina brasileira / Thelmo Vergara de Almeida Martins Costa.

Brasília, 2009

p. : il.

Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília.

1. .2. . 3. . I. Universidade de Brasília. CDS.

II. Título

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Thelmo Vergara de Almeida Martins Costa.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL;

AGRIPEC: um modelo para estimar custos econômicos e emissões de gases efeito – estufa para a pecuária bovina brasileira.

Thelmo Vergara de Almeida Martins Costa

Tese de Doutorado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e gestão Ambiental.

Aprovado por :

Prof. Dr. Jean François Tourrand

Prof. Dra Dóris Aleida Villamizar Sayago

Prof. Dr Antonio Cesar Pinho Brasil Jr

Prof. Dr Paulo Lovatto

Dra. Marie Gabrielle Piketty

Brasília-DF, DIA de junho de 2009.

Dedico esse trabalho aos meus filhos:
Davi, Suzana e Vitor, e à memória de meu pai:
Cláudio Afonso de Almeida Martins Costa.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho não teria sido possível sem o apoio de pessoas e instituições que permitiram aprofundar minhas pesquisas e estruturar meus conhecimentos. A todas sou muito grato, particularmente a:

Jean François Tourrand pela sua grande disponibilidade para minha orientação, sua amizade e sua paciente ajuda ao longo de cinco anos de trabalho;

Marie Gabrielle Piketty, sempre pronta para responder às minhas solicitações, dúvidas e interrogações, muito obrigado pelo seu apoio ao projeto desde o seu começo. Eu lhe sou grato muito particularmente por suas orientações, conselhos e numerosas releituras.

Bruno Dorin, pesquisador do CIRAD que apoiou fortemente meu trabalho e ajudou a estruturar minha reflexão. Eu lhe agradeço por me acolher em seu escritório durante minha estadia na França.

Jean Loussuarn, professor pesquisador da AgroParisTech que dedicou parte de seu tempo para assegurar a supervisão dos trabalhos.

Paulo Lovatto (UFSC) e Philippe Lecompte (CIRAD) por terem aceitado a função de avaliadores, Daniel Sauvart (AgroParisTech) e Bruno Dorin (CIRAD) por participarem de minha banca de tese na AgroParisTech.

Enfim, tenho a agradecer aos professores Antonio Cesar Pinho Brasil Jr e Dóris Aleida Villamizar Sayago por aceitarem a compor e participar de minha banca de tese no CDS/UNB.

Esse trabalho também foi apoiado por instituições e projetos brasileiros e franceses entre os quais destaco a CAPES/COFECUB (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Comitê Francês d'Evaluation de la Cooperation Universitaire avec le Brésil); CDS/UNB (Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília); IAI (Inter American Institute for Global Change Research); ALFA (Project Européen Amérique Latine Formation Académique); CIRAD (Centre de Cooperation internationale en recherche agronomique pour le Développement); UPF (Universidade de Passo Fundo) e SMART (Réseau Strategic Monitoring for South American Regional Transformations). A todos, os meus agradecimentos.

Sou muito grato aos produtores e pecuaristas Francisco Bordignon e Antonio Leandro Nunes Vieira que gentilmente dedicaram seu tempo para responder às minhas questões e por sua amável acolhida em suas propriedades.

RESUMO

A criação bovina é um importante emissor de Gases Efeito Estufa (GEE) do Brasil. A maior parte das emissões de metano vem da fermentação entérica, resultado normal do processo digestivo dos animais ruminantes como os bovinos. No entanto, a tarefa de analisar a contribuição da pecuária bovina nas emissões de GEEs necessita da identificação dos contextos regionais em que ocorrem os diferentes sistemas de produção no Brasil. Assim, para se comparar diferentes sistemas produtivos, é necessário se desenvolver uma metodologia que permita quantificar as emissões de metano decorrentes tanto da fermentação entérica, como do manejo dos resíduos em nível de propriedade rural. Além disto, tal metodologia deve permitir a coleta de dados que reflitam a realidade dos diferentes contextos produtivos. Dessa forma, esta pesquisa buscou construir uma ferramenta de avaliação das emissões e das oportunidades de redução de gases efeito estufa na pecuária bovina no Brasil. Para tanto, buscou-se construir um modelo que permita coletar dados de parâmetros técnicos locais e mensurar, de forma simplificada, as emissões de metano (CH_4) e de óxido nitroso (N_2O) e os custos para diferentes sistemas de produção (MODELO-AGRIPEC). Os objetivos específicos do trabalho são: elaborar um primeira versão da ferramenta para avaliar as emissões os GEEs nos contextos produtivos brasileiros da pecuária de corte e de leite; testar essa ferramenta a partir dos dados coletados em duas situações contrastantes, mas representativas do Brasil; comparar os resultados obtidos com aqueles da literatura, especialmente: do sistema internacional baseado em valores levantados no Livestock Long Shadow; dos dados do IPCC e do Primeiro Relatório de Emissões de Metano da Pecuária do Brasil publicado pela Embrapa; identificar algumas pistas de pesquisa prioritárias que permitam um delineamento de um perfil mais preciso das emissões de GEEs na pecuária bovina brasileira levando-se em consideração a complexidade do tema e a necessidade de se identificar prioridades. A aplicação do modelo AGRIPPEC possibilitou a integração entre um modelo econômico de estimação dos custos de produção e um modelo ecológico de mensuração de gases efeito-estufa, apesar da complexidade que envolve o estudo sobre emissões de gases efeito estufa, assim como a presença de diferentes realidades produtivas na pecuária bovina brasileira.

Palavras-chave: Custo de produção; Emissões de metano e de óxido nitroso; Gases efeito-estufa; Mudanças climáticas, Pecuária bovina brasileira.

ABSTRACT

Rearing cattle is an important emitter of greenhouse gases (GHG) in Brazil. Most of the methane emissions stem from the enteric fermentation, normal result from the digestive process of the ruminant such as cattle. However, the task to analyze the contribution of the cattle raising for the emissions of greenhouse gases requires the identification of the regional contexts within which the different production systems take place in Brazil. Thus, in order to compare different production systems, it is necessary to develop a method that allows quantifying the methane emissions originating from both the enteric fermentation and the waste management on the farm. Moreover, such a method must allow the data collection that reflects the reality of the different productive contexts. This way, this research sought to build an assessment tool of the emissions and the opportunities of the greenhouse gases reduction within the cattle raising in Brazil. Thereunto, it was aimed to build a model that permits the data collection of local technical parameters and measure, in a simplified way, the methane emissions (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) and the costs for different production systems (MODEL-AGRIPEC). The specific goals of this paper are: to elaborate a first version of the tool to evaluate the emissions within the Brazilian productive contexts for beef cattle and dairy farming; to test this tool from the data collected in two contrasting situations, but representatives from Brazil; to compare the results obtained with those from literature, especially: from the international system based on values taken from the Livestock Long Shadow; from IPCC data and the First Report on Methane Emissions in the Brazilian Cattle Raising published by Embrapa; to identify some priority research clues that permit a lineation of a more accurate profile of the greenhouse gases emissions within the Brazilian cattle raising, taking into consideration the complexity of the theme and the need to identify priorities. Despite the complexity that involves the study about the greenhouse gases emissions, the application of the AGRIPPEC model enabled the integration between an economical model of estimation of the production costs and an ecological model of greenhouse gases measuring, as well as the presence of different productive realities in the Brazilian cattle raising.

Key words: production costs; Methane and Nitrous Dioxide Emissions; Greenhouse Gases; Climate Changes; Brazilian Cattle Raising.

RESUMEN

La cría de ganado bovino es un emisor importante de Gases Efecto Invernadero (GEI) de Brasil. La mayor parte de las emisiones de metano viene de la fermentación entérica, resultado normal del proceso digestivo de los animales rumiantes como el ganado. Sin embargo, la tarea de analizar la contribución de la ganadería bovina en las emisiones de GEIs exige la identificación de los contextos regionales en los cuales ocurren los diferentes sistemas de producción en Brasil. Así, para comparar diferentes sistemas productivos, es necesario desarrollar una metodología que permita cuantificar las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica, y también de la gestión del residuo en nivel de finca. Además, tal metodología debe permitir la colecta de datos que reflejen la realidad de los distintos contextos productivos. Así, esta investigación trató de establecer una herramienta para la evaluación de emisiones y de las oportunidades de reducción de gases efecto invernadero en la ganadería bovina en el Brasil. Con este fin, se propuso desarrollar un modelo que permita recoger datos de los parámetros técnicos locales y mensurar, en forma simplificada, las emisiones del metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) y los costes de diferentes sistemas de producción (Model-Agripec). Los objetivos específicos del trabajo son la elaboración de una primera versión de la herramienta para evaluar las emisiones los GEIs en los contextos productivos brasileños de la pecuaria de corte y leche; probar esta herramienta a partir de los datos recogidos en dos situaciones contrastantes, pero representativas de Brasil; comparar los resultados con los de la literatura, en particular: el sistema internacional basado en las cifras recogidas en el Livestock Long Shadow; los datos y el primer informe del IPCC de las emisiones de metano del ganado en Brasil, publicado por la Embrapa; identificar algunas vías de investigación prioritarias que permitan un diseño de un perfil más exacto de las emisiones de GEIs en el ganado de Brasil, teniendo en cuenta la complejidad de la cuestión y la necesidad de identificar las prioridades. La aplicación del modelo Agripec permitió la integración de un modelo económico para estimar los costos de producción y un modelo ecológico de la medición de gases de efecto invernadero, a pesar de la complejidad implicada en el estudio sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la presencia de diferentes realidades de la producción ganadera en Brasil.

Palabras clave: Costo de producción, las emisiones de metano y óxido nitroso, gases de efecto invernadero, el cambio climático, el ganado brasileño

RESUMÉ

L'élevage bovin participe de manière non négligeable aux émissions de gaz à effet de serre (GES) du Brésil. La plupart des émissions de méthane proviennent de la fermentation entérique, résultat normal du processus digestif des animaux ruminants comme les bovins. Toutefois, l'analyse de la contribution de l'élevage bovin aux émissions de GES ne peut avoir lieu qu'après une identification des contextes régionaux dans lesquels les différents systèmes de production se développent au Brésil. Ainsi, pour pouvoir comparer différents systèmes de production, nous faut-il développer une méthodologie qui permette de quantifier les émissions de méthane issues de la fermentation entérique et de l'utilisation des matières fécales au sein des propriétés agricoles. De plus, cette méthodologie doit permettre de collecter des informations qui reflètent la réalité des différents contextes productifs. Ainsi, cette recherche a pour but de mettre en place un instrument d'évaluation des émissions et des possibilités de réduction des gaz à effet de serre dans le secteur de l'élevage bovin au Brésil. Cette recherche il a cherché de construire un outil d'évaluation des émissions et des possibilités de réduction des gaz à effet de serre de l'élevage bovin au Brésil. Pour de telle façon, il s'est cherché construire modèle qui permette de rassembler des données de paramètres techniques locaux et mesurer, de forme simplifiée, les émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) et les coûts pour de différents systèmes de production (MODÈLE-AGRIPEC). Les objectifs spécifiques sont: élaborer une toute première version de l'outil, afin d'évaluer les émissions de GES dans le cadre des contextes productifs de l'élevage (viande et lait) brésilien; tester cet outil à partir des données collectées dans deux situations contrastantes, mais représentatives du Brésil; comparer les résultats obtenus avec ceux de la littérature, surtout, ceux du système international basés sur les valeurs parues dans le *Livestock Long Shadow*; des données de l'IPCC et du premier rapport sur les émissions de méthane de l'élevage au Brésil publié par l'Embrapa; identifier quelques pistes prioritaires de recherche qui permettent une définition plus précise des émissions de GES de l'élevage brésilien, tout en prenant en considération la complexité du sujet et le besoin d'identifier des priorités. L'application du modèle AGRIPPEC a rendu possible l'intégration entre un modèle économique de estimation de coûts de production et un modèle écologique de mensuration de GES malgré de la complexité qui implique l'étude sur des émissions gaz responsables de l'effet de serre, ainsi que la présence de différentes réalités productives dans l'élevage bovin brésilien.

Mots-clé: Coûts de production; Emissions de méthane et de protoxyde d'azote; Gaz à l'effet de serre; Changements climatiques; l'élevage bovin brésilien.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema do mercado de carbono.....	79
Figura 2 - Ecossistema pastoril e as inter-relações entre seus componentes bióticos e abióticos....	125
Figura 3 - Diagrama do fluxo da fermentação entérica no rúmen.	134
Figura 4 - Diagrama de utilização de energia pelos bovinos	136
Figura 5 - Emissões de gases efeito estufa na agropecuária.....	144
Figura 6 - Representação esquemática do modelo.	145
Figura 7 - Estrutura do sistema completo de bovinos de corte no Brasil.....	178
Figura 8 - Placa indicativa do sistema de produção avícola integrada da propriedade.	197
Figura 9 - Visão parcial do rebanho localizado na área destinada ao “piquete” da propriedade.	199
Figura 10 - Sistema de criação: “Bezerras até um ano” - Contexto: Propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	201
Figura 11 - Sistema de criação: “Vacas em lactação” - Contexto: Propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	202
Figura 12 - Visão parcial da propriedade. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	224
Figura 13 - Campo nativo melhorado com azevém, trevo e cornichão. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	225
Figura 14 - Sistema de criação: “Vacas prenhas” - Contexto: Cabanha Amor à Terra.	228
Figura 15 - Visão parcial da garagem e das máquinas e equipamentos da propriedade.	269
Figura 16 - Sala de ordenha” - Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	285
Figura 17 - Centro de manejo - Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	319
Figura 18 - Mangueira - Contexto: Cabanha Amor à Terra.	320

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Biomas do Brasil.	38
Mapa 2 - Efetivo do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas, 1990.	97
Mapa 3 - Efetivo do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas, 2005.	98
Mapa 4 - Taxas geométricas de crescimento do rebanho bovino de corte no Brasil por microrregiões homogêneas entre 1990 e 2005.	99
Mapa 5 - Variação absoluta das emissões de metano da pecuária de corte brasileira entre os anos de 1987 e 2002, em Gg de CH ₄	103
Mapa 6 - Taxas geométricas de crescimento das emissões de metano estimadas por regiões do Brasil.	104
Mapa 7 - Vacas ordenhadas e produtividade anual do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas – 1990.	109
Mapa 8 - Vacas ordenhadas e produtividade anual do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas - 2005.	112
Mapa 9 - Taxas geométricas de crescimento do rebanho de leite no Brasil (vacas ordenhadas), por microrregiões geográficas - 1990 - 2005.	115
Mapa 10 - Variação absoluta das emissões de metano do rebanho de leite no Brasil por regiões geográficas - 1990 - 2005.	118
Mapa 11 - Taxas geométricas de crescimento das emissões de metano do rebanho de leite no Brasil por regiões geográficas - 1990 - 2005.	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores de temperatura, segundo o Relatório do IPCC, 2001.....	51
Quadro 2 - Indicadores hidrológicos e vinculados com as tormentas.....	54
Quadro 3 - Indicadores da camada de neve e do gelo terrestre e marinho.....	55
Quadro 4 - Conferências das partes.....	68
Quadro 5 - Indicadores para a priorização de projetos de MDL no Brasil.....	88
Quadro 6 - Definições de “ <i>pools</i> ” terrestres conforme IPCC.....	132
Quadro 7 - Coeficiente para cálculo da $N_{e,m}$	154
Quadro 8 - Coeficientes de atividade correspondentes à situação alimentar do animal –gado/búfalo.	154
Quadro 9 - Taxas de conversão de CH_4 (Y_m) para gado/búfalo.....	158
Quadro 10 - Valores B_o (m^3/kg de VS) <i>default</i> IPCC Guidelines, Reference Manual.....	159
Quadro 11 - Valores MCF <i>default</i> IPCC para sistemas de manejo de dejetos.....	160
Quadro 12 - Dados de identificação do responsável pela coleta de dados – Planilha PARCEIROS, modelo AGRÍPEEC.....	166
Quadro 13 - Informações sobre o contexto geográfico e do ecossistema no qual a propriedade está inserida, Planilha CONTEXTO, modelo AGRÍPEEC.....	167
Quadro 14 - Opções de classificação do clima disponíveis no modelo AGROPOL e utilizadas no modelo AGRÍPEEC.....	168
Quadro 15 - Tipos de solos (Solo 1) disponíveis no modelo AGROPOL e utilizadas no modelo AGRÍPEEC.....	168
Quadro 16 - Tipos de declividade (Slope) disponíveis no modelo AGROPOL e utilizadas no modelo AGRÍPEEC.....	168
Quadro 17 - Valores <i>default</i> para altitude disponíveis no modelo AGROPOL e utilizados no modelo AGRÍPEEC.....	169
Quadro 18 - Exemplo de definição do sistema de alimentação utilizado no modelo AGRÍPEEC.....	170
Quadro 19 - Dados e parâmetros econômicos o utilizado no modelo AGRÍPEEC.....	170
Quadro 20 - Exemplo de definição do sistema de criação (Atelier) utilizado no modelo AGRÍPEEC..	171
Quadro 21 - Dados sobre máquinas e equipamentos – Modelo AGRÍPEEC.....	172
Quadro 22 - Exemplo de cálculo dos custos variáveis de máquinas e equipamentos – Modelo AGRÍPEEC.....	172
Quadro 23 - Exemplo de cálculo dos custos fixos de máquinas e equipamentos – Modelo AGRÍPEEC.	173
Quadro 24 - Dados sobre mão de obra – Modelo AGRÍPEEC.....	174
Quadro 25 - Custo por hectare da mão de obra para cada atividade e por sistema de alimentação – Modelo AGRÍPEEC.....	174
Quadro 26 - Insumos utilizados em cada atividade e por sistema de alimentação – Modelo AGRÍPEEC.	175
Quadro 27 - Custo da mão-de-obra para cada atividade e por sistema de criação – Modelo AGRÍPEEC.	177
Quadro 28 - Dados sobre benfeitorias – Modelo AGRÍPEEC.....	181
Quadro 29 - Exemplo de cálculo dos custos de benfeitorias – Modelo AGRÍPEEC.....	181
Quadro 30 - Dados sobre equipamentos – Modelo AGRÍPEEC.....	182
Quadro 31 - Exemplo de cálculo dos custos de equipamentos – Modelo AGRÍPEEC.....	182
Quadro 32 - Dados sobre despesas gerais – Modelo AGRÍPEEC.....	184
Quadro 33 - Exemplo de dados sobre categorias de animais necessários para a estimação de emissões de CH_4 por fermentação entérica – Modelo AGRÍPEEC.....	186
Quadro 34 - Exemplo de coeficientes necessários para a estimação de emissões de CH_4 por fermentação entérica – Modelo AGRÍPEEC.....	187
Quadro 35 - Exemplo de resultados gerados para a estimação de emissões de CH_4 por fermentação entérica – Modelo AGRÍPEEC.....	187
Quadro 36 - Exemplo de resultados gerados para a estimação de emissões de CH_4 por sistemas de manejo de dejetos – Modelo AGRÍPEEC.....	188
Quadro 37 - Exemplo de sistema de manejo, percentagem de utilização do sistema e fração do dejetos que é tratado no sistema e tipo de clima – Modelo AGRÍPEEC.....	189
Quadro 38 - Exemplo de resultados gerados para a estimação de emissões totais de CH_4 por categoria animal – Modelo AGRÍPEEC.....	189

Quadro 39 - Exemplo de resultados gerados para a estimacão de emissões de N ₂ O por manejo de dejetos – Modelo AGRIPPEC.....	190
Quadro 40 - Valores <i>default</i> para a produo de nitrogênio na forma de dejetos, em quilogramas por cabeça por ano. – Modelo AGRIPPEC.	191
Quadro 41 - Valores <i>default</i> para ajuste da produo de nitrogênio na forma de dejetos quando são estimadas as taxas de excreo para animais jovens. – Modelo AGRIPPEC.	191
Quadro 42 - Valores <i>default</i> para a frao de produo de esterco por sistemas de manejo de resíduos animais (AWMS(T)), por animal (T) e região do Brasil. – Modelo	192
Quadro 43 - Valores <i>default</i> para fatores de emissão de N ₂ O por manejo de estrume. – Modelo AGRIPPEC.	194

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Participação relativa das regiões no Brasil na distribuição geográfica do rebanho bovino do Brasil – 2006.	29
Gráfico 2 - Participação relativa nas emissões agregadas dos principais GEEs (CO ₂ equivalente) – Anexo 1, 2002.	66
Gráfico 3 - Compromissos quantificados de limitação ou redução de emissões em % - Países selecionados	67
Gráfico 4 - Emissões de metano da pecuária de corte brasileira em Gg de CH ₄ , por regiões brasileiras entre 1987 e 2002.	105
Gráfico 5 - Participação relativa dos principais gases efeito estufa no total das emissões brasileiras em 1994 (Em Carbono Equivalente).....	121
Gráfico 6 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação “bezerras até um ano”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	206
Gráfico 7 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas não prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	208
Gráfico 8 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	210
Gráfico 9 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “vacas em lactação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	212
Gráfico 10 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “vacas secas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	214
Gráfico 11 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas não prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	216
Figura 12 - Visão parcial da propriedade. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	224
Gráfico 12 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	233
Gráfico 13 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação “Terneiras ao pé da vaca”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	235
Gráfico 14 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Novilhas 14 meses”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	237
Gráfico 15 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Novilhas 24 meses prenhas”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	238
Gráfico 16 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas 24 meses descarte”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	240
Gráfico 17 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação “Vacas com cria ao pé”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	241
Gráfico 18 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Vacas prenhas”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	243
Gráfico 19 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Machos 14 meses para a reprodução”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	244
Gráfico 20 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Machos 14 meses para reprodução descarte”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	246

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efetivo do rebanho bovino brasileiro (cabeças) e participação relativa (%) por Unidade da Federação.....	30
Tabela 2 - Principais gases efeito estufa, sua concentração, seu tempo de vida e seu potencial de efeito estufa.....	45
Tabela 3 - Visão geral do mercado de carbono, volume e valores 2007 -2008.	81
Tabela 4 - <i>Ranking</i> das principais microrregiões produtoras de leite no Brasil (1990).	110
Tabela 5 - <i>Ranking</i> das principais microrregiões em vacas ordenhadas no Brasil (1990).....	110
Tabela 6 - <i>Ranking</i> das principais microrregiões em produtividade, litros de leite/vaca/ano no Brasil (1990).....	111
Tabela 7 - <i>Ranking</i> das principais microrregiões produtoras de leite no Brasil (2005).	113
Tabela 8 - <i>Ranking</i> das principais microrregiões em vacas ordenhadas no Brasil (2005).....	114
Tabela 9 - <i>Ranking</i> das principais microrregiões em produtividade, litros de leite/vaca/ano no Brasil (2005).....	114
Tabela 10 - Vacas ordenhadas, produtividade e emissões de metano do gado de leite por regiões do Brasil – 1990.	117
Tabela 11 - Emissões de gases efeito estufa no Brasil em 1994 (Em Gigagramas).	120
Tabela 12 - Emissões de metano emitido pela pecuária brasileira em 1994.	122
Tabela 13 - Produção de carne, emissões de metano e taxa geométrica do crescimento do rebanho por região do Brasil.	123
Tabela 14 - Área de terra destinada à produção agropecuária da propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.....	196
Tabela 15 - Sistemas de alimentação de gado leiteiro da Propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.	198
Tabela 16 - Sistemas de criação de gado leiteiro da Propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.	200
Tabela 17 - Resultados econômicos da atividade leiteira na propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.	203
Tabela 18 - Resultados econômicos da produção de leite na propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.	204
Tabela 19 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “bezerras até um ano” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	205
Tabela 20 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “novilhas não prenhas” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	207
Tabela 21 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “novilhas prenhas” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	209
Tabela 22 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “vacas em lactação” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	210
Tabela 23 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “vacas secas” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	213
Tabela 24 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “touros” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	215
Tabela 25 - Emissões de metano por manejo de dejetos do rebanho leiteiro. contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	217
Tabela 26 - Emissões totais de metano do rebanho leiteiro. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	218
Tabela 27 - Emissões de óxido nitroso (N ₂ O) por manejo de dejetos do rebanho leiteiro na propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.	219
Tabela 28 - Sistemas de alimentação da Cabanha Amor à Terra, município de Lagoa Vermelha, RS – Brasil, Novembro de 2007.....	223
Tabela 29 - Sistemas de criação de gado corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	226
Tabela 30 - Receitas da propriedade em Reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	229
Tabela 31 - Resultados econômicos da atividade pecuária de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	230
Tabela 32 - Emissões de Metano por fermentação entérica do sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca” Contexto: Cabanha amor à Terra.	232
Tabela 33 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Terneiras ao pé da vaca” Contexto: Cabanha amor à Terra.	234

Tabela 34 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas 14 meses” Contexto: Cabanha amor à Terra.	236
Tabela 35 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas 24 meses prenhas” Contexto: Cabanha amor à Terra.	237
Tabela 36 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas 24 meses descarte” Contexto: Cabanha Amor à Terra.	239
Tabela 37 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Vacas com cria ao pé”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	240
Tabela 38 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Vacas prenhas” Contexto: Cabanha Amor à Terra.	242
Tabela 39 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Machos 14 meses para a recria” Contexto: Cabanha Amor à Terra.	243
Tabela 40 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Machos 14 meses para a reprodução”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	245
Tabela 41 - Emissões de metano por manejo de dejetos do rebanho de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	247
Tabela 42 - Emissões totais de metano do rebanho de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	248
Tabela 43 - Emissões de óxido nitroso (N ₂ O) por manejo de dejetos do rebanho de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	250
Tabela 44 - Máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação da propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	267
Tabela 45 - Custos fixos totais de máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação da propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	268
Tabela 46 - Dados utilizados para o cálculo da hora trabalhada na propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	270
Tabela 47 - Custo da mão de obra familiar por operação em cada sistema de alimentação definidos no contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	272
Tabela 48 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “silagem de milho” por operação e por hectare. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	274
Tabela 49 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio sorgo + milho” por operação e por hectare. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	275
Tabela 50 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio sorgo + milho” por operação e por hectare. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	276
Tabela 51 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “silagem de milho”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	278
Tabela 52 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio sorgo + milho”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	279
Tabela 53 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio azevém + aveia”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.	280
Tabela 54 - Custos de produção dos sistemas de alimentação para gado leiteiro da propriedade do Sr. Francisco Bordignon, localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.	282
Tabela 55 - Benfeitorias destinadas à produção de leite – contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	283
Tabela 56 - Custos fixos totais de benfeitorias destinadas à produção de leite. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	284
Tabela 57 - Equipamentos destinados à produção de leite – contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	285
Tabela 58 - Custos fixos totais de equipamentos destinados à produção de leite. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	286
Tabela 59 - Custos variáveis (reparos e manutenção) de equipamentos destinados à produção de leite. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	287
Tabela 60 - Custos de benfeitorias por “sistema de criação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	287
Tabela 61 - Custos de equipamentos por “sistema de criação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	289
Tabela 62 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “bezerras até um ano”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	291

Tabela 63 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “novilhas não prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	292
Tabela 64 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “novilhas prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	293
Tabela 65 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “vacas em lactação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	293
Tabela 66 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “vacas secas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	294
Tabela 67 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “touros”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	295
Tabela 68 - Insumos (sanidade) dos sistemas de criação. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	296
Tabela 69 - Custos de insumos (sanidade) por sistema de criação. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	296
Tabela 70 - Custos de insumos (pastagens) por sistema de criação. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	297
Tabela 71 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “bezerras até um ano”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	297
Tabela 72 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “novilhas não prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	298
Tabela 73 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “novilhas prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	298
Tabela 74 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “vacas em lactação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	299
Tabela 75 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “vacas secas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	300
Tabela 76 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “touros”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	300
Tabela 77 - Custos de insumos necessários para ordenha. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	301
Tabela 78 - Custos totais do sistema de criação: “bezerras até um ano”, em REAIS (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	302
Tabela 79 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas não prenhas”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	303
Tabela 80 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas prenhas”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	304
Tabela 81 - Custos totais do sistema de criação: “vacas em lactação”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	305
Tabela 82 - Custos totais do sistema de criação: “vacas secas”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.....	306
Tabela 83 - Custos totais do sistema de criação: “touros”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.	307
Tabela 84 - Máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	309
Tabela 85 - Custos fixos totais de máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	309
Tabela 86 - Dados utilizados para o cálculo do custo da mão de obra. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	310
Tabela 87 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “campo melhorado” por operação e por hectare. Contexto: Cabanha Amor à Terra.....	311
Tabela 88 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “sorgo forrageiro” por operação e por hectare. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	312
Tabela 89 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “Aveia” por operação e por hectare. Contexto Cabanha Amor à Terra.....	313
Tabela 90 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “campo melhorado”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	314
Tabela 91 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “sorgo forrageiro”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	315
Tabela 92 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação “aveia”. Contexto Cabanha Amor à Terra.	315

Tabela 93 - Custos de produção dos sistemas de alimentação para gado de corte. Contexto Cabanha Amor à Terra.	317
Tabela 94 - Benfeitorias destinadas à produção pecuária – contexto: Cabanha Amor à Terra.	318
Tabela 95 - Custos fixos totais de benfeitorias destinadas à produção pecuária. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	320
Tabela 96 - Equipamentos destinados à pecuária de corte – contexto: Cabanha Amor à Terra.	321
Tabela 97 - Custos fixos totais de equipamentos destinados à pecuária de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	321
Tabela 98 - Custos variáveis (reparos e manutenção) de equipamentos destinados à pecuária de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	322
Tabela 99 - Custos de benfeitorias por “sistema de criação”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	322
Tabela 100 - Custos de equipamentos por “sistema de criação”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	324
Tabela 101 - Insumos (sanidade) dos sistemas de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	326
Tabela 102 - Custos de insumos (sanidade) por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	327
Tabela 103 - Custos de insumos (pastagens) por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	327
Tabela 104 - Custos de insumos (alimentação) por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	328
Tabela 105 - Insumos necessários para a reprodução. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	329
Tabela 106 - Custos com reprodução por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.	330
Tabela 107 - Custos totais do sistema de criação: “terneiros ao pé da vaca”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	332
Tabela 108 - Custos totais do sistema de criação: “terneiras ao pé da vaca”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	333
Tabela 109 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas 14 meses”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	334
Tabela 110 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas 24 meses prenhas”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	335
Tabela 111 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas 24 meses descarte”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	336
Tabela 112 - Custos totais do sistema de criação: “vacas com cria ao pé”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	337
Tabela 113 - Custos totais do sistema de criação: “vacas prenhas”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	338
Tabela 114 - Custos totais do sistema de criação: “machos 14 meses para a recria”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	339
Tabela 115 - Custos totais do sistema de criação: “machos 14 meses para a reprodução”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.	340

LISTA DE ABREVIATURAS

°C – Grau Celsius
AAUs – Assigned Amont Units - Unidades Equivalentes Atribuídas
AGRIPEC – A Tool For Assessing Economical Costs
AGROPOL – Ecological Footprints Of Agro-Techniques
AQUI – Aquic
AS – Sistema de Alimentação
BA – Bahia
BLFGE – Bandeirantes Landfill Gas To Energy Project
BM&F – Bolsa de Mercadorias e Futuros
C/N – Relação Carbono/Nitrogênio.
CA – Coeficiente De Situação Alimentar
CBF – Carbon Finance Business
CCX – Chicago Climate Exchange
CDEF – Cummunity Development Carbon Fund
CDM – Criteria and Indicators for Appraising Clean Development Mechanism
CER – Reduções Certificadas de Emissões - Certifical Emission Reduction
CF – Custo Fixo
CF2CL2 – Dichlorodifluoromethane
CFCs – Clorofluorcarbonos
CH4 – Metano
CM – Centímetros
Cnumad – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CO – Monóxido de Carbono
CO2 – Dióxido de Carbono
COP-1 – Primeira Conferência das Partes
COP-2 – Segunda Conferência das Partes
COP-3 – Terceira Conferência das Partes
COP-4 – Quarta Conferência das Partes
COP-5 – Quinta Conferência das Partes
COP-6 – Sexta Conferência das Partes
COP-7 – Sétima Conferência das Partes
COREDE – Conselho de Dsenvolvimento Regional
CT – Custo Total
CTD – Cold temperate, Dry
CTM – Cold temperate, Moist
CV – Custo Variável
CVT – Custo variável total
DE – Digestibilidade do Alimento
E.U. ETS – União Européia - Europe Trade Scheme
EEB – Encéfalopatia Espongiforme Bovina
ENOA – Fenômeno El Niño/Oscilation Austral
ERUs – Unidades de Redução de Emissões - Emission Reduction Units
ET – Emissions Trading
ETS – Europe Trade Scheme - Esquema Europeu de Comércio de Emissões
EUA – Estados Unidos da América
FAMATO - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Mato Grosso
FAO – Food and Agriculture Organization of the Nations
G7 – Grupo de Países em Desenvolvimento
GE – Energia Bruta
GEE – Gases Causadores do Efeito Estufa
Gg – Gigagramas
GHG – Greenhouses Gases
GO – Goias
GtC – Gigatoneladas de Carbono
GWP - Global Warming Power
H2O – Água
HCAM – High Clay Activity Mineral
HFCs – Hidrofluorcarbonos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – Agência Internacional de Energia
INSS – Instituto Nacional de Segurança Nacional
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change - Grupo Intergovernamental de Especialistas sobre a Mudança Climática
ITR – Imposto Territorial Rural
JI – Joint Implementation
KG – Quilogramas
kg/ha – Quilogramas por Hectare
km² – Quilômetro Quadrados
LB2 – Latossolo Bruno
LCAM - Low clay activity mineral
LN – Lucro Normal
MA – Maranhão
MBRE – Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MG – Minas Gerais
MJ – Megajoules
ML – Margem Líquida
mm/ano – milímetros
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MS – Matéria Seca
MW – peso animal adulto
N₂O – Óxido nitroso
NEg – Energia Líquida de Crescimento
NEm – Energia Líquida de Manutenção
NSC – carboidrato não-estrutural
NSW – New South Wales
O₃ – Ozônio
OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos
OMM – Organização Meteorológica Mundial
ONGs – Organizações não governamentais
ONU – Organização das Nações Unidas
OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PA – Pará
PBD – Polar/Boreal, Dry
PBW – Polar/Boreal, Wet
PCF – Fundo Protótipo do Carbono
PFC – perfluorcarbonos
pH – potencial hidrogeniônico
PIB – Produto Interno Bruto
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PP – produção primária
PPB – parte por bilhão
PPM – parte por milhão
PR – Parana
RBT – Renda Bruta Total
RCEs – Reduções Certificadas de Emissões
RECE – Relatório Especial sobre Cenários de Emissões do IPCC
RJ – Rio de Janeiro
RMUs – Unidades de Remoção - Removal Units
RO – Rondonia
RS – Rio Grande do Sul
SAND - Sandy
SBT – pg 125
SC – Santa Catarina
SC – Sistema de criação
SF₆ –
SIE – Informe de Evaluación

SO₂ – Dióxido de Enxofre
SP – São Paulo
SPOD – Spodic
Tc/ha – pg 113
Tg – teragramas
Tier – pg 142
TIR – Taxa Interna de Retorno
TRA – Terceiro Relatório de Avaliação
TRD – Tropical, dry
TRI – Tempo de Retorno de Investimento
TRM – Tropical, moist
TRW – Tropical, wet
U.E – União Européia
U.K ETS – tabela 3
UF – União Federativa
UHT – Ultra High Temperature
UNEP – United Nations Environmental Programme
UNFCCC – United Nations Framework Convention on climate Change
UPF – Universidade de Passo Fundo
VFAs – ácidos graxos voláteis
VOLC – Volcanic
W – Peso vivo
WG – ganho ou perda médio diário de peso
Wm-2 – Radiative forcing
WMO – World Meteorological Organization
WTD – Warm temperate, dry
WTM – Warm temperate, moist
Ym – Taxa de conversão metano

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	
LISTA DE MAPAS	
LISTA DE QUADROS	
LISTA DE GRÁFICOS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE ABREVIATURAS	
INTRODUÇÃO	25
PARTE 1: PROBLEMÁTICA E CONTEXTO DE ESTUDO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS, GASES EFEITO-ESTUFA E O BALANÇO DE CARBONO NA PECUÁRIA BOVINA.....	28
CAPÍTULO 1: CONTEXTO DE PRODUÇÃO E EMISSÕES DE METANO DA PECUÁRIA BOVINA BRASILEIRA: A PROBLEMÁTICA DE PESQUISA.....	28
1.1 A PECUÁRIA BOVINA DE CORTE E DE LEITE DO BRASIL	28
1.2 AS PRÁTICAS DE CRIAÇÃO NO BRASIL.....	31
1.3 AS EMISSÕES DE METANO NA CRIAÇÃO BOVINA BRASILEIRA E AS OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO.....	32
1.4 PROBLEMA DE PESQUISA.....	33
1.5 OBJETIVOS	39
1.5.1 Objetivos específicos.....	40
1.6 HIPÓTESES.....	40
CAPÍTULO 2: MUDANÇAS CLIMÁTICAS E GASES EFEITO-ESTUFA (GEE)	41
2.1 GASES EFEITO-ESTUFA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	42
2.1.1 Os agentes de Radiative forcing que provocam a mudança climática	46
2.2 AS MUDANÇAS OBSERVADAS NO SISTEMA CLIMÁTICO	49
2.2.1 Mudanças observadas na temperatura	51
2.2.2 Mudanças observadas nas precipitações e na umidade da atmosfera	52
2.2.3 Mudanças observadas na extensão da camada de neve e do gelo terrestre e marinho	55
2.2.4 Mudanças observadas no nível do mar.....	56
2.2.5 Projeções de mudanças futuras no clima.....	57
2.2.6 Efeitos da mudança do clima no meio ambiente natural e humano	58
CAPÍTULO 3: PROTOCOLO DE QUIOTO E INTENSIFICAÇÃO DA PECUÁRIA BOVINA BRASILEIRA.....	63
3.1 O PROTOCOLO DE QUIOTO E O ESTABELECIMENTO DE METAS QUANTITATIVAS DE REDUÇÕES	63
3.2 O PROTOCOLO DE QUIOTO E O ESTABELECIMENTO DE MECANISMOS E FLEXIBILIDADE	70
3.3 O MERCADO DE CARBONO	76
3.3.1 O Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE).....	83
3.4 O MERCADO DE CARBONO E A INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DA PECUÁRIA BRASILEIRA	84
3.4.1 Critérios de elegibilidade	85
3.5 CONCLUSÕES.....	90
PARTE 2: PECUÁRIA BOVINA NO BRASIL E EMISSÕES DE METANO: DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA, BALANÇO DE CARBONO E OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO.....	93
CAPÍTULO 4: O PAPEL DA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE E DE LEITE NO BRASIL E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O EFEITO ESTUFA	93
4.1 A PECUÁRIA DE CORTE NO BRASIL.....	93
4.1.2 A pecuária de corte e suas contribuições para o Efeito Estufa.....	100
4.2 A PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL	106
4.2.1 A pecuária de Leite e suas contribuições para o efeito estufa.....	116
4.3 IMPORTÂNCIA DA PECUÁRIA NAS EMISSÕES ANTRÓPICAS BRASILEIRAS DE GASES EFEITO ESTUFA.	120
CAPÍTULO 5: BALANÇO DE CARBONO NA RELAÇÃO SOLO-PASTAGEM-ANIMAL	124
5.1 RELAÇÃO SOLO-PLANTA-ANIMAL	124
5.2 BALANÇO DE CARBONO: FONTES DE EMISSÕES E PONTOS DE SEQUESTRO.....	131
5.3 EMISSÕES DE METANO POR FERMENTAÇÃO ENTÉRICA EM RUMINANTES.....	134
5.3 UTILIZAÇÃO DE ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO EM BOVINOS	135
5.4 OPÇÕES DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE METANO POR FERMENTAÇÃO ENTÉRICA. .	138

PARTE 3: METODOLOGIA.....	142
CAPÍTULO 6 – O MODELO AGRIPEC – UMA FERRAMENTA PARA ESTIMAR CUSTOS DE PRODUÇÃO E EMISSÕES DE GEES DA PECUÁRIA BRASILEIRA	142
6.1 VISÃO GERAL DO MODELO AGRIPEC.....	142
6.2.1 Custos envolvidos no sistema de alimentação	147
6.2.2 Custos envolvidos no sistema de criação.	150
6.2.3 Resultados econômicos.....	150
6.3 MODELO CONCEITUAL E AS VARIÁVEIS DE ESTUDO PARA A ESTIMAÇÃO DAS EMISSÕES DOS GASES EFEITO ESTUFA.	151
6.3.1 Modelo conceitual para a estimacão das emissões de metano por fermentacão entérica. ..	151
6.3.2 Modelo conceitual e variáveis de estudo para a estimacão das emissões de metano por manejo dos dejetos animais	158
6.3.3 Modelo conceitual e variáveis de estudo para a estimacão das emissões de óxido nitroso (N ₂ O) por manejo dos dejetos animais	161
6.4 UNIVERSO DA PESQUISA.	162
6.5 TÉCNICA DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS.	163
PARTE 4: RESULTADOS: O MODELO AGRIPEC APLICADO NA PECUÁRIA BOVINA DE LEITE E DE CORTE	165
CAPÍTULO 7: O MODELO AGRIPEC: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMAR CUSTOS DE PRODUÇÃO E EMISSÕES DE GASES EFEITO ESTUFA DA PRODUÇÃO PECUÁRIA BOVINA.	165
7.1 ASPECTOS GERAIS	165
7.2 AGRIPEC/ALIMENTAÇÃO - MODELO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.....	171
7.2.1 Máquinas e equipamentos.....	171
7.2.2 Mão de obra.....	173
7.2.3 Insumos (Sistema de alimentacão)	175
7.2.4 Custos Totais de producao (Sistema de alimentacão).....	176
7.3 AGRIPEC/CRIAÇÃO - MODELO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DO SISTEMA DE CRIAÇÃO ...	176
7.3 1 Rebanho/categorias de animais.	176
7.3 2 Mão de obra.....	176
7.3 3 Benfeitorias.	180
7.3 4 Equipamentos.	182
7.3 5 Insumos (<i>inputs</i>).	183
7.3 6 Despesas gerais.	184
7.3.7 Custos de producao dos sistemas de criacao.....	184
7.3.8 Produtos (<i>outputs</i>):	185
7.4 AGRIPEC/EMISSÕES - MODELO DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES EFEITO ESTUFA NA PECUÁRIA.....	186
7.4.1 Estimativa de emissões de metano por fermentacão entérica.....	186
7.4.2 Estimativa de emissões de metano por manejo de dejetos.....	188
7.4.3 Estimativa das emissões totais de metano.	189
7.4.4 Estimativa de emissões de óxido nitroso por manejo de dejetos.....	190
7.5 AGRIPEC-LEITE: UMA APLICACÃO DO MODELO AGRIPEC NUMA PROPRIEDADE DE PECUÁRIA DE LEITE	195
7.5.1 Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS	195
7.5.2 Sistemas de alimentacão (volumosos).....	198
7.5.3 Sistemas de criacao (atelier)	200
7.5.4 Resultados econômicos.....	203
7.5.5 Emissões de metano por fermentacão entérica e por manejo de dejetos	205
7.5.6 Emissões de óxido nitroso (N ₂ O) provenientes da fertilizacão de solos por animais em pastagem	219
7.5.7 Consideracões.....	219
7.6 AGRIPEC-CORTE: UMA APLICACÃO DO MODELO AGRIPEC NUMA PROPRIEDADE DE PECUÁRIA BOVINA DE CORTE.....	220
7.6.1 Contexto: Cabanha Amor à Terra– Lagoa Vermelha/RS.....	221
7.6.2 Sistemas de alimentacão (volumosos).....	222
7.6.3 Sistemas de criacao (atelier)	225
7.6.4 Resultados econômicos.....	229
7.6.5 Emissões de metano por fermentacão entérica e por manejo de dejetos	231

7.6.6 Emissões de óxido nitroso (N ₂ O) provenientes da fertilização de solos por animais em pastagem	250
7.6.7 Considerações finais	251
CAPÍTULO 8: DISCUSSÕES E CONCLUSÃO	253
8.1 DISCUSSÃO	253
8.1.1 O modelo AGRIPPEC como ferramenta de análise técnica, econômica e ambiental de sistemas de produção pecuárias.	253
8.1.2 A pecuária bovina brasileira: sua diversidade necessita de fatores de emissão diferenciados.	256
8.2 CONCLUSÕES	263
ANEXO 1: CAPÍTULO 9 AGRIPPEC-LEITE:ESTRUTURA PRODUTIVA E CUSTOS DE PRODUÇÃO	266
9.1 CUSTOS DOS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO	266
9.1.1 Máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação.....	266
9.1.2 Mão de obra utilizada nos sistemas de alimentação.....	269
9.1.3 Custos totais de máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação.....	273
9.1.4 Custos com insumos (<i>inputs</i>) utilizados nos sistemas de alimentação	276
9.1.5 Custos totais de produção dos sistemas de alimentação	280
9.2 CUSTOS DOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO	283
9.2.1 Benfeitorias e equipamentos utilizados nos sistemas de criação	283
9.2.2 Mão de obra utilizada nos sistemas de criação.....	290
9.2.3 Custos com insumos (<i>inputs</i>) utilizados nos sistemas de criação	295
9.2.4 Custos totais por sistema de criação (atelier)	301
9.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	307
ANEXO 2: CAPÍTULO 10: AGRIPPEC-CORTE:ESTRUTURA PRODUTIVA E CUSTOS DE PRODUÇÃO.....	308
10.1 CUSTOS DOS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO	308
10.1.1 Máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação.....	308
10.1.2 Mão de obra utilizada nos sistemas de alimentação.....	309
10.1.2 Custos totais de máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação.....	310
10.1.4 Custos totais de produção dos sistemas de alimentação	316
10.2 CUSTOS DOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO	317
10.2.1 Benfeitorias e equipamentos utilizados nos sistemas de criação	318
10.2.2 Custos com insumos (<i>inputs</i>) utilizados nos sistemas de criação	326
10.2.2 Custos totais por sistema de criação (atelier)	331
10.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	340
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	342

INTRODUÇÃO

O aumento do efeito estufa e suas consequências a longo prazo sobre as mudanças climáticas suscitam preocupações crescentes em todos os países do mundo. Nos últimos anos, várias nações se engajaram nas negociações internacionais, o que resultou na ratificação do protocolo de Quioto. Tal protocolo, se destina a colocar em prática medidas a fim de reduzir as emissões dos gases causadores do efeito estufa (GEE) ligados às atividades humanas. No quadro deste protocolo, somente certo número de países industrializados se comprometeu a reduzir suas emissões entre os anos 2008-2012 (em média de 5% em relação aos níveis de emissões de 1990).

Os países em desenvolvimento não estão ainda obrigados a se engajar em tais reduções. Historicamente, são os países desenvolvidos que mais têm contribuído para o aumento do efeito estufa. Além disso, as necessidades de crescimento dos países em desenvolvimento podem, por sua vez, serem incompatíveis com a redução imediata dos GEE.

A fim de reduzir os custos de abatimento de emissões nos países desenvolvidos, o Protocolo de Quioto introduziu o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que permite aos países do Anexo 1 investir nos países não inseridos em dito anexo. Tais investimentos seriam em atividades que reduzam as emissões dos GEE em relação a um cenário de referência e contribuam, também, para seu desenvolvimento sustentável. Dessa maneira, o MDL é criado para reduzir os custos de redução das emissões para os países do Anexo 1 dando-lhes acesso aos potenciais de redução de menor custo de outros países, conciliando os objetivos de desenvolvimento destes países com os do hemisfério sul. Para os países do Sul, o MDL constitui uma nova fonte potencial de financiamento internacional.

A longo prazo, se o crescimento dos países em desenvolvimento for traduzido nos mesmos níveis de crescimento das emissões de GEE dos países industrializados, os esforços dos países do Anexo 1 serão anulados. Assim, é necessário se identificar desde já as alternativas de redução de emissões futuras dos GEE para esses países e que sejam conciliáveis com seu desenvolvimento a longo prazo.

O Brasil participa ativamente das negociações sobre mudanças climáticas. A proposta brasileira originou a proposição do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. No entanto, restam, ainda, incertezas sobre a contribuição total do país nas emissões globais dos GEE e sua repartição entre os diferentes setores da economia. Entretanto, já se sabe que as principais emissões do Brasil estão ligadas à agricultura e às mudanças de utilização de terras, em particular no desmatamento da Amazônia conforme, por exemplo, as estimativas

recentes de Fearnside (2000). O papel do setor agrícola na economia brasileira deverá crescer com a eventual liberalização dos mercados internacionais e será, necessariamente, importante para o desenvolvimento futuro do país. Por sua vez, o papel das florestas no protocolo de Quioto e os problemas a elas relacionados não será o centro desta tese, apesar de sua importância. Neste contexto, este trabalho está centrado na análise da importância da pecuária bovina brasileira para as emissões de gases efeito estufa.

Historicamente, a pecuária bovina está ligada ao desenvolvimento econômico de diversas regiões do Brasil. Com um rebanho bovino com mais de 200 milhões de cabeças o país é o principal produtor comercial de bovinos no mundo, sendo a produção de carnes uma das principais atividades da agropecuária brasileira. Assim, a criação bovina é uma importante fonte de s emissões dos GEE do Brasil. 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).

No entanto, a tarefa de analisar a contribuição da pecuária bovina nas emissões de GEEs necessita da identificação dos contextos regionais em que ocorrem os diferentes sistemas de produção no Brasil. Assim, para se comparar diferentes sistemas produtivos, é necessário se desenvolver uma metodologia que permita quantificar as emissões de metano decorrentes tanto da fermentação entérica, como do manejo dos resíduos em nível de propriedade rural. Além disso, tal metodologia deve permitir a coleta de dados que reflitam a realidade dos diferentes contextos produtivos. Dessa forma, esta pesquisa busca construir uma ferramenta de avaliação das emissões e das oportunidades de redução de gases efeito estufa na pecuária bovina no Brasil.

O documento está organizado em quadro grandes partes:

- - Na primeira parte apresentamos o problema de pesquisa, os objetivos propostos e as hipóteses do trabalho. O primeiro capítulo contextualiza a pecuária bovina de corte e de leite do Brasil enfatizando as práticas de criação, as emissões de metano e as oportunidades de redução. O segundo capítulo apresenta o problema das mudanças climáticas e o papel dos gases a efeito estufa sobre o aquecimento global. O terceiro capítulo trata do Protocolo de Quito, a consequente criação de um mercado de carbono e as possibilidades de intensificação da pecuária bovina brasileira;
- A segunda parte trata especificamente da pecuária bovina no Brasil e as emissões de metano. O quarto capítulo identifica o papel da pecuária bovina e suas contribuições para o efeito estufa. Apresentamos a distribuição geográfica do

rebanho brasileiro e de suas emissões de metano. O quinto capítulo apresenta um quadro teórico necessário ao entendimento do balanço de carbono na pecuária e das opções de redução de metano por fermentação entérica;

- A terceira parte é destinada à metodologia. Apresentamos o referencial metodológico utilizado para a construção do modelo para o cálculo do custo de produção e para as estimativas das emissões de gases efeito estufa na pecuária brasileira;
- A quarta parte corresponde aos resultados de nossa pesquisa. O sétimo capítulo apresenta o modelo Agripec como uma ferramenta para estimar os custos de produção e as emissões de GEEs da produção pecuária bovina. A seguir, são apresentados os resultados do Agripec-Leite: uma aplicação do modelo numa propriedade de produção de leite. Na sequência, é apresentado o modelo Agripec-Corte: uma aplicação do modelo numa propriedade de pecuária bovina de corte;
- Por fim, apresentamos as respostas de nossa pesquisa, as principais conclusões e recomendações para posteriores trabalhos de pesquisa. Em anexo, são apresentados dois capítulos com o detalhamento dos cálculos do custo de produção de leite e de carne.

PARTE 1: PROBLEMÁTICA E CONTEXTO DE ESTUDO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS, GASES EFEITO-ESTUFA E O BALANÇO DE CARBONO NA PECUÁRIA BOVINA

A primeira parte da tese é destinada à contextualização do estudo, sendo composta por três capítulos. No primeiro, são apresentados o problema de pesquisa, os objetivos propostos e as hipóteses do trabalho. A pecuária bovina de corte e de leite do Brasil é contextualizada enfatizando as práticas de criação, as emissões de metano e as oportunidades de redução. O problema do aquecimento global causado pela intensificação dos gases efeito estufa de origem antrópica e as consequentes mudanças climáticas são discutidas no segundo capítulo. A contextualização do estudo é complementada pelo terceiro capítulo, o qual, trata do Protocolo de Quito, a consequente criação de um mercado de carbono e as possibilidades de intensificação da pecuária bovina brasileira.

CAPÍTULO 1: CONTEXTO DE PRODUÇÃO E EMISSÕES DE METANO DA PECUÁRIA BOVINA BRASILEIRA: A PROBLEMÁTICA DE PESQUISA

Apresentamos uma breve contextualização da pecuária bovina brasileira com ênfase na diversificação das formas de produção, com destaque para as emissões de metano e as oportunidades de redução. A seguir, apresentamos o problema de pesquisa, os objetivos propostos e as hipóteses do trabalho

1.1 A PECUÁRIA BOVINA DE CORTE E DE LEITE DO BRASIL

A produção de carne no Brasil é uma importante atividade agrícola para a economia brasileira. A cadeia da carne representa em torno de 18% do valor agregado ao setor agro-alimentar (MARTINS-COSTA *et. al.* 2000).

A criação bovina no Brasil é caracterizada por uma grande diversidade e pela falta de coordenação no seio da cadeia. Os tipos de animais, os sistemas de produção, as condições sanitárias de abate e as configurações de comercialização são extremamente variáveis de uma região à outra. A falta de coordenação está ligada à falta de estabilidade nas relações entre os diferentes atores da cadeia (criadores, frigoríficos, atacadistas e varejistas).

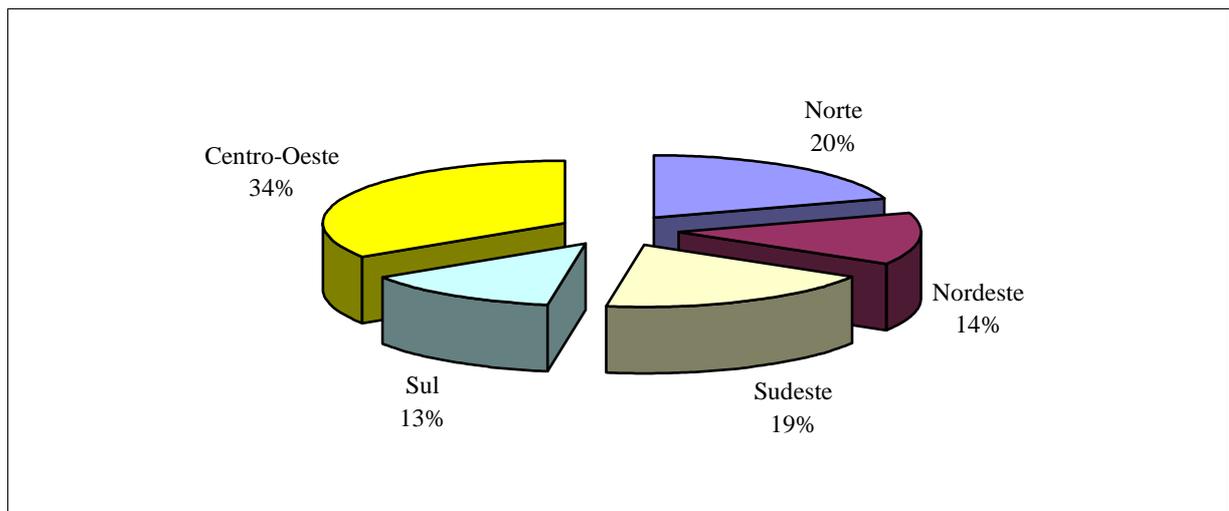


Gráfico 1 - Participação relativa das regiões no Brasil na distribuição geográfica do rebanho bovino do Brasil – 2006.
 Fonte: IBGE/SIDRA, 2006.

A criação bovina leiteira é dominada pelos pequenos produtores não especializados, ou seja, com dupla finalidade para a produção de novilhos e leite. Essa atomização dos produtores induz à utilização de sistemas de produção de baixa tecnologia, com baixos volumes de produção.

Os estados da região Centro-Oeste do país detêm a maior parcela do rebanho nacional de criação bovina de carne, ou seja, 70,5 milhões de cabeças, o que representa um terço do rebanho brasileiro (34%). Os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás detêm, respectivamente, 13% e 12% e 10% do rebanho do país. Em seguida, destaca-se a região Norte com um efetivo total de 41 milhões de cabeças, participando com 20% do rebanho nacional, cujos principais estados produtores são o Pará com 9% e a Rondônia com 6% do rebanho nacional. A região Sudeste do país é responsável por 19% do rebanho nacional, destacam-se o estado de Minas Gerais, com 11% do rebanho. As regiões Nordeste e Sul detêm ;14% e 13% , respectivamente, do rebanho bovino brasileiro (Gráfico 1 e Tabela 1).

Tabela 1 - Efetivo do rebanho bovino brasileiro (cabeças) e participação relativa (%) por Unidade da Federação.

Brasil e Unidade da Federação	Efetivo dos rebanhos (Cabeças)	Participação relativa (%)
Rondônia	11 484 162	6%
Acre	2 452 915	1%
Amazonas	1 243 358	1%
Roraima	508 600	0%
Pará	17 501 678	9%
Amapá	109 081	0%
Tocantins	7 760 590	4%
Maranhão	6 613 270	3%
Piauí	1 838 378	1%
Ceará	2 352 589	1%
Rio Grande do Norte	1 027 289	0%
Paraíba	1 092 792	1%
Pernambuco	2 095 184	1%
Alagoas	1 029 352	0%
Sergipe	1 067 508	1%
Bahia	10 764 857	5%
Minas Gerais	22 203 154	11%
Espírito Santo	2 119 309	1%
Rio de Janeiro	2 095 666	1%
Guanabara	-	
São Paulo	12 790 383	6%
Paraná	9 764 545	5%
Santa Catarina	3 460 835	2%
Rio Grande do Sul	13 974 827	7%
Mato Grosso do Sul	23 726 290	12%
Mato Grosso	26 064 332	13%
Goiás	20 646 560	10%
Distrito Federal	98 740	0%
Brasil	205 886 244	100%

Fonte: IBGE/SIDRA, 2006.

Historicamente, a criação bovina foi, primeiramente, desenvolvida no Nordeste, Sul e Sudeste. Entretanto, a importância dessas regiões diminuiu atualmente em virtude do crescimento do rebanho no Centro-Oeste e sobre as fronteiras exploradas da Amazônia. A região Centro-Oeste conheceu um crescimento contínuo de seu rebanho ao longo das quatro últimas décadas, ao passo que a região Norte teve uma ocupação mais tardia com um crescimento significativo de seu rebanho após 1985 (Estudo...,2000). Pocard-Chapuis (2003) mostra um verdadeiro deslocamento do arrendamento bovino do sul ao norte do país, que se afirma ao longo da última década.

O rebanho bovino leiteiro era de 19 milhões de cabeças em 1990, e encontra-se ainda principalmente na região Sudeste (40,4%); o restante divide-se pelas regiões Nordeste (19,8%), Centro-oeste (17,0%), Sul (14,7%) e Norte (8,1%) (EMBRAPA, 2003).

Na Amazônia, a expansão da pecuária bovina extensiva se faz pelo crescimento das áreas em pastagens ao longo da área que compõe o arco de desmatamento da Amazônia (FRANKE *et. al.* 2002). Nessa região, o aumento das emissões de metano ligadas ao crescimento da criação bovina é acompanhado de emissões importantes de GEE ligadas ao desmatamento.

Desde alguns anos, o Brasil tem aumentado sua participação no mercado internacional de carne bovina e de seus derivados, apesar de as exportações representarem ainda apenas 8% da produção (ANUALPEC, 2001). A erradicação da febre aftosa nas principais regiões do país e a abertura do comércio internacional possibilitou um estímulo considerável das exportações. O Brasil apresenta vantagens comparativas no setor, baseadas nos seus recursos naturais abundantes e propícios à criação bovina (água, terras cultiváveis, clima diversificado), e na mão de obra ainda barata, e, sobretudo, o país apresenta espaço disponível e baixos custos de produção.

1.2 AS PRÁTICAS DE CRIAÇÃO NO BRASIL

A alimentação do rebanho bovino brasileiro ocorre principalmente sobre o uso de grandes áreas em pastagens naturais e cultivadas. Todavia, nestes últimos anos, a prática de confinamento de animais aumentou de maneira significativa. Esta prática permite ganhos de produtividade importantes. Da mesma forma, novas regras de gestão de pastagens aparecem, permitindo aumentar o número de animais por hectare. As práticas de confinamento se desenvolvem principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Os estados de São Paulo, de Goiás e do Mato Grosso representam 52% do número de cabeças confinadas (ANUALPEC, 2001). Entretanto, as margens econômicas deste tipo de intensificação têm sido bastante reduzidas e uma excelente matriz da tecnologia tornou-se determinante para assegurar sua rentabilidade. Estima-se que o número de cabeças de gado geradas intensivamente passou de 750.000 em 1991 a 1.950.000 em 2000, representando um crescimento de 160%

Por um lado, essas novas práticas permitem a engorda do boi mais rapidamente, o aumento da escala de produção na propriedade e a obtenção de ganhos de produtividade no leite e na carne. Resultam, assim, numa melhora do retorno sobre o investimento e numa diminuição da necessidade de espaço. As economias de escala para esse tipo de intensificação e as necessidades de capital para investimentos iniciais não são adaptadas às explorações de pequeno porte. A longo prazo, isso se traduz pela exclusão da agricultura

familiar, que tende a sair deste mercado ou a continuar baseada sobre os sistemas de baixa produtividade.

Por outro lado, a produção de animais em confinamento pode apresentar sérios problemas ambientais, especialmente, devido sua concentração e localização inadequada uma vez que muitos animais confinados produzem uma quantidade significativa de resíduos, os quais, muitas vezes, não são adequadamente tratados. A sua inadequada localização pode contaminar mananciais e fontes de abastecimento de água.

Além disso, questões de bem estar animal devem ser levadas em consideração no confinamento do gado. A alta concentração de animais em pouco espaço físico pode trazer problemas comportamentais e de sanidade animal. A alimentação inadequada pode determinar problemas de saúde animal, tais como, o “mal da vaca louca” ou *Encéfalopatia Espongiforme Bovina* (EEB) com reflexos, inclusive na saúde humana.

1.3 AS EMISSÕES DE METANO NA CRIAÇÃO BOVINA BRASILEIRA E AS OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO

A criação bovina participa de maneira não negligenciável nas emissões dos GEE do Brasil. 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). Isso é mais ou menos equivalente às emissões ligadas à utilização de combustíveis fósseis (55,2 a 64,0 milhões de toneladas equivalentes carbono) (ROSA *et. al.* 2002). As emissões de dióxido de nitrogênio pelos dejetos animais não estão inclusas nesta primeira estimativa.

Essas primeiras estimativas devem ser melhoradas, pois numerosos dados-chave não são ainda bem conhecidos, como a estrutura do rebanho, as técnicas de gestão dos dejetos, a produtividade dos animais no seio das diferentes grandes regiões produtoras (LIMA *et. al.* 2002). Em numerosos casos, os valores “*default*” do IPCC¹ foram utilizados nos cálculos destas emissões.

A essas emissões, dever-se-ia adicionar àquelas ligadas ao desmatamento de fato da criação bovina amazônica. As estimativas dessa contribuição não estão ainda publicadas nos inventários nacionais, mas os primeiros trabalhos realizados por diferentes pesquisadores mostram quais são consideráveis (FEARNSIDE, 2000; PALM *et. al.* 2000). Em termos de emissões médias, até se pode considerar, mas existem, ainda, grandes

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change.

variações, segundo as propriedades, além disso, a quantidade de animais na Amazônia não ultrapassa um animal/hectare em média, uma vez que também, na Amazônia, existe uma pecuária bastante diversificada em que coexistem sistemas de produção simples, baseados em mão de obra familiar e sistemas mais complexos como o confinamento.

A maior parte das emissões de metano vem da fermentação entérica, resultado normal do processo digestivo dos animais ruminantes como os bovinos. O metano produzido durante o processo representa, em parte, um uso improdutivo da energia contida na alimentação do gado. Assim, vários pesquisadores estão tentando identificar os meios de redução dessas emissões. Os resultados mais promissores para essa redução são obtidos com o melhoramento da produtividade e da eficácia na produção. Isso permite reduzir as emissões não por animal, mas por unidade de produção (quilo de leite ou de carne). O caso de intensificação da criação bovina leiteira americana é por vezes destacado, como tendo contribuído ao mesmo tempo para a redução das emissões antrópicas dos GEE e para uma melhor competitividade do setor bovino (EPA, 2002). Outras consequências benéficas são destacadas, como a melhora da saúde animal, a estabilidade da produção e a redução das importações dos produtos animais em escala nacional (EPA, 2002).

Uma melhor gestão das pastagens, de práticas de suplementação alimentar, a substituição das forragens por alimentos contendo menos fibra, um controle sanitário adequado, uma gestão integrada dos dejetos animais, assim como as melhoras de performances genéticas dos animais são, do mesmo modo, as técnicas suscetíveis de crescimento da produtividade dos rebanhos e da redução das emissões ligadas à pecuária bovina. Na Amazônia, trabalhos suplementares buscam desenvolver sistemas silvopastoris, introduzindo as árvores nas pastagens, de maneira a aumentar a produtividade da exploração. Outros trabalhos em curso sobre as biotecnologias permitem modificar o funcionamento do rúmen dos animais. Os resultados desses trabalhos poderão, todavia, ir de encontro aos problemas de aceitação pública (MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES, 2001).

1.4 PROBLEMA DE PESQUISA

Uma das primeiras constatações que se faz ao se debruçar sobre a questão da sustentabilidade é que se está entrando num universo complexo e multifacetado. O conceito de desenvolvimento sustentável abrange pelo menos três esferas do conhecimento: a econômica, a ecológica e a social. Assim, a busca do desenvolvimento sustentável implica que se concilie crescimento econômico, justiça social e a manutenção dos recursos naturais

de tal forma que se permita que a humanidade conviva, *ad infinitum*, em harmonia com a natureza e com equidade social.

Nesse sentido Sachs (1993) chama a atenção de que, ao se planejar o desenvolvimento, sustentável deve-se considerar simultaneamente cinco dimensões de sustentabilidade: a sustentabilidade social, cujo objetivo é construir uma civilização do “ser” com mais equidade na distribuição do “ter” e da renda; a sustentabilidade econômica, possibilitada por uma alocação e gestão mais eficiente dos recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado; a sustentabilidade ecológica; a sustentabilidade espacial, voltada para uma configuração territorial mais equilibrada; e a sustentabilidade cultural que respeite as especificidades culturais de cada local.

Conciliar os objetivos econômicos, sociais e ecológicos não será possível enquanto se pensar em resolver esta equação de forma fragmentada e disciplinar. Isto porque a sustentabilidade econômica, social e ambiental é um processo cuja dinâmica requer uma visão sistêmica e uma evolução constante de paradigmas e de verdades, cuja mudança é tão cara para qualquer das disciplinas envolvidas.

Nesta linha de análise, Capra (1986), propõe uma nova visão da realidade que transcenda fronteiras disciplinares, isto significa realizar uma rede de conceitos e modelos interligados e desenvolver instituições compatíveis com esta nova visão. Pois, nessa visão sistêmica nenhuma disciplina é mais fundamental que as outras, uma vez que, o conceito ultrapassa distinções disciplinares fazendo com que as instituições se comuniquem e cooperem entre si. A concepção sistêmica vê o mundo em termos de relações de integração, e enfatiza os princípios de organização. As atividades de sistemas envolvem um processo de transação, ou seja, a interação simultânea e mutuamente interdependente entre componentes múltiplos.

Neste sentido, a análise da contribuição da pecuária para as emissões de gases efeito estufa no Brasil se apresenta como um problema complexo e, por isso, necessita da contribuição de diversas ciências as quais devem interagir na busca de soluções que resultem na sustentabilidade da atividade.

Tal complexidade deriva do fato de que a pecuária bovina brasileira de corte é majoritariamente extensiva, fato que demanda grandes extensões de terra necessárias ao processo produtivo, enquanto que a pecuária de leite ocorre, na sua maioria, nas pequenas propriedades rurais. Historicamente, a questão agrária no Brasil e consequente concentração da posse da terra têm sido a origem e o palco de tensões sociais no campo. Por sua vez, a expansão da criação bovina extensiva na Amazônia se traduz em diversos problemas sócio-ambientais, entre eles o desmatamento e o aumento das emissões de

metano pelo incremento do rebanho. No entanto, a pecuária é um setor importante no desenvolvimento do país, destinado, provavelmente, a crescer ainda no futuro, reforçando as emissões dos GEE no Brasil. As dinâmicas espontâneas de intensificação continuam ainda observáveis entre alguns grandes proprietários rurais e arriscam a reforçar o processo de concentração das terras. Apesar disto, as práticas de intensificação são suscetíveis de reduzir a contribuição da criação bovina nas emissões de metano do país.

Desta forma, a busca de soluções para os problemas da emissão de metano da pecuária brasileira sob a ótica da sustentabilidade se traduz em diversos questionamentos, tais como: a intensificação da criação bovina pode participar de maneira significativa a longo prazo na redução das emissões de gases causadores do efeito estufa no Brasil? Se a resposta é afirmativa, quais políticas nacionais e internacionais são suscetíveis de promover esta intensificação de maneira compatível a um desenvolvimento sustentável?

Para tanto, é necessário analisar a possibilidade da intensificação da pecuária brasileira de participar significativamente nos esforços de redução de emissões de gases efeito estufa no Brasil. Tal análise deve identificar o potencial de reduções das emissões, bem como, a adicionalidade em termos de desenvolvimento sustentável.

Porém, a tarefa de analisar os efeitos da intensificação do processo produtivo da pecuária brasileira necessita da identificação dos contextos regionais em que ocorrem os diferentes sistemas de produção no Brasil. Assim, é necessário identificar, para cada contexto, os aspectos tecnológicos, socioeconômicos e ambientais inerentes aos diversos tipos de produção pecuária tanto de carnes, como de leite.

Em termos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e do mercado de carbono, a escolha de projetos viáveis ocorre a partir daqueles que apresentarem menores custos e, portanto, mais eficientes na redução das emissões. Assim, para se comparar diferentes sistemas produtivos, é necessário se desenvolver uma metodologia que permita quantificar as emissões de metano decorrentes tanto da fermentação entérica, como do manejo dos resíduos em nível de propriedade rural. Além disto, tal metodologia deve permitir a coleta de dados que reflitam a realidade dos diferentes contextos produtivos.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima² estabeleceu que os países signatários assumissem o compromisso de desenvolver e atualizar os inventários nacionais das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros dos gases de efeito estufa. A metodologia adotada pela Convenção foi desenvolvida pelo Painel

²Firmada na cidade de Nova York, em 9 de maio de 1992, ratificada pelo Congresso Nacional (Decreto Legislativo nº 1, de 03/02/94), com instrumento de ratificação depositado na Organização das Nações Unidas em 28 de fevereiro de 1994. Vigente no Brasil a partir de 29/05/94.

Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC, em conjunto com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos - OCDE e a Agência Internacional de Energia – IEA. O objetivo desta metodologia é permitir o cálculo e a apresentação das emissões antrópicas líquidas nacionais de gases de efeito estufa.

No contexto de emissões nacionais, o capítulo destinado à agricultura do manual de referência para a realização dos relatórios nacionais do IPCC³ apresenta uma metodologia padrão para as estimativas de emissões de metano decorrentes da pecuária. Apesar de o Brasil utilizar esta metodologia para calcular as emissões da pecuária brasileira, ainda restam incertezas sobre a adequação desta para a realidade brasileira. Conforme Lima *et. al.*:

Por sua própria origem, a metodologia do IPCC adotada pela Convenção tem, como referência, pesquisas realizadas e metodologias elaboradas por especialistas de países desenvolvidos, onde as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis representam a maior parte das emissões. Em consequência, setores importantes para os países em desenvolvimento, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, não são tratados com a profundidade necessária. Portanto, os fatores de emissão default ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com a devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores apresentados ou a própria metodologia proposta. (2002, p.).

Segundo os autores, a carência de dados estatísticos sobre a caracterização do rebanho por categorias, pesos vivos, consumo e digestibilidade de alimentos entre outros parâmetros resultou num dos problemas encontrados na estimativa das emissões de metano. A falta destes dados acarretou numa incerteza significativa na estimativa de emissões obtidas. Além disto, os autores destacam que a variabilidade das emissões, por categoria animal, sob diferentes condições climáticas deveria ser investigada em um país com a dimensão do Brasil.

Desta forma, uma questão que se impõe refere-se à adequação da metodologia da proposta pelo IPCC para a realização dos inventários nacionais de emissões de metano provenientes da pecuária para estimativas de emissões em nível de propriedade rural.

A necessidade de se avaliar as emissões de GEEs da pecuária no contexto brasileiro é devido a três razões principais: inadequação das estimativas internacionais de emissões de GEEs da pecuária, que levam em consideração em suas previsões dados registrados na

³ Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (IPCC,1996).

América Central; a grande diversidade climática e ecológica do Brasil determina que os padrões de emissões de GEEs por biomas brasileiros não tenham a mesma resposta que os biomas da América Central, como o da Costa Rica; o desempenho do Brasil no mercado mundial de carnes e de leite impõe a necessidade de geração de dados confiáveis e apropriados ao papel do país no contexto global.

O *Livestock Long Shadow: environmental issues and options* publicado pela FAO⁴ (2006) utiliza dados de fatores de emissão conjuntos para a América Latina e América Central. No entanto, existem diferenças significativas entre a pecuária e, de uma maneira geral, entre a agricultura praticada na América Central e na América Latina, em especial no Brasil. O Brasil, por sua extensão e diversidade de sistemas de produção pecuária necessita estabelecer diferentes fatores de emissão que reflitam sua diversidade a fim de apresentar estimativas mais precisas das emissões de GEEs oriundas de sua pecuária.

O IPCC utiliza fatores de emissão de metano por fermentação entérica agregados em dois grupos: países desenvolvidos e países em desenvolvimento para serem utilizados na estimativa de emissões utilizando a metodologia Tier 1. Em primeiro lugar, esta classificação é inadequada para um país como o Brasil, em que coexistem diversos tipos de pecuária bovina que variam fortemente em tecnologia utilizada. Além disto, o próprio IPCC recomenda a utilização da metodologia Tier 2 para o cálculo das emissões de metano na pecuária brasileira. Neste caso é necessário o cálculo dos diferentes fatores de emissão.

O Brasil é um país de dimensões continentais apresentando uma diversidade climática, ecológica, agrônômica, econômica, cultural e social. O país apresenta sete biomas diferentes: Bioma Amazônia, Bioma Mata Atlântica, Bioma Caatinga, Bioma Cerrado, Bioma Pantanal e Bioma Pampa. Segundo o IBGE, O Bioma Amazônia é definido pela unidade de clima, fisionomia florestal e localização geográfica. O Bioma Mata Atlântica, que ocupa toda a faixa continental atlântica leste brasileira e se estende para o interior no Sudeste e Sul do País, é definido pela vegetação florestal predominante e relevo diversificado. O Pampa, restrito ao Rio Grande do Sul, se define por um conjunto de vegetação de campo em relevo de planície. A vegetação predominante dá nome ao Cerrado, segundo bioma do Brasil em extensão, que se estende desde o litoral maranhense até o Centro-Oeste e ao Bioma Caatinga, típico do clima semi-árido do sertão nordestino (Mapa1).

⁴ Food and Agriculture Organization of the Nations.



Mapa 1 - Biomas do Brasil.
Fonte: IBGE.

Dada as diferenças geográficas, de clima e de vegetação de cada bioma existem vários tipos de formas de produção da pecuária bovina no Brasil e diversas respostas em termos de emissões de metano, as quais são diferentes daquelas encontradas na América Central. Os diversos sistemas de produção no Brasil apresentam características agrônômicas peculiares a cada bioma brasileiro tais como a existência de campos nativos e a necessidade de formação de pastagens e de diversas formas de dieta alimentar, as quais, por sua vez, são determinantes para diferenças nas emissões de metano por fermentação entérica.

Além disto, o Brasil é um mosaico cultural com grupos sociais que apresentam identidades próprias e que se mantêm unidos formando uma nação. Ribeiro (1995) compõe cenários regionais da história brasileira. Segundo o autor, poucas décadas após a invasão, já havia se formado no Brasil uma protocélula étnica brasileira. Esta foi multiplicada e difundida em vários núcleos e modulou a vida social e cultural das “ilhas-Brasil”. Essa célula cultural neobrasileira inicia-se no século XVI com os mamelucos brasilíndios, que já não sendo índios nem europeus estavam em busca de si mesmos, como um povo novo em sua forma larvar.

Segundo o autor, essas “ilhas-Brasil” operavam como núcleos aglutinadores e aculturadores, iniciando-se com as relações entre portugueses e índios, evoluíram para comunidades-feitorias localizadas no litoral norte. Após, difundiram-se por todo território contaminando as comunidades indígenas de modo a desfazê-los e refazê-los como ilhas civilizatórias. A partir dessa protocélula, através de um processo de adaptação e diferenciação que se estende por quatro séculos, surgem as variantes principais da cultura brasileira tradicional: cultura crioula, cultura caipira, cultura sertaneja, cultura cabocla e cultura gaúcha.

Desta forma, existe uma forte diversidade cultural e de identidade baseada nas diferenças entre grupos sociais como Mineiros, Goianos, Paulistas, Nordestinos e Gaúchos, os quais apresentam posições e relações próprias e diferenciadas a respeito da pecuária em termos de sua importância cultural, social e econômica.

Além disto, o Brasil é uma República Federativa composta por vinte e seis Unidades Federativas, cada uma com sua legislação e políticas próprias diferenciadas em relação à pecuária bovina. As diferentes formas de incentivos à produção e comercialização da pecuária e de produtos agrícolas em geral contribui para moldar diversos padrões de produções regionais, os quais variam os fatores de emissão de metano.

Em termos de comércio mundial, o Brasil tende a ser o primeiro produtor e exportador mundial de carnes no curto prazo e principal exportador de leite no médio prazo, ou seja, em função de sua importância no comércio global, o país não pode basear suas estimativas de emissões de GEEs em dados pouco confiáveis, cuja origem, não reflete a realidade da produção bovina nacional. Além disso, como país emergente, o Brasil tem a responsabilidade política de começar a pensar sobre seus impactos sobre o sistema global e sobre seus impactos sobre os países mais pobres, os quais não podem aproveitar recursos naturais e outras vantagens que o Brasil tem, para seu desenvolvimento sócio-econômico.

Assim, questiona-se: Como construir uma ferramenta de avaliação das emissões e das oportunidades de redução de gases efeito estufa na pecuária bovina no Brasil?

1.5 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é construir uma ferramenta de avaliação das emissões e das oportunidades de redução de gases efeito estufa na pecuária bovina no Brasil.

1.5.1 Objetivos específicos

Esse objetivo se estrutura em quatro objetivos específicos:

- 1) Elaborar um primeira versão da ferramenta para avaliar as emissões os GEEs nos contextos produtivos brasileiros da pecuária de corte e de leite;
- 2) Testar essa ferramenta a partir dos dados coletados em duas situações contrastantes, mas, representativas do Brasil;
- 3) Comparar os resultados obtidos com aqueles da literatura, especialmente: do sistema internacional baseado em valores levantados no *Livestock Long Shadow*; dos dados do IPCC e do Primeiro Relatório de Emissões de Metano da Pecuária do Brasil publicado pela Embrapa;
- 4) Identificar algumas pistas de pesquisa prioritárias que permitam um delineamento de um perfil mais preciso das emissões de GEEs na pecuária bovina brasileira levando-se em consideração a complexidade do tema e a necessidade de se identificar prioridades.

1.6 HIPÓTESES

O cálculo das emissões de GEEs deve ser combinado com outras informações que permitam identificar a eficiência econômica do sistema produtivo atual ou de novas formas de manejo e de gestão da atividade pecuária. Isto porque, o produtor dificilmente mudará sua forma de produzir se não obter incentivos econômicos para adotar novas tecnologias. Além disto, no quadro do MDL, é necessário se obter informações sobre os custos de produção dos diversos projetos propostos, pois a escolha dos projetos, em um mecanismo de mercado, se dará pelos custos marginais de abatimento das emissões. Portanto, este trabalho assume a hipótese da possibilidade de se construir uma ferramenta operacional adaptada aos diferentes contextos brasileiros da pecuária bovina.

Apesar da complexidade que envolve o estudo sobre emissões de gases efeito estufa, parte-se, neste trabalho, da hipótese de que existem diferenças significativas entre as estimativas de fatores de emissão obtidos utilizando-se os dados internacionais e agregados e aquelas que utilizam fatores de emissões obtidos a partir de outros contextos. Ou seja, há uma peculiaridade brasileira devida à diversidade de sistemas de produção.

CAPÍTULO 2: MUDANÇAS CLIMÁTICAS E GASES EFEITO-ESTUFA (GEE)

As mudanças climáticas, em termos de debate sobre questões ambientais, têm se destacado fortemente nos últimos anos e induzindo os Estados Nacionais, as comunidades científicas, as organizações internacionais, as organizações não-governamentais e diversos segmentos das sociedades a interagirem no sentido de propor a aplicação de respostas viáveis para um problema de difícil solução.

O problema é de difícil equacionamento não tanto pelas consequências futuras das mudanças climáticas sobre a vida no planeta, mas, fundamentalmente, por colocar em xeque o estilo de vida da sociedade contemporânea. Estilo este, baseado no paradigma de que nós temos necessidades ilimitadas de possuir bens e serviços, as quais somente serão atendidas pela conjugação infinita do verbo consumir. O ato de consumir requer uma complexa estrutura de produção e de distribuição baseada na utilização dos clássicos insumos apresentados nos manuais de economia: Capital, Terra e Trabalho. A questão chave aqui é que este processo é um sistema aberto de fluxos de massa e de energia que, por um lado, pressiona os recursos naturais pela sua utilização e, por outro, pelos descartes de resíduos acima da capacidade de suporte dos ecossistemas naturais.

No entanto, a expansão da fronteira de possibilidades de produção de diversos países via incorporação de insumos ao processo produtivo ou via incrementos de produtividade advindos de ganhos tecnológicos, tem levado estas nações a experimentar crescimento econômico e acúmulo de renda, embora esta esteja mais ou menos concentrada conforme as condições socioeconômicas de cada país. De qualquer forma, em termos econômicos, pode-se dizer que, na medida em que a economia cresce, maiores são as possibilidades de se atender as necessidades da sociedade, ou seja, maior é o bem-estar.

A intensificação dos gases a efeito estufa verificada após a Revolução Industrial e as consequentes mudanças no clima têm colocado em xeque esta lógica de acumulação de capital, bens e riqueza uma vez que impõem limites ao crescimento econômico numa perspectiva neo-malthusiana e pós-Meadows. Ou seja, é imperativo que se tome medidas agora para evitar as consequências futuras das alterações climáticas. Alguns analistas podem afirmar que as evidências científicas não são tão precisas e que, portanto, não há motivos para tanto “medo” em relação a este tema. Neste caso, podemos usar um ditado popular, mas que expressa um princípio jurídico importante, o da precaução: “é melhor prevenir do que remediar”. Além disto, como nos ensina Buarque (2004), vivemos numa sociedade do medo, ou dos medos, que derivam do próprio sucesso da civilização ocidental. Nas palavras do autor:

No fim do século XX, a humanidade estava mais rica, mais livre, mais integrada pela globalização nos moldes do Ocidente. Mas, apesar de todo o avanço sob a égide do Ocidente, o século XXI se inicia como o Século do Terror, em uma Civilização do Medo. Quando pensava inaugurar uma civilização global, construindo uma Europa do tamanho do Planeta, o mundo se surpreende com o início de uma civilização aterrorizada, com medos. No lugar da confiança no futuro, a civilização ingressa no século XXI com pelo menos 15 medos. (BUARQUE, 2004, p. 2).

Neste contexto, é necessário questionar como gerenciar os fatores que induzem a formação dos gases efeito estufa de forma a minimizar seus efeitos sobre o clima e promover uma nova resposta para a equação crescimento econômico, justiça social e meio ambiente.

No sentido de contribuir para a construção de uma resposta a esta questão, este capítulo tem como objetivo identificar a relação entre os gases efeito estufa e as mudanças climáticas. Para tanto, além desta introdução, apresentamos, os principais gases efeito-estufa, as mudanças climáticas derivadas de sua acumulação e as previsões sobre acumulações futuras destes gases e seus efeitos.

2.1 GASES EFEITO-ESTUFA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Na análise do efeito estufa e dos gases responsáveis por tal fenômeno devemos, em primeiro lugar, considerar que este é um acontecimento natural e indispensável para as condições ideais ao desenvolvimento da vida na terra. Segundo Christianson⁵ (apud MUYLAERT, 2000), o efeito estufa foi observado pela primeira vez no século dezoito pelo filósofo natural Jean-Baptiste-Joseph Fourier durante a Revolução Francesa. Fourier foi o primeiro a conceber a Terra como uma estufa gigante que viabilizaria a vida de plantas e animais na superfície terrestre.

Desta forma, os raios solares, ao atingirem a superfície terrestre, interagem com a mesma sendo que parte destes raios é absorvida, e, outra, é refletida de volta ao espaço. Nesta interação, a radiação solar muda suas características físicas e transforma-se em calor. Assim, parte deste calor é retida na atmosfera terrestre graças à presença de gases causadores do efeito estufa e viabiliza a vida conforme imaginado por Fourier.

Em segundo lugar, deve-se ter a percepção de que, se a sua ocorrência natural é vital para a vida no planeta, a sua intensificação é nociva e representa um grave problema para a manutenção da vida, inclusive a do homem.

⁵ CHRISTIANSON, G. E. *Greenhouse, the story global warming*. Walker Publishing Company, Inc. 1999.

Em condições naturais, segundo o IPCC (2001), a terra absorve a radiação solar sobre toda sua superfície, esta é redistribuída pelas circulações atmosférica e oceânica, após, é irradiada novamente para o espaço em ondas infravermelhas. Na média, a radiação solar que ingressa se equilibra, aproximadamente, com a radiação terrestre. Qualquer fator que altere a radiação recebida do sol ou perdida para o espaço, ou que altere a redistribuição de energia dentro da atmosfera e entre a atmosfera, terra e oceano pode alterar o clima do planeta.

A mudança na energia radiativa líquida da terra disponível para o sistema terra-atmosfera é denominada “*radiative forcing*”. “*Radiative forcing*” positivos tendem a esquentar a superfície da terra e a atmosfera inferior, enquanto que valores negativos tendem a esfriá-las (IPCC, 2001).

Assim, de acordo com o IPCC (2001), aumentos nas concentrações de GEE reduzem a eficiência com a qual a superfície da terra irradia energia ao espaço. Desta forma, a atmosfera absorve mais radiação terrestre, a qual se desprende da superfície e volta a ser emitida em altitudes superiores e temperaturas mais baixas. Desta maneira, se produz um “*radiative forcing*” positivo que tende a esquentar a atmosfera inferior e a superfície do planeta.

Os principais gases do efeito estufa são: o Vapor d’água (H₂O)⁶, o Ozônio (O₃), o Dióxido de carbono (CO₂), o Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Clorofluorcarbonos (CFCs), Hidrofluorcarbonos (HFCs) e Perfluorcarbonos. Eles têm um papel decisivo nas trocas energéticas entre o planeta e o meio ambiente. Graças a sua presença a atmosfera retém uma parte da radiação terrestre e aquece o planeta. Este é um efeito positivo, pois na sua ausência, a temperatura estimada do planeta seria reduzida em menos de 20°C (GUESNERIE, 2003, p. 10).

Entretanto, é a partir da Revolução Industrial que as concentrações destes gases começam a se tornarem mais intensas e provocar diversos problemas tanto para as sociedades modernas, como para os ecossistemas.

Segundo Hobsbawm (1979), pela revolução industrial foram retiradas as algemas do poder produtivo das sociedades que, assim, se tornaram capazes pela expansão constante e ilimitada de homens, mercadorias e serviços. Sob qualquer aspecto, este foi provavelmente o mais importante acontecimento na história do mundo, pelo menos desde a invenção da agricultura e das cidades.

⁶ Guesnerie (2003) chama a atenção de que a concentração do vapor d’água tem um papel muito importante. Entretanto, o vapor d’água tem uma curta duração de vida na atmosfera – em volta de sete dias – e aparece muito como uma “retroação positiva direta ao efeito de gases com longa vida na atmosfera.

Assim, após a Revolução Industrial, se observou um crescente consumo de combustíveis fósseis, primeiro pela queima de carvão para prover de energia as primeiras máquinas a vapor e, após, pela queima de combustíveis derivados do petróleo, o que elevou as concentrações de CO₂ na atmosfera.

Desta forma, ao analisarmos a questão das mudanças climáticas devemos investigar, em primeiro lugar, de quem é a principal responsabilidade sobre o efeito estufa. Embora este seja um fenômeno natural e necessário para a vida na Terra, constata-se que após a Revolução Industrial começou um processo de acúmulo de gases efeito estufa (GEE) na atmosfera que, nos últimos anos, tem se acentuado consideravelmente e provocando mudanças climáticas em nível global. Segundo Pereira & May (2003): “devido ao seu pioneirismo nos processos de industrialização – e também nas mudanças no uso do solo – a maior parte das emissões antrópicas de GEE tem sido causada pelos países que já completaram seus processos de industrialização”.

Guesnerie (2003) chama atenção para o fato de que a concentração de um gás efeito-estufa na atmosfera é o resultado de sua acumulação. Ela reflete a soma de suas emissões anteriores, ponderada por coeficientes que traduzem sua migração para a atmosfera em comparação a um dado cenário. Assim, a influência de cada gás é função da intensidade de suas emissões passadas, de sua contribuição específica para o aquecimento e de sua longevidade. Por exemplo, a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou em 30% entre 1750 e 2003. Em paralelo, a concentração de metano aumentou em 145%. Para o autor, a rapidez em que ocorre a mudança na concentração destes gases é tão importante como a sua própria mudança, ou seja, menos de dois séculos: “*un instant à échelle des temps géologiques, est spectaculaire et inédite*” (GUESNERIE, 2003, p. 11).

Esta é uma consideração importante e que deve ser mais bem qualificada. A Revolução Industrial acarretou em significativas transformações na sociedade: o declínio da terra como fonte de riqueza, o direcionamento da produção em larga escala para o mercado internacional, a afirmação do poder econômico da burguesia, o surgimento do operariado e a consolidação do capitalismo como sistema dominante na sociedade. A dinâmica da Revolução Industrial e os desdobramentos do sistema capitalista provocaram fortes transformações sociais, as quais, aprofundaram as diferenças entre os países ricos, ou seja, aqueles que se apropriaram das benesses econômicas advindas desse processo, e os países pobres, aqueles que não tiveram acesso, pelo menos para a maioria de sua população, dos benefícios advindos do sistema econômico contemporâneo. Além das distorções sociais, a industrialização tem tido reflexos negativos sobre o meio ambiente, tanto em nível local, como na escala global.

Tabela 2 - Principais gases efeito estufa, sua concentração, seu tempo de vida e seu potencial de efeito estufa.

Gases Estufa	Efeito	Concentração Pré-industrial (ppbv)	Concentração em 1994	Tempo de vida na atmosfera (anos) *	Potencial de Efeito Estufa (GWP) **
Dióxido de Carbono	de	278.000	358.000	Variável	1
Metano		700	1721	9,2 a 15,2	21***
Óxido Nitroso		275	311	120	310
CFC -12		0	0,503	102	6.200-7.100****
HCFC-22		0	0.105	12,1	1.300-1.400****
Perfluormetano		0	0.070	50.000	6.500
Sulfluor hexa-fluorido		0	0,032	3.200	23.900

* Não é bem definido pelo IPCC devido a diferentes taxas em diferentes processos.

** GWP para horizonte de tempo de 100 anos.

*** Inclui efeitos indiretos na produção de gás na troposfera e da produção de vapor d'água.

**** Potencial de perigo líquido total (incluindo a depleção de ozônio).

Fonte: IPCC, 1996 in United Nations Environmental Programme (UNEP), 2005.

A Tabela 2 apresenta as concentrações dos principais gases efeito estufa antes do surgimento da Sociedade Industrial e na metade da década passada. Embora as concentrações destes gases ocorram em escalas diferentes na atmosfera, percebe-se que os mesmos interagem com a mesma, de forma diferenciada e que, portanto, apresentam diferentes potenciais de efeito estufa. Assim, observa-se que o Dióxido de Carbono, principal gás efeito estufa, apresentou uma variação de 28,7% na sua concentração atmosférica neste período. Já, a concentração do Metano cresceu 145,8% no mesmo período apresentando um tempo de vida de até 15 anos e um GWP igual a 21. Por sua vez, a concentração do Óxido Nitroso cresceu apenas 13%, porém, este gás apresenta uma vida ativa de 120 anos e possui um elevado potencial de efeito estufa.

O GWP (*Global Warming Power*) é um índice de poder de aquecimento de um gás definido como a atividade de retenção de radiação cumulativa causada entre o presente e algum horizonte de tempo escolhido, devida a uma massa de unidade de gás emitida agora, expresso em termos de um gás de referência como CO₂. O GWP é uma tentativa para prover uma medida simples do poder de aquecimento relativo efetuado por diferentes gases efeito estufa. O efeito estufa futuro de um gás pode ser calculado em um horizonte de tempo escolhido (como 100 anos) multiplicando o GWP apropriado pela quantia de gás emitida. A escolha de horizonte de tempo dependerá de considerações de política de análise estabelecida. Há vários outros pontos que precisam ser lembrados ao usar GWPs: (i) o valor

de incerteza típico é +/-35%, não incluindo a incerteza na referência de CO₂; (ii) GWPs estão baseados na retenção de radiação que força o conceito e são, então, difíceis de se aplicar a outros componentes importantes que são distribuídos desigualmente na atmosfera; e (iii) GWPs precisam levar em conta qualquer efeito indireto dos gases emitidos se eles forem refletir corretamente o potencial de aquecimento futuro (UNEP,2005).

Embora as concentrações dos gases naturais tenham aumentado consideravelmente após a Revolução Industrial, a presença de novos gases artificiais deve ser considerada com atenção no tratamento do aquecimento global, devido ao elevado tempo de vida destes gases na atmosfera e ao seu forte potencial de efeito estufa. Por exemplo, o gás CFC-12 apresenta um tempo de vida de 102 anos e um potencial de efeito estufa 6.200 a 7.100 incluindo a depleção de ozônio. Felizmente, estatísticas recentes da WMO⁷ demonstram uma estabilização e, até, uma redução da concentração dos gases artificiais na atmosfera devido ao regulamento de sua produção e emissão previsto no Protocolo de Montreal.

2.1.1 Os agentes de *Radiative forcing* que provocam a mudança climática

Uma mudança na energia disponível para o sistema Terra-atmosfera mundial devido às mudanças nos agentes de *forcing* se denomina *Radiative forcing* (Wm⁻²) do sistema climático. Assim, a *Radiative forcing* da mudança climática constitui num índice dos impactos médios mundiais relativos sobre o sistema superfície-troposfera devido a diferentes causas naturais ou antropogênicas. A seguir apresenta-se os principais agentes de *Radiative forcing* que provocam mudanças climáticas. Segundo cálculos do IPCC (2001), a *Radioactive Forcing* devido ao aumento dos GEEs misturados desde 1750 a 2000 é de 2,43 Wm⁻², sendo 1,46 Wm⁻² devido ao CO₂, 0,48 Wm⁻² devido ao CH₄; 0,34 Wm⁻² devido aos halocarbonos; e 0,15 . devido ao N₂O.

Dióxido de Carbono (CO₂):

Conforme o IPCC (2007), a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou de 280 ppm⁸ em 1750 para 379 ppm em 2005, o que representa um aumento de 35,35%. (Figura 1) A concentração atmosférica desse gás em 2005 é muito superior a concentração natural dos últimos 650.000 anos situada entre 180 a 300 ppm, sendo que nos últimos dez anos a taxa de aumento da concentração atmosférica anual foi a mais elevada desde o início das

⁷ World Meteorological Organization.

⁸ A existência de gases traços na atmosfera é indicada como a fração molar (proporção da mistura molar) do gás em relação ao ar seco (ppm = 10⁻⁶; ppmm = 10⁻⁹; ppb = 10⁻¹²). A carga atmosférica é indicada como a massa total do gás (p.ex., Mt = Tg = 10¹² g). O ciclo mundial do carbono se expressa em PgC = GtC.

medições atmosféricas diretas. Entre 1995 a 2005 observou-se uma média de 1,9 ppm/ano, enquanto que a média anual observada entre 1960 a 2005 foi de 1,4 ppm.

A concentração atual de CO₂ não foi superada nos últimos 420.000 anos e provavelmente tampouco nos últimos 20 milhões de anos. A taxa de aumento no século passado não tem precedente, pelo menos nos últimos 20.000 anos. Comparado com as concentrações relativamente estáveis de CO₂ (270 a 290 ppm) observadas nos vários milênios precedentes, o aumento durante a Era Industrial é espetacular. O ritmo médio de aumento desde 1980 é de 0,4% ao ano. Este aumento é consequência das emissões de CO₂, sendo que a maioria das emissões durante os últimos vinte anos se devem a queima de combustíveis fósseis, o resto (de 10% a 30%) se deve predominantemente às mudanças no uso da terra, em especial, a deflorestação (IPCC, 2001).

O CO₂ é o principal gás efeito - estufa devido à influência humana, com um *Radioative forcing* atual de 1,46 Wm⁻², e representa 60% do total das mudanças nas concentrações de todos GEES misturados de forma homogênea em todo o planeta.

As medições de concentrações de CO₂ na atmosfera realizadas nos últimos quarenta anos mostram grandes flutuações de um ano a outro no ritmo de aumento do gás na atmosfera. Nas últimas décadas, o ritmo de aumento da concentração de CO₂ atmosférico foi de 1,5 ppm por ano. Nos anos noventa, os ritmos anuais de aumento de CO₂ na atmosfera variaram de 0,9 a 2,8 ppm/ano, o que equivale a 1,9 a 6,0 PgC/ano. Uma grande parte destas variações se deve ao efeito da variabilidade climática (por exemplo, os fenômenos ENOA⁹) na absorção e emissão de CO₂ por parte da terra e oceanos. Juntos, os oceanos e a terra captam, atualmente, a metade das emissões antropogênicas de CO₂. Na terra, a absorção de CO₂ antropogênico superou, muito provavelmente, as emissões de CO₂ em função do desflorestamento dos anos noventa (IPCC, 2001).

Segundo o IPCC (2007), a principal fonte de aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono desde o período pré-industrial, se deve ao uso de combustíveis fósseis.¹⁰ As emissões oriundas do uso de combustíveis fósseis aumentaram de uma média de 6,4 GtC por ano na década de 90 para 7,2 GtC no período de 2000 a 2005. Por sua vez, as emissões ocorridas em função das mudanças no uso da terra, têm contribuído com uma parcela significativa, porém, menor do que às ocorridas pela queima de combustíveis fósseis. As emissões de dióxido de carbono relacionadas com a mudança no uso da terra

⁹ Fenômeno El Niño/Oscillation Austral (ENOA) é a flutuação natural mais intensa do clima na escala temporal inter-anual.

¹⁰ As emissões fósseis de dióxido de carbono compreendem as emissões decorrentes da produção, distribuição e consumo de combustíveis fósseis e as que são subproduto da produção de cimento. A emissão de 1 GtC corresponde a 3,67 GtCO₂ (IPCC, 2005).

são estimadas e 1,6 GtC por ano na década de 90, embora essa estimativa apresente uma grande incerteza.

Metano (CH₄):

A concentração do metano na atmosfera tem aumentado em 1.060 ppm (151%) desde 1750 e segue aumentando. A concentração de CH₄ não foi superada nos últimos 420.000 anos. O crescimento anual da concentração de CH₄ foi mais lento e se fez mais variável nos anos noventa em comparação aos anos oitenta. Um pouco mais da metade das emissões atuais são de origem antrópica (por exemplo: a utilização de combustíveis fósseis, pecuária, cultivo de arroz e vertedouros), o gás é eliminado para atmosfera por meio de reações químicas. Além disto, recentemente estabeleceu-se que as emissões de monóxido de carbono (CO) são uma das causas do aumento da concentração de metano (IPCC, 2001).

O último relatório do IPCC confirma esta tendência de crescimento das emissões de metano. Segundo o IPCC (2007), a concentração atmosférica global desse gás aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 715 ppb para 1.732 ppb no início da década de noventa, sendo de 1.774 ppb em 2005. É muito provável que esse aumento se deva às atividades antrópicas, predominantemente a agricultura e o uso de combustíveis fósseis, mas as contribuições relativas de diferentes tipos de fontes não estão bem determinadas. Entretanto, as taxas de aumento de emissões diminuíram desde o início da década de noventa, ficando aproximadamente constantes durante esse período (IPCC, 2007). O *radiative forcing* direto atual é de 0,48Wm⁻², o metano representa 20% do total de todos os GEEs muito persistentes e misturados de forma homogênea em todo o planeta.

Apesar de se ter identificado os principais contribuintes para o balanço mundial de metano, a maioria deles são bastante incertos quantitativamente, pela dificuldade de se avaliar os índices de emissões de fontes muito variáveis na biosfera. As limitações da intensidade de fontes de CH₄ mal quantificadas e caracterizadas impedem a predição de futuras concentrações de metano na atmosfera para qualquer cenário dado de emissões antropogênicas.

Óxido Nitroso (N₂O):

A concentração de óxido nitroso na atmosfera tem aumentado em 46 ppm (17%) desde 1750 e segue aumentando. A atual concentração de óxido nitroso não foi superada pelo menos durante os últimos mil anos, sendo que um terço destas emissões são de origem antropogênica (por exemplo: terras agrícolas, currais de engorda de gado e

indústrias químicas). As concentrações atuais seguem aumentando e um ritmo de 0,25% ao ano (1980 a 1998) Seu *radiative forcing* é estimado em $0,15 \text{ Wm}^{-2}$, e representa 6% do total de todos os GEEs muito persistentes e misturados mundialmente (IPCC, 2001).

O último relatório do IPCC confirma esses dados. Segundo o IPCC (2007), a concentração atmosférica global de óxido nitroso aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 270 ppb para 319 ppb em 2005, sendo que a taxa de aumento foi aproximadamente constante desde 1980.

Halocarbonos e compostos relacionados:

Desde 1995 as concentrações atmosféricas de muitos destes gases de halocarbonos que afetam a camada de ozônio e que tem um efeito estufa (por exemplo, CFCl_3 e CF_2Cl_2) estão diminuindo ou aumentando mais lentamente. Isto, em função da redução de emissões decorrentes do Protocolo de Montreal e de suas emendas. Seus componentes substitutos (por exemplo, CHF_2 e $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$) e outros componentes sintéticos (por exemplo, os perfluorcarbonos (PFC) e o SF_6) são também gases efeito estufa e suas concentrações estão aumentando atualmente (IPCC, 2001).

2.2 AS MUDANÇAS OBSERVADAS NO SISTEMA CLIMÁTICO

A pergunta básica a respeito das condições atuais do sistema climático é a seguinte: O clima da terra está mudando? Segundo o IPCC (2001), certamente a resposta é “sim”. Uma série de observações respalda esta conclusão e oferece uma clara perspectiva sobre a rapidez destas mudanças.

A intensificação do efeito estufa e o conseqüente aquecimento global deverão trazer graves efeitos negativos, tanto para os ecossistemas planetários, como para as sociedades humanas. Entre as possíveis conseqüências, pode-se destacar: a elevação do nível dos oceanos; O derretimento de geleiras; mudanças nos regimes de chuvas e ventos; intensificação da desertificação; perda da biodiversidade; perda de áreas agricultáveis; aumento das incidências de algumas doenças transmissíveis por alguns vetores etc.

No entanto, pode-se destacar aspectos positivos vinculados às mudanças climáticas, tais como a melhoria do turismo ocorrida pela ampliação da temporada de verão em países como Reino Unido, Canadá e Rússia, bem como a abertura de novas regiões polares inacessíveis até o momento. Outro aspecto positivo é a incorporação de novas áreas para a produção de alimentos em países como a Rússia e o Canadá.

Segundo o IPCC (2001), projeta-se que a produtividade das culturas aumente levemente nas latitudes médias e altas, pelos aumentos de temperatura local média de 1 a 3°C, dependendo da cultura, e então diminua em outras regiões. Globalmente, projeta-se que o potencial de produção de alimentos se eleve com os aumentos da temperatura local média em uma faixa de 1 a 3°C, mas diminua acima de ssa faixa. Além disto, adaptações como alterações nos cultivares e nas épocas de plantio, permitem que as safras de cereais em latitudes baixa e média. A alta mantenha-se nos níveis da linha de base ou acima dela para um aquecimento modesto. Entre os impactos benéficos para as comunidades do Ártico estariam a redução dos custos do aquecimento e mais rotas navegáveis no mar do norte.

No sentido mais amplo de adaptação às mudanças climáticas é de se esperar que essa adaptação induza a uma mudança no estilo de vida das pessoas e conduza as sociedades ao desenvolvimento sustentável. Consumo mais consciente, redução, reciclagem e reutilização de resíduos, engenharia e arquitetura verde, utilização de novas fontes de energia, redistribuição da renda e combate à pobreza poderão se constituir num portfólio de medidas de adaptação e mitigação que pode diminuir os riscos associados à mudança do clima.

Conforme o IPCC (2001), desenvolvimento sustentável pode reduzir a vulnerabilidade à mudança do clima, aumentando a capacidade de adaptação e aumentando a resiliência. Na atualidade, contudo, poucos planos de promoção da sustentabilidade preveem explicitamente a adaptação aos impactos da mudança do clima ou a promoção de capacidade de adaptação. Entretanto, é muito provável que a mudança do clima possa desacelerar o ritmo de avanço em direção ao desenvolvimento sustentável, quer seja diretamente, por meio do aumento da exposição aos impactos adversos, quer seja indiretamente, por meio da erosão da capacidade de adaptação.

É esperado que as emissões de Gás Efeito Estufa (GEE) conduzam à mudanças climáticas no século XXI e nos próximos. Os cientistas têm realizado estimativas dos impactos potenciais diretos em vários setores socioeconômicos, mas, na realidade é complicado avaliar totalmente as consequências pois, os impactos em um setor também podem afetar indiretamente outros setores. Para avaliar impactos potenciais, é necessário calcular a extensão e magnitude de mudança climática, especialmente aos níveis nacionais e locais. Embora tenha ocorrido significativo progresso para se entender o sistema de clima e as mudanças no mesmo, as projeções de mudança climática e de seus impactos ainda contêm muitas incertezas, particularmente nos níveis regionais e locais.

Nos últimos anos foram feitos avanços na compreensão de como o clima está mudando em termos espaciais e temporais, por meio da melhoria e da ampliação dos

numerosos conjuntos de dados e das análises desses dados (IPCC, 2007). Conforme o último relatório do IPCC sobre mudanças do clima (IPCC, 2007), o aquecimento do sistema climático é inequívoco, evidenciado pelas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar.

2.2.1 Mudanças observadas na temperatura

Segundo o IPCC (2001), a temperatura média anual da superfície tem aumentado de 0,4 a 0,6 °C desde os anos finais do século XIX, sendo que é alta a probabilidade que a década de noventa tenha sido a mais quente e que o ano de 1998 foi o mais quente desde 1861. Além disso, todos os conjuntos de dados mostram tendências mundiais em ascensão bastante semelhantes. A maior parte do aumento da temperatura mundial desde os fins do século XIX ocorreu em períodos distintos: 1910 a 1945 e a partir de 1976, sendo que o ritmo de aumento da temperatura para ambos os períodos é de aproximadamente 0,15°C/década. Por sua vez, as temperaturas da atmosfera e da superfície terrestre, em todo o mundo, estão aumentando mais rápido que as temperaturas da superfície do oceano em geral. Em termos de troposfera, as temperaturas na troposfera inferior estão aumentando desde 1958, se bem que somente levemente a partir de 1979. Em relação às temperaturas diárias máximas e mínimas, existe uma redução da margem de variação da temperatura diurna nos continentes. Em média, as temperaturas mínimas estão aumentando aproximadamente o dobro do ritmo das temperaturas máximas. O quadro 1 mostra os indicadores de temperatura e as probabilidades de ocorrências.

	Atmosfera	Terra	Oceanos
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> - **Estratosfera inferior: diminuição de 0,5 a 2,5°C desde 1979; - Troposfera superior: *pouco ou nenhuma mudança desde 1979; - Troposfera inferior a média: **aumento de 0,0 a 0,2°C desde 1979; 	<ul style="list-style-type: none"> - *os anos noventa são os mais quentes do milênio; ***temperaturas do ar da terra: aumento de 0,4 a 0,8°C desde o fim do século XIX. 	<ul style="list-style-type: none"> **aumento de 0,4 a 0,7°C desde os fins de do século XIX na temperatura do ar marinho.

Quadro 1 - Indicadores de temperatura, segundo o Relatório do IPCC, 2001.
 Probabilidades: *** virtualmente seguro (probabilidade > 99%); ** muito seguro (probabilidade superior ou igual a 90% mas inferior ou igual a 99%); * provável (probabilidade superior a 66% mas inferior a 90%).
 Fonte: IPCC, 2001.

Em função do efeito estufa, a temperatura da terra tem subido de 0,4 a 0,8°C desde o fim do século XIX. Segundo a UNFCCC¹¹, se prevê que a mesma aumente novamente entre 1,4° C e 5,8°C até o ano 2100, o que representa uma mudança rápida e profunda. Mesmo que o aumento real seja o mínimo previsto, será o maior aumento observado em qualquer século nos últimos 10.000 anos.

Como foi dito anteriormente, a principal causa do aumento da temperatura foi o processo de industrialização iniciado há um século e meio. As causas deste aquecimento são, em particular, as combustões de quantidades crescentes de petróleo e gasolinas; a derrubada de florestas e alguns métodos de exploração agrícola.

Os dados mais recentes publicados pelo IPCC (2007), os últimos doze anos (1995 a 2006) estão entre os doze anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global¹² desde 1850. A tendência linear atualizada de 100 anos (1906 a 2005) é de 0,74°C, portanto, mais elevada do que a tendência correspondente ao período de 1901 a 2000 de 0,6°C.

Conforme o IPCC (2007), as observações realizadas desde 1961 mostram que a temperatura média do oceano global aumentou em profundidades de até pelo menos três mil metros. O oceano tem absorvido mais de 80% do calor acrescentado ao sistema climático. Esse aquecimento faz com que a água do mar se expanda, o que contribui para a elevação do nível do mar.

2.2.2 Mudanças observadas nas precipitações e na umidade da atmosfera

Em termos de precipitação na superfície da terra, esta tem aumentado nas latitudes altas do hemisfério norte, especialmente durante a estação fria. A diminuição da precipitação aconteceu, aos poucos, depois dos anos sessenta nos subtropicais e os trópicos da África para a Indonésia.

A precipitação média em cima da superfície da terra aumentou desde o começo do século até aproximadamente 1960, mas, a partir de 1980 tem diminuído desde então. Porém, o seu comportamento ao longo do século XX tem se comportado de forma diferenciada conforme a região do planeta. Por exemplo, enquanto que no norte da África a precipitação apresentou uma redução entre 40% a 50% ao longo do século, no Canadá, no norte dos Estados Unidos e no sul do hemisfério sul, a precipitação aumentou em 40% a

¹¹ UNFCCC – *United Nations Framework Convention on climate Change*.

¹² A média da temperatura do ar próximo à superfície sobre a terra e a temperatura da superfície do mar (IPCC, 2007).

50% no período. Por outro lado, existe uma falta de dados sobre a precipitação em cima dos oceanos (WMO, 2005).

Desde o Segundo Informe de *Evaluación* (SIE) do IPCC, divulgado em 1996, as precipitações na terra continuam aumentando nas latitudes médias e altas do hemisfério norte (muito provavelmente, entre 0,5% a 1%/década) com exceção para Ásia oriental. É provável que o vapor da água total na atmosfera tenha aumentado em vários pontos percentuais por décadas em muitas regiões do hemisfério norte.

As mudanças na nebulosidade total sobre as regiões continentais nas latitudes média e alta do hemisfério norte indicam um provável aumento na camada de nuvens, de uns 2% desde os princípios do século vinte. Atualmente, tem se demonstrado que se relaciona positivamente com as diminuições nas margens de variação da temperatura diurna. Assim, a redução da variação da temperatura diurna nos continentes coincide com os aumentos da nebulosidade, das precipitações e dos aumentos no vapor da água total.

	Atmosfera	Terra	Oceanos
Indicadores de umidade da atmosfera	<ul style="list-style-type: none"> - * Estratosfera inferior: aumento de 20% no vapor da água desde 1980 (acima de 18 km); - Troposfera superior: * nenhuma tendência mundial significativa de mudança do vapor da água desde 1980; aumento de 15% nos trópicos (10°N a 10°S); - Troposfera inferior: * muitas regiões com aumentos desde aproximadamente 1960. - Próximo à superfície: * aumento de 2% na nebulosidade total sobre a terra firme durante o século XX.; 	<ul style="list-style-type: none"> - * importantes aumentos generalizados no vapor da água na superfície e no hemisfério norte, de 1975 a 1995. 	<ul style="list-style-type: none"> -? aumento de 2% na nebulosidade total sobre os oceanos desde 1952.
Indicadores de chuvas e de tormentas	<ul style="list-style-type: none"> - Próximo à superfície: * diminuição de 2% a 3% das chuvas na superfície de terra firme no século XX nos subtropicais; ** aumento de 2% a 3% das chuvas na 	<ul style="list-style-type: none"> - ** aumento de 5 a 10% das precipitações em latitudes médias e altas do Hemisfério Norte, devido, em grande parte, a episódios intensos/extremos 	<ul style="list-style-type: none"> ** nenhuma mudança generalizada na frequência /intensidade das tormentas tropicais durante o século XX.

	Atmosfera	Terra	Oceanos
	superfície de terra firme no século XX nos trópicos; ? nenhuma mudança sistemática em grande escala nos tornados, dias de tormentas elétricas e granizos ? nenhuma mudança coerente no século XX na frequência/intensidade das tormentas extratropicais		

Quadro 2 - Indicadores hidrológicos e vinculados com as tormentas.

Probabilidades: *** virtualmente seguro (probabilidade > 99%); ** muito seguro (probabilidade superior ou igual a 90% mas inferior ou igual a 99%); * provável (probabilidade superior a 66% mas inferior a 90%); ? probabilidade média (probabilidade superior a 33% mas inferior a 66%).

Fonte: IPCC, 2001.

Em relação ao século XXI, o IPCC prevê um aumento da concentração de vapor da água e das precipitações mundiais médias. É provável que na segunda metade do século aumentem as precipitações e latitudes setentrionais médias e altas e na Antártida no inverno. Nas latitudes mais baixas haverá aumentos e diminuições regionais nas zonas terrestres. É muito provável que ocorram grandes variações anuais de precipitações na maioria das zonas em que se tenha previsto um aumento das precipitações médias. O quadro 2 apresenta os indicadores de umidade da atmosfera e vinculados com as tormentas.

Os aumentos no vapor da água e na troposfera nos últimos 25 anos são coerentes com aumentos das temperaturas na troposfera, bem como com um ciclo hidrológico aumentado. Tal fato provoca precipitações mais extremas e mais intensas em muitas áreas em que cada vez mais são maiores as precipitações, por exemplo, nas latitudes médias e altas do hemisfério norte.

Novas análises mostram que nas regiões em que a precipitação total tem aumentado, é muito provável que tenha ocorrido aumentos em episódios de precipitações intensas e extremas, sendo que o contrário também ocorre. Segundo o IPCC '2001', não existe nenhuma prova categórica que indique que estão mudando as características das tormentas tropicais e extras tropicais.

De acordo com o último relatório do IPCC (2007), o teor médio de vapor d'água na atmosfera aumentou desde pelo menos a década de oitenta, sobre a terra e o oceano, bem

como na alta troposfera. O aumento é bastante coerente com a quantidade extra de vapor d'água que o ar mais quente consegue carregar.

2.2.3 Mudanças observadas na extensão da camada de neve e do gelo terrestre e marinho

Segundo o IPCC (2001), a diminuição quase mundial na extensão dos glaciais de montanha e a massa de gelo coincidem com aumentos da temperatura na superfície no mundo inteiro. Um poucas exceções recentes nas regiões costeiras são coerentes com as variações na circulação atmosférica e os correspondentes aumentos nas precipitações (Quadro 3).

	Atmosfera	Terra	Oceanos
Indicadores de da camada de neve e do gelo terrestre e marinho	- ** Próximo à superfície: Hemisfério Norte – desde 1987 a camada de neve reduziu 10% em relação a média 1966 - 86;	- *** ampla recessão dos glaciais de montanha durante o século XX. - ** recessão do gelo em lagos e rios em médias e altas altitudes desde os fins do século XIX.	- * gelo no Mar Ártico: redução de 40% da espessura no verão e redução de 10 a 15% na extensão na primavera e verão desde o decênio de 1950. -? gelo do mar Antártico: sem mudanças significativas desde 1978.

Quadro 3 - Indicadores da camada de neve e do gelo terrestre e marinho.
 Probabilidades: *** virtualmente seguro (probabilidade > 99%); ** muito seguro (probabilidade superior ou igual a 90% mas inferior ou igual a 99%); * provável (probabilidade superior a 66% mas inferior a 90%); ? probabilidade média (probabilidade superior a 33% mas inferior a 66%).
 Fonte: IPCC, 2001.

As reduções na camada de neve e o encurtamento das temporadas de congelamento de lagos e rios estão bem relacionados com os aumentos de temperatura na superfície terrestre no hemisfério norte.

A redução sistemática da extensão do gelo marinho na primavera e no verão e de sua espessura no Ártico é coerente com os aumentos das temperaturas na maioria das terras e oceanos adjacentes.

Segundo o IPCC (2007), as geleiras de montanha e cobertura de neve diminuíram, em média, nos dois hemisférios. As reduções das geleiras e calotas de gelo contribuíram para a

elevação do nível do mar. Observa-se que as calotas de gelo não abrangem as contribuições dos mantos de gelo da Groenlândia e da Antártica.

2.2.4 Mudanças observadas no nível do mar

O conteúdo de calor dos oceanos tem se incrementado fazendo subir o nível médio do mar em todo o mundo. Segundo dados de oceanógrafos, o ritmo de aumento do nível médio do mar em todo o mundo durante século XX varia entre 1,0 a 2,0 mm/ano, com um valor central de 1,5 mm/ano (IPCC, 2001).

Os dados publicados no último relatório do IPCC indicam ser muito provável que as perdas dos mantos de gelo da Groenlândia e Antártica tenham contribuído para a elevação do nível do mar ao longo do período de 1993 a 2003. A média global do nível do mar subiu a uma taxa de 1,8 (1,3 a 2,3) mm por ano, no período de 1961 a 2003, sendo que a taxa mais acelerada ocorreu ao longo do período entre 1993 a 2003, cerca de 3,1 (2,4 a 3,8) mm por ano. Porém, não está claro se este aumento reflete a variabilidade de década ou um aumento da tendência de longo prazo (IPCC, 2007).

Em termos de elevação no nível dos oceanos, os efeitos negativos deverão se fazer sentir de forma diferenciada conforme a localização das regiões em relação aos mesmos, em relação ao nível do mar e conforme as condições econômicas de cada país.

A medição da mudança no nível dos mares é uma tarefa técnica difícil. Isto porque o ponto de referência dos instrumentos de medição é baseado na Terra. O principal problema é que a Terra experimenta movimentos verticais (por exemplo, sedimentação) e estes são incorporados nas medidas. Porém, a melhora nos métodos e instrumentos permite se registrar tendências de longo prazo de que o volume de água dos oceanos tem realmente aumentado fazendo com que se eleve o nível dos mares. Numa escala de cem anos, o aquecimento global e a conseqüente expansão térmica dos oceanos podem corresponder a uma elevação de, aproximadamente, 2 - 7 cm do nível do mar. Os modelos sugerem haver uma contribuição positiva do degelo dos blocos de gelo da Groenlândia e da Antártica responsáveis pela elevação de 2 – 7 cm no nível dos mares (WMO, 2005).

A mudança nos níveis dos mares será sentida diferentemente conforme cada nação, como é o caso de Bangladesh, uma das nações mais pobres do mundo e um dos países mais vulneráveis à elevação do nível dos mares. Atualmente, o país conta com uma população de 112 milhões de habitantes e com uma área total de 134.000 km². Considerando-se uma elevação de 1,5 metros no nível do mar, estima-se que a população afetada seria de 17 milhões de pessoas, o que representaria 15% da população. Já, a área

atingida totalizaria 22000 km², ou, 16% da área total do país. Dada à tendência atual, estes impactos ocorreriam em 150 anos (WMO, 2005).

Outra região que sofreria fortemente estes impactos seria o Delta do Rio Nilo, uma das áreas intensamente cultivadas mais velhas da terra. Ela é pesadamente povoada, com densidades de população de até 1600 habitantes por quilômetro quadrado. A região fértil é rodeada por deserto. A maioria da faixa de terra de 50 Km cultivada ao longo da costa está a menos de 2 m do nível do mar (WMO, 2005). Além destas regiões, podemos destacar a própria Holanda e os litorais brasileiro e norte-americano.

2.2.5 Projeções de mudanças futuras no clima

O último relatório do IPCC deixa evidente em escalas continental, regional e da bacia oceânica, foram observadas várias mudanças de longo prazo no clima, as quais compreendem mudanças nas temperaturas e no gelo Ártico, mudanças, em geral, na quantidade de precipitação, salinidade do oceano, padrões de vento e aspectos de eventos climáticos extremos, como secas, precipitação extrema, ondas de calor e intensidade dos ciclones tropicais (IPCC, 2007). Ainda, de acordo com dito relatório, é muito provável que a maior parte do aumento observado nas temperaturas globais médias desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações de gases de efeito estufa. Essa observação representa um avanço em relação ao relatório anterior que conclui que “é provável”, que a maior parte do aquecimento observado ao longo dos últimos cinquenta anos, se deva ao aumento das concentrações dos gases efeito estufa.

Nos últimos anos as projeções da mudança do clima têm avançado muito em relação ao Terceiro Relatório de Avaliação (TRA), dado ao grande número de simulações disponíveis com uma gama maior de modelos. As informações geradas fornecem uma base quantitativa para estimar as probabilidades de muitos aspectos da mudança do clima no futuro. Entre essas simulações estão os cenários marcadores ilustrativos do RECE¹³ para o período de 2000 a 2100 e experimentos dos modelos com concentrações de gases efeito estufa e aerossóis mantidas constantes após 2000 ou 2100.

Em termos de temperatura, projeta-se um aquecimento de cerca de 0,2°C por década para uma faixa de cenários de emissões do RECE. Mesmo considerando-se constantes as concentrações de todos os gases de efeito estufa e aerossóis nos níveis do ano 2000, seria esperado um aquecimento adicional de cerca de 0,1°C por década (IPCC, 2007).

¹³ Relatório Especial sobre Cenários de Emissões do IPCC.

Ainda, segundo o IPCC (2007), mantendo-se as emissões de gases de efeito estufa nas taxas atuais ou acima delas acarretaria um aquecimento adicional e induziria muitas mudanças no sistema climático global durante o século XXI, as quais, muito provavelmente, seriam maiores do que as observadas durante o século XX.

Por outro lado, existe atualmente mais certeza nas projeções dos padrões de aquecimento e de outras características de escala regional, inclusive das mudanças nos padrões do vento, precipitação e alguns aspectos dos eventos extremos e do gelo (IPCC, 2007).

O quarto relatório do IPCC chama atenção para a necessidade urgente de redução nas emissões de gases de efeito estufa uma vez que o aquecimento antrópico e a elevação do nível do mar durante séculos em razão das escalas de tempo associadas aos processos climáticos e realimentações, mesmo que as concentrações desses gases se estabilizem.

2.2.6 Efeitos da mudança do clima no meio ambiente natural e humano

Estudos recentes realizados pelo IPCC indicam que as mudanças regionais na temperatura apresentam efeitos em muitos sistemas físicos e biológicos. De acordo com o quarto relatório de avaliação do IPCC, as evidências obtidas por meio de observações de todos os continentes e da maior parte dos oceanos, mostram que muitos sistemas naturais estão sendo afetados pelas mudanças climáticas regionais, principalmente pelos aumentos de temperatura (IPCC, 2007).

Segundo o IPCC (2007), existe um nível alto de confiança de que mudanças na neve, no gelo e no solo congelado estão sendo afetados pela mudança de temperatura. Por exemplo: aumento do volume e do número dos lagos glaciais, aumento da instabilidade do solo nas regiões de *permafrost*¹⁴ e avalanches de pedras em regiões montanhosas, mudanças em alguns ecossistemas árticos e antárticos.

Ainda, há um nível alto de confiança de efeitos nos sistemas hidrológicos, tais como o aumento do escoamento superficial e antecipação da descarga de pico durante a primavera em muitos rios alimentados por geleiras e neve, e o aquecimento de lagos e rios em muitas regiões, o que afeta a estrutura térmica e a qualidade da água.

Com relação aos sistemas biológicos terrestres, o relatório identifica a existência de um nível alto de confiança dos efeitos do aumento da temperatura sobre os mesmos através de mudanças como: antecipação dos eventos da primavera, tais como a emissão de folhas,

¹⁴ Solo e subsolo permanentemente congelados (IPCC, 2007).

migração dos pássaros e postura de ovos; deslocamento, em direção aos pólos e para cima, da distribuição das espécies vegetais e animais. Além disso, existe a tendência de esverdeamento¹⁵ precoce da vegetação na primavera, relacionado com épocas de cultivo mais longas.

O último relatório também identifica um nível alto de confiança de que as mudanças observadas nos sistemas marinhos e da água doce estão relacionadas com temperaturas mais elevadas da água, bem como, com mudanças na cobertura de gelo, salinidade, níveis de oxigênio e circulação. Entre essas mudanças destacam-se: deslocamentos da distribuição e mudanças na quantidade de algas, plâncton e peixes em oceanos de latitude alta; aumentos na quantidade de algas e zooplâncton em lagos de latitude e altitude altas; e, deslocamentos da distribuição e migrações antecipadas dos peixes nos rios.

Com relação aos recursos hídricos, o quarto relatório do IPCC projeta, até meados do século, que o escoamento anual médio dos rios e a disponibilidade de água aumentem em 10 - 40% nas altas latitudes e em algumas áreas tropicais úmidas e diminua em 10 - 30% em algumas regiões secas nas latitudes médias e nos trópicos secos.

Em geral, os ecossistemas serão negativamente afetados pela mudança climática. Conforme o IPCC (2007), é provável que a resiliência de muitos ecossistemas seja superada neste século por uma combinação sem precedentes de mudança do clima, perturbações associadas e outros fatores de mudança global. Também é provável que a absorção líquida de carbono pelos ecossistemas terrestres atinja o ápice antes de meados do século e então diminua ou até mesmo reverta¹⁶, o que ampliará a mudança climática. Na hipótese de que os aumentos da temperatura global média ultrapassem 1,5 a 2,5°C é provável que aumente o risco de extinção de aproximadamente 20% a 30% das espécies animais e vegetais. No caso de aumentos de temperatura média superior a 2,5°C é provável a ocorrência de mudanças estruturais e funcionais do ecossistema e nas interações ecológicas e distribuições geográficas das espécies. Tal fato tem como consequência negativa para a biodiversidade e bens e serviços do ecossistema, como a oferta da água e alimento.

Em termos de alimentos, fibra e produtos florestais, projeta-se efeitos diferenciados sobre a produtividade das culturas. Aumentos da temperatura local média de até 1 a 3°C poderão acarretar leves aumentos na produtividade das culturas nas latitudes médias a

¹⁵ Medido pelo índice de Vegetação por Diferença Normalizada, que é uma medida relativa da quantidade de vegetação verde em uma área, com base em imagens de satélite (IPCC, 2007).

¹⁶ Supondo-se a continuação das emissões de gases estufa nos níveis atuais ou acima deles e outras mudanças globais, inclusive mudanças no uso da terra.

altas. Nas latitudes mais baixas, em especial nas regiões secas sazonalmente e nas regiões tropicais, poderão ocorrer diminuições nas produtividades das culturas, o que aumentaria o risco de fome. Em termos globais, projeta-se que o potencial de produção de alimentos se eleve com os aumentos da temperatura local média em uma faixa de 1 a 3°C, mas diminua acima dessa faixa. Porém, os aumentos na frequência de secas e inundações poderão afetar negativamente a produção agrícola local, em especial nos setores de subsistência nas latitudes baixas (IPPC, 2007).

Globalmente, projeta-se um leve aumento na produtividade da madeira comercial com a mudança do clima em curto e médio prazo, com uma grande variabilidade regional em torno da tendência global. Também estão previstas mudanças regionais na distribuição e produção de determinadas espécies de peixes, com efeitos para a aquicultura e os criatórios de peixes (IPPC, 2007).

Com relação aos sistemas costeiros e áreas de baixa altitude a projeção é de que o litoral fique exposto a maiores riscos, inclusive à erosão. Aumentos na temperatura do mar de cerca de 1 a 3°C poderão provocar eventos mais frequentes de branqueamento de corais e mortalidade generalizada, a menos que haja adaptação térmica ou aclimatização dos corais. A elevação no nível do mar afeta negativamente as terras úmidas litorâneas, inclusive os pântanos salgados e manguezais. Ainda, projeta-se que milhões de pessoas a mais sejam atingidas por inundações a cada ano até a década de 2080.

No caso da indústria, assentamento humano e sociedade o último relatório do IPCC prevê que os custos e benefícios da mudança do clima irão variar amplamente em função do local e da escala. Porém, no agregado, os efeitos líquidos tenderão a ser mais negativos, quanto maior for a mudança do clima. Neste caso, os mais vulneráveis serão, em geral, os localizados em planícies de inundação costeiras e de rios, aqueles cujas economias dependem de recursos sensíveis ao clima e aqueles em áreas propensas a eventos climáticos extremos.

A África é um dos continentes mais vulneráveis à variabilidade e mudanças climáticas dadas as múltiplas tensões e a baixa capacidade de adaptação. A escassez de água poderá afetar de forma adversa os meios de subsistência, acentuando os problemas relacionados com os recursos hídricos. Projeta-se que entre 75 a 250 milhões de pessoas sejam expostas à escassez de água. A produção agrícola e o acesso aos alimentos serão fortemente comprometidos em função da redução prevista na área agricultável. Tal fato acentuaria os efeitos adversos de segurança alimentar e aumentaria a precária nutrição no continente. Também está prevista a redução dos recursos pesqueiros.

No final do século XXI a elevação do nível do mar afetará as populações costeiras com fortes custos de adaptação. Estima-se que essa possa custar de 5 a 10% do Produto Interno Bruto (PIB).

Com relação à Ásia, o quarto relatório do IPCC, prevê que a mudança climática poderá comprometer o desenvolvimento sustentável da maior parte dos países em desenvolvimento, por associar as pressões sobre os recursos naturais e meio ambiente com a rápida urbanização, industrialização e desenvolvimento econômico. Em termos de recursos hídricos projeta-se que o derretimento das geleiras do Himalaia aumente as inundações. A disponibilidade de água em diversas regiões poderá diminuir, fato que associado ao crescimento populacional e crescente demanda afetará mais de um bilhão de pessoas até 2050. O rápido aumento da urbanização e da industrialização conjugado com a redução na produção de alimentos sinaliza que o risco de fome continua muito alto em vários países em desenvolvimento. Além disso, prevê-se que o aumento da morbidade e mortalidade endêmicas decorrente de diarreias causadas pelas inundações e secas.

Segundo o IPCC (2007), a região da Austrália e Nova Zelândia tem uma capacidade substancial de adaptação devido ao bom nível de desenvolvimento de suas economias e à sua capacidade técnica e científica. Porém, existem limitações consideráveis e significativos desafios impostos pela mudança em eventos extremos. Os sistemas naturais têm pouca capacidade de adaptação. Projeta-se que os problemas de segurança da água se intensifiquem até 2030 no sul e no leste da Austrália e em Northland, e no leste da Nova Zelândia. Uma perda significativa de biodiversidade está projetada até 2020 em alguns locais ecologicamente ricos.

Para a Europa, foi determinada uma série de impactos das mudanças climáticas atuais, tais como: retração de geleiras, épocas de cultivo mais longas, deslocamento da distribuição das espécies e impactos na saúde, decorrentes de uma onda de calor de magnitude sem precedentes. Tais mudanças são condizentes com as projetadas para a futura mudança do clima. Os efeitos negativos representarão desafios para muitos setores econômicos. Entre os efeitos negativos identificados destacam-se: maior risco de inundações repentinas no interior, inundações mais frequentes do litoral, aumento da erosão, dificuldade de adaptação de organismos e ecossistemas à mudança do clima, retração das geleiras, redução da cobertura de neve com efeitos negativos sobre o turismo de inverno, e extensas perdas de espécies (IPCC, 2007).

Com relação à América Latina, projeta-se que os aumentos da temperatura e redução da água no solo acarretem uma substituição gradual da floresta tropical por savana no leste da Amazônia. A vegetação semi-árida tenderá a ser substituída por vegetação de terras

áridas. Existe um risco de perda significativa da biodiversidade em função da extinção de espécies em muitas áreas da América Latina tropical. Nas áreas mais secas está prevista a salinização e desertificação das terras agrícolas com perdas de produtividade na agricultura e pecuária com efeitos negativos na segurança alimentar. Nas zonas temperadas, projeta-se um aumento na produtividade da soja. A elevação do nível do mar poderá provocar inundações em áreas de baixa altitude, bem como o aumento da temperatura na superfície marítima seja adversa aos recifes de corais mesoamericanos e mudanças na localização dos estoques de peixes do sudeste do pacífico. Além disso, projeta-se que alterações nos padrões de precipitação e o desaparecimento das geleiras poderão afetar significativamente a disponibilidade de água para o consumo humano, agricultura e a geração de energia (IPCC, 2007).

Para a América do Norte, as projeções indicam que o aquecimento nas montanhas do ocidente provoque redução na camada de neve, aumento das inundações no inverno e uma redução dos fluxos no verão, o que intensificará a competição dos já excessivamente usados recursos hídricos. Projeta-se um período mais longo de riscos de incêndios florestais e grandes aumentos da área queimada. Com relação à agricultura as mudanças do clima poderão ter efeitos diferenciados conforme o tipo de cultura. Para as culturas irrigadas pela chuva projeta-se um aumento na produção agregada em 5 a 20%. Porém, para as culturas que estejam próximas ao limite máximo de calor adequado à sua espécie ou que dependam de uso intensivo de recursos hídricos são previstos grande desafios. Além disso, as projeções indicam um aumento no número e na intensidade das ondas de calor, bem como fortes tensões sobre as comunidades e habitantes costeiros (IPCC, 2007).

Nas regiões polares os efeitos projetados são as reduções na espessura e extensão das geleiras e mantos de gelos, bem como, mudanças nos ecossistemas naturais o que afetará muito organismos, inclusive pássaros migratórios, mamíferos e predadores. Para o Ártico, adicionam-se os efeitos de reduções do gelo marinho e do *permafrost*. Para as comunidades humanas no Ártico, são projetados tanto efeitos negativos, como positivos. Os impactos prejudiciais afetariam a infra-estrutura e as formas de vida indígenas tradicionais, enquanto que os benéficos seriam: a redução dos custos do aquecimento e o aumento das rotas navegáveis no mar do norte.

CAPÍTULO 3: PROTOCOLO DE QUIOTO E INTENSIFICAÇÃO DA PECUÁRIA BOVINA BRASILEIRA

O Protocolo de Quioto estabeleceu três mecanismos de flexibilidade para ajudar a alcançar os objetivos de redução das emissões: a implementação conjunta (*JI Joint Implementation*), Comércio das emissões (*ET, Emissions Trading*) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). No momento atual, somente o MDL interessa ao Brasil, mas é interessante analisar a estrutura dos outros mecanismos se o Brasil se engajar, no longo prazo, na participação do esforço de redução da emissão dos gases efeito estufa. Além disso, o Fundo para o Ambiente Mundial constituiu uma outra fonte de financiamento para as atividades, visando reduzir as emissões de GEE. No caso da pecuária bovina no Brasil, é interessante se investigar se esses mecanismos e o mercado de carbono são adaptados para promover uma intensificação sustentável na atividade no Brasil conduzindo, simultaneamente, à uma redução de sua contribuição nas emissões de GEE. Para tanto, esse capítulo está estruturado da seguinte forma: em primeiro lugar descreve-se o Protocolo de Quioto e o estabelecimento de metas quantitativas de redução. Em segundo lugar, é realizada uma análise do Protocolo de Quioto e o respectivo estabelecimento de mecanismos de flexibilidade. Na terceira parte, descreve-se a formação e a situação atual do mercado de carbono mundial. Após, investiga-se o grau de desenvolvimento do mercado de carbono no Brasil. Na sequência relaciona-se o mercado de carbono e as possibilidades de intensificação sustentável da pecuária bovina. Por último, apresentam-se as principais conclusões.

3.1 O PROTOCOLO DE QUIOTO E O ESTABELECIMENTO DE METAS QUANTITATIVAS DE REDUÇÕES

Devido as crescentes preocupações sobre seus efeitos negativos, a mudança climática foi introduzida na agenda política mundial em meados da década de 1980. Em 1998, realizou-se em Toronto no Canadá a Conferência Mundial sobre Mudanças Atmosféricas (*The Changing Atmosphere: Implications for Global Security*). Esta conferência foi um marco devido ao fato que induziu a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*).

Existem, devido a sua complexidade, muitas incertezas quanto ao sistema climático. As mudanças climáticas representam um sério desafio aos responsáveis pelas políticas das mais diversas nações. Para muitos analistas, apresenta um risco de graves danos irreversíveis e, portanto, não se deve adiar medidas preventivas sob a alegação da falta de

certeza científica absoluta. Outros, no entanto, consideram que o risco é razoável e não justifica mudanças importantes e a inversão de recursos humanos e financeiros. De qualquer forma, os responsáveis pelas políticas devem examinar as provas, analisar os custos e benefícios, avaliar os riscos e decidir o rumo a ser seguido. Portanto, eles não podem se basear em interpretações empíricas e nem, tampouco, na opinião de apenas alguns especialistas.

Desta forma, os agentes envolvidos necessitam de uma fonte objetiva a mais amplamente aceita sobre as mudanças no clima, sobre suas repercussões ambientais e socioeconômicas, sobre as opções de respostas possíveis incluindo os custos e benefícios que implicariam uma resposta ativa frente a uma atitude passiva sobre o problema. Em função disto, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceram em 1988 o Grupo Intergovernamental de Especialistas sobre a Mudança Climática (IPCC). Este grupo não realiza novas investigações, nem controla os dados relacionados com o clima. A sua função é avaliar sobre uma base exaustiva, objetiva, aberta e transparente, a informação científica, técnica e socioeconômica sobre as mudanças climáticas. Os informes do IPCC se esforçam em apresentar uma posição equilibrada entre diferentes pontos de vista e as políticas correspondentes, mas não recomendam e nem prescrevem políticas específicas.

Este Painel está constituído por três grupos. O primeiro estuda os aspectos científicos do sistema climático e da mudança do clima. O segundo avalia a vulnerabilidade da humanidade e dos sistemas naturais às mudanças climáticas, avalia suas consequências positivas e negativas, e também as opções para a adaptação necessária a essas consequências. O último analisa as possibilidades para a limitação da emissão de GEE, de mitigação da mudança climática e as consequências dessas medidas do ponto de vista socioeconômico. Aproximadamente, quatrocentos peritos de 120 países estão diretamente envolvidos nos trabalhos do IPCC e outros 2.500 peritos participam no processo de revisão. Os autores de IPCC são nomeados por governos e por outras organizações internacionais inclusive as ONGs.

O primeiro relatório de avaliação do IPCC realizado em 1990 afirma que a mudança climática representaria, de fato, uma ameaça à humanidade. O segundo, publicado em 2001, sugere que o balanço das evidências indica uma nítida influência do homem sobre o clima oriundo das emissões GEE. Já, o último, afirma que há novas e mais fortes evidências de que a maior causa do aquecimento global observado nos últimos cinquenta anos é atribuível à atividades humanas.

Outro marco importante em termos de políticas internacionais conjuntas sobre as questões climáticas foi a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima firmada durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cnumad), também conhecida como Cúpula da Terra ou Rio-92.

Segundo Le Preste (2000), a ideia sobre a Rio-92 era de uma conferência capaz de catalisar a cooperação internacional para ações concretas com vistas ao crescimento econômico, a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos e a proteção do meio ambiente natural. A preparação do Rio-92 foi tão importante como a própria conferência e estava centrada em quatro eixos: um eixo político que buscava a negociação política da agenda, um eixo científico para definir os problemas científicos e as opções possíveis, um eixo civil com a importante participação das ONGs e, por fim, um eixo de negociações sobre diversidade biológica, as mudanças climáticas e as florestas que deveriam ser assinadas no Rio, mas eram negociadas em paralelo.

Após intensas negociações, como resultados da conferência, foram aprovados três documentos principais: uma Declaração do Rio, um plano de ação (Agenda 21) e uma declaração sobre florestas. Além disto, foram assinados mais dois importantes documentos: uma convenção-quadro sobre as mudanças climáticas e uma convenção sobre a diversidade biológica.

Ainda, segundo o autor, a ideia de um grupo de países do Norte e das ONGs era de ser aprovada uma Carta da Terra que exporia os grandes princípios políticos, científicos e éticos que deveriam reger toda ação no domínio ambientalista. No entanto, os países em desenvolvimento preocupados com o objetivo do desenvolvimento com proteção ambiental se opuseram a tal denominação e buscaram incluir princípios tradicionais do direito ao desenvolvimento e da luta contra a pobreza. Os Estados Unidos rejeitaram a ideia e manifestaram preferência por uma “declaração sobre o meio ambiente e o desenvolvimento”. Os EUA insistiram sobre direitos humanos, valores democráticos e liberdade de mercado. Os países industrializados defenderam os princípios do poluidor-pagador e da precaução e rejeitaram uma condenação unilateral de suas responsabilidades na degradação da biosfera. Nas palavras do autor:

A Declaração do Rio é um documento de consenso, composto de um preâmbulo e de 27 artigos visando guiar o comportamento dos Estados, informar sobre suas interações e mobilizar as sociedades. É, ao mesmo tempo um documento político, no qual os Estados buscam se proteger, e uma base sobre a qual suas ações podem ser julgadas. (LE PRESTE, 2000b, p. 219).

A Convenção-quadro sobre mudanças climáticas foi precedida por muita discussão e polarização de ideias sobre o tema. O acordo reconheceu a importância da proteção do clima e do objetivo de estabilização, sem precisar como realizar e sem cronograma previsto, além disto, reconheceu a responsabilidade histórica dos países industrializados e sua responsabilidade presente. O tratado inova em questões de implantação, pois tem em vista implementações conjuntas segundo as quais, uma redução de emissões num país pode compensar um aumento das emissões em outro lugar.

Entre os vários princípios que norteiam a Convenção da ONU sobre a Mudança do Clima, destaca-se o princípio da precaução, “a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar medidas [...]”

Outro princípio importante que norteia a Convenção é o que se baseia na equidade e em conformidade com responsabilidades comuns dos países , mais diferenciadas, e suas respectivas capacidades, isto é, a responsabilidade maior recai sobre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento, podem aumentar suas emissões para promover desenvolvimento econômico. Assim, a convenção dividiu os países em Anexo I e Não Anexo I. Pereira e May (2003) chamam atenção para um interessante problema global: os países mais ricos são responsáveis por 63% das emissões e detém 25% da população mundial, e os países mais pobres; detém 37% das emissões e englobam os restantes 75% da população.

De fato, entre os países contidos no Anexo I, observa-se que os Estados Unidos são responsáveis por 45% das emissões dos GEEs em 2002, seguido pela Rússia, com 13%; pelo Japão com 9% e pela Alemanha, cujas emissões representam 7% do total emitido pelo Anexo I (Gráfico 2).

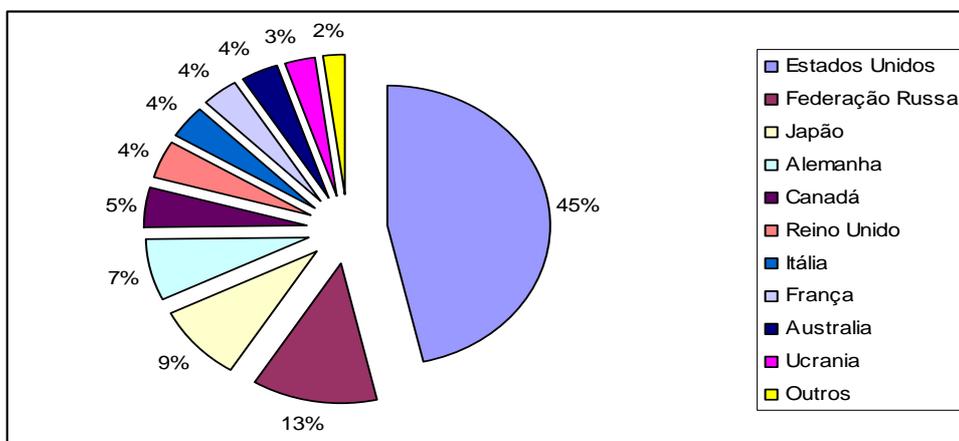


Gráfico 2 - Participação relativa nas emissões agregadas dos principais GEEs (CO₂ equivalente) – Anexo 1, 2002.
Fonte: IPCC, 2005.

Entretanto, verificou-se a dificuldade que muitos países desenvolvidos, em especial os Estados Unidos, teriam para reduzir seus níveis de emissões antrópicas de GEEs. Assim, com base no princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, ficou para serem definidos os critérios e metas de redução até a Terceira Conferência das Partes. (COP3) (Ver quadro 3).

A COP3 fixou metas quantitativas para as reduções das emissões via Protocolo de Quioto. Os gases efeito estufa identificados para redução foram: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre. O Protocolo de Quito determina o estabelecimento de compromissos por parte dos países Anexo I, de atingir uma meta de redução média de 5,2% de suas emissões em relação ao ano de 1990, durante o período de 2008 – 2012. As reduções são diferenciadas conforme cada país podendo variar de uma redução de até 8% e um aumento de até 10% das suas emissões como no caso da Islândia. Alguns países poderão manter o seu nível atual de emissões, como no caso, por exemplo, da Nova Zelândia, da Federação Russa e da Ucrânia (Gráfico 3).

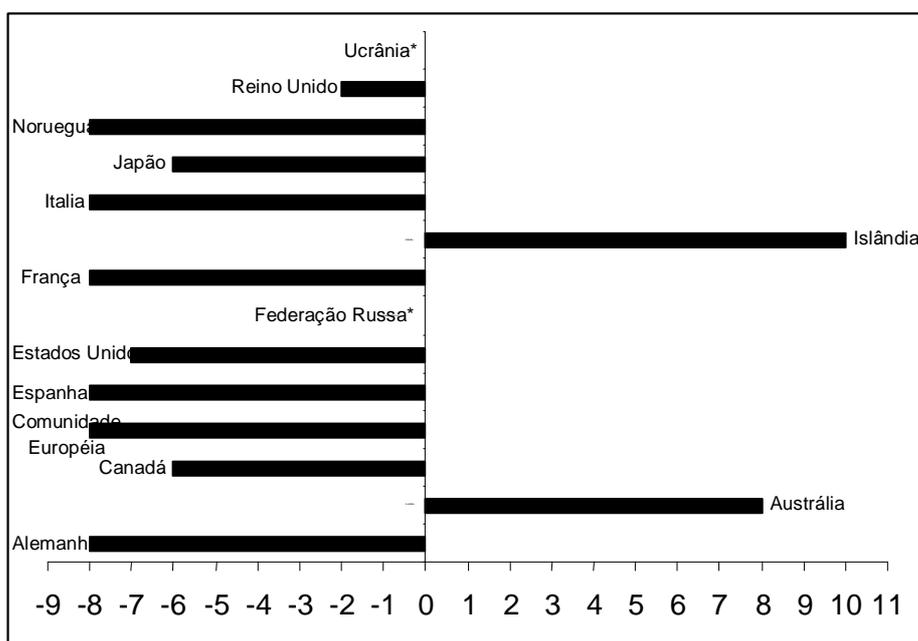


Gráfico 3 - Compromissos quantificados de limitação ou redução de emissões em % - Países selecionados (Anexo B do Protocolo de Quioto).

* Países com economias em transição

Fonte: PEREIRA & MAY (2003).

Entretanto, como salientam Pereira e May (2003), essas metas foram estabelecidas de forma política em que cada país ofereceu suas metas, sendo que o estabelecimento de ditas

metas não guardou nenhuma relação de proporcionalidade com os níveis históricos e presentes de emissão.

Conferência das Partes		
São reuniões periódicas dos Estados-partes em determinadas convenções ou tratados, expressamente neles previstas, para especificar os termos vagos dos mesmos. Tais tratados ou convenções se denominam tratados-quadro, convenções-quadro.		
Conferência	Ano	Principal evolução
COP-1 (Berlim)	1995	Elaboração do Mandato de Berlim. Propõe a constituição de um Protocolo e o fortalecimento das obrigações dos países Anexo I. Um novo modelo de Implementação Conjunta foi proposto, constituindo as atividades implementadas conjuntamente – AIJ (<i>Activities Implemented Jointly</i>). Esta modalidade representa um fase piloto para observações do modelo, incluindo os países não compromissados com os limites de redução, porém, sem o direito de negociação de créditos de emissões de carbono entre os países.
COP-2 (Genebra)	1996	Assinatura da declaração de Genebra, na qual um certo número de países do Anexo I anunciou sua intenção de adotar engajamentos de redução juridicamente restritivos. Apresentação do 2º Relatório do IPCC que forneceu suporte à convergência de uma base científica internacional.
COP-3 (Quioto)	1997	Protocolo de Quioto: determina o estabelecimento de compromissos por parte dos países Anexo I de atingir uma meta de redução média de 5,2% de suas emissões em relação ao ano de 1990, durante o período de 2008 – 2012.
COP-4 (Buenos Aires)	1998	Adoção do Plano de Ação de Buenos Aires. Fixando o calendário para finalizar os trabalhos técnicos, e regulamentar os detalhes do Protocolo. Assim, ficou acordado que os certificados de emissões reduzidas obtidos entre os anos de 2000 e 2008 poderiam ser usados para o atendimento do primeiro compromisso de redução referente ao período de 2008 a 2012.
COP-5 (Bonn); COP-6 (Haia)	1999-2000	Pretendeu-se discutir detalhes de como os mecanismos de flexibilidade funcionariam na prática.
COP-7 (Marraqueche)	2001	Assinatura do Acordo de Marraqueche, cujo maior mérito foi o estabelecimento de uma regulamentação mais bem definida do Protocolo de Quioto.

Quadro 4 - Conferências das partes

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2002); OCDE (1999).

A COP – 3 foi realizada em meio a um intrincado jogo de interesses entre os diversos atores cujas intenções eram muito distintas. Segundo Schwartzman & Moreira (2000), os principais grupos de interesse e os resultados desejados no início das negociações eram:

- Os Estados Unidos aceitaram os limites impostos para os países industrializados em termos de reduções. Estas seriam realizadas utilizando-se o máximo de incentivos, flexibilidade e mecanismos de mercado. Os americanos pressionaram muito pela “implementação conjunta” geral inclusive entre países com limites e países sem limites de emissões que desejassem reduzi-las de forma voluntária. A posição americana estava baseada na chamada resolução *Hagel-Byrd* do Senado, que definia que os Estados Unidos não deveriam assinar nenhum acordo que tivesse impactos negativos na economia norte-americana e que não tivesse participação significativa dos países do sul.

- A indústria petroleira e os países exportadores de petróleo (OPEP) buscavam inviabilizar qualquer tipo de acordo. Foi o *lobby* das petroleiras, carvoeiras e outras que resultou na resolução *Hagel-Byrd*. Esta coalizão gastou 14 milhões de dólares em propagandas nos Estados Unidos nos seis meses anteriores à conferência, com fins de mobilizar a população e os políticos contra o acordo.

- A União Europeia defendia a redução de 15% abaixo do nível de 1990 até 2010. Aceitava a “implementação conjunta”, mas somente entre os países do norte e através de negociação política e não mecanismos de mercado.

- O grupo de países em desenvolvimento (G7), pregava a responsabilidade do norte, buscava recursos financeiros para o desenvolvimento sustentável, não aceitava discutir limites às emissões no sul, nem em bases voluntárias, e, não aceitava mecanismos de mercado irrestritos.

Apesar disto, o Protocolo de Quito pode ser considerado um avanço em termos de negociações internacionais, pois fixou metas quantitativas para as reduções das emissões. No entanto, estas reduções implicam em custos, muitas vezes elevados, a serem suportados pelos atores envolvidos. Portanto, pela racionalidade econômica as reduções deveriam se concentrar, em primeiro lugar, naqueles setores ou países em que o custo da redução de emissões em equivalente-carbono seja menor, isto tornaria o esforço de redução mais eficiente e com ganhos para toda a sociedade. A estratégia de minimizar os custos faz sentido tanto do ponto de vista econômico, como ambiental. Por exemplo, maximizar a eficiência energética não apenas reduz as emissões de GEE como diminui o custo da energia, o que torna os países mais competitivos nos mercados internacionais, bem como, ameniza os custos ambientais e de saúde relacionados à poluição do ar. Além disto, o princípio da precaução também justifica a adoção de políticas que pressupõem algum custo.

3.2 O PROTOCOLO DE QUIOTO E O ESTABELECIMENTO DE MECANISMOS E FLEXIBILIDADE

No sentido de viabilizar as metas de redução de emissões, o Protocolo de Quito inovou ao permitir que as nações comprometidas em reduzir suas emissões possam promover a redução em outros países. A lógica deste procedimento consiste no fato de que a concentração dos gases efeito estufa na atmosfera não depende do lugar de origem de sua emissão, portanto, o efeito benéfico de menores emissões na atmosfera independe do local em que ocorreu a redução. Isso é interessante do ponto de vista econômico, uma vez que se pode iniciar o processo de redução de emissões naqueles setores em que a mesma incorre em menores custos.

A ideia básica dos mecanismos estabelecidos no Protocolo é a de que os países que tenham maiores custos para reduzir suas próprias emissões possam pagar, ou comprar, os cortes nas emissões em outros países cujo custo da redução seja menor. Assim, obtém-se ganhos de eficiência econômica global das reduções, ao mesmo tempo em que se atinge as metas impostas pelo protocolo. Contudo, o protocolo estipula que os créditos por se promover as reduções em outros países devam ser suplementares aos cortes domésticos de emissões.

A formação de um mercado de emissões permite que os países industrializados comprem e vendam créditos de emissões entre si. Assim, os países que reduziram suas emissões acima da meta estabelecida poderão ofertar os créditos excedentes de emissões para outros países, cuja redução apresente altos custos econômicos ou sociais. Um dos problemas associados ao mercado de carbono é o de que as metas estabelecidas por alguns países sejam tão baixas que requerem mínimos esforços em termos de custo e da própria restrição da produção. Estes países poderão então, atuar como fortes ofertantes de créditos e reduzindo a pressão para que outros países industrializados realizem seus cortes domésticos. Portanto, existe a necessidade de se encontrar formas de regulação deste mercado, para que o mesmo não anule os incentivos para que os países reduzam suas emissões.

Por outro lado, nos mecanismos econômicos tradicionais de controle ambiental baseados no sistema de comando e controle, as empresas não têm incentivos para fazer mais do que o mínimo necessário para escapar das punições legais. Já, pelo sistema de mercado, as empresas que tenham capacidade de reduzir suas emissões poderiam vender créditos e aumentar seus lucros. Assim, o incentivo de obter maiores lucros via mercado de créditos de carbono induziria as empresas a minimizarem suas emissões.

Conforme artigos 3 e 4 de Protocolo de Quioto, os países do anexo B¹⁷ podem atuar conjuntamente para atender suas metas de redução de emissões. As implementações conjuntas são acordos bilaterais, ou seja, projetos industriais conjuntos entre empresas que permitam o cumprimento conjunto dos deveres da Convenção e do Protocolo de Quioto. Por exemplo, no caso da energia elétrica, um país com altos custos de redução de suas emissões internas poderia investir em tecnologias com emissões baixas para uma nova central elétrica em outro país. Assim, o país que investiu recebe créditos por reduzir emissões, e o país hospedeiro recebe investimento estrangeiro e tecnologias avançadas. Por sua vez, as emissões globais dos GEE são reduzidas num processo em que todos ganham, também conhecido por “*win-win*”.

O Comércio de Emissões permite o comércio restrito de emissões com o objetivo de mitigação de mudanças climáticas. Assim, conforme o art. 3.10, 3.11 e 4 do Protocolo, os países do Anexo B podem trocar “quantias alocadas de emissões”. Assim, o país vendedor subtrai a quantia transferida de seu total e o país comprador acrescenta a mesma ao seu total de reduções, portanto, não há margem para dupla contagem do carbono.

Já, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) concederá créditos pelo financiamento de projetos que reduzam ou evitem emissões nos países em desenvolvimento. Esse mecanismo poderá ser um novo canal importante através do qual os governos e corporações privadas transferirão tecnologias limpas e promoverão o desenvolvimento sustentável. Os créditos serão obtidos na forma de “reduções certificadas de emissões”.

O MDL tem dois objetivos: diminuir o custo global de redução de emissão de gases lançados na atmosfera e que produzem o efeito estufa e, concomitantemente, apoiar iniciativas que provocam o desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento. Ou seja, através do MDL, o Protocolo de Quioto fixou o teto de emissões de GES para os países desenvolvidos, bem como introduziu a possibilidade de um mercado de carbono.

Para Motta *et. al.* (2002), o princípio básico do MDL é simples, uma vez que ele permite que países desenvolvidos invistam em países em desenvolvimento em oportunidades de redução de baixo custo e que recebam créditos pela redução obtida nas emissões. Assim, os países desenvolvidos podem aplicar esses créditos nas metas fixadas

¹⁷ Anexo B: Nova lista de países que assumem legalmente seus atuais compromissos, devido ao Protocolo de Quioto ser um instrumento legal de separação, que deve ser ratificado separadamente. O Anexo B consiste em todos os países listados no Anexo I da CQNUMC com exceção da Turquia e Tchecoslováquia. Países novos incluídos no Anexo B são: Croácia, República Tcheca, Liechtenstein, Mônaco, Eslováquia e Eslovênia. Para a Rússia e a Ucrânia foram quantificadas as limitações de emissões e criados objetivos de redução (QELRO) individualmente.” (CENAMO *et. al.* 2004).

no Protocolo de Quioto, reduzindo, com isto, os cortes que teriam de ser feitos nas próprias economias. Como a contribuição das emissões dos gases de efeito estufa é a mesma, o impacto no meio ambiente global é o mesmo, independentemente onde elas ocorram.

Por sua vez, os países em desenvolvimento também se beneficiam. Tal benefício ocorre não apenas com o aumento do fluxo de investimentos, mas também com a exigência de que os investimentos compensem a emissão de GEE e, simultaneamente, promovam o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o MDL permite a participação de países em desenvolvimento, cujas prioridades limitam os recursos para a redução de GEE, ao mesmo tempo em que os estimula a participar, haja vista, a perspectiva de que a prioridade ao desenvolvimento fará parte da solução (MOTTA *et. al.* 2000).

O MDL suscitou especial atenção por parte dos países em desenvolvimento. Isso porque, através de seu papel potencial de transferência de tecnologias limpas, ele deverá se constituir, juntamente com as tradicionais fontes de financiamento, uma nova oportunidade de financiamento e de investimento. Embora o MDL seja um mecanismo que induza os países em desenvolvimento ao esforço de preservação do meio ambiente e à estratégia global de prevenção de risco climático, ele é, também, muito complexo para ser posto em prática (WANKO; SMIDA, 2001).

Contudo, segundo os autores, muitos países em desenvolvimento apresentam reservas quanto à eficácia do mecanismo, dado o risco, por uma parte, da substituição de ajudas públicas tradicionais pelo MDL e, por outra parte, pela ameaça para as indústrias nascentes dada a substituição de velhas tecnologias por novas.

Motta *et. al.* (2000) formulam duas questões básicas sobre o MDL. Em primeiro lugar, pode-se questionar qual a magnitude das reduções das emissões de GES via MDL? Questiona-se, também, quanto o MDL poderá contribuir para promover os objetivos do desenvolvimento sustentável?

Para os autores, a resposta dependerá, em parte, da capacidade do MDL de atrair investimentos para os países em desenvolvimento. Entretanto, estimar esses investimentos é muito difícil, dada a incerteza quanto as regras do MDL e a resposta dos países a elas. A resposta dependerá, também, da avaliação do quanto desenvolvimento sustentável poderá resultar dos projetos de MDL que têm sido propostos, ou seja, o projeto é atrativo do ponto de vista da redução de carbono como o é para o desenvolvimento sustentável?

Segundo essa linha de análise, Motta *et. al.* (2000) evidenciam que, para o MDL alcançar esse duplo objetivo, deve-se observar os atributos do desenvolvimento sustentável. Em primeiro lugar, os projetos de redução de emissões de carbono de baixo custo

promovem desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento? Em segundo lugar, os benefícios em termos de desenvolvimento sustentável são consistentes com as prioridades do país receptor? E, por último, na situação em que os dois objetivos não forem mutuamente consistentes, como se pode harmonizar os dois objetivos na elaboração, seleção e hierarquização dos projetos?

Os autores chamam a atenção de que, sem uma avaliação criteriosa desses atributos não-diretamente associados à redução de emissões de carbono, corre-se o risco de que o MDL torne-se apenas um instrumento de redução de custo para os países desenvolvidos. Portanto, somente projetos capazes de atender às necessidades de ambos participantes terão chance de sucesso.

Em termos de estrutura de MDL existem duas concepções divergentes sobre sua natureza e seu funcionamento. A primeira concepção, defendida pela maioria dos países desenvolvidos, privilegia a aproximação bilateral ou o modelo de mercado livre, que salienta as necessidades dos investidores e os interesses do setor privado. O MDL definiria as linhas gerais de funcionamento, enquanto que a elaboração e a realização dos projetos ficariam a cargo do comprador e do vendedor de créditos de emissões negociadas projeto por projeto. O inconveniente dessa proposta está no fato de reduzir o papel do MDL a uma estrutura institucional que seria apenas um centro de trocas para contatar os investidores com os países hospedeiros interessados (WANKO; SMIDA, 2001).

Uma outra concepção, defendida pelos países em desenvolvimento privilegia negociações multilaterais. A ideia fundamental desse modelo é de proteger os países hospedeiros das pressões por parte dos compradores. Nesse caso, os compradores não abordariam diretamente os países hospedeiros. O MDL seria o único comprador autorizado das reduções de emissões. Ao preparar os projetos, vender as reduções e repartir os fundos recebidos pelos países hospedeiros, o MDL seria a única fonte de reduções de emissões certificadas para os investidores. Os defensores dessa proposta evidenciam o fato de que esse modelo permitiria uma participação mais equitativa dos países em desenvolvimento, haja vista que, ao apresentar projetos mais amados teria o efeito de repartir o risco inerente aos projetos únicos segundo o modelo bilateral. Entretanto, apesar de ser interessante para os países em desenvolvimento, esse modelo poderá inviabilizar o MDL sobre o aspecto administrativo, tornando-o não competitivo frente a outros mecanismos de flexibilidade (WANKO; SMIDA, 2001).

Como solução alternativa, poder-se-ia conceder um modelo híbrido que daria aos países hospedeiros mais flexibilidade na promoção de suas reduções de emissões certificadas e aos investidores uma escolha mais larga. Esse mecanismo, conduzido de

maneira apropriada representa um estímulo eficaz que permite a realização de projetos eficientes do ponto de vista das reduções de emissões (WANKO; SMIDA, 2001).

Para os autores, se o MDL for bem aplicado, principalmente com relação a adicionalidade dos projetos, ele poderá realmente limitar as emissões de GES e, sobretudo, permitir aos países do Anexo 1 de satisfazer seus compromissos e, aos países em desenvolvimento, de se apropriar de tecnologias limpas, sinônimas de desenvolvimento sustentável. Principalmente para os países industrializados o MDL deverá se constituir num segundo mercado de direito de emissões. Isso por que o MDL pode, visto que seus custos de transação não são muitos elevados, contribuir para baixar os preços de referência s da tonelada de carbono e, portanto, desenvolver o mercado de direitos a poluir.

Por outro lado, já existem fundos destinados a financiar os projetos de redução de carbono, entre eles, o Fundo Protótipo do Carbono (PCF) administrado pelo Banco Mundial. Segundo Fernandez-Asin (2002), o PCF funciona de acordo com os princípios do MDL e procura demonstrar o potencial dos mecanismos de mercado, para reduzir o custo de atenuar as mudanças climáticas. Para atingir este objetivo, o PCF compra Reduções Certificadas de Emissões (CER) dos projetos que reduzem as emissões de gases de efeito estufa nos países que recorrem aos serviços do Banco, em especial, os projetos que substituem os combustíveis fósseis por fontes de energia renovável, e os que aumentam a eficiência e o uso final pelo lado da oferta. Em troca de sua participação no PCF, os governos e as empresas do setor privado dos países desenvolvidos recebem os CER, e podem abonar o cumprimento de suas obrigações em virtude do Protocolo de Quioto ou das normativas nacionais.

Segundo o autor, em termos de Brasil, se destaca o Projeto Plantar, que foi o segundo a ser negociado na América Latina e Caribe e envolveu a compra de CER por U\$ 5,3 milhões. Ao invés de utilizar carbono mineral como combustível na produção de lingotes de ferro, o projeto o substituirá por combustível de alto conteúdo energético, gerado a partir de biomassa e de carvão vegetal, que será oriundo de plantações especificamente feitas para este fim. O projeto é o único que inclui atividades florestais adicionais que sequestram carbono.

A mitigação dos efeitos negativos dos GEEs pode se dar tanto pela redução das emissões, como pelo aumento da remoção dos gases pelos sumidouros¹⁸. Neste sentido,

¹⁸ "Sumidouros de Carbono (*Carbon Sink*): qualquer reservatório com carbono proveniente de outra parte do ciclo de carbono. Por exemplo, a atmosfera, oceanos e florestas são os principais sumidouros de carbono porque são locais para onde se direciona a maior parte do CO₂ produzido em outros lugares do planeta" (CENAMO, 2004, p. 49).

para o Brasil destacam-se dois setores como alvo de projetos MDL: florestal e energético. Segundo Pereira e May (2003), o Brasil é provavelmente o país com maior potencial para se beneficiar de investimentos do MDL no setor florestal.¹⁹

Para Fearnside (2003), evitar o desmatamento representa o maior potencial para o combate ao efeito estufa no setor florestal brasileiro. Entretanto, muito ainda tem que ser feito para tornar a redução de desmatamento uma opção de mitigação do efeito estufa, que pode demonstrar benefícios reais de carbono como o esperado pelo MDL.

O Brasil, além de propor o MDL, tem fortes interesses no mecanismo, em especial se as atividades relacionadas ao uso da terra e das florestas forem elegíveis para a obtenção de créditos de redução de emissões. O país, se quiser obter o máximo de benefícios dos fluxos de MDL, terá de se engajar ativamente na seleção de projetos, voltando a atenção para aqueles que apresentem maior superposição com os objetivos de desenvolvimento sustentável.

Motta *et. al.* (2000) verificam que os projetos potenciais do MDL no Brasil surgem nos setores energético e florestal. No setor de energia, a fonte de eletricidade é dominada pela hidroeletricidade, embora as tendências indiquem uma maior importância para os combustíveis fósseis, isso levaria a um aumento considerável das emissões de CO₂ no país. Os autores indicam que as opções de redução para o setor focalizam o uso de resíduos ou subprodutos que poderiam ser empregados em atividades de co-geração. A energia eólica também tem futuro, entretanto, em termos de redução de emissões, seu custo é relativamente alto. Quanto às atividades florestais, estas oferecem um grande potencial para o sequestro de carbono por meio da expansão da área plantada e da proteção de bacias naturais de carbono.

No caso do Brasil, é importante a identificação de projetos potenciais para a inserção no MDL levando em consideração a redução de carbono e adicionalidade em termos de desenvolvimento sustentável. Contudo, existe uma carência de estudos que identifiquem setores capazes de absorver projetos elegíveis, haja vista, que o MDL é ainda um conceito em construção, com várias questões não regulamentadas, e, até mesmas, não estabelecidas.

Embora os projetos potenciais de serem inseridos no MDL sejam muitas vezes privados e comercializados via mecanismos de mercado, é necessária a participação do governo no sentido de criar condições para que os mesmos se viabilizem e se tornem competitivos. A redução da burocracia e a constituição clara de políticas que apoiem as

¹⁹ Para uma descrição detalhada dos projetos no Brasil ver Pereira e May (2003) e Rocha (2003).

iniciativas de projetos de MDL são exemplos de políticas que se utilizam dos mecanismos de mercado para atingir o desenvolvimento sustentável.

3.3 O MERCADO DE CARBONO

Por sua vez, do ponto de vista econômico, o princípio que norteia o estabelecimento dos mecanismos de flexibilidade é o da eficiência (PEREIRA; MAY, 2003). Desta forma, devido a diferenças tecnológicas entre os países e firmas, os custos marginais de abatimento²⁰ são diferenciados. Portanto, a lógica econômica associada aos mecanismos de flexibilidade é a de que as reduções ocorram, primeiramente, onde os custos marginais sejam menores e, com isso, maximizar a eficiência global da mitigação.

Segundo Rocha (2003), a ideia básica é de que a redução, estabilização, e/ou eliminação dos GEEs pode ser alcançada via comercialização de créditos de redução e/ou permissões de emissão entre as empresas poluidoras trazendo, assim, mais flexibilidade para que as mesmas cumpram suas metas. Outra vantagem apontada pelo autor, é que o poder público encarrega-se apenas de definir os objetivos ambientais a serem alcançados, monitorar e penalizar os infratores, enquanto que a escolha dos melhores meios para se atingir os objetivos fica a cargo das próprias empresas.

Um mercado de emissões constitui-se de três níveis. O primeiro trata da distribuição pelo governo de permissões, seja através de leilões ou “*grandfathering rules*”; o segundo, visa a compra e venda das permissões; já, o terceiro, é o derivativo ou mercado futuro e se refere a compra e venda de produtos financeiros, cujos valores, derivam dos dois primeiros. Desta forma, os contratos futuros de permissão são um tipo de derivativo.

Ainda, segundo o autor, o desenvolvimento deste mercado começa com o governo definindo a quantidade de emissão que pode ser negociada. Assim, um número correspondente de permissões é colocado à disposição de agentes. Cada permissão irá definir o direito de emitir uma quantidade de GEES em um determinado período de tempo.

Os três mecanismos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto, ou seja, o Comércio de Emissões (*Emission Trading – ET*), a Implementação Conjunta (IC, ou *Joint Implementation – JI*) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – (*MDL ou Clear Development Mechanism – CDM*) têm por objetivo auxiliar os países do Anexo I a minimizar o custo para alcançar suas metas de emissão, permitindo a redução de GEES em países cujo custo marginal de abatimento seja menor do que o dos países do anexo. Esses três mecanismos formam o

²⁰ Custo de abatimento Marginal (Marginal Abatement Cost – MAC): Custos adicionais para prevenir a emissão de cada tonelada extra de GEE do nível atual de determinada fonte emissora (CENAMO *et. al.* 2004).

mercado de carbono em torno dos compromissos do Protocolo de Quioto, também chamado de *Kyoto Compliance* (conformidade com Quioto).

O Comércio de Emissões (*Emission Trading*) é um sistema global de compras e vendas de emissões de carbono, sendo baseado no sistema de mercado *cap-and-trade* já utilizado nos Estados Unidos para a redução do Dióxido de Enxofre (SO₂). O modelo prevê a distribuição de cotas (ou permissões) que podem ser comercializadas. A lógica desse mecanismo consiste no comércio de cotas não utilizadas pelos países (ou firmas) que emitem menos do que suas permissões, as quais são adquiridas pelos países que não conseguem, ou não desejam limitar suas emissões ao número de suas cotas. No contexto do Protocolo de Quioto, as permissões são denominadas AAUs (*Assigned Amount Units*) ou Unidades Equivalentes Atribuídas.

O mecanismo de Implementação Conjunta permite o comércio, entre os países do Anexo I, de Unidades de Redução de Emissões – ERUs (*Emission Reduction Units*) que resultam de projetos destinados a reduzir as emissões. Também são comercializadas via Implementação Conjunta, as Unidades de Remoção ou RMUs (*Removal Units*) para as remoções obtidas através de sumidouros dos gases efeito estufa. Assim, o país que adquirir as EMUS ou RMUs poderá computá-las em suas cotas de emissões.

O MDL permite aos países industrializados que não consigam (ou não queiram) atingir suas metas de redução, comprar os CERs (*Certifical Emission Reduction*) ou as Reduções Certificadas de Emissões – RCEs) geradas por projetos nos países em desenvolvimento.

Além desses mecanismos de mercado estabelecidos pelo Protocolo de Quioto, outros mercados têm se consolidado nos últimos anos, os quais são denominados *Non Compliance Kíoto* (não-conformidade com Quioto). No entanto, esses mercados, geralmente, procuram atender às exigências técnicas do Protocolo de Quioto como forma de garantir a qualidade dos investimentos e de conhecer a procedência do carbono adquirido.

Segundo o NAE (2005), as transações comerciais de carbono podem ser agrupadas em duas categorias principais: Transações baseadas em projetos e o Comércio de permissões de emissões (Figura 4).

As transações baseadas em projetos geram créditos como ERUS e RMUs da Implementação Conjunta e os CERs do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. No comércio de permissões de emissões (*Emission Allowances*), as permissões são distribuídas sob o regime de *cap-and-trade*, tais como as AMUs do Protocolo de Quioto, as permissões do regime de comércio de emissões do Reino Unido e as permissões sob o Esquema Europeu de Comércio de Emissões (*European Trade Scheme - ETS*) de gases

efeito estufa, denominadas EUAs (*Emissions Units Allowances* ou Permissões de emissões).

Conforme demonstrado na Figura 4, as transações baseadas em projetos geram créditos dos tipos ERUs e RMUs em projetos de Implementação Conjunta e CERs para projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Nesses mercados, as firmas japonesas, o governo da Holanda e o Carbon Finance Business – CBF, por meio do Community Development Carbon Fund –CDEF do Banco Mundial são os principais compradores (NAE, 2005).

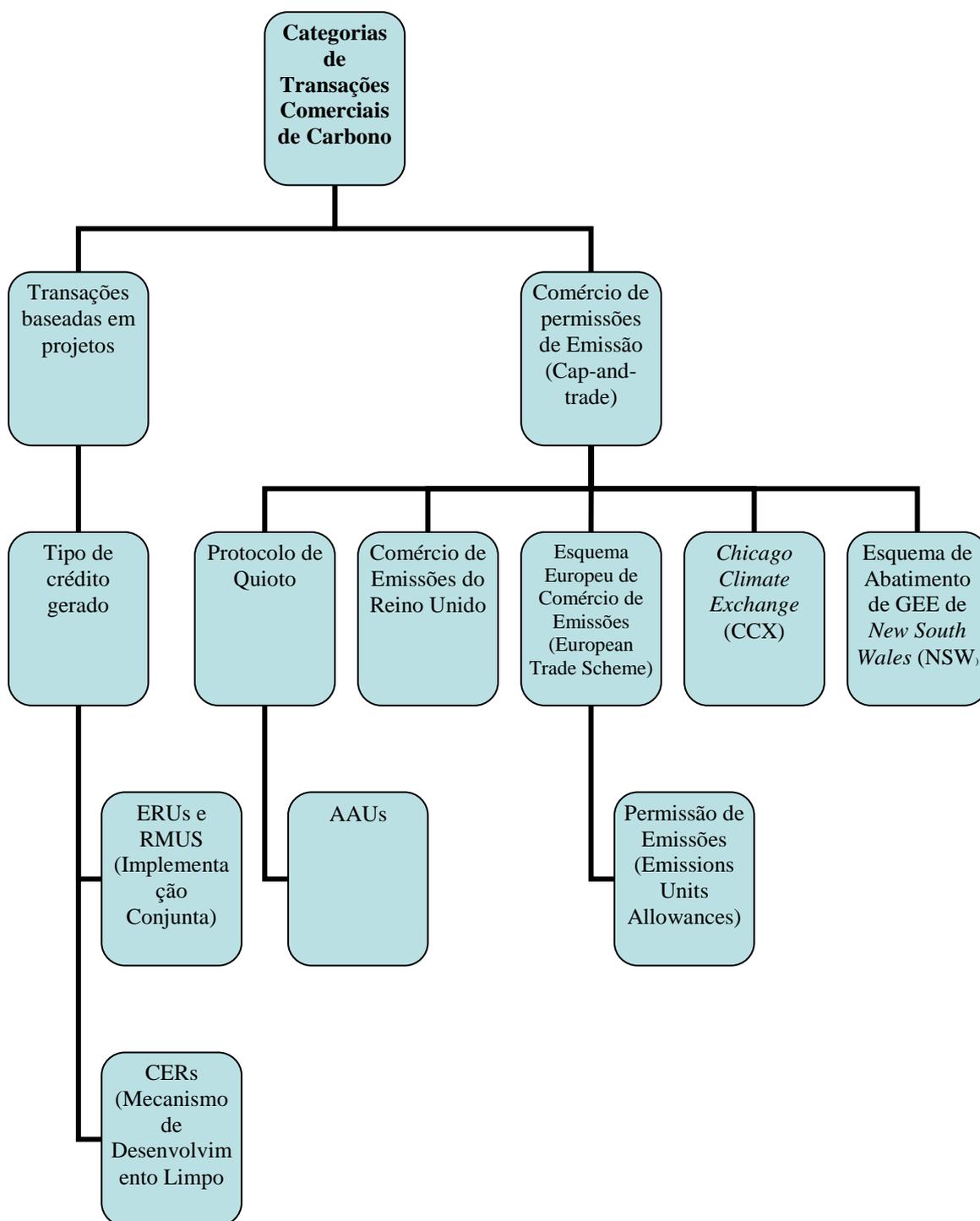


Figura 1 - Esquema do mercado de carbono.
 Fonte: Elaboração própria com base em NAE, 2005.

Os principais vendedores são os países em desenvolvimento (não Anexo I do Protocolo de Quioto) e as economias em transação (países do Anexo B do Protocolo de Quioto que estão em processo e transação para economia de mercado).

Os principais mercados que operam no sistema *cap-and-trade* são: o Esquema de Comércio do Reino Unido; o Esquema de Comércio de Emissões da União Europeia ; a Bolsa do Clima de Chicago (CCX) e o Esquema de Abatimento de GEE de *New South Wales* (NSW). O Esquema de Comércio do Reino Unido é o maior programa nacional de comércio de emissões. As empresas participam em troca de um desconto de 80% no valor da taxa de consumo de energia comercial ou industrial (Taxa de Mudança Climática). Sob o Esquema de Comércio da União Europeia , as empresas europeias podem vender ou comprar suas permissões para emissões de GEEs. Os Estados membros elaboram planos indicando o planejamento da distribuição das permissões de emissões entre os diversos setores econômicos, os quais são notificados e supervisionados pela Comissão Europeia (NAE, 2005).

Por meio do projeto *Chicago Climate Exchange* (CCX), as empresas fazem um comprometimento voluntário para reduzir as suas emissões de GEE. As que não conseguem baixar seus índices pré-estabelecidos, no período de um ano, podem compensar com a aquisição de créditos de carbono. Já o Esquema Australiano de Abatimento de GEE de *New South Wales* (NSW) consiste num programa que impõe padrões às empresas de energia elétrica para emissões de GEE cujas metas são estabelecidas anualmente. Sendo que, para emissões acima das metas, devem ser adquiridas permissões no mercado sob pena de aplicação de multas.

Segundo Capoor e Ambrosi (2008), o mercado de carbono é o mais visível resultado dos esforços para a mitigação das mudanças climáticas. A regulamentação obrigatória das emissões de carbono permitiu ao mercado do mesmo atingir um valor de US\$ 64 bilhões (47 bilhões de €) em 2007 (Tabela 3).

Tabela 3 - Visão geral do mercado de carbono, volume e valores 2007 -2008.

	Ano 2006		Ano 2007	
	Volume (MtCO ₂ e)	Valor (Milhões US\$)	Volume (MtCO ₂ e)	Valor (Milhões US\$)
Comércio de permissões de emissões (<i>Allowances</i>)				
E.U. ETS	1.104	24.436	2.061	50.097
New South Wales	20	225	25	224
Chicago Climate Exchange (CCX)	10	38	23	72
U.K ETS	s.d	s.d		
Subtotal	1.134	24.699	2.109	50.394
Transações baseadas em projetos (<i>Project-based transactions</i>)				
MDL primário	537	5.804	551	7.426
MDL secundário	25	445	240	5.451
Implementação conjunta	16	141	41	499
Outras submissões e transações voluntárias	33	146	42	265
Subtotal	611	6.536	874	13.641
Total	1.745	31.235	2.983	64.035

Fonte: Cappor & Ambrosi (2008).

O mercado de ETS da União Europeia é o principal mercado de carbono tanto em transações de permissões, como na totalidade do mercado. Segundo Cappor e Ambrosi (2008) esse mercado é o maior sucesso na missão de reduções de emissões através do abatimento dentro da própria União Europeia. A comissão Europeia, com a experiência na Fase I do projeto, reforçou os elementos da Fase II dos ET da U.E. Os ETS funcionaram como um laboratório do mercado global de carbono, sendo que a sua mais notável realização foi auxiliar na descoberta do preço dos GEEs emitidos na U.E.

As fortes mudanças ocorridas nesse mercado demonstraram a formação de preços e como as permissões eram comercializadas. Por exemplo, entregas para dezembro tiveram uma comercialização numa faixa de preços entre 20 € a 25 € até maio de 2007. Esse preço sinalizou para o desenvolvimento de projetos de redução das emissões globalmente através de projetos de MDL, em países em desenvolvimento e projetos de Implementação Conjunta em país do Anexo B, que geram créditos de carbono para serem vendidos no E.U. ETS (CAPPOR & AMBROSI, 2008).

Em escala menor, destaca-se o crescimento acentuado do voluntário mercado do *Chicago Climate Exchange (CCX)*, o qual, foi beneficiado pelo aumento do interesse dos *players* do mercado que têm respondido ao desenvolvimento de políticas climáticas nos EUA, tanto em nível federal, como regional. O mercado *New South Wales (NSW)* observou um veloz crescimento nos volumes transacionados, porém, com queda nos preços devido a uma temporária super oferta de créditos, além de uma maior clareza dos arranjos propostos pela Austrália para o comércio no mercado de carbono. A Nova Zelândia se lançou para ETS, cobrindo todos os GEEs e progressivamente tem incluindo todos os setores, começando com o setor florestal em 2008. Já, o Japão, está finalizando os contornos de seu mercado para comercializar suas emissões neste esquema (CAPPOR & AMBROSI, 2008).

Segundo os autores, mais de 2 bilhões de contratos de EU ETS foram comercializados com um valor de mercado de US\$ 50 bilhões (€\$ 37 bilhões) em 2007, o que corresponde a quase o dobro, tanto em volume, como em valor, do que o transacionado em 2006 e mais do que seis vezes o transacionado em volume e valor em 2005. O preço de mercado também sustentou crescimento em 2007, correspondendo ao movimento de mercado para as transações de *ETS-Fase II*, correspondendo a um movimento de mercado para as transações de *ETS-Fase II* iniciado no verão de 2006. Em 2007, 60% das transações fechadas envolvem a propriedade da *Fase II* e na segunda metade de 2007, praticamente as permissões da *Fase I* não foram transacionadas, ou seja, o mercado focou suas atividades da *Fase II* para os contratos de dezembro de 2008.

O esquema de comércio da União Europeia é designado a cobrir o programa de comércio de emissões que é governado pela legislação da Comunidade Europeia . O propósito deste mercado é de assegurar o “*cost-effective*” da redução de emissões pelas entidades legais, a medida em que elas são comercializadas no mercado através da capacidade legal dos Estados membros da União Europeia de se adequarem as suas obrigações de Quioto (CAPPOR & AMBROSI, 2008).

Em termos de projetos baseados em mercados, em 2007 os compradores continuam a mostrar forte procura por reduções de emissões. Isto reflete o crescimento continuado de cadastramento de projetos, em que 68 países já identificaram e ofertaram a redução de 2500 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCo₂e) em mais de 3000 projetos. Este potencial de oferta é interessante, principalmente para compradores do setor privado e investidores que em 2007 transacionaram 634 MtCo₂e em transações primárias baseadas em projetos (8% a mais do que 2006) correspondendo a US\$ 8,2 bilhões (€ 60 bilhões), ou seja, 34% a mais do que 2006. O MDL é responsável pela maioria das transações baseada em projetos (87% do volume e 91% do valor) e a Implementação

Conjunta verifica volumes transacionados no valor de US\$ 7,4 bilhões (€ 5,4 bilhões), com uma demanda esperada principalmente de entidades do setor privado da U.E., mas também dos governos da U.E. e do Japão. Por sua vez, os mercados voluntários que sustentam atividades de redução de emissões não comandadas por “*policymarkes*”, também apresentam volumes que dobraram para 42 MtCo₂e e um valor que triplicou para US\$ 265 milhões em 2007 (CAPPOR & AMBROSI, 2008).

Segundo o trabalho dos autores, a China continua se apresentando como o maior vendedor, expandindo seu “*market share*” para 73% das transações de MDL. Os países da África (5%), Leste da Europa e Ásia central (11%) emergem neste mercado e oferecem aos compradores uma oportunidade para diversificar seus portfólios fortemente dependentes da China. As fatias de mercado da Índia e do Brasil (6%) refletem a preferência de alguns vendedores que favorecem a venda já prevista de CERs emitidos, os quais, totalizam apenas 130 MtCo₂e no mercado de carbono.

3.3.1 O mercado brasileiro de redução de emissões (MBRE)

A participação do Brasil no mercado de carbono ainda é pequena se comparada com a da China, porém o país apresenta-se como alternativa para diversificação da oferta de créditos de carbono no mercado global. No entanto, é necessário o desenvolvimento de um mercado interno de créditos de carbono que incentive, via sistema de preços, a oferta de projetos de MDL. O mercado brasileiro é incipiente, tendo início em 2005, através de uma iniciativa conjunta da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) e do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

O Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE) objetiva desenvolver um sistema eficiente de negociação de certificados ambientais, em linha com os princípios subjacentes ao Protocolo de Quioto. Busca-se, com isto, criar no Brasil as bases de mercado ativo para créditos de carbono que venha a constituir referência para os participantes em todo o mundo (BM&F, 2008).

Em meados de setembro de 2005 foi lançada a primeira etapa desse mercado, a qual se trata de um sistema desenvolvido pela Bolsa para registro de projetos validados, ou seja, projetos que deverão gerar Reduções Certificadas de Emissão no futuro. Além disto, são acolhidos para registro intenções de projeto, isto é, concepções parcialmente estruturadas de projetos que objetivem a condição futura de projetos validados no âmbito do MDL. A segunda etapa desse trabalho de organização do mercado de carbono, consiste no desenvolvimento e na implantação de sistema eletrônico de leilões de créditos de carbono.

Esse sistema possibilita a negociação (no mercado à vista) de créditos de carbono já gerados por projetos de MDL (BM&F, 2008).

Entre os projetos cadastrados no sistema MBRE destaca-se:

- a) *Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project (BLFGE)*: O projeto gás do aterro sanitário de Bandeirantes é um projeto de coleta de gás e de geração de energia no Brasil. A ideia central do projeto, é de evitar as emissões de metano da operação de descarga de resíduos, controlada pela municipalidade de São Paulo, no estado de São Paulo e substituir em parte a energia gerada por combustível fóssil pela, a eletricidade gerada com a queima do gás;
- b) *Lages Methane Avoidance Project (Projeto de Redução de Emissões de Metano Lages)*: O projeto busca evitar as emissões do metano da digestão anaeróbica nos estoques (deterioração da biomassa) com combustão controlada pelo processo da produção combinada, que gera simultaneamente a eletricidade e a energia térmica (vapor) do resíduo de madeira produzido de diversas indústrias da madeira, que seriam dispostos de outra maneira inadequada. O projeto não está requerendo reduções de emissão da mudança de tipo de eletricidade;
- c) *Anaconda Landfill Gas Project (Projeto de Gás Aterro Anaconda)*: O projeto planeja a instalação de uma coleção de gás e um sistema de alargamento. Conectando os drenos verticais existentes e alargando o gás coletado da operação de descarga, aumentando a eficiência da coleção de LFG a 75% e alargando-se todo o gás coletado.

3.4 O MERCADO DE CARBONO E A INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DA PECUÁRIA BRASILEIRA

Esta seção busca investigar se o mercado de carbono e os mecanismos do Protocolo de Quito possibilitam a promoção de uma intensificação sustentável da pecuária bovina brasileira e, como consequência, conduzam a uma redução das emissões de GEE.

Em primeiro lugar, é realizada uma análise se a pecuária bovina é um setor que atende aos critérios brasileiros de avaliação para projetos de gases efeito estufa. Para tanto, utiliza-se a proposta revisada de critérios e indicadores de elegibilidade para avaliação de projetos candidatos ao MDL, realizada pelo Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, órgão vinculado à Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do Ministério do Meio Ambiente do Brasil. Os critérios

estabelecidos tiveram como base, o trabalho desenvolvido por Emilio Lèbre La Rovere e Steve Thorne, *Criteria and Indicators for Appraising Clean Development Mechanism (CDM) Projects*²¹ (MMA, 2002).

3.4.1 Critérios de elegibilidade

O primeiro critério estabelecido pelo MMA é referente aos setores de atividades de projetos qualificáveis para o MDL. Os seguintes projetos são passíveis de elegibilidade prioritariamente, aqueles ligados aos setores que utilizam tecnologias e técnicas que contribuam para:

a) a eficiência energética no uso final (conservação de energia), em suas diversas formas e nos diversos setores, como o de transportes, a indústria, etc.;

b) a eficiência energética na expansão da oferta de energia, incluindo a redução de perdas na cadeia de produção, transporte e armazenamento de energia (por exemplo, a redução de emissões fugitivas na produção e transporte de gás natural);

c) o suprimento de serviços energéticos através de energia renovável ou do uso de gás natural em substituição de combustíveis fósseis com maior teor de carbono;

d) o aproveitamento energético das emissões de metano (CH₄) provenientes da disposição de resíduos;

e) a redução nas emissões de GEE no setor industrial (por exemplo, redução de N₂O das indústrias químicas ou de PFC's na produção de alumínio);

f) o florestamento e reflorestamento a longo prazo, objetivando a expansão da base florestal para o fornecimento de insumos industriais, o florestamento urbano ou a recuperação de áreas degradadas, abandonadas ou desmatadas. A garantia de sustentabilidade destes setores de atividades deve ser assegurada por órgãos certificadores nacionais ou estrangeiros de reputação internacional, favorecendo assim, a biodiversidade e a definição de uma proporção de floresta nativa por área de floresta plantada;

g) a redução nas emissões de GEE provenientes da fermentação entérica de rebanhos.

Portanto, com relação ao critério de setores de atividades de projetos qualificáveis para o MDL, a pecuária bovina é um setor que pode gerar projetos tanto no aproveitamento

²¹ LA ROVERE, Emilio L.; THORNE, Steve. *Criteria and Indicators for Appraising Clean Development Mechanism (CDM) Projects*, *Helio International*, Oct, 1999.

energético das emissões de metano (CH₄) provenientes da disposição de resíduos, como na redução nas emissões de GEE provenientes da fermentação entérica de rebanhos.

O segundo critério se refere ao fato de que as reduções de emissões sejam reais e mensuráveis em relação ao cenário de referência.

Segundo o MMA (2002), o protocolo de Quioto é claro ao afirmar que as reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas com base em reduções que sejam adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto. Portanto, somente projetos cujas emissões sejam mensuráveis são passíveis de qualificação para o MDL, pois os CER's são derivados da diferença de emissões entre o cenário de referência e o cenário de projeto. Assim, ambos os cenários devem ser estabelecidos na forma mais transparente possível, com relação à escolha de aproximações, metodologias, parâmetros, fonte de dados, fatores e adicionalidade. Além disto, as incertezas também devem ser consideradas.

Para a mensuração dos fluxos de carbono envolvidos nos cenários de referência e de projeto é recomendada a metodologia proposta pelo IPCC. As adaptações desta metodologia, feitas pelo MCT e outros órgãos, devem ser observadas, e como previsto pelo IPCC, na existência de fatores mais precisos, estes se sobreporão aos recomendados pelo próprio IPCC (MMA, 2002).

Ainda, segundo a proposta do MMA (2002), para a construção do cenário de referência é necessário, no âmbito da área de impacto do projeto, analisar as séries históricas dos fluxos de carbono e as variáveis que podem alterar a projeção futura da curva pregressa levantada. Em países em desenvolvimento como o Brasil esta tarefa apresenta maiores complicadores, dada a incerteza futura na economia e a ausência de uma base estatística sólida, para um melhor entendimento e observância da dinâmica das variáveis envolvidas.

De acordo com o MMA (2002), o Acordo de Marraqueche traz algumas regras e procedimentos acerca do cenário de referência, entre as quais destacam-se:

- o cenário de referência deve ser estabelecido de uma maneira transparente com relação à escolha de aproximações, metodologias, parâmetros, fonte de dados, fatores e adicionalidade. Deve levar em consideração também, as incertezas. Além disso, a *baseline* deve ser estabelecida especificamente para cada projeto;

- o cenário de referência deve considerar políticas e circunstâncias de relevância setorial e/ou nacional, como iniciativas de reformas setoriais, disponibilidade de combustível local, planos de expansão do setor energético e a situação econômica no setor do projeto;

- A *baseline* deve ser definida de um modo que os CER's não sejam ganhos se ocorrer algum tipo de decréscimo nos níveis de atividade externos ao projeto;

- Um aspecto muito importante na escolha da metodologia da *baseline* para o projeto é que, os participantes devem selecioná-la dentre as possibilidades abaixo, levando em conta os guias do Comitê Executivo e justificando apropriadamente a escolha:

a) Emissões históricas ou atuais existentes, ou;

b) Emissões provenientes de tecnologias que se apresentam economicamente atrativas, levando em consideração barreiras ao investimento, ou;

c) A média das emissões de atividades similares ao projeto considerando-se os cinco anos antecedentes. A similaridade social, econômica, ambiental e tecnológica deve ser apontada.

Com relação ao segundo critério, ou seja, as reduções de emissões sejam reais e mensuráveis em relação ao cenário de referência, pode-se considerar as seguintes questões sobre a pecuária bovina:

Em termos de reduções de emissões de GEEs (CH₄ e N₂O) provenientes dos resíduos (estercos) dos animais, é possível estabelecer projetos de reduções de emissões mensuráveis para sistemas de produção intensivos do tipo, confinamento ou semi-confinamento. Tais projetos podem ser considerados semelhantes aos projetos de redução de emissões através da queima e utilização do metano para energia já existentes na suinocultura, setor que já apresenta projetos com metodologias aprovadas e CERs comercializadas no Brasil.

Com relação às reduções de emissões de CH₄ provenientes da fermentação entérica e de manejo de resíduos de sistemas menos intensivos (animais criados em pastos nativos e pastagens), ainda é necessário desenvolver metodologias para o estabelecimento de cenários de referência, bem como, para a quantificação da adicionalidade do projeto. Neste sentido, a presente tese busca contribuir para o desenvolvimento desta metodologia, ao apresentar um modelo que permita a mensuração dos custos de produção e das emissões de GEEs na pecuária bovina, para os diversos sistemas de produção pecuária.

Além desses dois critérios de elegibilidade de projetos, o MMA apresenta oito indicadores para a priorização dos projetos de MDL, tais critérios conferem um caráter classificatório e não eliminatório, diferentemente dos critérios de elegibilidade (Quadro 5).

Indicador	Tipo de medida	Observações
1. Contribuição para a mitigação das mudanças climáticas globais	Mede a mudança no nível de emissões ou de sequestro de carbono do projeto em relação ao cenário de referência	Busca atribuir uma classificação proporcional aos benefícios ambientais globais mensurados pela redução líquida das emissões de GEE.
2. Contribuição para a sustentabilidade ambiental local	Indica os impactos ambientais locais associados ao projeto em relação ao cenário de referência.	Busca observar as características de ocupação antrópica (residencial, comercial, industrial e agrícola) e de localização ambiental (proximidade de recursos hídricos e de florestas nativas) na área de influência do empreendimento.
3. Contribuição para a geração líquida de empregos	Indica a mudança no nível de empregos comparando-se o cenário do projeto com o cenário de referência.	Busca avaliar o volume de emprego gerado por capital investido, bem como o tipo de qualificação; nível de insalubridade e periculosidade; duração e o nível de salários dos empregos.
4. Impactos na distribuição de renda	Indica os efeitos diretos e indiretos sobre a qualidade de vida das populações de baixa renda	Busca verificar se o projeto contribui para a disponibilidade de serviços e para o desenvolvimento de atividades produtivas que possam causar melhorias na qualidade de vida e na geração de renda das comunidades.
5. Contribuição para a sustentabilidade do balanço de pagamento	Indica os gastos em moeda estrangeira, comparados com o cenário de referência.	Busca aferir a interferência do projeto na importação e exportação nacional. O decréscimo nos gastos em moeda estrangeira pode indicar uma maior sustentabilidade do balanço de pagamento.
6. Contribuição para a sustentabilidade macroeconômica	Indica as mudanças no nível de investimentos públicos em relação ao cenário de referência.	Busca avaliar a influência do cenário de projeto na redução do déficit público.
7. Custo-efetividade	Indica o nível de mudança nos custos das emissões de carbono evitadas ou sequestradas em relação ao cenário de referência.	Busca medir a contribuição para a sustentabilidade microeconômica, podendo ser avaliado inicialmente pelo fluxo de caixa de ambos os cenários, utilizando ferramentas de análise econômica como, por exemplo, a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Retorno de Investimento (TRI).
8. Contribuição para a auto-suficiência tecnológica	Indica o nível de gastos em moeda estrangeira, relativo à aquisição de tecnologia, em comparação com o cenário de referência.	Busca demonstrar a sustentabilidade tecnológica do projeto, buscando-se a origem dos equipamentos, a existência de <i>royalties</i> e de licenças tecnológicas e a necessidade de assistência técnica internacional.

Quadro 5 - Indicadores para a priorização de projetos de MDL no Brasil.
Fonte: Elaboração própria baseado em MMA (2002).

Os indicadores permitem diferenciar os projetos candidatos ao MDL, através de uma hierarquização obtida pelo somatório da pontuação de cada indicador, esta, deve ser estabelecida por meio do balanço entre os impactos positivos e negativos do projeto, em comparação com o cenário de referência e a hierarquização dos projetos é realizada ao se comparar os somatórios da pontuação de indicadores.

Esses indicadores buscam classificar os projetos com relação à necessidade de um projeto de MDL atender a obrigatoriedade de contribuir para o desenvolvimento sustentado do país hospedeiro. Com relação a esse ponto existem críticas quanto à efetiva observação deste quesito, quando da concepção de projetos e sua aprovação. Neste sentido, pode-se citar o trabalho de Villavicencio (2004). O autor defende a tese de que as discussões sobre a contribuição de projetos de MDL para o desenvolvimento sustentável contêm uma perigosa dose de mitos e percepções deslocadas da realidade e que distorcem os objetivos do MDL. Para o autor, os critérios propostos para avaliar a contribuições de projetos MDL para o desenvolvimento sustentável são selecionados explicitamente para satisfazer certos paradigmas e refletem um conjunto de ideias e valores que apontam para uma direção predeterminada, na qual, as estratégias e respostas seguem a lógica das teorias que as sustentam²². Estas ideias têm adquirido o status de senso comum de tal maneira que, aceitas como verdades universais, constroem o problema e descrevem sua solução num sentido predeterminado, ao mesmo tempo em que legitimam a ação de agências públicas e privadas envolvidas no tema.

Para Villavicencio (2004), é necessário um reexame das ortodoxias convencionais atuais que envolvem o MDL, para que o mesmo alcance seus objetivos de contribuir para o desenvolvimento sustentável. Assim, sem uma avaliação criteriosa dos atributos pelos quais são apresentados os projetos, existe o perigo de que o MDL se converta numa mera ferramenta de redução de custos para o cumprimento de compromissos dos países desenvolvidos, ferramenta justificada por benefícios que podem ou não resultar consistentes com as prioridades dos países em desenvolvimento.

Segundo o autor, no caso do MDL, as teses amplamente aceitas sobre a contribuição de projetos para a “sustentabilidade” do crescimento econômico, balança de pagamentos, geração de empregos e desenvolvimento tecnológico merecem ser re-avaliadas dentro de um marco de análise que permita levar em conta as interdependências e retroalimentações entre as dimensões da sustentabilidade, que são afetadas pelo projeto.

²² Segundo Villavicencio (2004), entre os indicadores de sustentabilidade os seguintes critérios aparecem de forma recorrente nos guias e manuais sobre MDL: Contribuição ao crescimento econômico; contribuição para a sustentabilidade da balança de pagamentos; efetividade do custo dos projetos; contribuição para a geração de empregos e, contribuição para a proteção do entorno local.

Nessa linha de análise, qualquer projeto de MDL que envolva a pecuária bovina deverá levar em consideração não apenas a redução das emissões de GEEs em relação a uma linha de base, como, também, atender a critérios e indicadores de sustentabilidade que contemple de forma conjunta e interligada as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável, em especial a econômica, a ambiental e a social.

Para tanto, é necessário se estabelecer uma metodologia de análise dos critérios de viabilidade de projetos de MDL para as diversas opções de redução de emissões de metano via fermentação entérica, tais como: a redução do efetivo animal; a melhoria da eficiência da conversão alimentar pela otimização de dietas do rebanho; o incremento da produtividade animal através do uso de aditivos na alimentação ou na cria; e a melhoria da eficiência do rúmen através do uso de aditivos na alimentação.

3. 5 CONCLUSÕES

O objetivo desse capítulo foi verificar as consequências dos acordos do Protocolo de Quito para o Brasil e se os mesmos podem promover uma intensificação sustentável da pecuária brasileira conduzindo, assim, à uma redução de sua contribuição nas emissões de gases efeito estufa.

Em primeiro lugar, verificou-se que o Protocolo de Quioto é o resultado do desdobramento de negociações em nível global que culminaram na assinatura de dito protocolo. O Protocolo de Quioto foi pautado pelo princípio da precaução, em que a falta de certeza científica não deve ser usada como razão para postergar medidas, e, pelo princípio da equidade em conformidade com responsabilidades comuns dos países, mas diferenciadas conforme suas respectivas capacidades. Assim, através do Protocolo de Quioto, a COP3 fixou metas quantitativas para a redução de emissões.

Em termos de racionalidade econômica, as reduções devem se concentrar prioritariamente naqueles setores ou países em que o custo da redução das emissões de GEEs em termos de equivalente-carbono seja menor, tornando, assim, eficiente o esforço de redução e maximizando os ganhos para toda a sociedade. Neste sentido, qualquer esforço de intensificação sustentável da pecuária bovina deve atender a esse critério de eficiência econômica.

Assim, projetos de intensificação da pecuária bovina cujo objetivo é a redução de emissões podem induzir à eficiência econômica, no caso da minimização dos custos de abatimento de carbono. Neste sentido, a intensificação da pecuária se traduziria em redução de custos e no uso mais eficiente de recursos. Desta forma, a intensificação ou as

mudanças nos sistemas de produção não estariam restritas apenas a mudanças na função de produção, mas, também, nas melhorias no sistema de gestão da propriedade e do negócio pecuário propriamente dito.

Em segundo lugar, verificou-se que entre os três mecanismos de flexibilidade introduzidos no protocolo de Quioto para viabilizar as metas quantitativas de emissões, apenas o MDL é compatível para projetos de reduções de emissões para a pecuária bovina brasileira, haja vista, a posição do Brasil no esforço global de redução. No entanto, a existência de outros mecanismos do Protocolo (Implementação Conjunta e Comércio de Emissões) juntamente com o MDL e outros mecanismos “*non compliance Kyoto*”, permitiu a formação de um mercado mundial de carbono.

A formação do mercado de carbono permite a interação entre ofertantes de diversos tipos de créditos de carbono com empresas, instituições e governos de países demandantes desse crédito. Essa interação permite a formação de preços de referências de créditos de carbono. Entre os principais mercados destaca-se o Esquema Europeu de Comércio de Emissões da União Europeia que, por sua dimensão, baliza os preços internacionais. A formação do preço do crédito de carbono é importante pelo seu papel sinalizador de incentivos de mercado para a criação e o desenvolvimento de projetos de redução de emissões de GEEs. Por exemplo, preços altos no mercado de carbono incentivam o aumento da oferta de projetos, viabilizando aqueles com custos mais altos de abatimento do carbono.

Neste sentido, a formação do mercado de carbono se apresenta como um elemento incentivador de mudanças produtivas na pecuária brasileira no sentido de viabilizar tecnologias e sistemas de produção que gerem Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) e outras formas de créditos de carbono em mercados “*non compliance Kyoto*”.

Em terceiro lugar, a instituição de mecanismos de flexibilidade via Protocolo de Quito e a consolidação do mercado mundial de carbono incentivou a formação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE). Embora o mercado brasileiro seja incipiente, o seu desenvolvimento poderá permitir a alocação de recursos e investimentos em diversos setores de economia que poderão participar dos esforços de redução de emissões, tal é o caso da pecuária bovina.

Em quarto lugar, verificou-se a possibilidade de intensificação sustentável da pecuária bovina brasileira através do sistema de mercado de carbono. Embora a possibilidade de inserção de projetos de redução de emissões de GEEs na pecuária não serem restritos apenas às normas do MDL, uma vez que os mesmos, também podem ser financiados por recursos de outros mecanismos tais como, o Fundo Protótipo de Carbono do Banco

Mundial, buscou-se analisar o enquadramento da pecuária bovina nos critérios brasileiros de avaliação de projetos de redução de GEEs. Assim, foram analisados os critérios de elegibilidade, de caráter eliminatório, e os indicadores para a priorização de projetos de MDL.

Com relação ao primeiro critério de elegibilidade, ou seja, o que trata dos setores de atividades de projetos qualificáveis para o MDL, a pecuária bovina é um setor que pode gerar projetos no aproveitamento energético das emissões de GEES, provenientes da disposição e manejo de resíduos. Além disto, poderão ser gerados projetos de redução de emissões provenientes da fermentação entérica de rebanhos.

Com relação ao segundo critério, ou seja, o de que as reduções de emissões devam ser reais e mensuráveis em relação ao cenário de referência, verificou-se a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia para a mensuração e determinação do cenário de referência, bem como dos benefícios gerados pelo projeto.

Quanto aos indicadores, estes buscam classificar os projetos com relação à necessidade de um projeto de MDL atender a obrigatoriedade de contribuir para o desenvolvimento sustentável do país ou região hospedeira. Observou-se que este é o ponto crítico da concepção e aprovação de projetos, uma vez que, sem uma avaliação criteriosa dos atributos do projeto, existe o risco de que o MDL se converta numa mera ferramenta de redução de custos para o cumprimento de compromissos dos países envolvidos.

No caso da pecuária bovina brasileira é elevado o risco de isso acontecer para projetos de grande escala de aproveitamento de resíduos em sistemas de confinamento. Neste caso, pode-se justificar a geração de créditos de carbono pela queima e aproveitamento de metano para fins energéticos. No entanto, corre-se o risco de não se observar, a contento, os atributos do projeto para o desenvolvimento sustentável. Isto porque, sistemas de confinamento necessitam de aporte de alimentação para os animais. A alimentação é produzida em sistemas agrícolas, ou seja, pode-se estar transferindo ao setor agrícola a responsabilidade das emissões evitadas no setor pecuário, uma vez que, a produção de alimentos é geradora de GEEs. Além disto, deve-se observar os efeitos do confinamento sobre o bem estar animal, a concentração de renda, o meio ambiente, entre outros fatores de sustentabilidade.

Portanto, é necessário se estabelecer uma metodologia de análise de critérios de viabilidade de projetos de MDL para diversas opções de redução de emissões de metano na pecuária bovina, independentemente do tipo de pecuarista e da escala de produção.

PARTE 2: PECUÁRIA BOVINA NO BRASIL E EMISSÕES DE METANO: DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA, BALANÇO DE CARBONO E OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO

A segunda parte trata especificamente da pecuária bovina no Brasil e as emissões de metano, sendo composta por dois capítulos. O quarto capítulo da tese identifica o papel da pecuária bovina e suas contribuições para o efeito estufa. Apresentamos a distribuição geográfica do rebanho brasileiro e de suas emissões de metano. O quinto capítulo apresenta um quadro teórico necessário ao entendimento do balanço de carbono na pecuária e das opções de redução de metano por fermentação entérica.

CAPÍTULO 4: O PAPEL DA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE E DE LEITE NO BRASIL E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O EFEITO ESTUFA

Neste capítulo, busca-se realizar uma breve caracterização da pecuária de corte e de leite no Brasil, bem como, uma análise da evolução do rebanho. A seguir são identificadas as principais contribuições da pecuária bovina para as emissões de metano e para o efeito estufa e determinada a participação relativa da pecuária bovina nas emissões antrópicas brasileiras de metano.

4.1 A PECUÁRIA DE CORTE NO BRASIL

O Brasil é um importante produtor e exportador de carnes. Além da carne bovina, cuja produção apresenta importância histórica para o seu desenvolvimento econômico, o Brasil apresenta posição de destaque na produção e exportação de carne avícola e suína.

A pecuária de corte brasileira se caracteriza pelo uso de grandes áreas de pastos naturais e de pastagens cultivadas. A criação extensiva, cuja alimentação é baseada em pastagens, e os animais são, predominantemente, de grande porte (em muitas regiões predominam raças zebuínas), resulta em um potencial maior de emissões de metano. Contudo, nos últimos anos, vem crescendo de forma expressiva as práticas de confinamento e de semiconfinamento de animais no Brasil. Na engorda em confinamento, rações balanceadas são fornecidas a animais mantidos em currais, durante a seca, possibilitando a engorda e o abate em idade precoce de forma intensiva.

Por exemplo, somente no Estado do Mato Grosso, estima-se que existam 169 confinamentos, a maior parte deles (50%) com número de cabeças fechadas variando entre

100 e 1000. Mas, na média, o número fica em 4273 cabeças. Considerando-se 80% desses confinamentos, estima-se que o número de animais confinados deva ultrapassar as 500 mil cabeças em 2008, representando um crescimento de 25% em relação a 2007 (JOSÉ, 2008). No entanto, o confinamento apresenta uma série de problemas ambientais, como já salientado anteriormente. Além disso, o interesse nas mudanças ambientais não deve mascarar as mudanças econômicas e sociais a respeito do transporte, alimentação e distribuição de alimentos, bem como, levar em consideração os interesses das pessoas envolvidas nesse processo e as relações sociais envolvidas.

A estratégia de crescimento da pecuária pela incorporação de novas áreas prevaleceu até a década de sessenta, com ganho pequeno de produtividade. Predominantemente, eram utilizadas pastagens de capim-gordura (*Melinis minutiflora*), colômbio e guiné (*Panicum maximum*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) e angola (*Brachiaria mutica*). Entretanto, a partir dessa década começaram a ocorrer significativas mudanças estimuladas por programas de crédito orientado, implementados no início dos anos setenta. Tais programas, possibilitaram investimentos em pastagens e na infra-estrutura das fazendas da região Centro-Sul, com resultados altamente positivos. Nesta época, teve início o ciclo das Braquiarias, destacando-se a *B. decumbens*, a *B. ruziziensis* e a *B. humidicula*, especialmente nas regiões de cerrados e na região amazônica. A partir da década de 80, outras forrageiras foram introduzidas nas regiões de Cerrado e na Amazônia, destacando-se, por sua grande expansão, a *Brachiaria brizantha*, cultivar Marandu, forrageira resistente à cigarrinha das pastagens, e, em menor escala, o capim-andropogon (*Andropogon gayanus*), cultivar Planaltina (IEL; CNA; SEBRAE, 2000).

Segundo Euclides Filho *et. al.* (2000), os sistemas de produção de carne bovina no Brasil se caracterizam pela forte dependência por pastagens em que, à exceção da Região Sul do país, as forrageiras predominantes são tropicais, destacando-se as cultivares dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. Se, por um lado, o fato da pecuária de corte se basear em pastagens se traduz em vantagem comparativa pela viabilização de menores custos, por outro, a utilização exclusiva deste tipo de alimentação tem se tornado biológica e economicamente insustentáveis, principalmente pela forma de manejo utilizada pela maioria dos pecuaristas fundamentada na queima das mesmas. No entanto, atualmente, muitos pecuaristas têm abandonado as queimadas e essa mudança de atitude tende a aumentar nos próximos anos.

Embora coexistam no Brasil vários sistemas de produção, pode-se, conforme a região produtora e o perfil socioeconômico dos pecuaristas, agrupá-los em dois grandes grupos: sub-sistema tradicional e o sub-sistema melhorado.

O sub-sistema tradicional, ou extensivo, se caracteriza pela baixa utilização de tecnologias modernas na produção, fato que determina baixos índices de produtividade e maiores emissões de metano por quilograma de carne produzida. A pecuária extensiva é predominante, sendo que, a suplementação alimentar se restringe ao fornecimento de sal comum aos animais. Em geral não há investimento em melhoria da qualidade das pastagens que se encontram em estágios variados de degradação; o controle sanitário é geralmente deficiente, não há preocupação com o melhoramento genético do rebanho ou com a redução de idade de abate e não são adotadas práticas de manejo visando a melhoria do desempenho reprodutivo do rebanho

Segundo o IEL, CNA e SEBRAE (2000), o sub-sistema tradicional se caracteriza por baixos coeficientes técnicos. A taxa de natalidade situa-se próximo a 60%, o abate e o primeiro parto ocorrem em torno de quatro anos de idade e o desfrute é de cerca de 17%, contrapondo-se ao sub-sistema melhorado, em que a taxa de natalidade é superior a 70%, a idade de abate e de primeiro parto aproximam-se dos três anos e a taxa de desfrute situa-se acima de 20%.

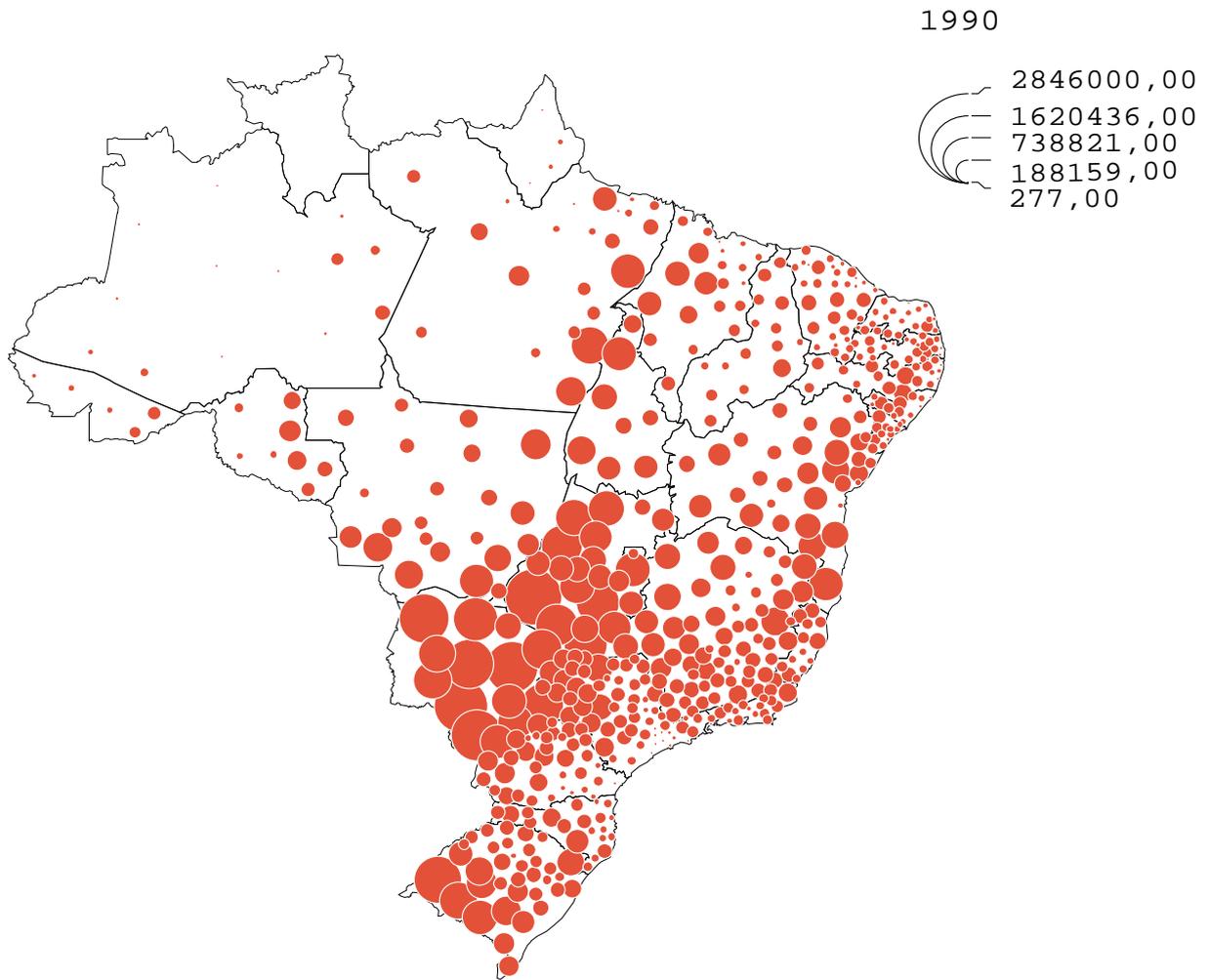
Já no sub-sistema melhorado, existe maior preocupação com a manutenção e melhoria da qualidade das pastagens, verificando-se maior emprego de fertilizantes, utilização de rotação, pastagem/culturas e implantação de culturas forrageiras anuais de inverno e verão; o uso de suplementos ricos em proteínas e a adoção das práticas de semiconfinamento e de engorda em confinamento. Tais práticas têm possibilitado a redução da idade de abate, até porque são utilizados animais com maior potencial de ganho de peso, obtidos por meio de reprodutores zebuínos melhorados (especialmente nelores) e pela introdução de reprodutores de raças europeias, em programas de cruzamento. Em geral, os produtores utilizam assistência técnica permanente, o que se traduz em melhores programas de controle sanitário do rebanho e controle da atividade reprodutiva. Um segmento de produtores se utiliza sistematicamente de técnicas de manejo mais avançadas, tais como, o diagnóstico de gestação, após a estação de monta, como critério para descarte de matrizes, obtendo excelente desempenho reprodutivo do rebanho, além de primeiro parto das novilhas em idade precoce. No entanto, existe, também, uma mudança no comportamento dos animais, os quais estão perdendo alguns reflexos de sobrevivência na natureza e não podendo mais sobreviver no meio natural sem a intervenção do homem.

Em termos de localização geográfica, a distribuição do rebanho apresenta duas dimensões. A primeira é o tamanho do rebanho propriamente dito. A segunda é participação de cada categoria animal: vacas, bezerros, bois magros e animais em engorda. Esta configuração do rebanho está relacionada à distribuição regional das etapas do processo

produtivo, isto é, relaciona-se com a especialização de algumas regiões nas atividades de cria, recria ou engorda.

Os mapas 2 e 3 demonstram o efetivo do rebanho de corte brasileiro entre os anos de 1990 e 2005. Observa-se que a dinâmica do crescimento do rebanho brasileiro configura um avanço da pecuária de corte para a região Centro-oeste, com destaque para o Estado do Mato Grosso do Sul que tem se configurado como importante pólo de produção de carne bovina e de animais para a reprodução, e para a região norte do país acompanhado à expansão da fronteira agrícola na esteira do processo de desmatamento.

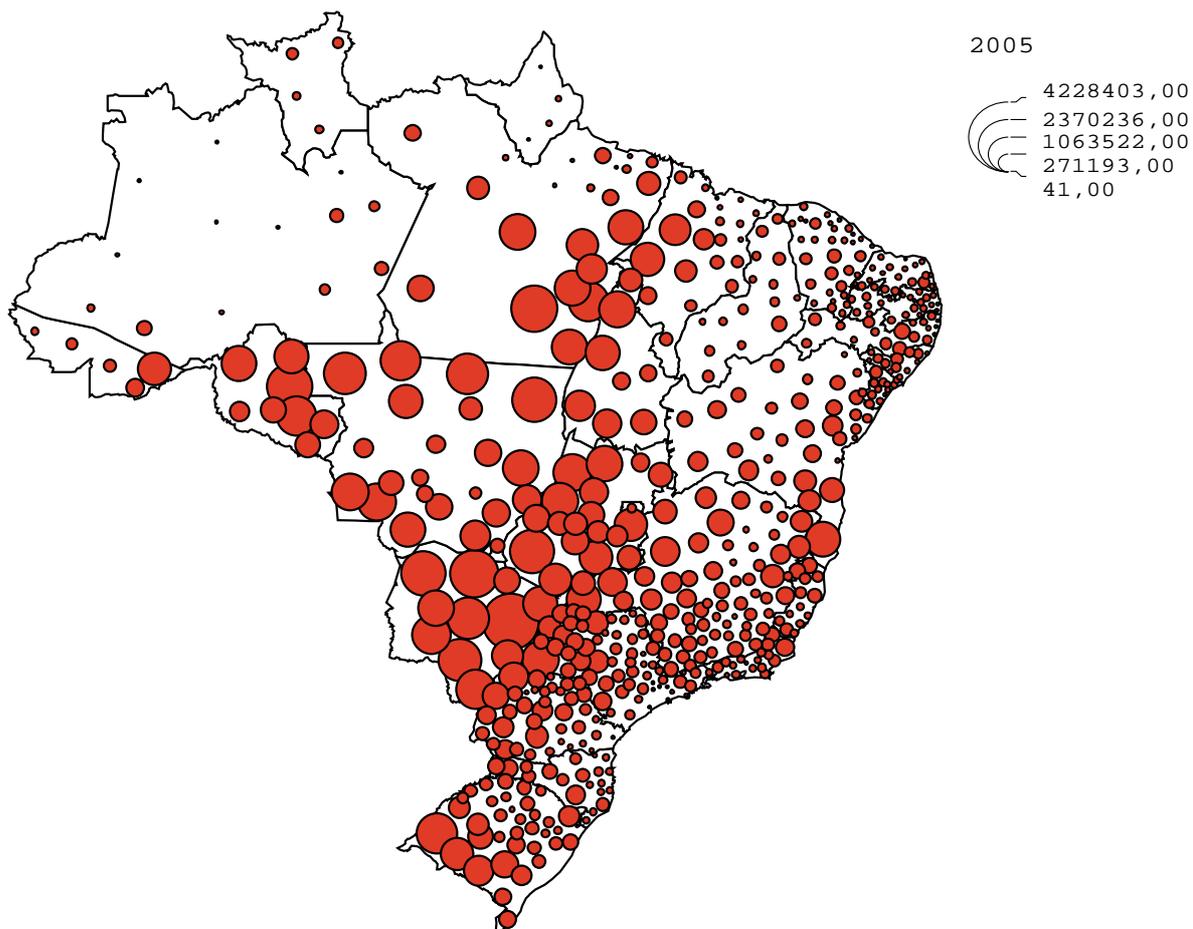
Contudo, a participação das regiões Nordeste, Sul e Sudeste está diminuindo, ao mesmo tempo em que aumentam as participações do Centro-Oeste e da região Norte. A região Centro-oeste tem apresentado um crescimento contínuo de seu rebanho nas últimas quatro décadas. A região Norte, por sua vez, apresentou uma ocupação mais tardia, tendo seu rebanho bovino crescido expressivamente após 1985. Em termos de região norte, destaca-se a região amazônica, tanto pela dinâmica de crescimento da pecuária, como pela forma de ocupação do espaço agrícola (IEL; CNA; SEBRAE, 2000).



Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo>
Thelmo Martins Costa
Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 2 - Efetivo do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas, 1990.

Na Amazônia legal, a pecuária vem se expandindo de forma acelerada nos últimos trinta anos. A criação de gado bovino é predominante, com um efetivo de 48 milhões de cabeças no ano de 2000, o que corresponde a 28% do rebanho nacional. Esse crescimento ocorre fundamentalmente pela criação de gado bovino em regime extensivo, com ênfase para o aumento nas áreas de fronteira agrícola, que compõe o arco de desmatamento da Amazônia (FRANKE *et. al.* 2002). Assim, além da questão da emissão de metano, a expansão da pecuária extensiva na Amazônia pode, não somente acrescentar as emissões de gases causadores de efeito estufa em função das queimadas, mas também, reduzir a capacidade desse ecossistema de fixar o gás carbônico (CO₂), importante gás efeito estufa.



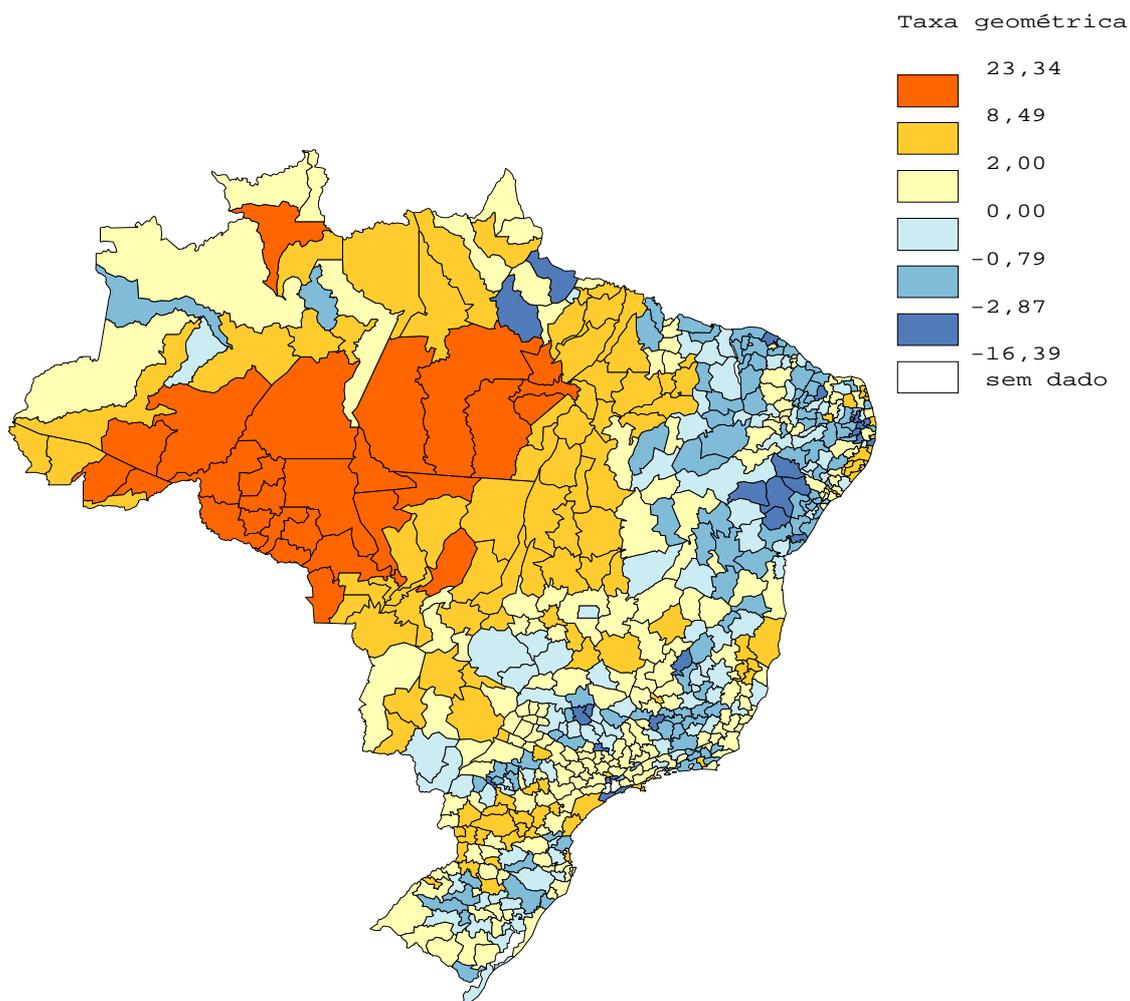
Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo>

Thelmo Martins Costa

Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 3 - Efetivo do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas, 2005.

O mapa 4 apresenta as taxas geométricas de crescimento do rebanho bovino de corte no Brasil por microrregiões homogêneas entre 1990 e 2005.



Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo> [discrétisation 'Q6']

Thelmo Martins Costa

Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 4 - Taxas geométricas de crescimento do rebanho bovino de corte no Brasil por microrregiões homogêneas entre 1990 e 2005.

Observa-se que, desde a implementação do Plano Real, as regiões que apresentam as maiores dinâmicas de crescimento são justamente aquelas localizadas ao longo do arco do desflorestamento que se estende desde o sul do Pará, passando pelo norte do Mato Grosso, norte de Rondônia, sul do Amazônia e estado do Acre. Nesta região, as taxas de crescimento situam-se entre 8,49% a 23,34% ao ano, revelando o potencial de crescimento da pecuária regional em contraste com as regiões tradicionais de produção pecuária bovina em que se observa, inclusive taxas, negativas de crescimento do efetivo de gado de corte, como, por exemplo, a região sul do país e o próprio estado do Mato Grosso do Sul.

Historicamente, a pecuária de corte brasileira se desenvolveu por expansão da fronteira agrícola, incorporando, ao sistema extensivo de produção, novas áreas incultas,

em regiões desprovidas de infraestrutura, e pela utilização de terras esgotadas pela produção de grãos. Atualmente, a pecuária de corte passa por um nítido processo de incorporação de tecnologias, com reflexos positivos sobre a produtividade, embora estas mudanças tecnológicas não sejam adotadas de forma homogênea pelas diversas regiões produtoras do país.

Por sua vez, o agronegócio se apresenta como um elemento importante para a economia brasileira, representando 25,4% do Produto Interno Bruto em 1995 (MONTROYA *et. al.* 2001) e, além disso, o setor de abate de carnes se apresenta como um setor chave na economia brasileira, com fortes índices de ligações para trás (MONTROYA, 1998). Portanto, incrementos na produção de carnes afetarão positivamente os setores situados no montante da agroindústria, entre eles, o setor primário de produção da matéria-prima.

4.1.2 A pecuária de corte e suas contribuições para o efeito estufa

Segundo o primeiro inventário brasileiro das emissões antrópicas de GEE, a pecuária de carne e leite contribui para 80% e 13,5%, respectivamente, do total das emissões de metano do setor (9.772,87 Gg de CH₄). As emissões ligadas às fermentações entéricas da criação leiteira aumentaram em 12% entre 1986 e 1995 e em 21 % para a criação bovina de carne. Segundo os autores deste relato, a falta de dados necessários a uma caracterização da estrutura de série e de sistemas de produção (distribuição por categoria, peso vivo, consumo de alimentos, digestibilidade de alimentos) torna difícil a realização de um inventário desta forma.

No contexto das emissões mundiais de metano oriundo da fermentação entérica, a pecuária brasileira é uma importante fonte emissora, dado o tamanho do rebanho brasileiro. De fato, com 206 milhões de cabeças (IBGE, 2006), o Brasil apresenta o maior rebanho comercial do mundo. Em termos de emissões de metano, considerando as estimativas globais de emissão desse gás proveniente da pecuária como sendo em média 80Tg (teragramas) para a fermentação entérica e 14Tg para dejetos animais, estima-se uma contribuição do Brasil, no período de 1986 a 1995, em cerca de 9,97% por fermentação entérica e 2,21% por resíduos animais (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2002).

Entre os gases particularmente relacionados com a atividade agropecuária, destaca-se o metano. As principais fontes de emissão de gás metano são: gás natural e petróleo, fermentação entérica de ruminantes, aterros sanitários de resíduos sólidos, manejo do adubo orgânico, resíduos de tratamento de água, lavouras de arroz, combustão de combustíveis fósseis, queimadas de resíduos de lavouras (EPA, 2002).

A produção animal representa um pouco menos do que 20% da produção de metano, sendo que aproximadamente 5% são provenientes dos dejetos animais e de seu tratamento e 15% provém dos próprios animais. A maior parte dessas emissões origina-se da pecuária bovina dos países industrializados (um pouco mais de 30 milhões de toneladas) e dos países em desenvolvimento (20 milhões de toneladas), (SAUVANT *et. al.* 1999 apud *MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES*, 2001). Com relação à fermentação entérica, o metano (CH₄) emitido é resultado normal do processo digestivo dos rebanhos, particularmente dos animais ruminantes (gado bovino, ovelhas, caprinos e búfalos). Devido ao seu particular sistema digestivo, os ruminantes podem converter diferentes materiais vegetais em alimentos nutritivos e fibras. Esse aparelho nutritivo, entretanto, produz metano, um importante gás efeito estufa que pode contribuir para a mudança global do clima. Os sistemas pecuários podem também emitir outros importantes gases GEE, como NO₂ e o CO₂.

Globalmente, os animais domésticos produzem em torno de 80 milhões de toneladas de metano por ano, respondendo por aproximadamente 22% das emissões de metano mundiais oriundos de atividades humanas. Considerando-se um bovino adulto, este é uma diminuta fonte de emissão, emitindo apenas 80-120 quilos de metano. Entretanto, se considerarmos 1,5 bilhões de bovinos no mundo, estes, se tornam uma importante fonte de emissão de metano. Nos Estados Unidos, o gado bovino emite cerca de 6 milhões de toneladas métricas de metano na atmosfera, o equivalente a 36 milhões de toneladas métricas de carbono (US – EPA, 2002).

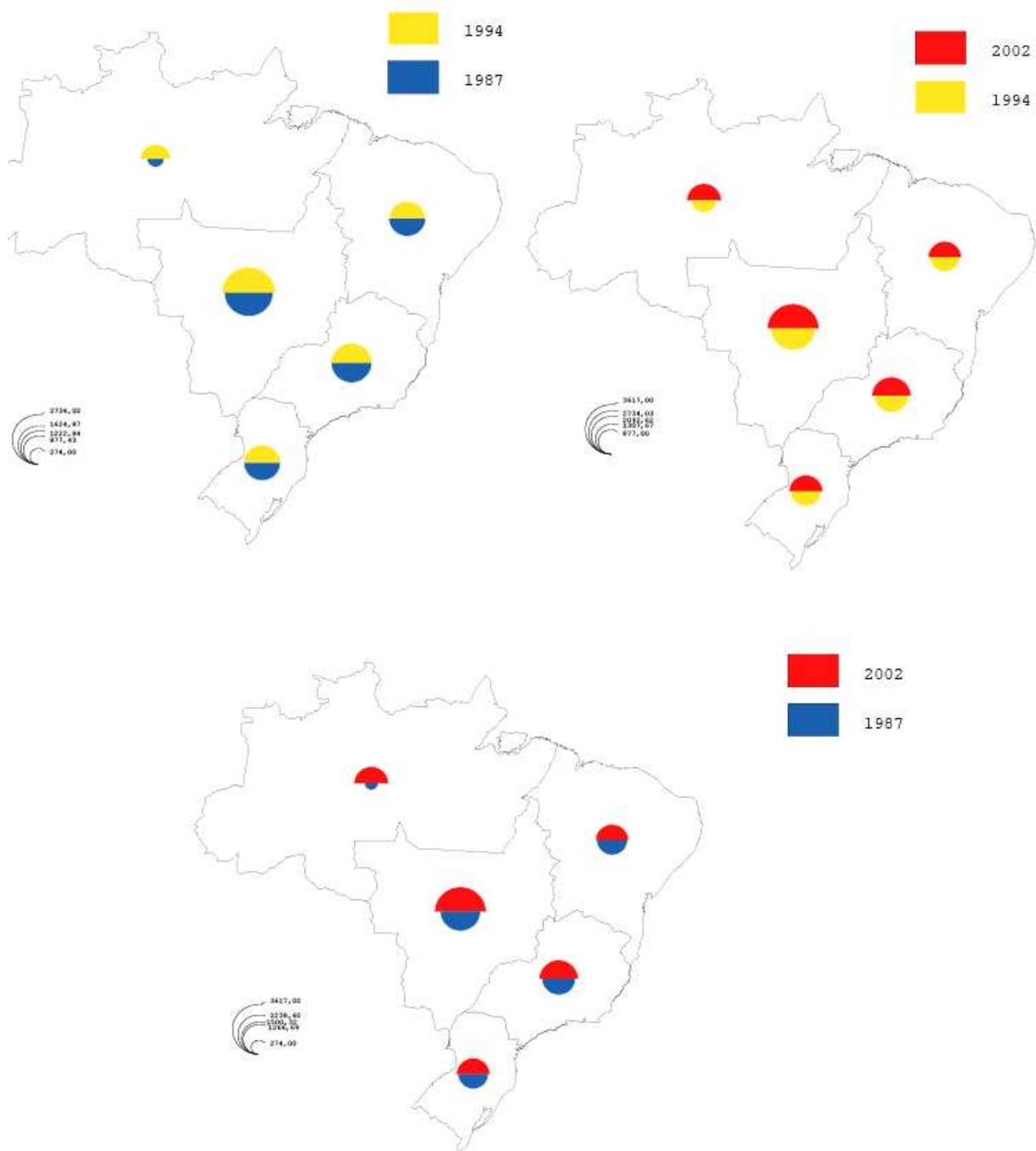
O metano produzido durante o processo digestivo dos nutrientes representa uma liberação do carbono do rumem e conseqüentemente um uso improdutivo da energia da dieta alimentar. Assim, os cientistas têm procurado encontrar meios de suprimir essa produção. A mais promissora aproximação para reduzir a emissão no rebanho norte-americano tem sido através da melhoria da produtividade e na eficiência da produção. Aumentar a eficiência da produção bovina permite aumentar a rentabilidade e, simultaneamente melhorar o meio ambiente (EPA, 2002).

A pecuária de carne é o principal emissor em função de uma série de razões: o gado de carne apresenta animais de maior porte; dieta alimentar que se constitui, sobretudo de forragens de diversas qualidades, que em geral, são mais fracas que a de pecuária leiteira; tipicamente as fazendas não apresentam um bom nível de gestão empresarial; além da população de gado de corte ser mais expressiva. Um melhor manejo das pastagens e uma suplementação alimentar têm sido identificados como melhores meios de aumentar a

eficiência e reduzir as emissões no setor, haja vista, a melhoria na nutrição animal e os ganhos na eficiência reprodutiva (EPA, 2002).

O mapa 5 apresenta a variação absoluta das emissões de metano da pecuária de corte brasileira entre os anos de 1987 a 2002, em Gg de CH₄. Os dados foram estimados a partir dos dados de efetivos do rebanho brasileiro do IBGE e de parâmetros técnicos de emissões obtidos pela Embrapa. A partir das estimativas de emissão da Embrapa para o período de 1987 até 1995, estimou-se as emissões de metano por grandes regiões do Brasil até o ano de 2002. Pela análise do mapa 3, observa-se que a região Centro-oeste é a principal responsável pela emissão de metano na pecuária de corte, provavelmente em função do tamanho do seu rebanho conforme observado no mapa 1

Observa-se, também, que, com exceção da região Centro-oeste e, principalmente da região Norte, nas demais regiões o padrão de emissões tende a permanecer constante, ou seja, sem maiores variações absolutas durante os três períodos analisados.



.zado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo>

.MO VERGARA MARTINS COSTA

:/Embrapa

Mapa 5 - Variação absoluta das emissões de metano da pecuária de corte brasileira entre os anos de 1987 e 2002, em Gg de CH₄.

Entretanto, a informação a ser destacada é a forte variação nas emissões observadas na região norte, provavelmente, como consequência do avanço da pecuária nesta região, embora a mesma não seja a mais representativa em termos de emissões, quando comparada a outras regiões do país. Contudo, se conjugarmos esta informação com estudos sobre desflorestamento e queimadas ocorridos nesta região, pode-se constatar que as emissões de metano estão inter-relacionadas com as emissões de carbono, ocorridas via queimadas e com a redução do potencial de fixação de carbono devida ao desmatamento.



Realizado com QGIS - <http://www.qgis.org/>
 THELMO VEGARA MARTINS COSTA
 Igeq/Embrapa

Mapa 6 - Taxas geométricas de crescimento das emissões de metano estimadas por regiões do Brasil.

O mapa 6 e o gráfico 4 apresentam as taxas geométricas de crescimento das emissões de metano estimadas por regiões do Brasil, novamente se observa que a região norte apresenta aceleração acentuada de suas emissões de metano com taxas de crescimento 12,65% ao ano, embora a região Centro-oeste se apresente como a mais importante fonte de emissões. O gráfico 1 demonstra que a região norte era a região de menores níveis de emissões no final da década de 1987, mas, devido à dinâmica do

crescimento de seu rebanho bovino, já superou os níveis de emissões observados nas regiões Nordeste e Sul e com tendência a superar as observadas na região sudeste.

Entretanto, existe uma série de manejos que permite uma produção mais eficiente e uma redução na emissão de GEE que podem reduzir estas tendências. Sendo que algumas práticas incluem: melhora no manejo de pastagens, análise do solo seguido de correção do mesmo e adubação correta, suplementação alimentar com os nutrientes necessários para os bovinos, desenvolvimento de um programa preventivo de sanidade dos rebanhos, provisão de fontes apropriadas de água e proteção da qualidade da água, além da melhoria genética e da eficiência reprodutiva (EPA, 2002).

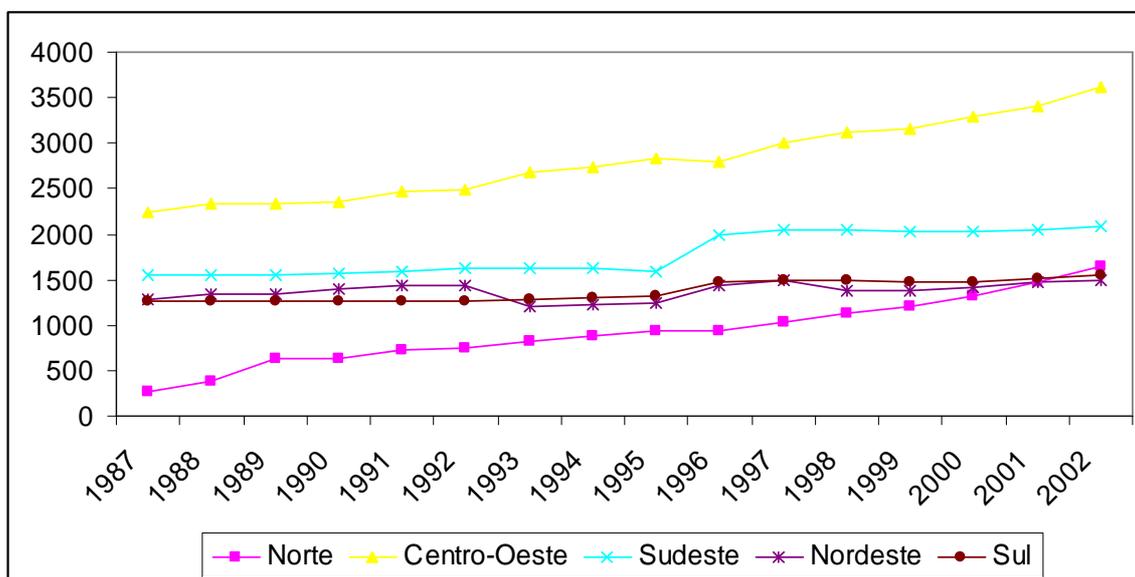


Gráfico 4 - Emissões de metano da pecuária de corte brasileira em Gg de CH₄, por regiões brasileiras entre 1987 e 2002.

Fonte: Primaria, 2004.

Salienta-se que o melhoramento da performance do rebanho, mesmo que aumente as quantidades totais emitidas, permite reduzir a produção de metano por unidade de biomassa ingerida ou de produtos formados. Existem diversas técnicas que permitem a redução da emissão de metano, mas ainda são necessárias maiores pesquisas. Entre essas técnicas destacam-se: o emprego de aditivos alimentares, oportunidade que permitirá importantes reduções nos países da África, Ásia e América Latina, a substituição de forragens por alimentos concentrados, além do tratamento de alimentos para melhorar sua digestibilidade e do emprego de alimento contendo menos fibra. Outros trabalhos em andamento em termos de biotecnologia permitem a modificação do funcionamento do rumem animal,

entretanto, tais pesquisas poderão sofrer problemas de aceitação pública (*MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES*, 2001).

Em geral, essas técnicas reduzem em 60% a produção de metano por unidade de produto, com significativo ganho de produtividade, especialmente na produção leiteira. Além do ganho de produtividade, destacam-se outros benefícios, tais como: melhoria da sanidade animal, estabilidade da produção em nível de fazenda e redução da necessidade de importações de produtos animais (EPA, 2002).

Tanto ruminantes como não ruminantes produzem CH₄, contudo, os ruminantes são os maiores emissores, visto que, são capazes de digerir a celulose através da presença de microorganismos em seu trato digestivo. A quantidade de CH₄ resultante depende do tipo, idade e peso do animal, da qualidade e quantidade de alimento, e da energia consumida pelo animal. O CH₄, também é produzido pela decomposição de estrume sob condições anaeróbicas. Tais condições ocorrem sempre quando um grande grupo de animais é confinado, onde os dejetos são estocados, tipicamente, em grandes pilhas ou dispostos em lagos. Além disso, durante a armazenagem dos dejetos, parte do nitrogênio é convertida em N₂O. Emissões N₂O de provenientes do manuseio dos dejetos antes que estes sejam incorporados ao solo, são incluídas nesta categoria (Emissões de N₂O por dejetos incorporados no solo são consideradas emissões agrícolas do solo).

Enfim, a importância da emissão de metano pela fermentação entérica de bovinos e as possibilidades de redução dessas emissões num quadro de desenvolvimento sustentável, ilustram quão premente é a necessidade de se desenvolverem pesquisas nessa área para que melhor se compreendam os impactos econômicos, sociais e ecológicos nos países em desenvolvimento. Tal é o caso da pecuária de corte do Brasil.

4.2 A PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL

A pecuária de leite brasileira, assim como a de corte, apresenta diversas formas de produção e de organização da propriedade que variam conforme a região do país e o tipo de produtor. Assim, coexistem no Brasil, tanto sistemas de produção voltados exclusivamente para o mercado e ligados às lógicas produtivas e comerciais de cadeias produtivas consolidadas, assim como, sistemas dedicados ao auto consumo cujo excedente é colocado em mercados locais. As diferenças regionais, técnicas e socioeconômicas determinam diferentes arranjos produtivos, os quais, conduzem a formas diferenciadas de produção e de relacionamento com o mercado formando, assim, bacias produtoras de leite com suas próprias especificidades.

No estado de Minas Gerais e no Brasil, em geral, predominam o “gado mestiço”, obtido do cruzamento da raça Zebu com a Holandesa. Entretanto, existem diferenças regionais com relação ao rebanho, sistema de alimentação e manejo. Na região Norte do país, em geral os rebanhos não são especializados, apresentando aptidão mista (carne e leite). Quanto à alimentação, essa se restringe quase que exclusivamente, à pastagens cultivadas e pouco uso de alimentos concentrados. A utilização de capineiras é uma prática bastante generalizada, sobretudo na alimentação das vacas em lactação durante a época de estiagem. Já, na região Sul, encontram-se os rebanhos mais produtivos do país, com animais de raças melhoradas, principalmente a Holandesa e cruzas desta (LIMA *et. al.* 2002).

Segundo Jank & Galan (1998), de forma simplificada, podem-se dividir os produtores de leite em dois tipos básicos: os produtores especializados e os não especializados. Os primeiros se caracterizam por ter como atividade principal, a produção de leite, obtida a partir de rebanhos leiteiros especializados e outros ativos específicos para este fim, tendo investido em know-how, tecnologia, economias de escala e até alguma diferenciação do produto (a exemplo dos leites tipo A e B). Já, os segundos, também chamados de “extratores” ou “extrativistas”, são aqueles que trabalham com tecnologia extremamente rudimentar, para os quais o leite ainda é um subproduto do bezerro de corte (ou vice-versa, dependendo da época do ano) e, por isso mesmo, são capazes de suportar grandes oscilações de preços. Na sua maioria, são produtores que assumem o leite como uma atividade típica de subsistência, que serve mais como uma fonte adicional de liquidez mensal, em que os custos monetários são, no geral, bastante reduzidos. No entanto, cabe salientar que esta é uma visão simples da atividade leiteira focada somente no ponto de vista econômico, sem levar em conta aspectos sociais, culturais e ambientais da atividade.

Os produtores especializados buscam aplicar recursos financeiros no incremento da produção de leite tanto em volume como em qualidade. Assim, investem em vacas especializadas de raças europeias, alimentos concentrados (farelo de soja, fubá de milho, polpa cítrica, etc.), alimentos volumosos (pastagens e forrageiras de alta produção, silagem, fenação, etc.), equipamentos de ordenha, misturadores, resfriadores de leite, etc. Os produtores leiteiros especializados concentram-se principalmente nas bacias leiteiras tradicionais dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná. Com o aparecimento e crescimento na importância de novas bacias produtoras, como o estado de Goiás e as regiões mineiras do Triângulo e Alto Paranaíba, começam a surgir produtores especializados também na região dos cerrados (JANK & GALAN, 1998). Além disto, existe a

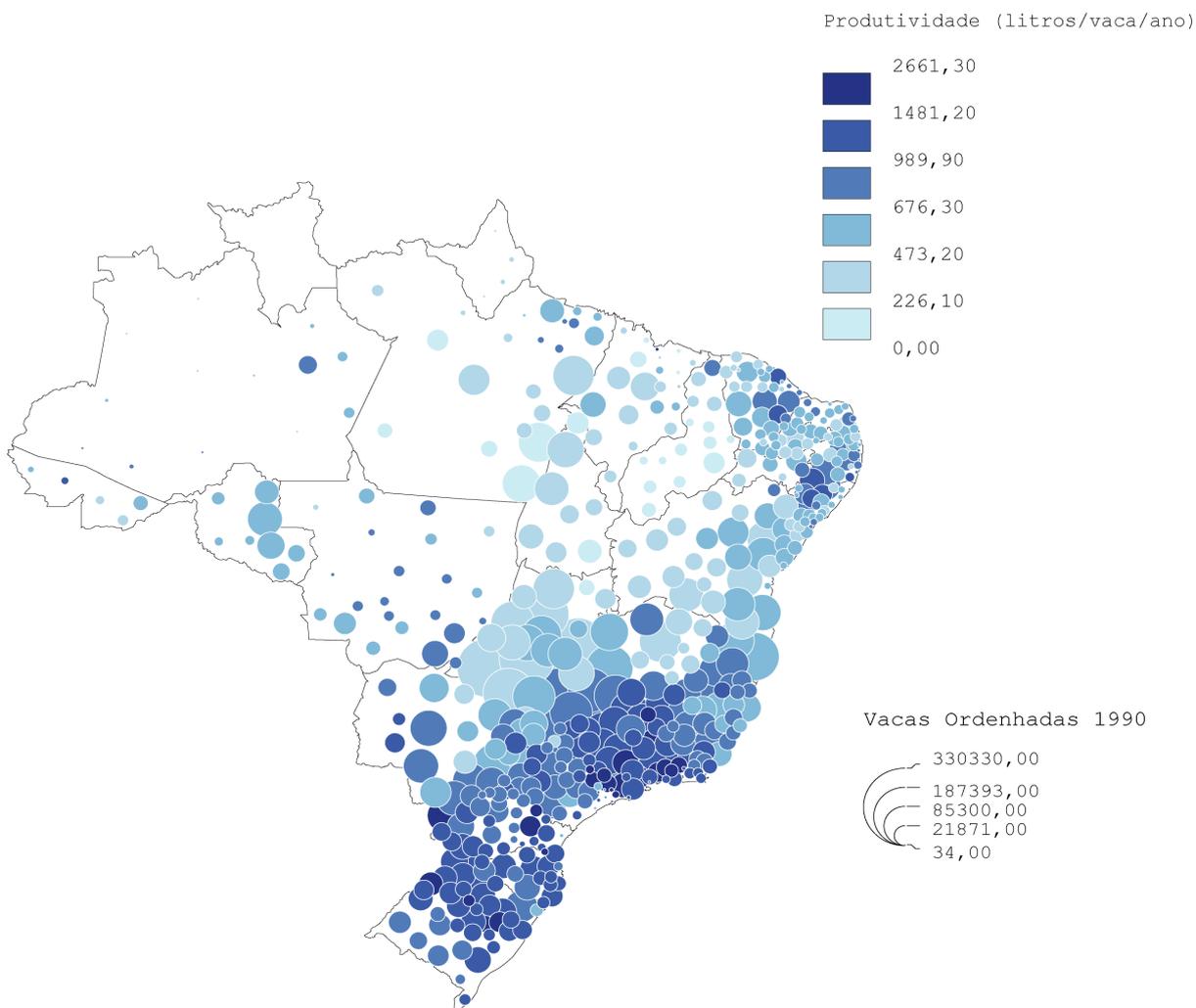
tendência do aumento crescente da demanda por leite e por seus derivados como queijos e produto lácteos.

Por sua vez, os produtores não ou pouco especializados representam a quase totalidade do segmento de produção primária, haja vista, a grande dimensão do rebanho misto de leite e corte no Brasil. Praticamente não existe uma região geográfica de predominância destes produtores, estando eles localizados em todos os estados produtores de leite do País. Assim, pode-se encontrar desde criadores tradicionais de gado especializado para produção de carne, que exploram a atividade leiteira exclusivamente na época da safra (produção baseada no aproveitamento residual de pastagens, a custos quase nulos), até aqueles um pouco mais dedicados à atividade leiteira, que ofertam leite o ano todo, mas com pouca ou nenhuma tecnologia aplicada à atividade (JANK & GALAN, 1998).

Pode-se, ainda, classificar os modelos de produção como produção extensiva e produção intensiva. A produção extensiva de leite apresenta diminutas barreiras à entrada, e exige um mínimo de terra e capital em que se consegue colocar algumas vacas rústicas em uns poucos hectares de pasto e extrair alguns litros de leite diariamente à mão. As exigências de conhecimento, tecnologia e gerenciamento desse sistema produtivo são mínimas e os resultados esperados também são pequenos. Para Jank & Galan (1998), esse é o retrato da miséria, e também uma boa caracterização da pecuária leiteira nacional, a qual obtém uma produção estimada em cerca de 20 bilhões de litros de leite por ano a partir de mais de 1 milhão de produtores, que extraem em média pouco mais de 40 litros por dia de algo em torno de 20 milhões de vacas. Ou seja, uma pecuária com produtividade de pouco mais de 2 litros diários por vaca.

Já a produção intensiva de leite pressupõe a utilização de gado especializado, capaz de ingerir mais de 40 quilos diários de alimentos e convertê-los em mais de 25 litros de leite, iniciando sua vida produtiva aos dois anos de idade e tendo lactações longas e persistentes. Entretanto, o gado utilizado nesse modelo de produção não é natural dos trópicos, o que o torna extremamente sensível ao calor, umidade e moléstias.

Segundo Jank & Galan (1998), no Brasil, as fazendas de pecuária leiteira intensiva são tipicamente verticalizadas. Possuem pelo menos três setores: produção de leite, criação de animais jovens e alimentação, compreendendo este último no mínimo a agricultura voltada para a produção de forragens. Destaca-se que todos esses setores apresentam alto conteúdo tecnológico, em termos de infra estrutura, insumos e técnicas de manejo utilizadas, e sua coordenação é complexa, dada a interdependência das atividades que desenvolvem e a frequente competição que exercem sobre recursos produtivos comuns.



Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo> [discrétisation 'Q6']
 Thelmo Martins Costa
 Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 7 - Vacas ordenhadas e produtividade anual do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas – 1990.

O mapa 7 apresenta a situação da pecuária brasileira em termos de tamanho de rebanho e produtividade. Em 1990, o rebanho brasileiro, representado pelo número de vacas em lactação estava disperso em todo território nacional, porém, concentrado nas regiões Sul e Sudeste, regiões em que se encontram as principais bacias leiteiras do país. Destaca-se, também, a Região Nordeste em termos de tamanho do rebanho e, a Região Centro-oeste, em especial o estado de Goiás que se configura como uma importante nova bacia produtora, tanto em termos de rebanho como em produtividade. A tabela 4 apresenta o ranking das principais microrregiões em termos de produção de leite

Tabela 4 - *Ranking* das principais microrregiões produtoras de leite no Brasil (1990).

Microrregião	UF	Produção (milhões de litros)
Frutal	MG	205,2
Uberlândia	MG	176,2
Meia Ponte	GO	169,2
Araxá	MG	164,3
São João da Boa Vista	SP	160,0
Juiz de Fora	MG	149,6
Toledo	PR	146,3
Muriae	MG	132,8
São José do Rio Preto	SP	130,5
Governador Valadares	MG	126,2
Total Brasil		14.484

Fonte: IBGE. Elaboração do autor.

As dez principais microrregiões produtoras representaram 10,7% da produção brasileira no período que totalizou 14.484 milhões de litros, sendo a microrregião da Frutal em Minas Gerais a principal produtora, com uma produção de 205,2 milhões de litros.

Tabela 5 - *Ranking* das principais microrregiões em vacas ordenhadas no Brasil (1990).

Microrregião	UF	Vacas ordenhadas
Frutal	MG	330.330
Meia Ponte	GO	279.050
Sudoeste de Goiás	GO	265.500
Uberlândia	GO	237.268
Vale do Rio dos Bois	GO	222.700
Entorno de Brasília	GO	202.410
Quirinópolis	GO	191.950
São José do Rio Preto	SP	187.393
Ceres	GO	183.600
Araxá	MG	183.042
Total Brasil		19.072.907

Fonte: IBGE. Elaboração do autor.

No entanto, ao se observar o ranking em termos de vacas ordenhadas (Tabela 5), verifica-se a predominância do estado de Goiás com as principais microrregiões, embora o

rebanho esteja concentrado nas regiões Sul e Sudeste como demonstrado no mapa 5. As dez principais microrregiões representavam 12% das vacas ordenhadas no país. Porém, ao se analisar a produtividade do rebanho verifica-se a predominância de microrregiões de São Paulo, sendo que as maiores produtividades foram obtidas no Paraná e em São Paulo (Tabela 6).

Tabela 6 - *Ranking* das principais microrregiões em produtividade, litros de leite/vaca/ano no Brasil (1990).

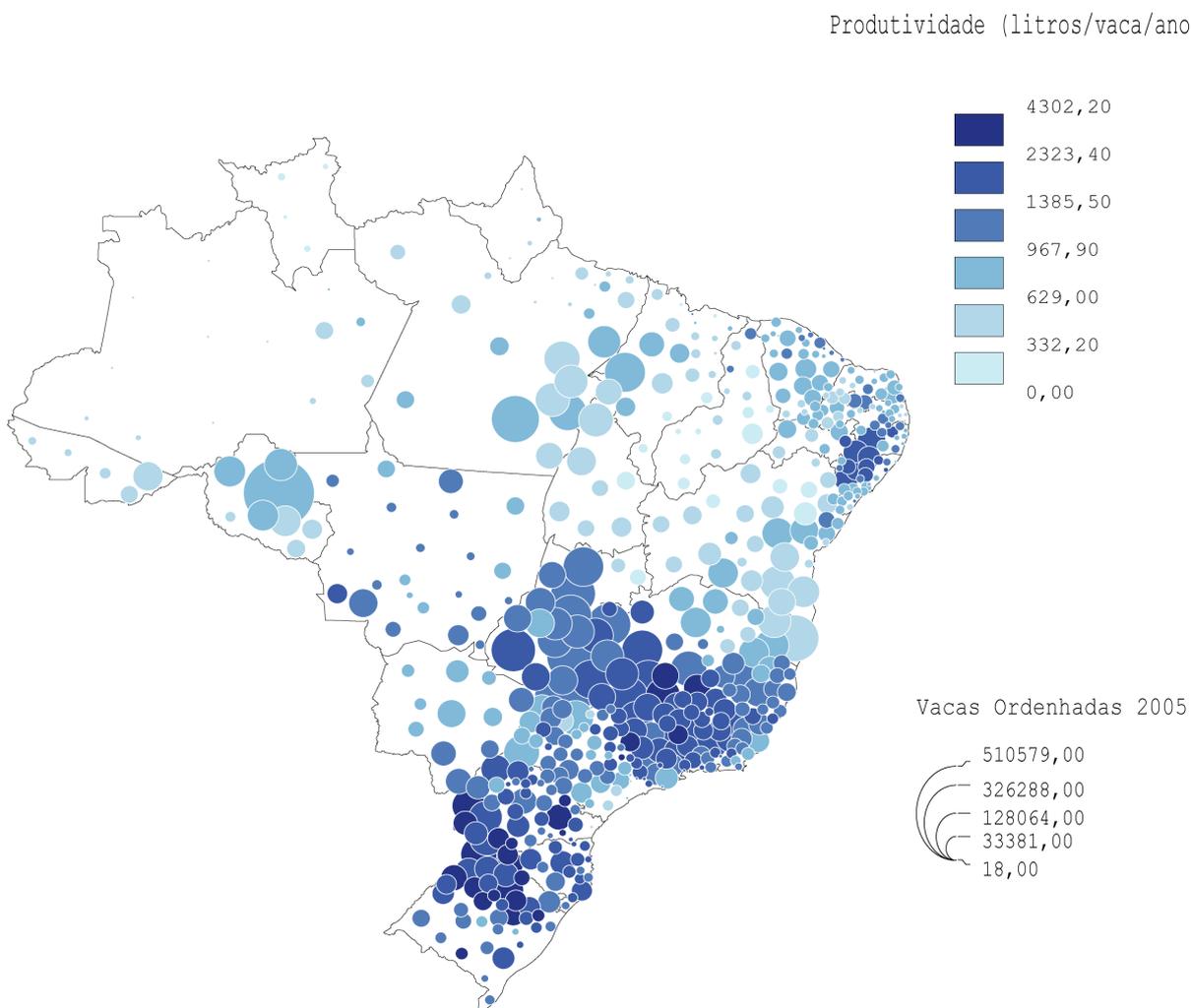
Microrregião	UF	Litros de leite/vaca/ano
Ponta Grossa - PR	PR	2661,3
Guarulhos - SP	SP	2519,8
Limeira - SP	SP	2025,9
Aglomeración Urbana de São Luís - MA	MA	1917,4
Vassouras - RJ	RJ	1878,2
Campinas - SP	SP	1867,0
Bragança Paulista - SP	SP	1854,7
Mogi das Cruzes - SP	SP	1823,8
Muriae - MG	MG	1811,6
São João Del Rei - MG	MG	1764,6
Média Brasil		758,0

Fonte: IBGE. Elaboração do autor.

O mapa 8 demonstra a situação da pecuária brasileira em termos de tamanho de rebanho e produtividade em 2005. O rebanho brasileiro, representado pelo número de vacas em lactação continua disperso em todo território nacional. A produção continua concentrada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, regiões em que se obtêm as maiores produtividades do país, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Na comparação com o ano de 1990 verifica-se fortes ganhos de produtividade na atividade leiteira obtidos nessas regiões que passaram de um máximo de 2660 litros/vacas/ano em 1990 para um máximo de 4.300 em 2005.

O mapa 8 demonstra a importância do Cerrado para a produção de leite no Brasil, principalmente em Goiás. Segundo Carvalho *et. al.* (2002), o Estado de Goiás tem 95.7% da sua área total no cerrado e conseqüentemente 92% do volume de leite produzido é dessa região. As principais áreas produtoras estão localizadas no sul de Goiás, mais especificamente nas microrregiões de Meia Ponte, sudoeste de Goiás e Vale do Rio dos Bois. No Centro Goiano, as microrregiões que mais se destacam são Ceres e Anápolis. Já a

contribuição mineira para a produção de leite no cerrado é de 44.6%, ou seja, 2,6 bilhões de litros originários principalmente do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, Central Mineira (Bom Despacho e Três Marias) e Oeste de Minas (Piauí e Divinópolis).



Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo> [discrétisation 'Q6']

Thelmo Martins Costa

Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 8 - Vacas ordenhadas e produtividade anual do rebanho brasileiro por microrregiões geográficas - 2005.

A partir da década de 1990, mudanças significativas ocorreram no complexo lácteo brasileiro. A retirada do Governo do controle de preços internos e consequente desregulamentação do setor juntamente com a estabilização econômica obtida após o Plano Real tiveram efeitos tanto pelo lado do consumo, como pelo da oferta de leite. O ganho de renda da população brasileira obtido com a queda das altas taxas de inflação proporcionou o aumento do consumo de lácteos no país, fato que fortaleceu a produção de leite em

bacias leiteiras tradicionais, tais como, a de Minas Gerais, as da região sul e do nordeste do Brasil. Tal fato, também proporcionou o crescimento de novas bacias leiteiras como as observadas no Centro-oeste e Norte do país. Segundo dados do IBGE a produção nacional de leite passou de 14484 milhões para 24621 milhões de litros em 2005, o que representa um aumento de aproximadamente 70% no período.

Tabela 7 - *Ranking* das principais microrregiões produtoras de leite no Brasil (2005).

Microrregião	UF	Produção (milhões de litros)
Toledo	PR	394,1
Ji-Paraná	RO	388,9
Meia Ponte	GO	373,1
Chapecó	SC	354,9
Frutal	MG	339,2
São Miguel do Oeste	SC	334,2
Patos de Minas	MG	326,4
Ponta Grossa	PR	303,8
Araxá	MG	300,8
Sudoeste de Goiás	GO	291,4
Total Brasil		24.620,8

Fonte: IBGE. Elaboração do autor.

A Tabela 7 apresenta o ranking das principais microrregiões produtoras de leite no Brasil em 2005. Observa-se que a microrregião de Toledo no oeste do Paraná é a principal região produtora do país com uma produção anual de 394,1 milhões de litros. Destaca-se a microrregião de Ji-Paraná no Estado de Rondônia, que se apresenta como a segunda maior microrregião produtora de leite, com uma produção anual de 388,9 milhões de litros. Isso é reflexo da dinâmica da produção nacional de leite no Brasil, em que regiões de fronteiras agrícolas, como a de Ji-Paraná, que não apresentavam, no início da década de noventa, uma produção tão significativa como a atual. Na Amazônia, a produção de leite depende, também, do tipo e origem dos colonos assentados nas regiões produtoras.

Tabela 8 - *Ranking* das principais microrregiões em vacas ordenhadas no Brasil (2005).

Microrregião	UF	Vacas ordenhadas
Ji-Paraná – RO	RO	510.579
Frutal – MG	MG	327.411
Meia Ponte – GO	GO	326.288
São Félix do Xingu - PA	PA	234.852
Porto Seguro - BA	BA	232.705
Ceres - GO	GO	201.150
Sudoeste de Goiás - GO	GO	199.515
Entorno de Brasília - GO	GO	193.400
Anápolis - GO	GO	178.262
Paracatu - MG	MG	171.475
Total Brasil		20.625.925

Fonte: IBGE. Elaboração do autor.

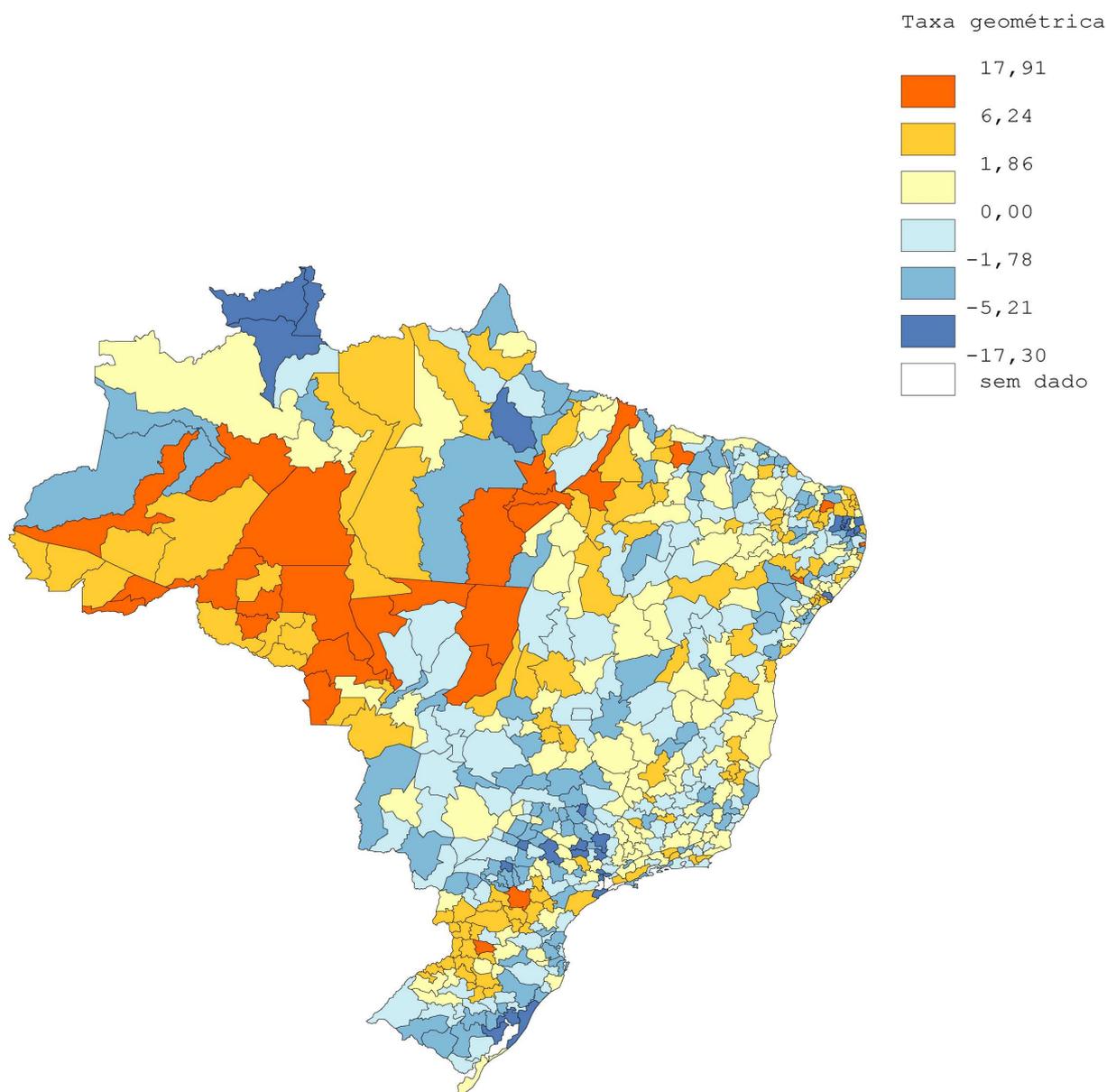
De fato, essa microrregião é a que apresenta o maior número de vacas ordenhas (510579) em 2005, ultrapassando o tamanho do rebanho de tradicionais regiões produtoras do país (Tabela 8). Salienta-se, que se deve relativizar essa informação quando se compara áreas de tamanhos diferentes. Entretanto, ao observarmos o ranking das principais regiões em termos de produtividade, o Estado do Rondônia apresenta uma produtividade abaixo da média nacional.

Tabela 9 - *Ranking* das principais microrregiões em produtividade, litros de leite/vaca/ano no Brasil (2005).

Microrregião	UF	Litros de leite/vaca/ano
Ponta Grossa – PR	PR	4302
Não-Me-Toque – RS	RS	3444
Toledo – PR	PR	3171
Limeira – SP	SP	3134
Passo Fundo – RS	RS	3138
Jaguariaíva – PR	PR	3051
Guaporé – RS	RS	3008
Xanxerê – SC	SC	2988
São João da Boa Vista – SP	SP	2843
Pato Branco – PR	PR	2833
Média Brasil		1080

Fonte: IBGE. Elaboração do autor.

Porém, o que se verifica é a predominância das microrregiões localizadas no sul do país entre as dez mais produtivas, em especial dos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, cujas médias de produtividades estão acima da média nacional (Tabela 9).



Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo> [discrétisation 'Q6']

Thelmo Martins Costa

Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 9 - Taxas geométricas de crescimento do rebanho de leite no Brasil (vacas ordenhadas), por microrregiões geográficas - 1990 - 2005.

O mapa 9 apresenta as taxas geométricas de crescimento do rebanho de leite no Brasil, observa-se o forte crescimento da pecuária de leite nas regiões do Cerrado e no

Norte do país em que se observa taxas de crescimento de 17,9% ao ano entre 1990 e 2005, ocorridas em função das mudanças na pecuária leiteira. Segundo Gomes (2001), na década de noventa, a produção de leite passou por profundas transformações que influenciaram toda a cadeia produtiva de lácteos. Os principais determinantes dessas transformações foram:

- a liberação do preço do leite em 1991 com a extinção do sistema de tabelamento de preços imposto pelo governo. A política de tabelamento de preços foi prejudicial ao setor, uma vez que, ao ter como objetivo o controle da inflação expulsou capitais e empresários da atividade e impediu o surgimento da cultura de negociação;

- a maior abertura da economia brasileira ao mercado internacional, o que ajudou a criar a cultura da competição;

- a estabilidade da economia afetou substancialmente o agronegócio do leite. Com relação à demanda, ela estimulou seu crescimento pelo ganho de renda do consumidor. Pelo lado da oferta, a estabilidade e a abertura da economia reduziram as margens de lucro, o que dificultou a manutenção de sistemas menos eficientes;

- em termos de comercialização, devido à maior concorrência, a qualidade do leite passou a ser prioridade de todos os elos da cadeia de lácteos. Além disto, o crescimento da produção de Leite Longa Vida (UHT) mudou a referência do preço do leite, que passou do leite pasteurizado para o leite longa vida. Isso afetou as margens de lucro de toda a cadeia, visto que, o ponto de venda do leite longa vida é, em geral, o supermercado, setor que apresenta forte influência no preço dada a sua estrutura oligopolizada.

4.2.1 A pecuária de Leite e suas contribuições para o efeito estufa

As estimativas para as emissões de metano provenientes da fermentação entérica do gado de leite foram de 1.256,63 Gg em 1994, o corresponde a 13,4% das emissões totais atribuídas aos ruminantes no Brasil (LIMA *et. al.* 2002). Os fatores de emissão de metano estimados pelos autores foram de 59 kg/cabeça/ano para a região Norte; 61 kg/cabeça/ano para as regiões Nordeste e Centro-Oeste; 65 kg/cabeça/ano para a região Sudeste e 62 kg/cabeça/ano para a região Sul.

Com esses fatores, pode-se estimar as emissões de metano a partir dos efetivos do rebanho brasileiro, na hipótese de não ocorrer mudança significativas nesses fatores. Assim, a Tabela 10 apresenta o número de vacas ordenhadas, a produtividade, as emissões anuais de metano e a relação entre as emissões de metano e a produção de leite para os anos de 1990 e 2005, para cada região do Brasil. Em 1990, a região Sudeste apresentava o maior

rebanho leiteiro do Brasil e, conseqüentemente, a maior emissão de metano por fermentação entérica. Apesar disto, a região emitiu somente 0,07 quilogramas de metano por litro de leite produzido, valor esse, abaixo do verificado nas regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste cujas emissões totais de metano foram inferiores ao Sudeste. Isso pode ter ocorrido devido a maior produtividade do rebanho da região sudeste, o que permitiu uma maior produção de leite em relação às emissões de metano. De fato, a região Sul é a região que apresentou a maior produtividade e, por conseqüência, a menor emissão de metano por leite produzido.

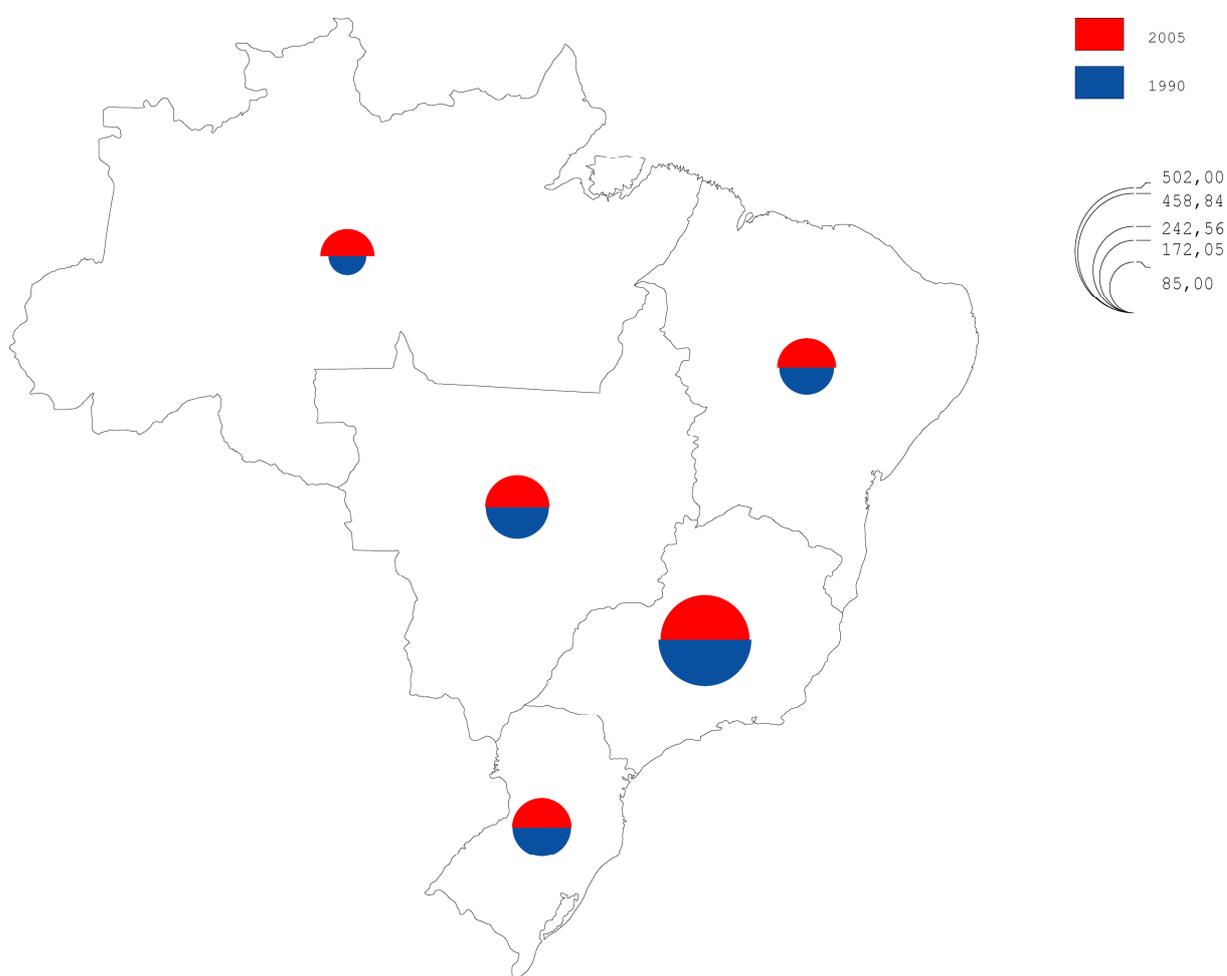
Tabela 10 - Vacas ordenhadas, produtividade e emissões de metano do gado de leite por regiões do Brasil – 1990.

Região	Vacas ordenhadas	Produtividade (litros/vaca/ano)	Emissões de CH ₄ kg/ano	Kg CH ₄ /litro leite
1990				
Norte	1.448.016	383,43	85.432.944	0,15
Nordeste	3.798.359	538,46	231.699.899	0,11
Sudeste	7.736.425	894,89	502.867.625	0,07
Sul	2.827.780	1153,64	175.322.360	0,05
Centro-Oeste	3.262.327	520,60	199.001.947	0,12
2005				
Norte	2.916.106	597,80	172.050.254	0,10
Nordeste	3.976.512	747,42	242.567.232	0,08
Sudeste	7.059.218	1.350,78	458.849.170	0,05
Sul	3.287.587	2.004,97	203.830.394	0,03
Centro-Oeste	3.386.502	1.115,75	206.576.622	0,05

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do IBGE e nos dados de Lima *et. al.* (2002).

Em 2005, observa-se, em primeiro lugar, um incremento da produtividade do rebanho leiteiro em todas as regiões do Brasil, o que acarretou numa menor emissão de metano por litro de leite. É importante destacar que a região Sudeste apresentou uma redução de suas emissões totais de metano em função da redução do número de vacas ordenhadas. A redução do tamanho do rebanho foi acompanhada por ganhos de produtividade fazendo com que a região reduzisse a relação quilograma de metano emitido pela produção de leite, que passou de 0,7 para 0,5 no período. Isso na hipótese de não ter havido mudanças significativas nos fatores de emissão estimados por Lima *et. al.* (2002). O caso da região

Sudeste é um exemplo de que a melhoria na produtividade pode acarretar em menos emissões de metano, desde que, acompanhada pela redução do rebanho. No entanto, essa consideração deve ser tomada com o devido cuidado em função de dois aspectos. Primeiro é que uma intensificação da pecuária ocorrida por uma mudança do sistema de alimentação, por exemplo, passando da alimentação do gado com pasto nativo para uma dieta rica em alimentos concentrados, poderá modificar os coeficientes de emissão. Em segundo lugar, não são consideradas, nessa análise, as emissões dos gases efeito estufa decorrentes da produção dos próprios sistemas de alimentação do rebanho. Portanto, não se pode afirmar, a priori, que a intensificação da pecuária necessariamente acarretará numa redução das emissões, sem se considerar o balanço de carbono final do sistema.



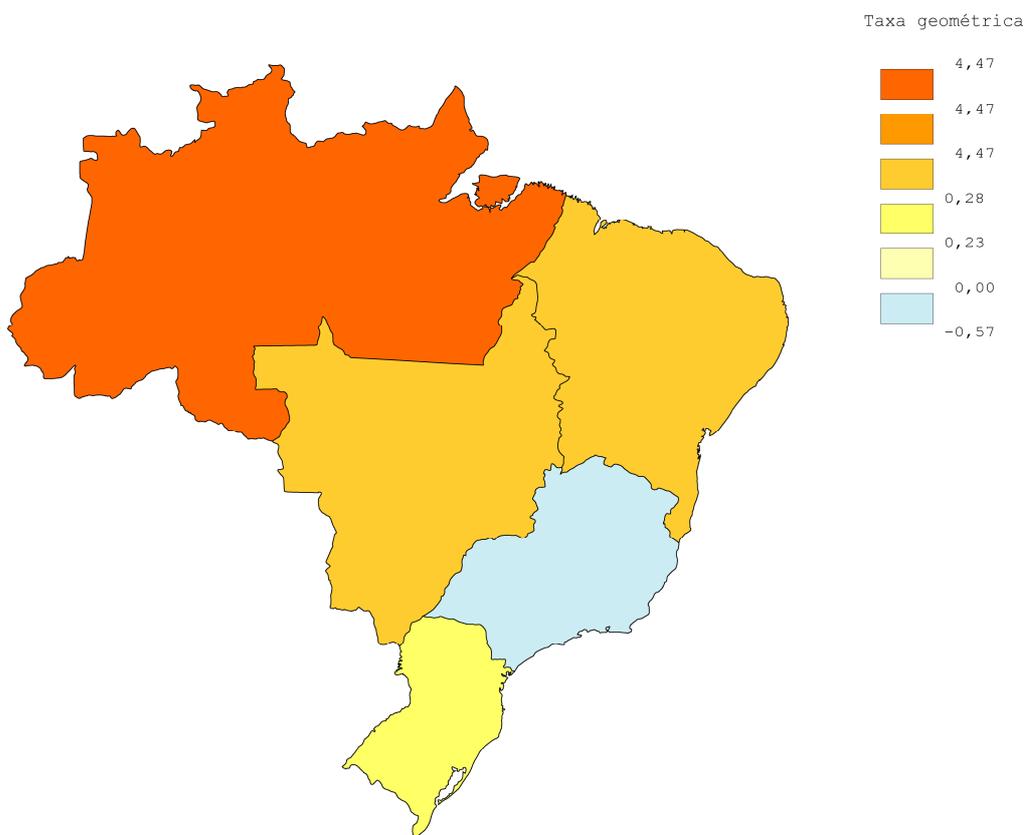
Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo>

Thelmo Martins Costa

Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 10 - Variação absoluta das emissões de metano do rebanho de leite no Brasil por regiões geográficas - 1990 - 2005.

O mapa 10 ilustra as informações da Tabela 10, ao apresentar as variações absolutas das emissões de metano. O semicírculo azul apresenta as emissões estimadas em 1990 e o semicírculo vermelho, as emissões para 2005. De fato, a região Sudeste se apresenta como a maior emissora de metano do país, porém, com uma redução de 2005 em relação a 1990. Por sua vez, a região Norte se destaca pela forte mudança no seu padrão de emissões de metano. Da mesma forma do que tem ocorrido com a pecuária de corte, as emissões de metano pelo gado de leite nessa região está associada às queimadas e ao desmatamento.



Realizado com Philcarto - <http://perso.club-internet.fr/philgeo> [discrétisation 'Q6']

Thelmo Martins Costa

Fonte: IBGE Pesquisa Pecuária Municipal

Mapa 11 - Taxas geométricas de crescimento das emissões de metano do rebanho de leite no Brasil por regiões geográficas - 1990 - 2005.

Por fim, o mapa 11 demonstra as taxas geométricas de crescimento das emissões de metano para o gado de leite por regiões geográficas. Novamente se observa que a região Sudeste tem reduzido suas emissões apesar de ser a maior responsável. A região apresenta uma taxa geométrica de crescimento negativa entre 1990 e 2005. Já, a região Norte apresenta forte dinâmica de crescimento das emissões se comparada com as demais regiões produtoras do país.

4.3 IMPORTÂNCIA DA PECUÁRIA NAS EMISSÕES ANTRÓPICAS BRASILEIRAS DE GASES EFEITO ESTUFA

A Tabela 11 e o Gráfico 5 apresentam as emissões diretas dos três principais gases efeito estufa emitidos no Brasil em 1994 por setores. Os dados foram padronizados para equivalente-carbono (CO₂-equivalente), a partir dos dados de emissões para o Brasil que foram multiplicados pelos respectivos GWP de cada gás específico. Desta forma, observa-se que o Dióxido de Carbono (CO₂) é o principal gás efeito estufa no contexto brasileiro, representando 64% das emissões de carbono-equivalente, seguido do Metano, cuja participação é de 19% das emissões. O Óxido Nitroso representa 17% cujas emissões também ocorrem em função dos dejetos dos animais (Gráfico 2).

Tabela 11 - Emissões de gases efeito estufa no Brasil em 1994 (Em Gigagramas).

Setores	Energia	Processos Industriais	Agropecuária	Mudança no Uso da Terra e Florestas	Tratamento de Resíduos	Total
CO ₂	236.505	16.870		776.331		1.029.706
CO ₂ (C_Equivalente)	236.505	16.870		776.331		1.029.706
CH ₄	401	3	10.161	1.805	803	13.173
CH ₄ (C_Equivalente)	8.421	63	213.381	37.905	16.863	276.633
N ₂ O	9	14	503	12	12	550
N ₂ O(C_Equivalente)	4.950	7.700	276.650	6.600	6.600	302.500
Total (C-Equivalente)	249.876	24.633	490.031	820.836	23.463	1.608.839

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004.

Para o ano de 1994, as emissões de CO₂ foram estimadas em 1.029.706 Gg, ou 1.030 Tg, destacando-se o Setor de Mudança no uso da Terra e Florestas, com 75% das emissões, seguido do Setor Energia, com 23%. As emissões de CH₄ foram estimadas em 13.173 Gg, ou 13,7 Tg sendo que o Setor Agropecuária foi responsável por 77% das emissões, seguido pelo Setor Mudança no Uso da Terra e Florestas, com 14% das emissões. Já, as emissões de N₂O foram estimadas em 550 Gg, ou 0,55 Tg, sendo o Setor Agropecuária responsável por 92% do total de emissões.

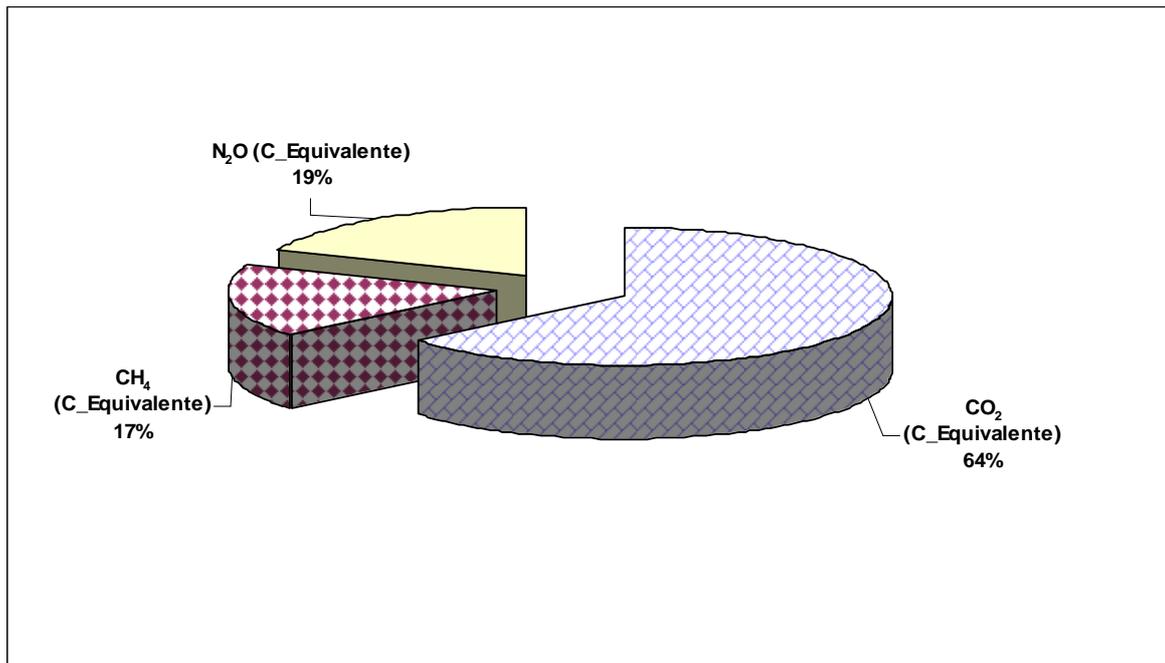


Gráfico 5 - Participação relativa dos principais gases efeito estufa no total das emissões brasileiras em 1994 (Em Carbono Equivalente).

Em termos de Carbono Equivalente, as emissões do Brasil totalizaram 1.608.839 Gg de C, ou 1.608,8 Tg de C-equivalente, sendo que o Setor Agropecuário representou 43,72% desse total com 213.381Gg de C-equivalente provenientes das emissões de CH₄ e 490.031 Gg de C-equivalente provenientes das emissões de N₂O. Nota-se, que o total das emissões de Metano do setor agropecuário, em termos de C-equivalente, representa 30,33% das emissões do setor e 13,26% das emissões totais do Brasil.

Segundo o Ministério de Ciência e Tecnologia (2004), o setor agropecuário foi responsável pelas emissões de 10 Tg de CH₄ em 1994. As emissões por fermentação entérica totalizaram e representam 92% do total emitido no país.

Tabela 12 - Emissões de metano emitido pela pecuária brasileira em 1994.

Tipo de animal	Emissões em CH ₄	Emissões em Carbono-Equivalente	Participação relativa
Gado de Leite	1.257	26.397	13,41
Gado de Corte	7.705	161.805	82,17
Bubalinos	86	1.806	0,92
Ovinos	92	1.932	0,98
Caprinos	54	1.134	0,58
Equinos	115	2.415	1,23
Muare e asininos	33	693	0,35
Suinos	35	735	0,37
Total	9.377	196.917	100,00

Fonte: Lima *et. al.* (2002).

A Tabela 12 apresenta a conversão das emissões de metano oriundas da fermentação entérica de diversos tipos de animais em emissões de carbono-equivalente. Neste caso, observa-se que a pecuária de corte representa 82,17% das emissões e o gado de leite participa com 13,41%. Em relação ao total das emissões brasileiras de gases efeito estufa em termos de carbono-equivalente, as emissões provenientes da pecuária de corte representam 10,05%, enquanto que, a pecuária de leite, participa com apenas 1,64%. Portanto, esforços no sentido de reduzir as emissões da pecuária bovina brasileira apresentaram reflexos não negligenciáveis nas emissões de gases efeito estufa no Brasil, em especial, a redução das emissões de metano da pecuária bovina de corte, dada a grande dimensão do rebanho bovino brasileiro.

Uma aproximação sobre os efeitos de mudanças na estrutura do rebanho e nas condições de manejo do mesmo sobre as emissões de metano pode ser obtida analisando-se a evolução do tamanho do rebanho e as variações nas emissões por quilograma de carne produzida. A tabela apresenta o número de animais abatidos em 1996, os fatores de emissão considerando-se que os animais abatidos são machos adultos, a produção de carne em quilogramas, as emissões de metano oriundas dos animais abatidos em Gigagramas, a produção de metano por quilograma de carne produzida e a taxa geométrica do crescimento do rebanho brasileiro entre 1990 e 2005. O número de animais abatidos foi obtido das estatísticas do IBGE, os fatores de emissões foram estimados por Lima *et. al.* (2002), a produção de carne foi calculada considerando-se um peso médio de abate de 450 quilogramas/cabeça e um rendimento de carcaça médio de 50%. As emissões de metano

por animais abatidos foram obtidas pela multiplicação do número de animais abatidos por região e seus respectivos fatores de emissão.

Tabela 13 - Produção de carne, emissões de metano e taxa geométrica do crescimento do rebanho por região do Brasil.

Região	Animais abatidos em 1996	Fator de emissão de metano	Produção de carne (Kg)	Emissões de CH ₄ dos animais abatidos (Gg)	kg CH ₄ /kg de carne produzida	Taxa geométrica
Norte	134.816	62	30.333.600	8,36	0,28	7,36
Centro-Oeste	270.128	64	60.778.800	17,9	0,28	2,86
Sudeste	289.318	64	65.096.550	18,52	0,28	0,44
Nordeste	280.653	73	63.146.925	20,49	0,32	7,36
Sul	667.178	66	150.115.050	44,03	0,29	0,58

Fonte: Primária, 2007.

Quando se analisa as emissões de metano por produto produzido, observa-se que a região Nordeste apresenta um valor acima das demais regiões devido ao seu maior fator de emissões estimado. Assim, uma estratégia de redução das emissões na região seria a melhoria nas condições de produção. A região Norte apresenta uma menor emissão por quilograma de carne produzida, porém, apresenta uma alta taxa de crescimento do rebanho apesar de obter a menor emissão por animais abatidos. Portanto, uma intensificação da pecuária conjugada com a redução no ritmo de crescimento do rebanho poderá ter reflexos positivos no esforço de redução das emissões. As regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentam condições similares tanto em número de animais abatidos, como em termos de fatores de emissões, porém a região Centro-Oeste apresenta um maior ritmo de crescimento do seu rebanho bovino, desta forma, projetos de intensificação da pecuária com redução do rebanho seriam, também, uma boa estratégia para a mitigação das emissões. Por sua vez, a região Sul apresenta o maior valor das emissões por animais abatidos, apesar da relativa estabilização de seu rebanho. Portanto, a estratégia para essa região seria no sentido da intensificação da pecuária (Tabela 13).

CAPÍTULO 5: BALANÇO DE CARBONO NA RELAÇÃO SOLO-PASTAGEM-ANIMAL

Este capítulo tem como objetivo descrever as principais relações entre o solo, as pastagens e os sistemas de produção bovina. Entender o funcionamento do ciclo do carbono nos ecossistemas das pastagens é fundamental para a análise do papel da pecuária nas emissões de gases a efeito estufa. Isto por que, no contexto das estratégias de redução das emissões dos gases a efeito estufa, dois tipos de ações podem ser consideradas: a diminuição do nível de emissões, e/ou a transferência e estocagem dos GEEs em outros compartimentos terrestres, tais como, o solo. Neste caso, os gases ficariam estabilizados na forma de biomassa, matéria orgânica do solo, etc. Além disto, a quantidade de metano emitida por animal depende, entre outras variáveis, do tipo e da quantidade de nutrientes presentes na alimentação do rebanho. A disponibilidade de nutrientes, por sua vez, dependerá do tipo do solo, da sua fertilização e dos variados sistemas de manejo das pastagens. Assim, esta seção trata, em primeiro lugar, das principais relações em termos de ciclo do carbono entre o solo, a planta e os animais. A seguir, é apresentado um balanço de carbono no ecossistema de pastagens evidenciando-se as principais fontes de emissão e os possíveis pontos de sequestro de carbono. Na sequência, analisam-se as possíveis formas de intensificação nos sistemas de produção e suas consequências sobre as emissões de metano e sobre balanço de carbono.

5.1 RELAÇÃO SOLO-PLANTA-ANIMAL

A seguir, realizamos uma breve apresentação do ciclo de carbono no ecossistema das pastagens. Primeiramente, abordamos, de forma geral, as principais relações entre o solo, as plantas e os animais em termos de fluxo de carbono. Esta abordagem mais genérica permite a visualização do fluxo de carbono propriamente dito, bem como, do papel de cada elemento tanto na fixação, como na liberação de carbono.

A pastagem natural é um ecossistema biológico em que ocorrem complexas interações entre a atmosfera, o solo, a biomassa vegetal e os herbívoros. Entre estes elementos ocorre uma troca de matéria e energia caracterizada pelos ciclos biogeoquímicos, ou seja, o ciclo da água, do carbono, do nitrogênio e do fósforo. As plantas, no processo de fotossíntese, fixam carbono da atmosfera através de sua parte aérea e absorvem nutrientes do solo graças ao seu sistema radicular. Desta forma os vegetais produzem matéria orgânica, a qual será utilizada pelos demais componentes do ecossistema da pastagem. Esta produção é conhecida como a produção primária (PP).

A produção primária é capturada pelos herbívoros que a realizam através do processo de pastejo. Os compostos ingeridos através da síntese dos compostos orgânicos animais geram o produto animal. Esse é repartido em músculos, sangue, gordura, ossos, leite, etc. Assim, é obtida uma segunda “oferta” de produtos transformados, a partir da produção primária e constitui a produção secundária (PS).

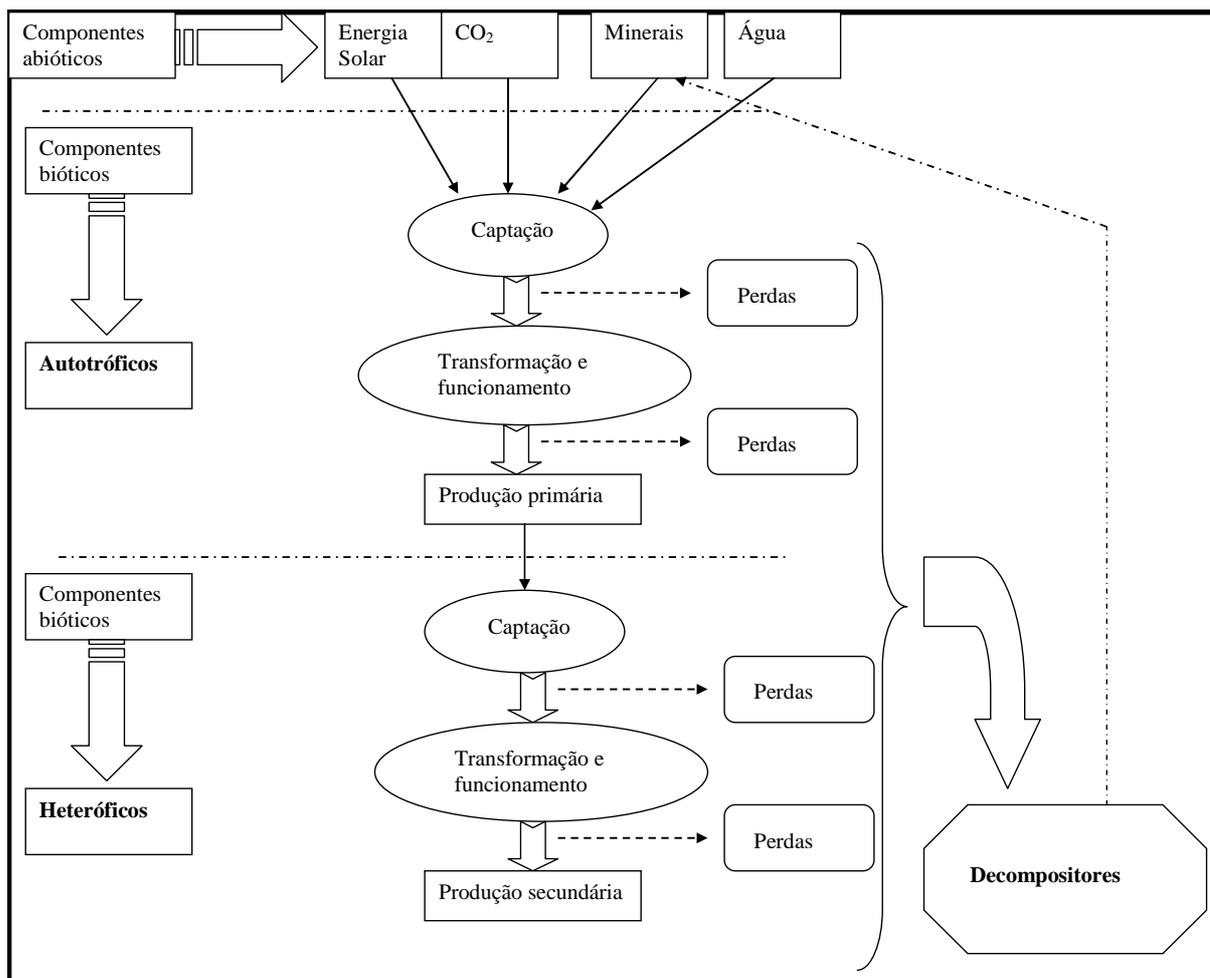


Figura 2 - Ecossistema pastoril e as inter-relações entre seus componentes bióticos e abióticos.

Fonte: Adaptado de Nabinger (1999).

A Figura 2 apresenta, de forma esquematizada, os principais componentes de um ecossistema pastoril, seu funcionamento e sua organização trófica. Os componentes abióticos do sistema resultam do meio ambiente sendo uma consequência do clima predominante da região, o qual, determina o nível de radiação solar e de água disponíveis. Essa “oferta” de elementos abióticos é capturada pelas plantas (seres autotróficos) através das folhas (mecanismo de interceptação da energia solar incidente e absorção de CO₂

atmosférico) e das raízes (mecanismo de absorção da água e minerais). Após a absorção, esta oferta é sintetizada em compostos orgânicos, os quais, determinam a produção, ou produtividade primária.

A produção primária se constitui na matéria prima para os herbívoros (seres heterotróficos) a qual, é capturada no processo de pastejo. Após, a produção primária é transformada através da síntese dos compostos orgânicos animais gerando o produto animal, o qual é, repartido em músculos, sangue, gordura, ossos, leite, etc. Tem-se, assim, uma segunda “oferta” de produtos transformados a partir da oferta inicial do meio abiótico e que se constitui na produção, ou produtividade, secundária (NABINGER, 1999).

De acordo com Nabinger (1999), é necessário considerar que, na cadeia trófica, ocorrem perdas dentro de cada nível e, sobretudo na passagem do nível autotrófico para o nível heterotrófico. As primeiras perdas decorrem da ineficiência de utilização de energia solar disponível. O segundo e importante nível de perdas ocorre durante o pastejo. Isto é decorrência da seletividade do pastejo realizada pelo animal, pisoteio e acúmulo de dejeções mas, sobretudo, porque parte significativa da produção primária é formada por porções da planta inacessíveis aos animais, como raízes, rizomas, etc.

Por fim, a própria passagem de um nível trófico a outro determina perdas substanciais uma vez que, parte significativa da energia ingerida é utilizada na manutenção corporal e outra é perdida na forma de gases, urina e fezes. Ainda, deve-se considerar o papel dos microorganismos transformadores (decompositores) representados, principalmente, por fungos e bactérias que utilizam como fonte de energia a matéria orgânica perdida nos diferentes níveis e que atuam como recicladores do sistema.

Ainda, segundo o autor, o funcionamento da pastagem como um sistema ecológico é regido por princípios básicos que podem ser resumidos em:

- o funcionamento do sistema depende de um fluxo de energia cuja “entrada” no sistema depende da disponibilidade de radiação solar;

- a “captura” da energia incidente depende de uma superfície de folhas cujo tamanho e a eficiência de transformação de energia solar em energia química, depende da disponibilidade de nutrientes assegurada pela absorção e reciclagem dos mesmos no sistema;

- o pastejo afeta ambos processos: o fluxo de energia ao “remover” superfícies de captação, e, o ciclo de nutrientes ao acelerar a mineralização e a disponibilidade de nutrientes através de sua retirada via produto animal.

Segundo Carrere (2003), os herbívoros consomem parte da produção primária que se situa acima do solo, expiram ao redor de 70% do carbono correspondente e restituem, de forma direta ou indireta, a diferença ao solo, assim como 80 a 95% do nitrogênio ingerido. O solo, por sua vez, recebe dejetos ricos em nutrientes bem como a parte da biomassa vegetal que não é consumida e que entra em senescência, a qual, é chamada de palha (*litière*). Uma parte do carbono, do nitrogênio e do fósforo é acumulada no solo, enquanto que a outra, é utilizada pelos decompositores que produzem gás carbônico e nutrientes assimilados pelos vegetais.

Entretanto, existem diferentes fluxos exportados de carbono que resultam do efeito acumulado de práticas agropecuárias sobre os diferentes elementos e performances do complexo solo-vegetação. Por exemplo, o melhoramento das pastagens e a gestão de efluentes animais elevam a taxa de carbono no solo, o que contribui para o aumento do potencial de fertilidade do complexo solo-planta, principalmente nas condições de climas quentes, tais como, as condições tropicais do Brasil.

Segundo Jones (2004), o balanço líquido de carbono é difícil de ser determinado porque a adição de carbono em pastagens é combinada com a correspondente forte perda de carbono ocorrida na respiração. O potencial de sequestro de carbono da pastagem depende do tipo e da condição do ecossistema, isto é, composição, solo, manejo e clima. O manejo do solo e da vegetação para conservar e sequestrar o carbono pode ser uma alternativa viável para mitigar a acumulação de CO₂ na atmosfera.

Para Soussana *et. al.* (2003), a acumulação de carbono no ecossistema de pradarias ocorre principalmente no interior do solo, assim, mudanças no uso da terra afetam os estoques de carbono. Já, as pradarias, contribuem para mudanças nos fluxos dos gases. O Dióxido de Carbono (CO₂) é intercambiado entre o solo e a vegetação, o Óxido Nitroso (NO₂) é emitido pelo solo, e o Metano (CH₄) é emitido pelo gado e pode ser intercambiado com o solo. A magnitude destes gases varia conforme diversos fatores tais como clima, solo, vegetação, manejo e meio ambiente. Além disto, ocorrem transferências pelas colheitas, silagens, aplicações de estrumes, entre outros.

Segundo os autores, a pradaria é um ecossistema complexo, caracterizado pela ampla gama de manejos e condições do meio-ambiente e, atualmente, o perigo global dos GEEs intercambiados não é bem conhecido. Este fato fica claro em um enfoque integrado uma vez que, a escolha de manejos para redução das emissões envolve importantes *trade-offs*. Por exemplo, preservar as pradarias e adaptar seu manejo para melhorar o sequestro de carbono pode incrementar as emissões de CH₄ e de N₂O.

Conforme salienta Lecomte (2002), nas questões relativas à alimentação animal, não se pode dissociar o carbono do nitrogênio que entra na elaboração de proteínas. Segundo o autor, nas pastagens cultivadas e exploradas num ciclo de rebrota de três a dez semanas a composição de carbono ingerida por animal varia relativamente pouco e oscila entre 40 a 44% MS (Matéria Seca). Na medida em que a planta cresce ocorre uma diluição do nitrogênio e a mesma elabora cada vez mais celulose, a qual, tende a se lignificar, fato que resulta em variações muito pequenas na taxa de carbono. Por sua vez, a relação C/N, indicador que traduz a qualidade da pastagem oscila entre 15 e 35.

Ainda, segundo Lecomte, em termos de vegetações naturais de savanas, as taxas de carbono são muito similares, enquanto que as taxas de nitrogênio são mais baixas em função das limitações das condições de solo. A relação C/N oscila entre 20 após as queimadas até 100 para biomassas de fim de ciclo, as quais, são pobres em nitrogênio e apresentam fracos valores alimentares.

Conforme o autor, evoluindo para sistemas alimentares mais elaborados tais como os que conjugam pastagens com complementos alimentares, as taxas de carbono passam para 30 a 50% MS, apresentando uma variação mais larga que depende dos componentes utilizados na ração. Os teores de nitrogênio, em geral mais elevados, dependem da natureza dos recursos proteicos da ração. Desta forma, a relação C/N poderá evoluir entre 12 a 38.

Da mesma forma que o tipo de cobertura vegetal e o sistema de uso do solo afetam os fluxos de carbono e nitrogênio, a presença de ruminantes também apresenta efeitos sobre os ciclos biogeoquímicos, notadamente nos ciclos de carbono e nitrogênio. Conforme o sistema de produção pecuária e o manejo do rebanho os efeitos líquidos poderão, tanto tender para uma fonte de emissão, como para um ponto de sequestro de carbono. Tal afirmativa será mais detalhada na próxima seção. O importante é salientar que, em primeiro lugar, observa-se diferentes balanços do carbono conforme o tipo de uso da terra, tais como, área cultivada com culturas temporárias, culturas permanentes, pastagens nativas, pastagens nativas melhoradas, pastagens cultivadas, florestas, etc. Em segundo lugar, independentemente do tipo de rebanho, o sistema de manejo influencia tanto as emissões de GEEs ocorridas por fermentação entérica como pelas causadas pelos efluentes. E, em terceiro lugar, o tipo de rebanho a ser considerado, que se diferencia pela quantidade de carbono ingerida, pelo sistema digestivo e, conseqüentemente, pela quantidade de carbono emitida pela fermentação entérica e pelos efluentes.

No caso específico das pastagens, os sistemas de manejo variam conforme a região, o clima, as características do solo e os objetivos econômicos do produtor. Em geral, pode-se

classificar o manejo em duas ações básicas: o pastoreio exclusivo pelo animal e o corte do pasto para a produção de feno ou de alimentos mais elaborados tais como, a silagem.

Soussana *et. al.* (2003), analisando o caso específico das pastagens temperadas da Europa, argumentam que, em um regime de corte, a maior parte do carbono é exportada no feno e na silagem, mas uma parte é compensada pela aplicação de esterco. Já, no pastoreio intensivo, 60% da Matéria Seca aérea é consumida pelos herbívoros domésticos, sendo que a maior parte do carbono ingerido é digestível (75% para forragens altamente digestíveis). As emissões de metano representam 5% das perdas adicionais de carbono, enquanto que 25 % a 40% do total do carbono ingerido retornam para a pastagem sob forma de excrementos (urina e fezes).

Segundo os autores, na Europa, a digestibilidade tende a ser maximizada pelas práticas culturais tais como, pastoreios frequentes e utilização de cultivares altamente digestíveis. Assim, o primeiro fator que modifica o fluxo de carbono de retorno ao solo é a pressão de pastejo. Outros efeitos do pastoreio sobre o fluxo de carbono se fazem sentir tanto pelo papel do retorno dos excrementos via mineralização e ciclo de nitrogênio, como pela desfolhação e pisoteio animal, os quais, reduzem a área foliar e a consequente fotossíntese.

Os autores identificam um maior sequestro de carbono pelas pastagens em comparação à terras cultivadas. Isto devido a três razões principais: i) a maior parte da matéria orgânica do solo que é adicionada a partir das raízes e da rizo-decomposição é protegida como partículas de matéria orgânica; ii) a maior parte desta é quimicamente estabilizada; iii) os agregados tendem a proteger a matéria orgânica nativa do solo desde a decomposição.

No contexto das regiões tropicais do Brasil existem no mínimo 80 milhões de hectares de pastagens cultivadas com espécies oriundas da África, principalmente *Brachiaria spp.*, no entanto, a metade se encontra degradada, isto é, suportando baixas lotações, com baixa cobertura de plantas sendo, portanto, invadidas por espécies nativas não palatáveis e com população adensada (BODDEY *et. al.* 2004).

Silva *et. al.* (2004), ao analisar o estoque de carbono em pastagens cultivadas em solos sob Cerrados no Brasil, constataram que pastagens com baixa produção de Matéria Seca e baixo status de adubação apresentam menos carbono no solo do que aquelas com alta produção de Matéria Seca e melhor status de adubação. Segundo os autores, o total de carbono no solo e a produção de Matéria Seca apresentam uma alta correlação, demonstrando que a acumulação de carbono é dependente da produção de Matéria Seca, a qual, é um resultado do status da fertilização do solo. Assim, os autores constatam que a

acumulação de carbono no solo em pastagens degradadas ou naquelas em avançado processo de degradação não contribuem significativamente para um sumidouro de CO₂ atmosférico, bem como, para a redução dos GEEs na atmosfera.

Boddey *et. al.* (2004), ao analisar o ciclo de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria* cultivadas na região da Mata Atlântica no sul da Bahia, estudaram o efeito do acréscimo da taxa de lotação animal no fluxo de nitrogênio através do animal (consumo de forragem, produção de fezes e urinas) e através das plantas (crescimento, senescência) em pastagens de *Brachiaria* pastadas por gado Zebu. Segundo os autores, ao se aumentar a taxa de lotação de 2 para 4 animais/ha, o ganho anual de peso vivo por animal decresce de 153 kg para 120 Kg. Por outro lado, em geral, o ganho de peso por hectare passou de 305 kg para 360 kg por ano. Por sua vez, o nitrogênio exportado no ganho de peso animal aumentou somente de 7,3 para 8,5 kg/ha. O nitrogênio depositado na urina e no estrume em currais aumentou de 50 para 90 kg/ha e de 37 a 59 kg/ ha, respectivamente.

Além do nível de adubação e da taxa de lotação animal, a presença de leguminosas na composição das pastagens apresenta efeitos sobre o teor de matéria seca do solo, e, conseqüentemente nas taxas de carbono e de nitrogênio acumuladas no mesmo. Tarré *et. al.* (2001), ao estudarem o efeito da presença de forrageira leguminosa nos níveis de carbono e nitrogênio nos solos de pastagens de *Brachiaria* na região da Mata Atlântica, no sul da Bahia, observaram que em uma profundidade de solo de 30 cm existe um teor de carbono significativamente maior em solos cuja cobertura vegetal era composta de uma mistura de gramíneas com leguminosas do que naqueles cuja cobertura vegetal, era composta apenas por gramíneas. Segundo os autores, numa profundidade de solo de 0 – 100 cm a taxa de acumulação de carbono verificada ao longo de nove anos foi de 1,17 Mg/ha/ano no caso da mistura gramínea/leguminosa, quase o dobro do observado na presença de somente gramínea (0,66 Mg/ha/ano)

Por exemplo, na França, um solo médio (0 – 30 cm) apresenta um estoque de carbono entre 30 a 90 tC/ha ,podendo ser detalhado em três grupos de acordo com o uso da terra: i) terras de culturas anuais e perenes e com o solo descoberto apresenta um estoque reduzido para 45 tC/ha; ii) terras de campos nativos permanentes e florestas, excluindo a palha (*litière*), possuem um estoque de aproximadamente 70 tC/ha; e, terras com pastagens em regiões altas e terras úmidas têm um estoque médio de 90 tC/ha. Em média a diferença do estoque de carbono entre terras de cultura e pastagens é de 25 t/ha (SOUSSANA *et. al.* 2003).

5.2 BALANÇO DE CARBONO: FONTES DE EMISSÕES E PONTOS DE SEQUESTRO

Conforme apresentado anteriormente, fica evidente que mudanças no uso da terra acarretam em diferentes fluxos de carbono que poderão resultar em mudanças nos estoques de carbono no solo e nas emissões de GEEs. Em termos de controle de emissões antrópicas é necessário identificar tanto as atividades produtivas que resultam em aumento das emissões e que, portanto, devam ser controladas, reduzidas e até suprimidas, como aquelas que reduzem as emissões ou que absorvam os gases efeito-estufa e, que, obviamente, devam ser estimuladas.

Neste sentido, deve-se trabalhar com três conceitos importantes: as fontes de emissões, os sumidouros e os pontos (*pools*) de carbono. Conforme o IPCC, fonte é qualquer processo, atividade ou mecanismo que emite um gás efeito estufa, um aerossol, ou um precursor de gases efeito estufa ou aerossóis na atmosfera. Enquanto que, sumidouro é qualquer processo, atividade ou mecanismo que retira da atmosfera um gás de efeito estufa, um aerossol, ou um precursor de gases efeito estufa. Por sua vez, os pontos de carbono se referem aos locais de ocorrência de carbono na superfície terrestre. Estes locais poderão, conforme o tipo de uso da terra, se apresentar como fonte ou como sumidouro de carbono. O IPCC define os “*pools*” de carbono conforme quadro abaixo.

<i>Pool</i>		Descrição
Biomassa viva	Biomassa sobre o solo	Incluem a parte aérea das plantas, tais como talos, troncos, ramos, sementes, folhas.
	Biomassa do sub-solo	Incluem as raízes vivas com diâmetro acima de 2 mm.
Matéria orgânica morta	Madeira morta	Incluem todas as biomassas mortas que não estão contidas na palha (<i>litter</i>) e que estão em qualquer lugar, caindo na terra ou não. Inclui a madeira que cai na superfície, raízes mortas e tocos maiores ou igual a 10 cm de diâmetro ou qualquer outro diâmetro usado pelo país.
	<i>Litière</i> (palha)	Envolve toda a biomassa não viva com diâmetro menor do que o estabelecido no país (10 cm por exemplo). As raízes vivas mais finas também estão incluídas, pois não se pode distingui-las empiricamente.
Solo	Matéria orgânica do solo	Incluem o carbono orgânico de solos orgânico e mineral (incluindo a turfa) para a profundidade escolhida pelo país e aplicado consistentemente numa série de

<i>Pool</i>	Descrição
	tempo. As raízes vivas mais finas também estão incluídas, pois não se pode distingui-las empiricamente.

Quadro 6 - Definições de “*pools*” terrestres conforme IPCC.
Fonte: IPCC, 2003.

O efeito do uso da terra se faz sentir sobre os diversos “*pools*” de carbono de maneira diferenciada ocasionando mudanças nos fluxos e determinando novos estoques de carbono. Segundo a classificação do IPCC, as categorias mais gerais de uso da terra são:

a) Terras de floresta (*Forest land*): Esta categoria inclui as terras com vegetação de florestas consistentes com o utilizado para definir esta categoria no inventário nacional GHG, subdivididas entre terras manejadas e não manejadas, e, também, por tipo de ecossistema especificado no IPCC Guidelines. São também incluídos sistemas com vegetação que crescem abaixo da floresta, com exceção da categoria terras de floresta;

b) Terras de colheita (*Cropland*): Inclui terra para agricultura e sistemas agro-florestais em geral que utilizam a vegetação do extrato inferior da floresta;

c) Pastos (*Grassland*): Inclui as terras de fazendas e pastagem que não são consideradas as terras de colheitas. Também inclui sistemas com vegetação que ficou abaixo do limite usado na categoria de terra de floresta e não é esperado que exceda, sem intervenção humana, o limite usado na categoria de terra de floresta. A categoria também inclui todo o gramado de terras selvagens para áreas recreativas, como também, agrícola e sistemas de silvo-pastoril, subdivididas em manejadas e não manejadas conforme as definições nacionais;

d) Terras úmidas: Esta categoria inclui as terras cobertas ou saturadas de água durante todo o ano, ou parte dele (por exemplo, terras de turfas). Não inclui terras de floresta, terras de colheita, pastagens ou categorias de povoados. Pode ser subdividida em manejada ou não manejada de acordo com as definições nacionais. Inclui reservatórios como uma sub-divisão manejada e rios naturais e lagos como subdivisões não manejadas;

e) Construções (*Settlements*): Esta categoria inclui terra desenvolvida pelo homem, inclusive infra-estrutura de transporte e construções de qualquer tamanho, a menos que já estejam incluídos em outras categorias, sendo consistente com a seleção de definições nacionais;

f) Outras Terras: Esta categoria inclui terra nua, pedra, gelo, e qualquer área de terra não manejada que não se enquadra em nenhuma outra das cinco categorias. Esta categoria

permite a inclusão destas áreas no total de áreas de terra identificadas, para que ocorra a coincidência com os dados disponíveis da área nacional.

A base metodológica utilizada pelo IPCC para estimar o estoque de carbono, as emissões e as remoções de carbono associadas ao uso da terra, mudança no uso da terra e terra de floresta (LULUCF) é baseada sobre dois temas relacionados entre si: i) o fluxo de CO₂ para ou da atmosfera, é assumido como sendo igual às mudanças no estoque de carbono na biomassa existente e nos solos; ii) mudanças nos estoques de carbono podem ser estimadas, primeiro estabelecendo-se as taxas de mudanças no uso da terra e nas práticas usadas para ocasionar esta mudança (por exemplo: queimadas, cortes, cortes selecionados, etc). Segundo, hipóteses simples ou dados aplicados sobre seus impactos no estoque de carbono e a resposta biológica para um dado uso da terra (IPCC, 2003).

Segundo o IPCC (2003), as pastagens (*Grassland*) recobrem cerca de um quarto da superfície de terras no planeta e abarca um limite de condições climáticas que passa do clima árido ao úmido. As pastagens (*Grassland*) podem variar consideravelmente em seu grau e intensidade de manejo, desde fazendas com manejo extensivo e savanas, até pastagens com manejo intensivo com fertilização, irrigação e variação de espécies vegetais. Também coexistem sistemas de pastejo contínuo e terras para a produção de fenos e silagens. As pastagens, em geral, apresentam uma vegetação dominada por pastos perenes com o pastejo apresentando-se como o principal uso da terra. A *Grassland* se diferencia da “floresta”, pela sua cobertura das árvores considerada menor do que o limite utilizado na definição de floresta.

A produção de capim pode ir até 30-60 toneladas/ha nos trópicos, com capim dos gêneros *Braquiaria*, *Pennisetum* ou outros.

O estoque de carbono das pastagens ocorre principalmente nas raízes e na matéria orgânica dos solos, sendo influenciado pelas atividades humanas e distúrbios naturais incluindo a colheita da biomassa florestal, pastejo, uso do fogo, reabilitação da pastagem, manejo do pastejo, etc. A produção de biomassa é bastante variável, mas devido a rápida renovação e remoção que ocorre através do pastejo e do fogo, o estoque de biomassa acima da superfície do solo raramente excede a poucas toneladas por hectare. No entanto, a produção de capim pode ir até 30-60 toneladas/ha nos trópicos com capim dos gêneros *Braquiaria*, *Pennisetum*, entre outros. O maior estoque se concentra no componente florestal, nas raízes e no solo. A extensão de como o estoque de carbono aumenta ou diminui em cada um desses *pools* é afetada pelas práticas de manejo (IPCC, 2003).

5.3 EMISSÕES DE METANO POR FERMENTAÇÃO ENTÉRICA EM RUMINANTES

A fermentação entérica é uma fermentação anaeróbica de polissacarídeos (celulose) e outros componentes alimentares no aparelho digestivo dos animais ruminantes. O metano é um resíduo produzido nesse processo de fermentação. O mecanismo da fermentação entérica é mostrado na Figura 3. O alimento, ao entrar no rúmen é fermentado e convertido em ácidos graxos voláteis (VFAs), dióxido de carbono e metano. Os VFAs, em especial, o ácido acético, o propiônico e o butírico, passam pelo rúmen, entram no sistema circulatório e são oxidados no fígado, suprimindo a maior parte das necessidades de energia do animal hospedeiro. Os VFAs podem, também, ser utilizados pelo animal para a síntese de material celular.

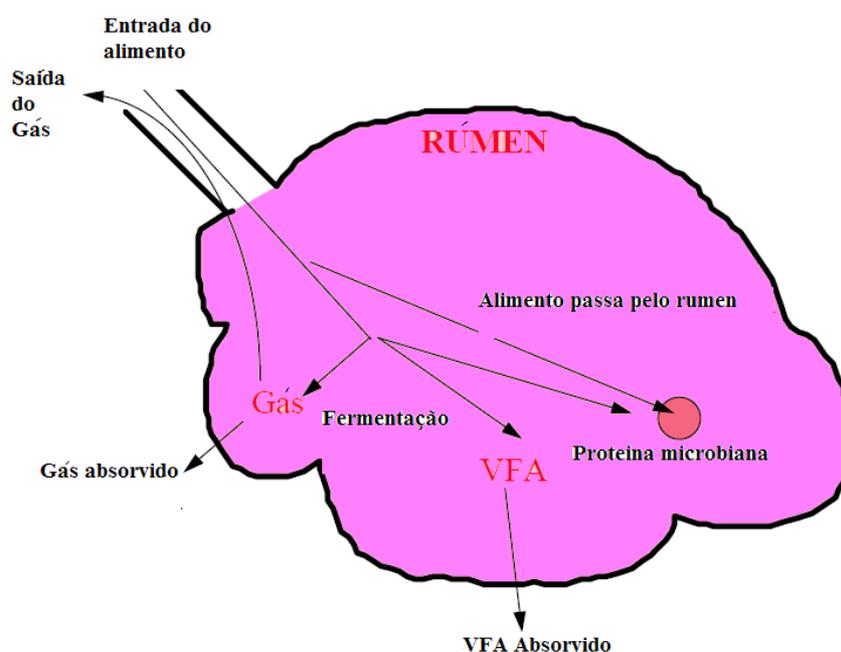


Figura 3 - Diagrama do fluxo da fermentação entérica no rúmen.

Fonte: Adaptado de AEA, 1998.

A fermentação também é conjugada com o crescimento de microorganismos, sendo que, a proteína sintetizada nas células microbianas é a principal fonte de proteínas para o animal. Os gases residuais do processo de fermentação, dióxido de carbono e metano, são, principalmente, removidos do rúmen pelo “arrote”. Uma pequena proporção do metano é absorvida no sangue e eliminada pelos pulmões (AEA, 1998).

A proporção de dióxido de carbono e metano produzidos, depende da ecologia do rúmen e o balanço da fermentação. Em geral, a proporção de dióxido de carbono é duas a três vezes do que a do metano. Enquanto o metano é eliminado pelo “aroto”, o destino do CO₂ é mais difícil de ser identificado, pois o mesmo é fundido e reciclado pelo metabolismo do carbono enquanto a uréia e bicarbonatos na saliva são produzidos pelos organismos do rúmen (VAN SOEST, 1982).

Os VFAs produzidos e os produtos finais do metabolismo anaeróbico microbiano proveem o ruminante com a maior fonte de energia metabolizável. A remoção desses produtos ácidos é vital para o crescimento dos organismos no rúmen. Os principais ácidos graxos produzidos são: acético, butírico, isobutírico, valérico e isovalérico. A proporção desses ácidos depende da dieta e do status da população metanogênica no rúmen. A concentração dos VFAs é regulada pelo balanço entre a produção e absorção segundo as quais, a taxa de acréscimo da produção induz a uma elevada concentração de VFAs (VAN SOEST, 1994).

As emissões por fermentação entérica dependem da oferta alimentar média diária e da porcentagem dessa energia alimentar é convertida em metano. A oferta média alimentar diária de um dado rebanho pode variar consideravelmente e depende, entre outros fatores, do peso do animal (e da energia para mantê-lo), da taxa de ganho de peso, da taxa de produção de leite (para o gado leiteiro). A melhoria na conversão de metano depende da eficiência do rúmen, a qual é fortemente determinada pela dieta. Entre 4 – 10% da energia dos alimentos é perdida durante a conversão do metano e não fica disponível para a digestão (BATES, 2001).

5.3 UTILIZAÇÃO DE ENERGIA E PRODUÇÃO DE METANO EM BOVINOS

Como destacado anteriormente, a produção de metano faz parte do processo digestivo dos herbívoros ruminantes e ocorre no rúmen. Nesse processo é dissipado calor pela superfície corporal e produzido gás. A emissão de metano varia entre 4% a 10% da energia bruta do alimento ingerido, podendo variar conforme o tipo e qualidade do alimento.

A energia contida no alimento é transformada no processo digestivo e parcialmente perdida em compostos químicos fecais, urina e gases da fermentação. O restante é utilizado para produção de calor, a manutenção corporal ou para a construção de novos tecidos. A magnitude das diversas perdas de energia depende da espécie animal, do tipo e da qualidade da alimentação animal. As avaliações da qualidade dos alimentos são a digestibilidade e a capacidade de metabolização, as quais, são frações da energia bruta

ingerida que são convertidas em energia digestível e energia metabolizável, respectivamente (CRUTZEN *et. al.* 1986).

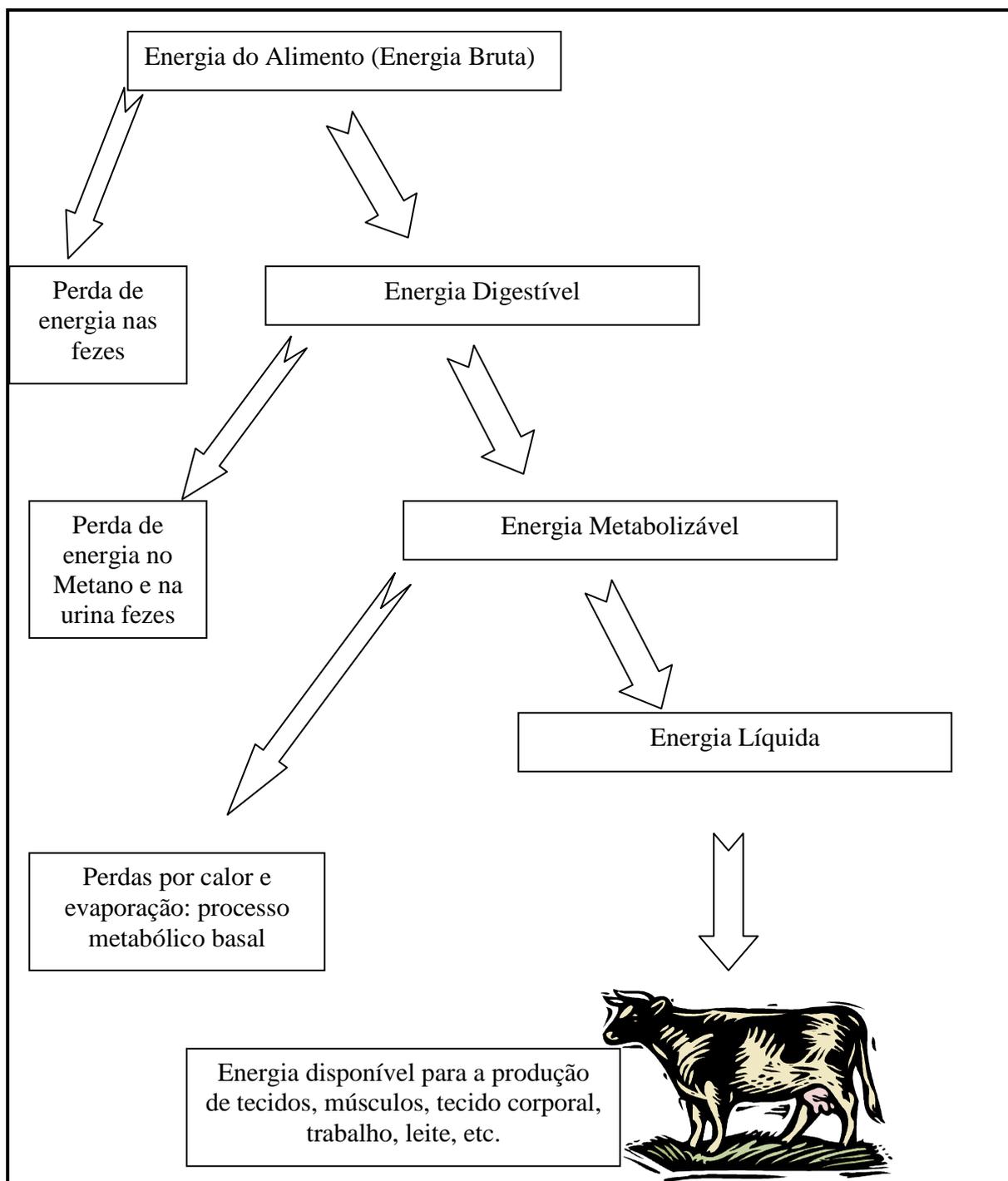


Figura 4 - Diagrama de utilização de energia pelos bovinos

Fonte: Adaptado de Crutzen *et. al.* (1986).

A energia necessária para prevenir o colapso do tecido vivo é mais elevada do que a do metabolismo basal²³ que é compreendida, frequentemente, como Energia de manutenção, isto é, o mínimo de alimento necessário para prevenir as perdas de tecido corporal. Estas quantidades de energia dependem da utilização e espécie de rebanho. Segundo Crutzen *et. al.* (1986), tanto a qualidade como a quantidade de alimento, juntamente com a performance dos animais, são fundamentais para determinar o montante de energia que é perdida na produção de metano. As perdas de energia ocorridas durante a formação de metano são expressas por uma fração da energia bruta recebida pelo animal. Para tanto, usa-se o termo “produção de metano” (*methane yield*). As quantidades de alimentos são, em geral, expressas em unidades de peso que são convertidas para energia bruta usando-se um fator médio de conversão de 17,5 MJ/Kg de matéria seca. A energia contida em um quilograma de metano é igual a 55,65 MJ (Figura 4).

Crutzen *et. al.* (1986) estimaram a porcentagem de energia bruta ingerida que é perdida na produção de CH₄. Os autores utilizaram pesquisas detalhadas de bovinos nos EUA, Alemanha e da Índia para estimar as quantidades e tipos de alimentação ingeridas. Em média, as estimativas das emissões de metano dos bovinos nos Estados Unidos são 58 Kg/cab/ano. Na Alemanha ocidental, as emissões médias estimadas foram de 57 kg/cab/ano. Para o conjunto dos países industrializados, a média foi de 55 kg/cab/ano, enquanto que no Brasil, na Argentina e na Austrália, a média obtida foi de 55 kg/cab/ano.

Apesar das taxas de porcentagem de energia bruta ingerida perdida na produção de CH₄ serem elevadas, a produção individual de CH₄ para os bovinos dos países em desenvolvimento é mais fraca, porque a energia bruta ingerida é próxima da energia de manutenção. A partir de estudos de bovinos indianos, Crutzen *et. al.* (1986) escolheram para os países em via de desenvolvimento uma quantidade de energia bruta ingerida igual a 60,3 MJ/dia e uma taxa de 9% de produção de metano, devido a má qualidade do alimento. A taxa anual de produção de CH₄ para os bovinos dos países em via de desenvolvimento é em torno de 35 kg por animal.

²³ Para um animal adulto, o metabolismo basal define o mínimo de energia demandada em condições de temperaturas neutras e de total descanso. O metabolismo basal diário, expresso em megajoules (MJ) é, aproximadamente, proporcional a $\frac{1}{4}$ da força de peso vivo W (kg) e, é dado por: $\text{Metabolismo basal} = 0,293W^{0,75}$ (CRUTZEN *et. al.* 1986).

5.4 OPÇÕES DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE METANO POR FERMENTAÇÃO ENTÉRICA

Existem diversas formas para se reduzir as emissões de metano dos ruminantes. Entre elas, pode-se destacar: a redução do efetivo animal; a melhoria da eficiência da conversão alimentar pela otimização de dietas do rebanho; o incremento da produtividade animal através do uso de aditivos na alimentação ou na cria; e a melhoria da eficiência do rúmen através do uso de aditivos na alimentação (BATES, 2001). A seguir são apresentadas as opções descritas por Bates (2001).

As opções para a melhoria da conversão alimentar, e a consequente melhoria da produtividade, podem conduzir para aumentar as emissões de metano por animal, mas as emissões de metano por unidade de leite ou de carne são reduzidas. Estas opções conduzem para as reduções no total das emissões entéricas, se a quantidade de produção de carne ou de leite é mantida constante, ou seja, acréscimos na produtividade levam ao decréscimo no número de animais. Essa é uma situação corrente para o leite nos casos em que a produção é limitada por cotas, aumentos na produtividade levam a redução do número de animais. Isso não é bem o caso para a carne, em que o preço é suportado por animal. Um caminho para eficiência da conversão alimentar é o tratamento da baixa qualidade das fibras, tal como, as palhas e outros cultivos de produtos quaisquer. A melhoria da digestibilidade ou da admissão de alimentos pode ser tanto mecânica como química. Os tratamentos mecânicos incluem a picagem, moagem ou a peletização de alimentos. Os tratamentos químicos incluem o uso de amônia, uréia formaldeído e hidróxido de sódio.

Uma outra opção é reduzir as quantidades produzidas, reduzindo o rebanho e as emissões. Mas se a demanda permanecer constante, a queda de produção terá de ser compensada em outro lugar. Se ocorrer em países em que a produtividade seja menor ocorrerá um incremento líquido global das emissões. A redução da demanda pode ser alcançada por mudanças na dieta. Mudanças na dieta alimentar para a redução do consumo de proteínas pode também ter um efeito benéfico para as emissões de N₂O na agricultura pela redução de N necessário, para a demanda por alimentos *per capita*. No entanto, a redução da produção terá implicações para os fazendeiros e sobre a rentabilidade do setor.

Uma terceira opção, consiste na melhoria da dieta alimentar com ganhos genéticos. O acréscimo no nível de dieta alimentar por tipo de gado, pode modificar a composição dos VFAs no rúmen como a redução de acetato e o aumento da formação de propionato, o que leva a uma menor produção de metano por unidade de animal produzido. Além desta mudança, e, talvez mais importante, é a redução das perdas por “manutenção” do animal e um aumento contínuo na produção do mesmo. A produção de metano por animal pode

aumentar, porém, as reduções somente serão obtidas se forem mantidos os níveis de produção constante.

O ganho contínuo em genética obtido através de cruzamento natural ou inseminação artificial, pode ser verificado em países diversos. Vacas com alta genética podem ter um aumento de problemas com fertilidade, deficiências físicas, mastites e distúrbios metabólicos e seu manejo é mais complexo. A implementação dessa opção pode trazer implicações no bem estar animal caso esse assunto não seja considerado.

A quarta opção seria a melhoria na eficiência da conversão alimentar, substituindo alimentos fibrosos por concentrados. A substituição de alimentos ricos em fibras por concentrados pode melhorar a geração de propionato no rúmen e reduzir a emissão de metano. Reduções de 6,2% para gado de leite e de 8,2% para gado de corte podem ser estimadas considerando-se: uma dieta extra de concentrado de 1 kg/dia/ MS (matéria seca) e uma redução de 0,5 kg MS/dia de fibrosos para animais a pasto; as emissões de metano podem ser reduzidas entre 10% a 20% com aumento na dieta devido a mudança na composição do VFA; desde que a produção de leite e de carne permaneçam constantes.

No entanto, é necessário considerar que a produção de concentrados industriais é um processo intensivo em energia (com emissões de CO₂ associadas) e que a produção de alimento de alta qualidade pode levar a um aumento nas emissões de CO₂ e N₂O pelo acréscimo na produção e aplicação de fertilizantes. Além disto, outros aspectos ambientais devem ser observados: a conversão de pastagens para terra de cultura pode aumentar as emissões de CO₂ liberadas pela mineralização da matéria orgânica do solo; pastagens extensivas podem ser mais valiosas do que a agricultura em termos de biodiversidade, conservação do solo e uma melhoria em termos de paisagem. O uso de forrageiras permite uma relativa redução no ciclo de nutrientes uma vez que o esterco retorna para a área em que o pasto cresceu. Um acréscimo de concentrados provavelmente requer a importação de nutrientes para a fazenda, levando à uma acumulação dos mesmos no solo da propriedade agrícola. Assim, estreitar o ciclo do nitrogênio pode ser um caminho em que as emissões de N₂O na agricultura possam ser reduzidas.

A quinta opção é a melhoria da eficiência na conversão, incluindo um aumento de carboidratos não-estruturais no concentrado. Pesquisas têm demonstrado que o acréscimo no nível de carboidrato não-estrutural (NSC) ou amido na dieta, pode reduzir a produção de metano em mais de 20% para um acréscimo de 25% no nível de NSC. Isto porque, o NSC é facilmente fermentado, e induz a uma redução na população de protozoários e reduz o pH do rúmen. Entretanto, tem-se o risco de uma depressão da fermentação ruminal o que, provavelmente, reduz a conversão de energia do alimento para a produção animal, podendo

ser em detrimento da saúde animal, conduzindo, por exemplo, à acidose e problemas na fermentação se o nível de NSC for alto em demasia. A inclusão de maiores concentrações de NSC também pode reduzir a excreção de nitrogênio, e, com isto, reduzir as emissões de N₂O em esterco depositados durante o pastejo ou esterco de estábulos aplicados posteriormente na terra. Maiores níveis de NSC em rações pode ser obtido pela mudança na composição de concentrados ao se incluir mais amido e açúcar (milho) e menos fibras.

Uma outra opção seria a melhoria da eficiência de conversão da alimentação pela dieta em alta gordura. A administração de altas quantidades de gordura (acima de 10%) para dietas de vacas leiteiras supre as necessidades de energia requeridas e reduz a produção de metano pelo aumento na proporção do ácido propiônico produzido. Entretanto, altos níveis de gordura podem prejudicar consideravelmente o processo de fermentação do rúmen.

Pode-se optar, também, pelo aumento da eficiência do rúmen. Estabelecer as condições pelas quais a fermentação do rúmen pode ser otimizada, requer um entendimento do requerimento de nutrientes da diversa população microbiana. O desenvolvimento de microorganismo no rúmen pode ser influenciado pelas condições químicas, fisiológicas e nutricionais dos componentes. A maior modificação química e fisiológica da fermentação do rúmen é a modificação na taxa de pH do rúmen, a qual, pode ser afetada pela dieta e outras características nutricionais, como o nível de dieta recebida, estratégias de alimentação, forragens de comprimento longo e a qualidade na forragem para a proporção com concentrados. Apesar dos significativos avanços no conhecimento dos efeitos da combinação desses fatores no desenvolvimento microbiano, ainda não se tem suficientes informações disponíveis para identificar e controlar as interações ocorridas no rúmen que possam resultar de uma otimização da fermentação ruminal.

As opções para redução de emissões obtida pela mudança nos concentrados e, pelo conseqüente aumento na eficiência do rúmen podem, no entanto, trazer possíveis implicações para a saúde do animal. Existem outras opções identificadas que podem incrementar a eficiência do rúmen e ameaçar a saúde do animal tais como: separação da hexose (*hexose partitioning*), precursor de propionato (*propionate precursors*), adição direta de microorganismos (*direct fed microbials*), engenharia genética (*genetic engineering*), e, hipótese imunogênica (*immunogenic approach*).

Porém, como destaca Bates (2001), estas opções são novas e necessitam de maiores pesquisas e desenvolvimento que comprovem evidências conclusivas da possível redução e da avaliação de custos, sendo que, apenas a técnica do precursor de propionato apresenta dados sobre custos. No interior do rúmen, o hidrogênio produzido pelo processo de

fermentação pode reagir para produzir ou metano ou propionato. Assim, incrementando-se um precursor de propionato tal como os ácidos orgânicos, malato e fumarato, maior quantidade de hidrogênio é usada para a produção de propionato e a produção de metano é reduzida. Este precursor pode ser introduzido em um aditivo alimentar para o gado contido no concentrado. O malato ocorre naturalmente nas gramíneas, sendo possível de se desenvolver técnicas de plantio para a produção de forragens que tenham altas e suficientes concentrações de malato. Entretanto, consideráveis pesquisas ainda são necessárias, mas esta técnica poderá ter sucesso como opção de mitigação se utilizada e sistemas de pastejo extensivo.

Bates (2001) ainda destaca aumento da produtividade animal através do uso de aditivos como estratégia de redução das emissões de metano por fermentação entérica. A produtividade animal pode ser incrementada através de uma série de aditivos alimentares. Esta opção é líder na redução de emissões de metano somente se o total de leite ou carne for mantido constante. As possíveis opções para o aumento da produtividade são: uso de probióticos, ionóforos; antibióticos e halogênicos, e, somatotropina bovina (SBT). O uso de produtos químicos e antibióticos para aumentar a produtividade bovina tem apresentado um crescente descontentamento por parte dos consumidores, sendo que a União Europeia já banuiu o uso de uma série de aditivos alimentares.

PARTE 3: METODOLOGIA

A terceira parte é destinada à metodologia. O capítulo 6 apresenta o referencial metodológico utilizado para a construção do modelo para o cálculo do custo de produção e para as estimativas das emissões de gases efeito estufa na pecuária brasileira.

CAPÍTULO 6 – O MODELO AGRIPEC – UMA FERRAMENTA PARA ESTIMAR CUSTOS DE PRODUÇÃO E EMISSÕES DE GEES DA PECUÁRIA BRASILEIRA

Este capítulo trata do referencial metodológico utilizado para a construção do modelo para o cálculo de custos de produção e para a estimativa das emissões de gases efeito estufa (GEEs) da pecuária brasileira (Modelo AGRIPEC). Em primeiro lugar apresenta-se uma visão geral do modelo AGRIPEC, após são detalhados o modelo conceitual e as variáveis de estudo para o cálculo dos custos de produção. Os mesmos são subdivididos em custos do sistema de alimentação, custos do sistema de criação e resultados econômicos. Na sequência são apresentados os procedimentos metodológicos e as variáveis de estudo necessárias para as estimativas de emissões dos GEES. Essas são subdivididas em: estimativa das emissões de metano por fermentação entérica, estimativa das emissões das emissões por manejo de dejetos, e emissões de óxido nitroso por manejo de dejetos. Por fim, são apresentados o universo da pesquisa e a técnica de coleta e interpretação dos dados.

6.1 VISÃO GERAL DO MODELO AGRIPEC

Uma determinada produção requer uma tecnologia de produção ou, uma dada tecnologia determina um tipo de produção e as emissões de gases efeito estufa decorrentes desta escolha tecnológica. Assim, conforme o pacote tecnológico escolhido, o sistema produtivo requer uma série de operações tais como: preparo do solo, adubação, plantio, controle químico, colheita, etc. Necessita, também, de uma série de insumos como, por exemplo, sementes, adubos e produtos químicos. Além disto, a produção requer uma combinação de mão de obra, máquinas e equipamentos bem como, um aporte de energia. O uso de insumos, de máquinas e de equipamentos provoca emissões diretas de GEEs que variam conforme a tecnologia de produção.

A combinação dos fatores de produção resulta no produto propriamente dito, bem como, em subprodutos e em resíduos, estes, apresentam suas próprias emissões e que

devem, por sua vez, serem contabilizadas. A dinâmica das emissões de GEEs na produção propriamente dita dependerá dos processos químicos e biológicos envolvidos no sistema solo-planta-atmosfera, bem como, na mudança do uso do solo. Assim, por exemplo, na produção de soja ocorre a fixação biológica do nitrogênio a qual influencia o ciclo de nitrogênio e reduz a necessidade da adubação química deste elemento, fato que não ocorre em outras culturas, tais como, o milho. Por outro lado, dependendo da mudança do uso do solo, pode-se verificar um aumento das emissões ou uma redução das mesmas. Por exemplo, a substituição de pastagens pela produção de grãos poderá resultar num aumento das emissões, e a substituição da produção de grãos pelo reflorestamento poderá resultar na redução e no sequestro de carbono.

Além da tecnologia, outros fatores tais como a localização, o tipo de clima, a altitude e o tipo de solo influenciam nas emissões diretas de GEEs. No momento, neste modelo não estão sendo consideradas as emissões indiretas que resultam da produção de insumos agrícolas, máquinas e transporte. Tais emissões representam um papel importante no balanço do carbono e devem ser adicionadas posteriormente através de valores *default*. Assim, o efeito líquido direto da produção agropecuária é dado pelo total das emissões diretas oriundas do uso dos fatores de produção adicionado das emissões ou subtraído do sequestro de carbono ocorrido em função da mudança do uso do solo. A figura 5 representa a dinâmica das emissões de gases efeito estufa (GEEs) na produção agropecuária.

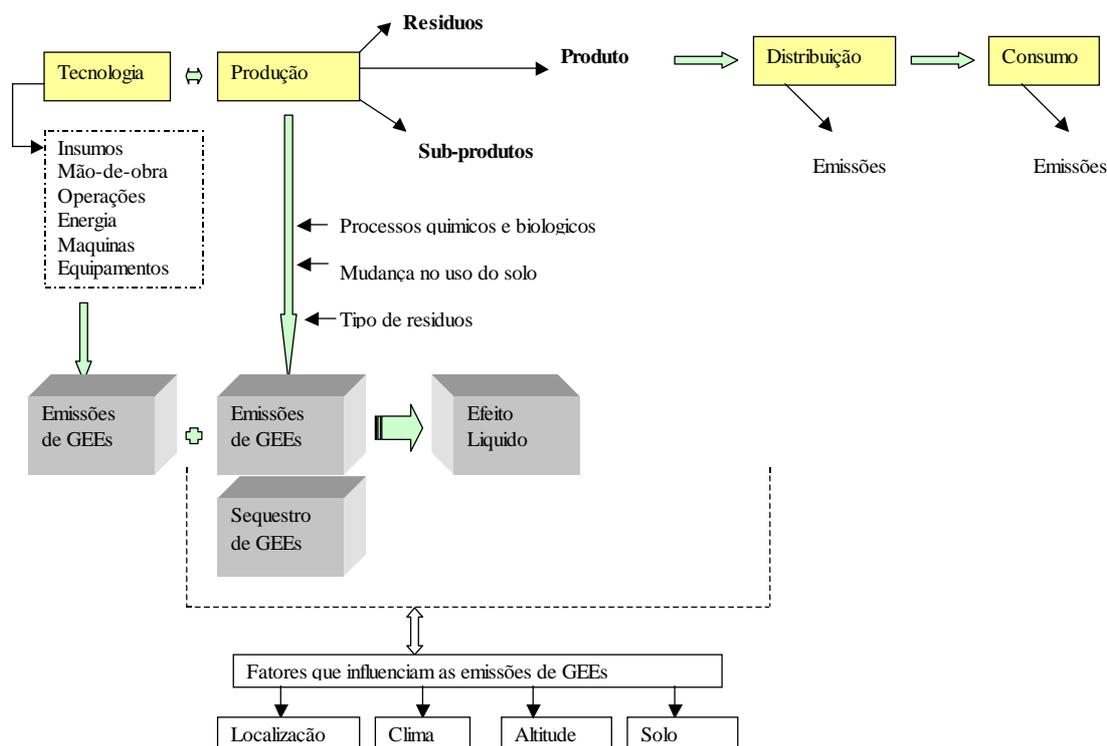


Figura 5 - Emissões de gases efeito estufa na agropecuária.

Neste contexto, uma análise da intensificação da pecuária brasileira sobre as emissões de GEEs, em especial do metano, não pode ser realizada isoladamente sem levar em conta os efeitos desta, sobre o balanço do carbono. Por exemplo, a intensificação da pecuária através do melhoramento de pastagens ou de um aporte de suplementos alimentares a base de rações e concentrados pode reduzir a emissão de metano por leite ou carne produzida. Porém, a maior produção de grãos, dependendo do pacote tecnológico, poderá resultar num aumento das emissões pela maior utilização de derivados do petróleo, mudança no uso do solo etc.

Assim, a proposta metodológica consiste na construção de um modelo que permita uma análise integrada dos custos de produção e das emissões de GEEs da pecuária tanto de corte, como de leite. Em primeiro lugar, considera-se o sistema ou pacote tecnológico utilizado na propriedade agrícola. Entende-se como sistema ou pacote tecnológico o conjunto de práticas e operações agrícolas, os insumos, as máquinas e equipamentos, e a mão de obra necessária para a produção de um produto específico. Em segundo lugar, compara-se diferentes alternativas de pacotes tecnológicos com o atualmente utilizado em termos de custos de produção, custo de abatimento de carbono e emissões de GEEs. Neste sentido, descreve-se as principais atividades de produção na propriedade, especificando as operações envolvidas, os coeficientes técnicos, os insumos, as máquinas e equipamentos, a

mão de obra e outras variáveis necessárias para o cálculo do custo de produção e das emissões (Figura 6).

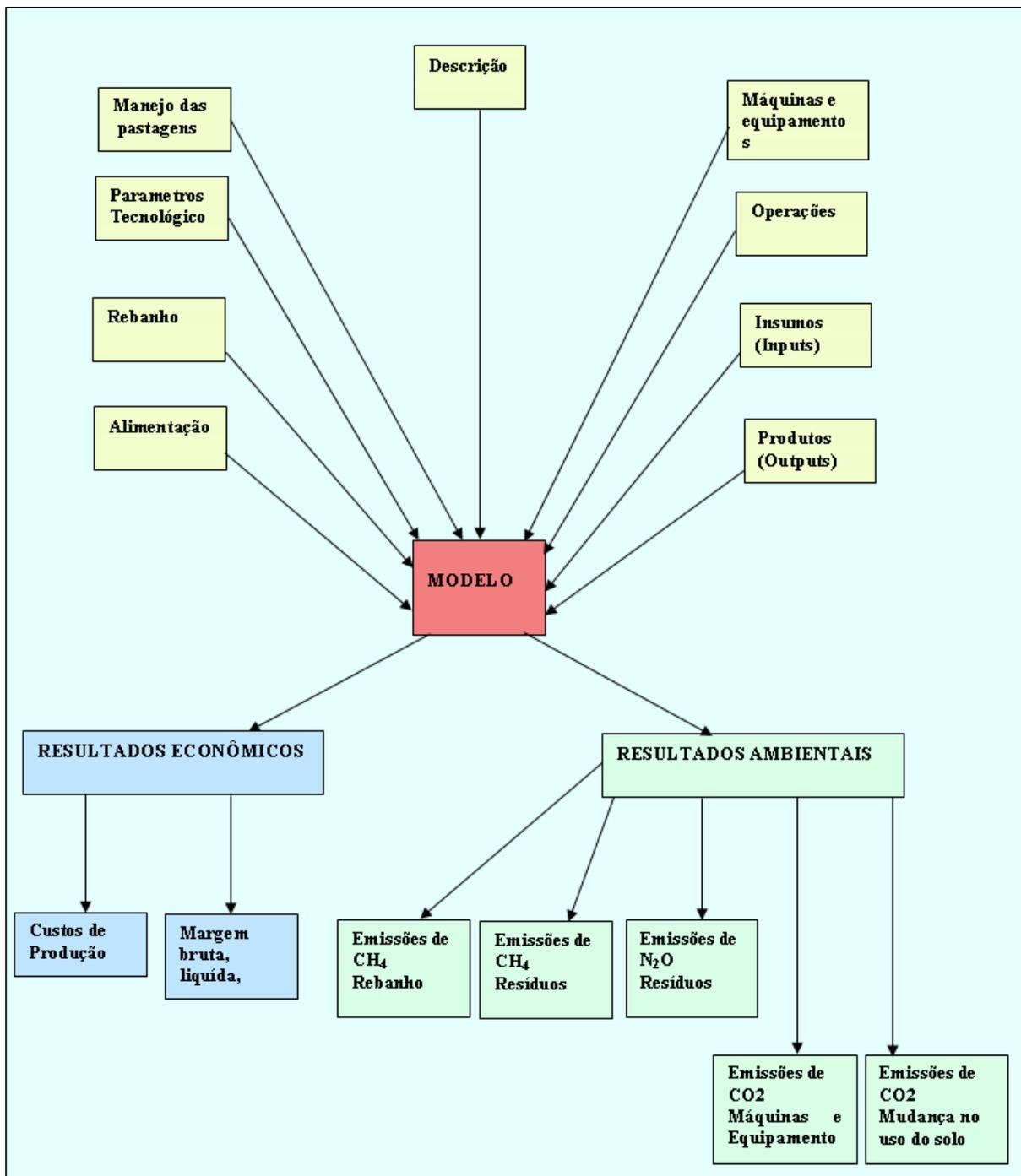


Figura 6 - Representação esquemática do modelo.

O modelo reúne uma série de informações com o objetivo de gerar tanto resultados econômicos, como resultados ambientais. Os primeiros tratam dos custos de produção,

margem bruta, margem líquida, etc. Já, os segundos, se referem às estimativas de emissões de gases efeito estufa. As emissões consideradas são: emissões de metano pela fermentação entérica e pelo manejo de resíduos, e emissões de óxido nitroso oriundo dos resíduos. A seguir, apresenta-se uma descrição dos modelos conceituais para o cálculo dos custos de produção e das estimativas das emissões de gases efeito estufa.

6.2 O MODELO CONCEITUAL E VARIÁVEIS DE ESTUDO PARA O CÁLCULO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO

De acordo com Canziani (2001), o cálculo do custo de produção de atividades agropecuárias pode ter diferentes finalidades, segundo os agentes econômicos envolvidos em sua estimativa. Assim, o objetivo do cálculo do custo de produção pode servir de base para diversas finalidades tais como: uma decisão gerencial de curto prazo; identificação da sustentabilidade de empreendimento a longo prazo, medir capacidade de pagamento, definir a viabilidade econômica de uma tecnologia alternativa, etc. Essas diferentes finalidades no cálculo e na análise do custo resultam em importantes diferenças metodológicas que ocorrem em função da disponibilidade de dados e dos diferentes pressupostos teóricos necessários para a estimação e avaliação econômica e gerencial dos custos. É importante destacar a diferença metodológica quando se calcula o custo de produção a priori (“*ex-ante*”), que representa sua estimativa antes de se iniciar o processo produtivo e quando se efetua o cálculo a *posteriori* (“*ex-post*”). Outra diferença metodológica importante ocorre entre a estimativa do custo para o caso de produtores individuais e aquela que objetiva o cálculo dos custos médios regionais, baseado em propriedades típicas e/ou sistemas de produção modais para uma determinada categoria de produtores. Neste caso, é imprescindível estabelecer corretamente a relação entre a infra-estrutura da propriedade, a tecnologia preconizada e o nível de produtividade considerado no cálculo do custo.

O modelo conceitual para o cálculo dos custos de produção se baseia no modelo AGROPOL desenvolvido por Dorin (2006). Tal modelo apresenta os seguintes objetivos (DORIN, 2006):

- Estimar os custos fixos e variáveis de sequência de operações técnicas que conduzam à produção, exportação e comercialização de uma ou de várias frações de biomassa produzida por área de terra, e deduzir o lucro obtido para investimentos específicos em trabalho, capital e insumos;

- Recalcular rapidamente os custos e lucros ao se modificar cada parâmetro no tempo e no espaço, isto é, considerar outros preços de insumos e de produtos ou de outras taxas

(taxas de juros, taxas de desconto etc.) em comparação à unidades relativas a contextos específicos no tempo e no espaço.

Como o AGROPOL foi desenvolvido para estimar custos de diferentes contextos agrícolas, é necessário o desenvolvimento de um modelo adaptado para a realidade produtiva da pecuária tal como proposto pelo modelo AGRIPPEC. O modelo AGRIPPEC considera duas categorias de operações produtivas. A primeira, trata das operações necessárias para a produção de alimentos destinados aos animais e que são produzidos na propriedade agrícola, sendo que o conjunto destas operações é denominado de “sistema de alimentação”. A segunda, diz respeito às operações destinadas à produção animal, sendo denominada “sistemas de criação”.

O conceito de custo de produção utilizado neste trabalho é o seguinte: “O termo custo significa a compensação que os donos dos fatores de produção utilizados por uma firma para produzir determinado bem devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à mesma” (HOFMMAN *et. al.* 1981). Para o cálculo dos custos, os mesmos estão classificados em custos fixos totais e custos variáveis totais, sendo que o custo médio se refere ao custo total dividido pelo número de unidades produzidas.

6.2.1 Custos envolvidos no sistema de alimentação

Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de alimentação foram consideradas as despesas com máquinas, mão de obra e insumos para cada atividade envolvida na produção de alimentos. A metodologia de cálculo está baseada em Hofmman *et. al.* (1981) e Martin *et. al.* (1998).

A partir desses conceitos, estabeleceu-se uma estrutura de custos para máquinas agrícolas **baseada em custos fixos e custos variáveis por hora de operação.**

Custo fixo por hora (CF): para máquinas e equipamentos na produção de alimentos foram considerados os seguintes custos fixos:

a) Depreciação: é o custo necessário para substituir os bens de capital quando se tornam improdutivos pelo desgaste físico ou quando perdem valor com o decorrer dos anos devido à obsolescência tecnológica. O método de depreciação adotado é o método linear ou das cotas fixas. A depreciação por hora de uso é dada por:

$$D = (Vi.(1 - f))/n$$

Onde:

D = depreciação por hora;

Vi = valor inicial (preço de aquisição novo ou usado);

f = percentagem do Vi, como valor final presumido de sucata.

n = vida útil do bem em horas.

b) Seguro (S): o seguro é um custo anual para cobrir danos imprevistos, parciais ou totais, que o bem de capital pode sofrer. O custo do seguro por hora é dado por:

$$\mathbf{S = (Vi.p)/u}$$

Onde:

S = seguro por hora;

Vi = valor inicial (preço de aquisição novo ou usado);

p = prêmio do seguro, como sendo uma percentagem do valor inicial no ano.

u = número de horas de uso do bem por ano.

c) Juros (J): a todo o capital investido em bens de capital atribuí-se um juro calculado a uma taxa normal de mercado para emprego de risco equivalente, como uma remuneração ao capital imobilizado pelo empresário. O custo de juros por hora de uso do bem de capital é dado por:

$$\mathbf{J = (((Vi(1 + f))/2).i)/u}$$

Onde:

J = custos com juros por hora;

Vi = valor inicial (preço de aquisição novo ou usado);

f = percentagem do Vi, como valor final presumido de sucata.

i = taxa anual de juros em decimal;

u = número de horas de uso do bem por ano.

d) Garagem (G): são custos com as instalações utilizadas para proteger as máquinas, veículos, equipamentos e animais de trabalho. O custo anual com garagem é estimado como uma percentagem do valor inicial das máquinas (Vi). Assim, o custo por hora com garagem é dado por:

$$\mathbf{G = (Vi.g)/u}$$

Onde:

G = garagem por hora;

Vi = valor inicial (preço de aquisição novo ou usado);

g = percentagem do valor inicial (decimais).

u = número de horas de uso do bem por ano.

Os custos fixos totais por hora das máquinas e equipamentos são agregados da seguinte forma:

$$\mathbf{CFT = D + S + J + G}$$

Onde:

D = depreciação por hora;

S = seguro por hora;

J = custos com juros por hora;

G = garagem por hora;

Custo variável por hora (CV): os custos variáveis são os custos associados diretamente ao uso dos bens de capital, como: combustíveis, filtros, óleos lubrificantes, reparos e manutenção, etc.

a) Reparos e manutenção (R): são os custos de manutenção para manter os bens de capital em plena condição de uso. Para fins de cálculo, utilizou-se uma percentagem do valor inicial (Vi) do bem de capital como uma estimativa anual. Assim, adotou-se a seguinte metodologia para estimar os reparos e manutenção por hora de uso do bem de capital:

$$\mathbf{R = (Vi.r)/u}$$

Onde:

Vi = valor inicial (preço de aquisição novo ou usado);

R = custos com reparos por hora

r = percentagem sobre o valor inicial do bem de capital.

b) Combustíveis/energia (C): é a estimativa dos custos com consumo de combustíveis ou energia elétrica por hora de uso do bem de capital. Este custo é estimado pela indicação do consumo multiplicado pelo seu respectivo preço unitário.

Os custos com mão de obra são os custos por hora com operador no uso do bem de capital. Este custo é obtido dividindo-se o salário mensal acrescido dos encargos diretos dividido por vinte e quatro (24) dias multiplicado por (8) oito horas.

O custo com insumos se refere às despesas com insumos agrícolas, tais como: fertilizantes, inseticidas, herbicidas, etc. O custo com insumos é estimado pela indicação do consumo multiplicado pelo seu respectivo preço unitário.

6.2.2 Custos envolvidos no sistema de criação

Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de criação, foram consideradas as despesas com benfeitorias, equipamentos, mão-de-obra e insumos para cada atividade envolvida em cada fase do sistema de criação. A metodologia de cálculo é a mesma utilizada para estimativa dos custos referentes ao sistema de alimentação. Para os equipamentos foram estimados custos por hora trabalhada, enquanto que, para as benfeitorias foram considerados custos anuais.

6.2.3 Resultados econômicos

Os resultados econômicos utilizados no modelo AGRIPPEC dizem respeito à rentabilidade do sistema de produção. A análise consiste na comparação da receita com o custo de produção. Dessa equação monetária os indicadores que mostram a eficiência da atividade e do capital da empresa são:

Margem bruta (MB): é a diferença entre a renda bruta total (RBT) e o custo variável total (CVT).

Logo: $MB = RBT - CVT$

Margem líquida total (ML) ou lucro (L): é a diferença entre a renda bruta total (RBT) e o custo total (CT).

Logo: $ML = L = RBT - CT$

Segundo a teoria econômica, uma empresa está operando com Lucro Normal (LN) quando a renda bruta total for igual ao custo total, pois todos os fatores de produção estariam sendo remunerados adequadamente (inclusive a terra, a mão de obra do empresário, etc). Nesse caso, todos os preços e coeficientes técnicos empregados no cálculo do custo foram empregados corretamente, levando-se em consideração o real custo de oportunidade dos fatores de produção.

Uma situação de lucro abaixo do normal ocorreria quando $RBT < CT$; e uma situação de lucro supernormal ou econômico ocorreria quando $RBT > CT$. Entretanto, numa situação de curto e médio prazo, uma empresa agrícola pode continuar operando com lucro abaixo

do normal, mas deve procurar reverter esta situação, pois os fatores de produção não estariam, nesta condição, sendo remunerados adequadamente. Ou seja, os custos fixos compostos pela depreciação, juros s/ capital fixo, mão de obra do empresário, etc. não estariam sendo cobertos pela receita disponível.

6.3 MODELO CONCEITUAL E AS VARIÁVEIS DE ESTUDO PARA A ESTIMAÇÃO DAS EMISSÕES DOS GASES EFEITO ESTUFA

A metodologia para a estimativa das emissões de Metano (CH₄) e Óxido Nitroso (N₂O) oriundas das categorias animais requer todas as definições sobre as categorias de animais, populações anuais e estimativas de dieta alimentar. A metodologia utilizada para a estimativa das emissões é baseada na metodologia apresentada pelo IPCC para a realização dos relatórios nacionais de emissões de GEEs. Essa é apresentada no *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual* (1996) e no *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2001).

6.3.1 Modelo conceitual para a estimativa das emissões de metano por fermentação entérica

Conforme o IPCC (1996), a método para a estimativa das emissões de metano por fermentação entérica e por manejo de dejetos requer três passos básicos:

Passo 1: Dividir a população de gado em subgrupos e caracterizar cada subgrupo. É recomendado que os peritos nacionais usem a média de dados de três anos de atividade se disponível. Para desenvolver estimativas precisas de emissões, o gado deve ser dividido em categorias de grupos relativamente homogêneas. Para cada categoria, um animal representativo é escolhido e caracterizado com a finalidade de calcular um fator de emissão. No mínimo, três categorias principais são recomendadas: Gado adulto de Leite, Gado adulto de não - Leite, e Gado Jovem;

Passo 2: fatores de emissão de estimativa para cada subgrupo em termos de quilogramas de metano por animal por ano. São requeridos fatores de emissão separados para fermentação entérica e dejetos;

Passo 3: Multiplicar o fator de emissão de subgrupo pelas respectivas populações para estimar a emissão do sub-grupo. Após, somar as emissões calculadas, isto pode ser

executado em níveis variados de detalhe e complexidade. O IPCC apresenta as seguintes duas aproximações:

Tier 1. Uma aproximação simplificada que utiliza um fator de emissão previamente escolhido de estudos, considerando ser suficiente para a maioria dos tipos de animais, na maioria dos países;

Tier 2. Uma aproximação mais complexa que requer informação específica de cada país sobre as características do gado e práticas de administração de dejetos. Esta é recomendada quando os dados são desenvolvidos e quando os valores *default* não correspondem bem ao gado do país e às condições de administração de esterco. Uma vez que as características de gado variam significativamente para cada país, é recomendado que países com grandes populações de gado considerem usar a Tier 2 para calcular as emissões de metano de gado e administração do esterco de gado. Semelhantemente, para búfalo e suínos cujas práticas de administração do estrume variam significativamente por país, é recomendado aos países com grandes populações desses animais considerarem usar a Tier 2 para calcular emissões de metano oriundas do esterco destes animais.

O presente estudo adaptou a metodologia Tier 2 do IPCC para a escala da propriedade agrícola. Os seguintes dados de performance animal são requeridos pelo modelo para cada categoria animal para a estimativa de entrada alimentar e necessidade de energia.

Peso vivo (W), kg: dados do peso vivo são necessários para cada categoria animal, expressos em quilogramas (kg);

Ganho (perda) médio diário de peso (WG), kg: os dados de ganho de peso são coletados, se for o caso, para animais em confinamento e para animais jovens. Para animais adultos assume-se que não ocorrem variações de peso vivo ao longo do ano. Porém, em situações secas e de baixas temperaturas esses animais perdem peso e, durante a estação das chuvas ou estação quente os mesmos ganham peso. Nessas, situações, o consumo de alimento deve ser estimado separadamente.

Peso do animal adulto (MW), kg: o peso do animal adulto é o peso corporal potencial para um animal adulto alcançar 28% de gordura corporal. Este peso varia conforme a raça do animal.

Número médio de horas trabalhadas por dia: para animais de trabalho é determinado o número de horas trabalhadas por dia.

Situação alimentar: as definições de situações alimentares são necessárias para o cálculo das emissões por fermentação entérica e são classificadas em:

(i) Confinamento ou semi confinamento: animais confinados em pequenas áreas e que gastam pouca energia para obter alimento;

(ii) Pasto: animais confinados em áreas com suficiente oferta forrageira e que requerem baixa energia para obter o alimento;

(iii) Pastagem em grandes áreas: animais pastando em grandes extensões de terras ou em terreno montanhoso e que requerem significativa quantidade de energia para obter alimentos.

Produção média de leite por dia, kg/dia: dado necessário para vacas de leite ou vacas que estão amamentando terneiros. A produção média diária é obtida pela divisão da produção anual por 365 dias, ou pela produção média obtida durante os dias de lactação, ou, ainda, pela produção sazonal dividida pelos dias da estação de produção.

Teor de gordura (%): é o teor de gordura contida no leite para todas as vacas em lactação.

Digestibilidade do alimento, (DE): é definida como a proporção de energia contida no alimento que não é excretada nas fezes. A digestibilidade é expressa em percentagem (%). Os limites comuns de digestibilidade são de 50 - 60% para alimentos a base de grãos e pastagem; 60 - 75% para pastagens de boa qualidade, forragens adequadamente conservadas, dietas baseadas em forragens e com suplementação com grãos; e, 75 - 85% para dietas baseadas em grãos e fornecidas em comedouros. Os dados de digestibilidade são baseados em valores mensurados para alimentos dominantes nas dietas ou para forragens mais consumidas; considerando-se as variações sazonais.

Os dados de performance animal são usados para se estimar a necessidade de Energia Bruta (GE), definida como o montante de energia (MJ/dia) que o animal necessita para suas atividades tais como: crescimento, lactação e gestação. As equações utilizadas para o cálculo da GE são as seguintes:

Manutenção: Ne_m é a energia líquida requerida para a manutenção do animal, definida como sendo a energia necessária para manter o animal em equilíbrio em que o tecido corporal não ganha e nem perde peso. A equação é dada por:

$$Ne_m = Cf_i \cdot (W)^{0,75}$$

Onde:

Ne_m = energia líquida necessária para a manutenção do animal, MJ/dia.

Cf_i = coeficiente que varia conforme cada categoria animal, conforme quadro.

W = peso vivo do animal (kg).

Categoria animal	Cf _i
Gado/Búfalo (não lactação)	0,322
Gado/Búfalo (lactação)	0,335
Ovelha (carneiro até 1 ano)	0,236
Ovelha (com mais de 1 ano)	0,217

Quadro 7 - Coeficiente para cálculo da Ne_m.
Fonte: IPPC, 2001.

Atividade: NE_a é a energia líquida para atividade, é a energia necessária pelo animal para obter sua alimentação.²⁴ A equação é dada por:

$$NE_a = C_a \cdot Ne_m ;$$

Onde:

NE_a = Energia líquida para atividade animal, MJ/dia.

C_a = Coeficiente que corresponde à situação alimentar do animal.

Ne_m = Energia líquida requerida pelo animal para sua manutenção, MJ/dia.

Situação alimentar	Definição	C _a
Estábulo	Animais são confinados em pequena área (presos, cercados, etc) o que resulta em muito baixo ou nulo gasto de energia para obter o alimento.	0
Pasto	Animais confinados em áreas com suficiente oferta de forragem e requerendo um modesto gasto de energia para obter o alimento.	0,17
Pastagem em grandes áreas	Animais à pasto em grandes áreas ou terrenos montanhosos e necessitando de significativo aporte de energia para obter os alimentos.	0,36

Quadro 8 - Coeficientes de atividade correspondentes à situação alimentar do animal –gado/búfalo.
Fonte: IPPC, 2001.

Crescimento: NE_g é a energia líquida necessária ao crescimento do animal. A equação é dada pela seguinte equação²⁵:

²⁴ A energia líquida para atividade era anteriormente denominada Ne_{need} no IPCC Guidelines (IPCC, 1996). A mudança ocorreu porque a energia líquida se refere à quantidade de energia que o animal gasta para adquirir o alimento, sendo baseada mais nas condições de alimentação do que nas características próprias do alimento.

$$NE_g = 4,18 \cdot \{0,0635 \cdot [0,891 \cdot (BW \cdot 0,96) \cdot (478/C \cdot MW)]^{0,75} \cdot (WG \cdot 0,92)^{1,097}\}$$

Onde:

NE_g = Energia líquida necessária ao crescimento, MJ/dia.

BW = Peso vivo do animal, kg.

C = Coeficiente com valor de 0,8 para fêmeas, 1,0 para animais castrados (bois) e 1,2 para búfalos.

MW = Peso vivo de um animal adulto desenvolvido, kg.

WG = Ganho diário de peso, kg/dia.

Perda de peso: quando o animal perde peso, a $NE_{mobilizada}$ representa a energia da perda de peso que pode ser utilizada para a manutenção do animal.

Quando se caracteriza uma categoria animal que representa uma perda de peso em determinado período, não é utilizada a equação NE_g , mas outras equações. Para vacas de leite em lactação:

$$NE_{mobilizada} = 19,7 \cdot \text{Perda de peso}$$

Onde:

NE_{mobilizada} = energia líquida devido à perda de peso (mobilizada), MJ/dia

Perda de peso = peso perdido pelo animal por dia, kg/dia.

Para outras categorias animais, a $NE_{mobilizada}$ é calculada da seguinte forma:

$$NE_{mobilizada} = NE_g \cdot (-0,8)$$

Onde:

NE_{mobilizada} = energia líquida devido à perda de peso (mobilizada), MJ/dia

NE_g = Energia líquida necessária ao crescimento, MJ/dia.

Lactação: NE_l é a energia líquida necessária para a lactação. É expressa em função da quantidade de leite produzido e da gordura contida no leite expressa em percentagem. A equação é dada por:

$$NE_l = \text{kg de leite produzido por dia} \cdot (1,47 + 0,40 \cdot \text{Fat})$$

Onde:

²⁵ A presente equação da NE_g é diferente da equação apresentada pelo IPCC Guidelines (IPCC, 1996). A diferença é de que a equação atual apresenta (inclui) um fator de peso potencial do animal adulto.

NE_l = energia líquida para lactação, MJ/dia

Fat = teor de gordura contida no leite, %.

Trabalho: NE_w é a energia líquida necessária para a realização de trabalho. É utilizada para estimar a energia requerida pelos animais de tração. O esforço na performance do trabalho realizado pelo animal influencia o requerimento em energia e, conseqüentemente, uma grande variedade de requerimentos em energia deve ser estimada. Estudos demonstram que em torno de 10% dos requerimentos diários de NE_m são necessários para cada hora de trabalho para animais de tração. Assim, tem-se que:

$$\mathbf{NE_w = 0,10 \cdot NE_m \cdot \text{horas de trabalho por dia.}}$$

Onde:

NE_w = energia líquida para trabalho, MJ/dia.

NE_m = Energia líquida requerida pelo animal para sua manutenção, MJ/dia.

Prenhez: NE_p é energia requerida para a prenhez. No caso dos bovinos, o total de energia necessária para um período médio de gestação de 281 dias é calculado como 10% da NE_m. Assim, tem-se que:

$$\mathbf{NE_p = C_{\text{prenhez}} \cdot NE_m}$$

Onde:

NE_p = energia líquida requerida para a prenhez, MJ/dia

C_{prenhez} = coeficiente de prenhez, 0,10.

NE_m = Energia líquida requerida pelo animal para sua manutenção, MJ/dia.

Razão NE_{ma}/DE = Para bovinos, a razão entre a energia líquida disponível na dieta para a manutenção e a energia disponível consumida é estimada usando-se a seguinte equação:

$$\mathbf{NE_{ma}/DE = 1,123 - (4,092 \cdot 10^{-3} \cdot DE) + [1,126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE)^2] - (25,4/DE)}$$

Onde:

NE_{ma}/DE = razão entre a energia líquida disponível na dieta para a manutenção e a energia disponível consumida.

DE = energia digestível expressa como percentagem da energia bruta;

Razão NE_{ga}/DE = a razão entre a energia líquida disponível na dieta para o crescimento e a energia disponível consumida é dada por:

$$NE_{ga}/DE = 1,164 - (5,160 \cdot 10^{-3} \cdot DE) + [1,308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE)^2] - (37,4/DE)$$

Onde:

NE_{ga}/DE = razão entre a energia líquida disponível na dieta para o crescimento e a energia disponível consumida.

DE = energia digestível expressa como percentagem da energia bruta.

Energia Bruta: a energia bruta é derivada com base nas energias líquidas estimadas e nas características do alimento. A energia bruta é estimada através da seguinte equação:

$$GE = \{[(NE_m + NE_{mobilizada} + NE_a + NE_l + NE_w + NE_p)/(NE_{ma}/DE) + (NE_g/(NE_{ga}/DE))]/(DE/100)$$

Onde:

NE_m = Energia líquida requerida pelo animal para sua manutenção, MJ/dia.

$NE_{mobilizada}$ = energia líquida devido à perda de peso (mobilizada), MJ/dia

NE_a = Energia líquida para atividade animal, MJ/dia.

NE_l = energia líquida para lactação, MJ/dia

NE_w = energia líquida para trabalho, MJ/dia.

NE_p = energia líquida requerida para a prenhez, MJ/dia

NE_{ma}/DE = razão entre a energia líquida disponível na dieta para a manutenção e a energia disponível consumida.

NE_g = Energia líquida necessária ao crescimento, MJ/dia.

NE_{ga}/DE = razão entre a energia líquida disponível na dieta para o crescimento e a energia disponível consumida.

DE = energia digestível expressa como percentagem da energia bruta.

Fator de emissão: O fator de emissão de metano por fermentação entérica é estimado para cada categoria animal. O fator de emissão é desenvolvido utilizando-se a equação abaixo:

$$EF = (GE \cdot Y_m \cdot 365/dias/ano)/55,65 \text{ MJ/kg CH}_4$$

EF = fator de emissão de metano, kg CH_4 /cabeça/ano.

GE = energia bruta, MJ/cabeça/ano.

Y_m = taxa de conversão de metano como sendo uma fração da energia bruta contida no alimento e convertida em metano.

A extensão com que a energia da alimentação é convertida em CH₄ depende de uma forte interação ocorrida entre o alimento e fatores característicos do animal. Caso as taxas de conversão de CH₄ não estiverem disponíveis para o país específico, utiliza-se valores *default* do IPCC apresentados no quadro abaixo:

Tipo de país	Tipo de gado	Y _m ^b	
Países desenvolvidos	Animais alimentados em comedouros (confinados) ^a .	0,04	+-
	Outros tipos de gado/búfalo.	0,005	
Países em desenvolvimento	Vacas leiteiras e vacas leiteiras jovens.	0,06	+-
	Outros gados/búfalos que tem primeiramente alimentação de baixa qualidade de resíduos de colheita e de subprodutos.	0,005	
	Outros tipos de gado/búfalo a pasto na África	0,07	+-
	Outros tipos de gado/búfalo a pasto em países em desenvolvimento fora na África	0,005	
		0,06	+-
		0,005	

Quadro 9 - Taxas de conversão de CH₄ (Y_m) para gado/búfalo.

a Com alimentação que contém 90% ou mais de concentrados.

b os +- valores representam o intervalo.

Fonte: IPCC Guidelines (IPCC, 1996).

6.3.2 Modelo conceitual e variáveis de estudo para a estimativa das emissões de metano por manejo dos dejetos animais

O IPCC Guidelines apresenta dois tipos de métodos para se estimar as emissões de metano dos dejetos. A primeira aproximação (Tier 1) é um método simplificado que requer somente dados da população animal por espécie/categoria e o tipo de clima da região (frio, temperado, quente) para fazer a estimativa das emissões.

A aproximação (Tier 2) fornece um detalhado método para se estimar as emissões de CH₄ dos sistemas de manejo de estrume. O método requer informações detalhadas das características dos animais e da maneira como os resíduos são tratados. O processo de se desenvolver os fatores de emissão através da Tier 2 envolve a determinação da massa de sólidos voláteis²⁶ excretados pelos animais (VS em kg) junto à máxima capacidade de produção de CH₄ pelo estrume (B_o, em m³/kg de VS). Além disso, o fator de conversão de

²⁶ Sólidos voláteis: é o material orgânico degradável contido no esterco animal (IPCC, 1996).

CH₄ (MFC) é influenciado pelo clima em que a produção de CH₄ em cada sistema de manejo é obtida.

Taxas de excreção de VS: uma vez que o consumo de alimento é determinado, a taxa de excreção de VS é determinada como²⁷:

$$VS = GE \cdot (1 \text{ kg-dm}/18,45 \text{ MJ}) \cdot (1 - DE/100) \cdot (1 - ASH/100)$$

Onde:

VS = excreção de sólidos voláteis por dia na base de peso da matéria seca, kg – dm/dia.

GE = energia bruta média diária estimada em MJ/dia.

DE = energia digestível do alimento em percentagem.

ASH = cinza contida no esterco em percentagem.

O teor de cinzas contida no esterco de gado é de, aproximadamente, 8%. (IPCC, 1996).

Valores B₀: para a determinação dos valores de B₀ (máxima capacidade de produção de CH₄ pelo estrume) foram utilizados os valores *default* contidos no apêndice B do *IPCC Guidelines, Reference Manual* (IPCC, 1996). O resumo desses valores é apresentado no quadro abaixo:

Categoria animal	Países desenvolvidos	Países em desenvolvimento
Gado de leite	0,24	0,13
Gado de corte	0,17	0,10
Búfalo	0,10	0,10
Suínos	0,45	0,29

Quadro 10 - Valores B₀ (m³/kg de VS) *default* IPCC Guidelines, Reference Manual.
Fonte: IPCC, 1996.

Sistema de manejo de dejetos (Valores MCF): o valor da porção do esterco manejada em cada sistema deve ser coletado para cada tipo de animal representativo. São

²⁷ O valor 18,45 é a densidade de energia do alimento expressa em MJ por kg de matéria seca. Esse valor é relativamente constante para um grande intervalo de forragem ou alimentos baseados em grãos comumente consumidos pelo gado (IPCC, 2001).

utilizados os valores *default* do IPCC (IPCC, 1996) para diferentes sistemas de manejo e zonas climáticas e estão apresentados no quadro abaixo.

Sistema	Definição	MCFs por clima		
		Frio	Temperado	Quente
Pasto/pastagem/campo	Estrume em pastagens e pastos pastados pelos animais é deixado nos mesmos, sem nenhum manejo.	1%	1,5%	2%
Armazenamento sólido	Estrume e urina coletados por algum meio e raspados. Os dejetos são coletados e aplicados nas lavouras	0,1%	0,5%	1%
Distribuição seca (<i>Dry lot</i>)	Em climas secos, os animais podem continuar em confinamentos não pavimentados em que o esterco é deixado seco até ser periodicamente removido. O esterco removido pode ser aplicado em lavouras.	1%	1,5%	5%
Líquido/ <i>slurry</i>	Esterco e urina são coletados e transportados no estado líquido para tanques de estocagem, podendo ser estocado por longo tempo (meses). Para facilitar o manejo, água pode ser adicionada.	39%	45%	72%
Lagoa anaeróbica	Caracterizado por sistemas de descarga que utilizam água para transportar o dejetos até as lagoas. O mesmo é mantido na lagoa por um período de trinta ou mais dias. A água da lagoa pode ser reciclada ou usada na irrigação e fertilização de lagoas	0 – 100%	0 – 100%	0 – 100%
Armazenagem em poços localizados abaixo de confinamentos	Armazenagem combinada de esterco e urina abaixo de sistemas de confinamento animal Período < 1 mês Período > 1 mês	0 39%	0 45%	30% 72%
Digestor anaeróbico	Esterco e urina em estado líquido são coletados e digeridos anaerobicamente. CH ₄ pode ser queimado ou expelido.	0 – 100%	0 – 100%	0 – 100%
Queima para combustível	Esterco e urina são despejados nas lavouras. O sol seca as porções de esterco que, após, são queimados para combustível	10%	10%	10%

Quadro 11 - Valores MCF *default* IPCC para sistemas de manejo de dejetos.
Fonte: IPCC(1996); IPCC (2001).

Fator de emissão: A equação abaixo demonstra o cálculo do fator de emissão de CH₄ por manejo de dejetos:

$$EF_i = VS_i \cdot 365 \text{ dias/ano} \cdot Bo_i \cdot 0,67 \text{ kg/m}^3 \cdot \sum_{(jk)} MCF_{jk} \cdot MS_{ijk}$$

Onde:

EF_i = fator de emissão anual para a população definida do rebanho i, em kg.

VS_i = VS diário excretado por um animal da população definida i, em kg.

Bo_i = máxima capacidade de produção de CH₄ por dejetos produzidos por animal da população definida i, em m³:kg de VS.

MCF_{jk} = fator de conversão de CH₄ para cada sistema j na região climática k.

MS_{ijk} = fração do esterco animal da espécie/categoria i que é tratado pelo sistema j na região climática k.

6.3.3 Modelo conceitual e variáveis de estudo para a estimativa das emissões de óxido nitroso (N₂O) por manejo dos dejetos animais

O óxido nitroso (N₂O) estimado no modelo é o produzido durante a estocagem e tratamento do dejetos, após ter sido aplicado no solo. O termo dejetos se refere tanto à urina (parte líquida) como ao esterco (parte sólida) produzidos pelo rebanho. A emissão de (N₂O) ocorrida durante a estocagem e tratamento depende do nitrogênio e do carbono contidos no dejetos, da duração da estocagem e do tipo de tratamento.

Para a estimativa das emissões pelos sistemas de manejo de dejetos, são necessários os seguintes passos (IPCC, 2001):

- (i) coleta de dados sobre as categorias e populações do rebanho;
- (ii) determinação da taxa de excreção média anual por cabeça de nitrogênio (N_{ex(T)}) para cada categoria/espécie definida do rebanho;
- (iii) determinação da fração de excreção total para cada categoria/espécie do rebanho T que é manejada em cada sistema de manejo de dejetos (MS_(T,S));
- (iv) determinação dos fatores de emissão de N₂O para cada sistema de manejo de dejetos S (EF_{3(S)});
- (v) para cada sistema de manejo de dejetos do tipo S, multiplicar os fatores de emissão (EF_{3(S)}) pela quantidade total de excreção de nitrogênio (para todas as categorias/espécies) no sistema, estimar as emissões de N₂O para cada sistema

de manejo de emissão. Após, somar todas as emissões dos sistemas de manejo de dejetos.

O cálculo das emissões dos sistemas de manejo de dejetos é dado pela seguinte equação:

$$(N_2O-N)_{(mm)} = \sum_{(S)} \{ [\sum_{(T)} (N_{(T)} \cdot N_{ex(T)} \cdot MS_{(T,S)})] \cdot EF_{3(S)} \}$$

Onde:

$(N_2O-N)_{(mm)}$ = emissões de N_2O-N para manejo de dejetos (kg N_2O-N /ano).

$N_{(T)}$ = número de cabeças da categoria animal T.

$N_{ex(T)}$ = excreção média anual por cabeça da categoria T.

$MS_{(T,S)}$ = fração da excreção total anual para categoria do gado T que é manejado no sistema de manejo de dejetos S.

$EF_{3(S)}$ = fator de emissão de N_2O por sistema de manejo do dejetos S (kg $N_2O - N$ /kg N no sistema de manejo de dejetos S).

S = sistema de manejo de dejetos.

T = espécie/categoria de gado.

A conversão de emissões (kg $N_2O - N$)_(mm) para emissões N_2O _(mm) é dada por:

$$N_2O_{(mm)} = (N_2O - N)_{(mm)} \cdot 44/28.$$

6.4 UNIVERSO DA PESQUISA

O modelo gerado através da proposta metodológica desta tese foi aplicado em duas propriedades rurais localizadas na região norte do Estado do Rio Grande do Sul no Brasil. O modelo para estimativas de custos e de emissões do gado de leite foi aplicado em uma propriedade leiteira localizada no município de Marau - RS (Brasil) e o modelo referente ao gado de corte foi aplicado numa propriedade com sistema de cria, recria e engorda localizada no município de Lagoa Vermelha – RS (Brasil).

O critério de escolha das propriedades foi o nível de tecnologia de produção. Foram escolhidas propriedades com relativo alto nível de utilização de tecnologia como, por exemplo, produção própria de alimentos e ração animal, melhoramento e formação de pastagens, bom nível genético e uniformidade dos animais, índices de produtividade acima da média nacional, utilização de elevado número de atividades para a produção de leite e de carne e bom nível de gestão da propriedade agrícola.

A seleção desse critério de escolha, baseado no nível tecnológico é devida a dois fatos. O primeiro diz respeito ao fato de que quanto maior o nível tecnológico (aqui entendido como uso mais intenso de insumos agrícolas e pecuários, de terra e de trabalho), maior é a complexidade gerencial e tecnológica da propriedade, o que permite aplicar um modelo que possa captar o maior número de informações e gerar resultados mais precisos. Em segundo lugar, ao se estudar sistemas de produção mais intensivos pode-se comparar com os dados gerados por Lima *et. al.* (1994) para sistemas típicos de pecuária das diversas regiões do país. Os dados obtidos pelos autores refletem, portanto, sistemas de produção menos intensivos que podem, assim, ser comparados com sistemas mais intensivos identificados pelo modelo.

Além desse critério, os seguintes aspectos foram considerados na escolha das propriedades, nas quais o modelo foi aplicado:

Em primeiro lugar, o objetivo de escolher essas propriedades foi o de aplicar o modelo para verificar os pontos positivos e negativos da metodologia sem levar em conta a questão da representatividade dessas propriedades no contexto produtivo do Rio Grande do Sul. Em segundo lugar, embora não tenha sido realizada uma tipologia das propriedades, optou-se começar a aplicação do modelo com apenas uma propriedade para verificar o funcionamento do mesmo. Em terceiro lugar, não faz parte do escopo dessa tese realizar uma tipologia das propriedades pecuárias, embora se possa aproveitar uma tipologia já existente. A utilização de propriedades típicas para a aplicação do modelo será uma próxima etapa de pesquisa a ser realizada após a aplicação inicial do modelo e, sobretudo, depois da finalização e defesa da tese.

6.5 TÉCNICA DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

A coleta dos dados foi realizada diretamente das propriedades rurais a partir da aplicação do modelo AGRIPPEC. Os dados foram coletados junto aos proprietários, os quais, são os gestores da propriedade. Em primeiro lugar foram coletados os dados sobre os sistemas agrícolas destinados à produção de alimentação animal a partir das variáveis necessárias para o cálculo dos custos de produção conforme descrito nos procedimentos metodológicos. Após, foram coletados os dados sobre os sistemas de produção animal com a finalidade de descrever as categorias de animais, calcular os custos de produção por categoria animal e estimar as emissões de GEEs para cada categoria.

O procedimento de interpretação dos dados se constitui na análise integrada dos custos de produção, dos resultados econômicos e das emissões de GEEs da pecuária tanto

de corte, como de leite. Em primeiro lugar, foi analisado o sistema ou pacote tecnológico utilizado na propriedade agrícola. Em segundo lugar, foram descritas as principais atividades de produção na propriedade, especificando-se as operações envolvidas, os coeficientes técnicos, os insumos, as máquinas e equipamentos, a mão de obra e outras variáveis necessárias para o cálculo do custo de produção e das emissões. Em terceiro lugar, foram interpretadas as informações necessárias para gerar tanto resultados econômicos, como resultados ambientais. Os primeiros tratam dos custos de produção, margem bruta, margem líquida, etc. Já, os segundos, se referem às estimativas de emissões de gases efeito estufa. As emissões consideradas foram: emissões de metano pela fermentação entérica e pelo manejo de resíduos, e emissões de óxido nitroso oriundo dos resíduos.

PARTE 4: RESULTADOS: O MODELO AGRIPEC APLICADO NA PECUÁRIA BOVINA DE LEITE E DE CORTE

A quarta parte corresponde aos resultados de nossa pesquisa. O sétimo capítulo apresenta o modelo Agripec como uma ferramenta para estimar os custos de produção e as emissões de GEEs da produção pecuária bovina. A seguir, são apresentados os resultados do Agripec-Leite: uma aplicação do modelo numa propriedade de produção de leite. Na sequência, é apresentado o modelo Agripec-Corte: uma aplicação do modelo numa propriedade de pecuária bovina de corte.

CAPÍTULO 7: O MODELO AGRIPEC: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMAR CUSTOS DE PRODUÇÃO E EMISSÕES DE GASES EFEITO ESTUFA DA PRODUÇÃO PECUÁRIA BOVINA

O presente capítulo apresenta o resultado da construção do modelo Agripec como uma ferramenta para estimar os custos de produção e as emissões de gases efeito estufa da produção pecuária bovina. Em primeiro lugar, são apresentados os aspectos gerais do modelo, a seguir são apresentados os modelos de custo de produção do “sistema de alimentação” e do “sistema de criação”. Na sequência, apresenta-se o modelo de estimativa das emissões de gases efeito estufa.

7.1 ASPECTOS GERAIS

O modelo Agripec deriva do modelo Agropol (*A tool for assessing economical costs and ecological footprints of agro-techniques*) desenvolvido por Dorin (2006). O modelo Agropol é uma interface amigável construída no *Microsoft Office Access 2003* com o objetivo de gerenciar dados de várias origens para vários produtos agrícolas. O modelo Agripec, em sua versão inicial, é construído no *Microsoft Office Excel 2003*. O modelo tem como objetivo obter dados locais em nível de propriedade rural, conjugá-los com dados de diversas fontes e, com isto, calcular custos de produção e estimar as emissões de GEEs na pecuária de corte e de leite.

O modelo identifica uma série de operações e eventos que ocorrem tanto na atividade de pecuária de corte, como na de leite. Em primeiro lugar, são sistematizadas informações básicas que permitam descrever as características geográficas e ambientais do sistema estudado. Neste sentido, o modelo necessita de informações sobre localização geográfica,

tipo de clima, altitude, tipo de solo e área média da propriedade, bem como, de informações sobre o manejo de pastagens tais como área cultivada, área com campo nativo e ano de plantio.

O AGRYPEC é subdividido em uma série de planilhas cujo objetivo é de captar os dados e agrupá-los de forma a permitir os cálculos necessários para obtenção de resultados econômicos e ecológicos.

A primeira planilha é denominada de PARCEIROS. O seu objetivo é de identificar o responsável pela coleta de dados. Além da identificação pessoal do responsável, também é identificada a organização na qual o mesmo está vinculado. O Quadro 12 apresenta um exemplo dos dados que são coletados nesta planilha de introdução.

Parceiro	1
Sobrenome	Martins-Costa
Nome	Thelmo
Tel. Comercial	(054)33168245
Tel.Residencial	(054)33272197
Celular	(054)81338612
Organização	1
Nome	Universidade de Passo Fundo
Acrônimo	UPF
webpage	www.upf.br
Tel	(54) 33168245
Fax	(54) 3316-8125
Endereço	CAMPUS I - Km 171 - BR 285, Bairro São José, Caixa Postal 611 - CEP 99001-970 - Passo Fundo/RS

Quadro 12 - Dados de identificação do responsável pela coleta de dados – Planilha PARCEIROS, modelo AGRYPEC.

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Em versões posteriores do AGRYPEC construídas sobre a base do *Microsoft Office Access*, pode-se criar um banco de dados que agrupe os diversos parceiros e instituições.

A segunda planilha é denominada de CONTEXTO. O objetivo é de fornecer informações chaves sobre o ecossistema no qual a propriedade está inserida. Essas informações são necessárias tanto para as estimativas das emissões de GEEs como podem ser utilizadas em ferramentas mais sofisticadas, tais como modelos biofísicos.

Contexto especificado por:	Martins-Costa, Thelmo
Contexto	Fazenda Agripec
Região	Brasil
Região BR	RS
Memo (região)	Município de Passo Fundo
Clima	TRD
Memo (clima)	<i>Characterised by mean annual temperature (MAT) above 20°C and annual precipitation generally below 1000 mm with a long and pronounced dry season that results in growing season of limited length.</i>
Solo (1)	HCAM
Memo (solo)	<i>High clay activity mineral</i>
Altitude	0 - 300 m
Declividade	Plana
Area da Fazenda	800
Unidade de medida	Hectare
Memo fazenda	Fazenda modelo Agripec

Quadro 13 - Informações sobre o contexto geográfico e do ecossistema no qual a propriedade está inserida, Planilha CONTEXTO, modelo AGRÍPEEC.

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O quadro 13 apresenta informações sobre a geografia e ecossistema, no qual, a propriedade investigada está inserida. O conjunto de informações contém o nome do contexto, o nome do responsável pela descrição do contexto, a região geográfica em nível de país (no caso do contexto ser especificado no Brasil é incluído a unidade federativa), informações complementares sobre a região (Memo região), clima, tipo de solo, altitude, e declividade.

Com relação ao clima, o modelo apresenta nove opções conforme classificação do IPCC (DORIN, 2006). O quadro abaixo apresenta as possibilidades de classificação do clima.

climate_code	climate_name	climate_def_temp	climate_def_rain
CTD	Cold temperate, dry	< 10°C	PET > Annual Precip
CTM	Cold temperate, moist	< 10°C	PET <= Annual Precip
WTD	Warm temperate,	10°C to 20°C	< 600 mm

climate_code	climate_name	climate_def_temp	climate_def_rain
	dry		
WTM	Warm temperate, moist	10°C to 20°C	PET <= Annual Precip
TRD	Tropical, dry	> 20°C	< 1000 mm
TRM	Tropical, moist	> 20°C	1000 to 2000 mm
TRW	Tropical, wet	> 20°C	> 2000 mm
PBD	Polar/Boreal, Dry	< 0°C	PET > Annual Precip
PBW	Polar/Boreal, Wet	< 0°C	PET <= Annual Precip

Quadro 14 - Opções de classificação do clima disponíveis no modelo AGROPOL e utilizadas no modelo AGRIFEPC.

Fonte: Dorin, 2006.

Com relação ao tipo de solo, o modelo apresenta seis opções de solo (1) de forma a permitir uma posterior avaliação do conteúdo de carbono contido no solo (conforme quadro 15).

soil1_code	soil1_name	soil1_name_FR
AQUI	Aquic	Ique
HCAM	High clay activity mineral	Minéraux argileux à forte activité
LCAM	Low clay activity mineral	Minéraux argileux à faible activité
SAND	Sandy	Sableux
SPOD	Spodic	Spodique
VOLC	Volcanic	Volcanique

Quadro 15 - Tipos de solos (Solo 1) disponíveis no modelo AGROPOL e utilizadas no modelo AGRIFEPC.

Fonte: Dorin, 2006.

Para a declividade, o modelo utiliza as três opções apresentadas no modelo AGROPOL conforme apresentado no quadro abaixo:

slope_code	slope_name	slope_name_FR	Slope_name_PR
1	Flat	Plat	Plano
2	Hilly	Colineux	colina
3	Mountainous	Montagneux	montanha
	Unknown	Inconnu	desconhecido

Quadro 16 - Tipos de declividade (Slope) disponíveis no modelo AGROPOL e utilizadas no modelo AGRIFEPC.

Fonte: Dorin, 2006.

O modelo AGRIPPEC utiliza os quatro valores *default* para altitude apresentados no modelo AGROPOL no caso de que a altitude local não seja precisamente conhecida (quadro 17).

Altitude_code	Altitude	altitude_FR	altitude_PR
150	< 300 m	< 300 m	< 300 m
450	300-600 m	300-600 m	300-600 m
850	600 – 1.100 m	600 – 1.100 m	600 – 1.100 m
1200	> 1.100 m	> 1.100 m	> 1.100 m
	Unknown	Inconnu	desconhecido

Quadro 17 - Valores *default* para altitude disponíveis no modelo AGROPOL e utilizados no modelo AGRIPPEC. Fonte: Dorin, 2006.

Além dessas informações de contexto regional, são registrados dados da propriedade rural como área, unidade de medida da área e informações complementares (Memo fazenda).

O modelo AGRIPPEC considera duas categorias de operações produtivas. A primeira trata das operações necessárias para a produção de alimentos destinados aos animais e que são produzidos na propriedade agrícola, sendo que o conjunto destas operações é denominado de “sistema de alimentação”. A segunda, diz respeito às operações destinadas à produção animal, sendo denominada “sistemas de criação”.

A planilha SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO (SA) reúne dados sobre os sistemas de alimentação do rebanho. O aporte de alimentos dependerá da estratégia adotada pelo produtor, podendo se basear no sistema tradicional, cuja fonte de energia, proteínas e minerais é constituída apenas pela pastagem com suplementação mineral na época de menor oferta forrageira, como também em outros sistemas alimentares que variam conforme o grau de intensificação. Cabe destacar que o modelo considera “sistema de alimentação” os alimentos produzidos na propriedade rural. Assim, para cada tipo de alimento, é definido o sistema de alimentação conforme exemplificado no quadro 18, baseado no modelo AGROPOL.

Sistema de alimentação			Duração	Digestibilidade	Área	Produtividade	Produção
Nome do sistema	Biomassa anterior	Tipo	meses	%	ha	kg/ha	kg
Silagem	Azevém +	silagem	4	65	6,5	74 000	481 000

Sistema de alimentação		Duração	Digestibilidade	Área	Produtividade	Produção
de milho	aveia					
Total				6,5		

Quadro 18 - Exemplo de definição do sistema de alimentação utilizado no modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Ao se definir o sistema de alimentação atual, buscam-se informações sobre a biomassa anteriormente produzida. Esta informação é importante para subsidiar modelos que tratam do balanço de carbono. As demais informações dizem respeito ao sistema de alimentação atual, como tipo de alimento, tempo de duração, digestibilidade, área ocupada, produtividade e produção total. Observa-se que a digestibilidade do alimento é informação chave para as estimativas de emissões de metano pela fermentação entérica. Além destas informações, o modelo capta os dados e os parâmetros econômicos os quais são necessários para o cálculo dos custos de produção, conforme quadro 19.

Contexto		
Item	Unidade	Valor
Preço da terra	R\$/ha	
Taxa de juros	%	
Area total sistema de alimentação	ha	
Valor total da terra	R\$	
Custo de oportunidade da terra	R\$	

Quadro 19 - Dados e parâmetros econômicos o utilizado no modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O preço da terra e a taxa de juros (%) são dados utilizados para o cálculo do custo de oportunidade da terra²⁸. Alternativamente, o custo de oportunidade da terra pode ser obtido pelo valor local (por hectare) do arrendamento da terra.

A planilha SISTEMAS DE CRIAÇÃO (SC) reúne dados sobre os sistemas de criação do rebanho. O termo Sistema de criação (Atelier) se refere a cada categoria animal e ao

²⁸ O juro sobre o capital fixo também é chamado de juro sobre o valor do patrimônio ou de custo de oportunidade do capital. A taxa de remuneração do capital é definida como a taxa de retorno que o capital empregado na produção agrícola obterá em investimento alternativo. Este valor representa a oportunidade perdida pelo produtor ao deixar de aplicar o mesmo montante de recursos numa outra alternativa. Na prática, a base de comparação para o custo de oportunidade do capital do produtor, é o rendimento real de aplicações tradicionais do mercado financeiro, como a caderneta de poupança, ou, alternativamente, a taxa média de juros de financiamentos rurais ou do mercado internacional, em termos reais. A taxa de remuneração da caderneta de poupança (de 6 % ao ano) também é um bom indicador para representar o custo de oportunidade dos capitais fixos existentes nas empresas agropecuárias.

conjunto de atividades necessárias para o manejo e produção de cada categoria definida no modelo conforme exemplificado no quadro 20.

Contexto:							
Nome do sistema	Sistema anterior	Duração (meses)	Duração (dias)	N° cabeças	Participação relativa no rebanho	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Bezerras até um ano	Vacas prenhas	10	300	10	0,16	400,00	4 000,00
Valor Total				61			89 200,00

Quadro 20 - Exemplo de definição do sistema de criação (Atelier) utilizado no modelo AGRIPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Uma vez que as emissões de metano são diferenciadas conforme o tipo de animal, é necessária uma divisão do rebanho em categorias e subcategorias conforme o sexo, idade e a função zootécnica, de acordo com o recomendado pelo IPCC (IPCC, 1996).

7.2 AGRIPEC/ALIMENTAÇÃO - MODELO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Nessa seção é apresentada a operacionalização do modelo AGRIPEC para o cálculo dos custos de produção do sistema de alimentação. O modelo calcula os custos de utilização de máquinas e equipamentos, mão de obra e insumos. O modelo calcula os custos totais de produção de cada sistema de alimentação inicialmente definido no contexto.

7.2.1 Máquinas e equipamentos

A utilização de máquinas e equipamentos demanda um aporte de energia e resulta em emissões de gases efeito estufa que devem ser contabilizadas. Na pecuária, estas são utilizadas tanto para a produção de alimentos incluindo formação e recuperação de pastagens, fenação, produção de silagem etc., como para transporte e distribuição de alimentos, construção e reparo de cercas, fabricação de rações etc.

Para o cálculo dos custos da hora máquina são necessárias informações sobre o tipo de máquina ou equipamento, bem como sua descrição.

O quadro 21 apresenta as informações coletadas para cada tipo de máquina ou equipamento utilizado na propriedade. Tais informações são utilizadas para o cálculo do custo de utilização de máquinas.

Contexto:						
Especificação	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor inicial (Vi) R\$	Valor de sucata (% sobre Vi)	n° de horas de uso/ano	Vida Útil/horas
Trator VALMET 85 ID	1	20 000,00	20 000,00	30,00	1000	10000

Quadro 21 - Dados sobre máquinas e equipamentos – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O modelo apresenta valores *default* para o valor de sucata, número de horas de uso/ano e vida útil/horas. O valor do prêmio de seguro é considerado como sendo 1% do valor inicial; o valor utilizado para a taxa de juros anuais é de 12% ao ano e o custo com reparos e manutenções é de 5% do valor inicial. Também são coletados o tipo e o preço do combustível utilizado para cada tipo de máquina.

Contexto:			Área (ha)	6,5	
Sistema de Alimentação:	Silagem de milho		Produtividade kg/ha	74 000	
			Produção Total kg	481 000	
Dessecação da cultura de inverno					
Especificação	Total de horas (ha)	Reparos e Manutenção/ha (R\$)	Consumo combustível (l/hora)	Custo Combustível/ha(R\$)	CV/ha(R\$)
Pulverizador JACTO 400 L	1	0,50		0	0,50
Trator VALMET 85 ID	1	1,00	8	15,52	16,52
Sub total					17,02

Quadro 22 - Exemplo de cálculo dos custos variáveis de máquinas e equipamentos – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A partir das informações sobre máquinas e equipamentos, são calculados os custos variáveis e fixos, para cada operação de cada sistema de alimentação por contexto definido. O quadro 22 apresenta um exemplo de custo variável por hectare de máquinas e equipamentos para a operação “dessecação da cultura de inverno”, efetuada no sistema de alimentação “Silagem de milho”.

O quadro 23 apresenta um exemplo de custo fixo para a mesma operação. São calculados os custos fixos, no caso os custos com depreciação, seguros e juros, tanto por hora como por hectare. Os custos fixos são contabilizados para cada operação e o

somatório resulta no custo fixo de máquinas e equipamentos por cada sistema de alimentação considerado na propriedade.

Contexto:		Área (ha)	6,5	Custo Fixo/ha				
Sistema de Alimentação:	Silagem de milho	Produtividade (kg/ha)	74 000					
		Produção Total (kg)	481 000					
Dessecação da cultura de inverno								
Especificação	Total horas (ha)	Depreciação (hora)	Depreciação (ha)	Seguro (hora)	Seguro (ha)	Juros (hora)	Juros (ha)	Custo Fixo (ha)
Pulverizador JACTO 400 L	1	0,90	0,9	0,10	0,10	0,66	0,66	1,66
Trator VALMET 85 ID	1	1,40	1,4	0,20	0,20	1,56	1,56	3,16
Sub total			2,3		0,30		2,22	4,82

Quadro 23 - Exemplo de cálculo dos custos fixos de máquinas e equipamentos – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Os custos totais (custos fixos + custos variáveis) de cada operação são agregados e lançados no quadro de custo totais do sistema de alimentação.

7.2.2 Mão-de-obra

São considerados quatro tipos de mão de obra: trabalhador especializado, trabalhador não especializado, mão de obra familiar e outros tipos de trabalhadores. O trabalhador especializado é o funcionário com maior escolaridade e competência técnica, sendo uma mão de obra especializada em algum tipo de tarefa como, por exemplo, o tratorista. O trabalhador não especializado é o funcionário sem uma qualificação específica e que, em geral, atua como auxiliar do trabalhador especializado, podendo ser contratado por dia trabalhado. Mão-de-obra familiar se refere ao proprietário e demais membros da família. Além desses tipos de trabalhadores é possível classificar outros tipos de mão de obra, conforme as características de cada propriedade agrícola.

Contexto:										
Tipo	Número	Salário mensal (R\$)	Sálario dia (R\$)	Período	Encargos	Aluguel de casa	Alimento	Custo (R\$)	Dias trabalho	Horas trabalho /dia
Trabalhador familiar	1	600,00		mensal	0	0	0	600	30	12

Quadro 24 - Dados sobre mão de obra – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Para o cálculo do custo horário da mão-de-obra, são utilizadas informações sobre o valor mensal do salário, encargos sociais, aluguel da casa e alimentação. O total é dividido pelo número de horas trabalhadas no mês (quadro 25). O valor da hora trabalhada é utilizado para elaboração do custo tanto no sistema de alimentação, como no sistema de criação.

Contexto:					
Sistema de Alimentação:	Silagem de milho				
Operação	Mão de obra familiar (número)	Mês de ocorrência	horas/homem/ha	Total horas/ha	Custo mão-de-obra/ha
Dessecação da cultura de inverno	1	out/nov	1	1	1,67
Aplicação de calcário	2	ago	3	6	10,00
Plantio	2	nov	2	4	6,67
Aplicação de uréia (1)	2	nov	0,5	1	1,67
Aplicação de uréia (2)	2	nov	0,5	1	1,67
Aplicação de herbicida +inseticida	1	nov	1	1	1,67
Ensilagem	3	março	12	36	60,00
Total					83,33

Quadro 25 - Custo por hectare da mão de obra para cada atividade e por sistema de alimentação – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O modelo é concebido para obter o custo de produção para cada atividade (operação) necessária para cada sistema de alimentação. Por exemplo, o quadro apresenta as possíveis operações necessárias para a produção de Silagem de milho. Para cada atividade (operação) são obtidas informações sobre o número de funcionários envolvidos, o mês de ocorrência, o número de horas trabalhadas por funcionário para um hectare e o total de horas por hectare. O total de horas por hectare é multiplicado pelo valor obtido para a hora trabalhada, para se calcular o custo da mão de obra por hectare, em cada atividade e no sistema de alimentação.

7.2.3 Insumos (sistema de alimentação)

O modelo AGRIPPEC, a exemplo do modelo AGROPOL proposto por Dorin (2006), utiliza informações e dados sobre insumos agrícolas utilizados em cada contexto identificado. Os insumos (*Inputs*) são utilizados para manter ou aumentar a produtividade das lavouras podendo ser sementes, adubos, herbicidas, inseticidas, fungicidas, etc. Os insumos podem ser obtidos de forma tradicional, pelo agricultor, tal como, no caso de seleção de sementes, dejetos de criação animal, água, etc., como, também, produzidos pela indústria e adquiridos pelo produtor rural. Os insumos podem ter impactos na produção, nos custos e no ecossistema, assim como, determinam o tipo de trabalho (humano, animal ou mecânico).

Contexto:			Área (ha)	6,5		
Sistema de Alimentação:	Silagem de milho		Produtividade (kg/ha)	74 000		
Operação:	Dessecação da cultura de inverno		Produção Total (kg)	481 000		
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo R\$/ton
Herbicida Glifos	litro	2,00	10,00	20,00	0,000	0,27
			Sub total	20,00	0,0003	0,27

Quadro 26 - Insumos utilizados em cada atividade e por sistema de alimentação – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Assim, para cada operação identificada para cada sistema de alimentação descrito em um contexto específico, são relacionados os insumos necessários. Através da quantidade e do tipo de insumo, é possível calcular o custo por hectare e por quantidade produzida. Além

disto, as informações podem ser utilizadas para modelos futuros que avaliem as emissões de GEEs ou outros indicadores ambientais, bem como, em modelos biofísicos (Quadro 26).

7.2.4 Custos totais de produção (sistema de alimentação)

Após a descrição do sistema de alimentação e a coleta de dados sobre mão-de-obra, máquinas e equipamentos e insumos, os custos totais de produção são obtidos para cada operação e para o sistema como um todo. O custo total é dividido em custos variáveis e custos fixos, conforme descrito na metodologia. Os mesmos são apresentados por área de terra ocupada (R\$/ha) ou por biomassa produzida (R\$/kg ou R\$/ton.). Os dados sobre os custos de produção do sistema de alimentação são utilizados como custo de insumos para o sistema de criação.

7.3 AGRIPPEC/CRIAÇÃO - MODELO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DO SISTEMA DE CRIAÇÃO

Nessa seção, é apresentada a operacionalização do modelo AGRIPPEC para o cálculo dos custos de produção do sistema de criação. O modelo calcula os custos de utilização de máquinas e equipamentos, benfeitorias, mão de obra e insumos. O modelo calcula os custos totais de produção de cada sistema de criação (Atelier) ou categoria animal inicialmente definido no contexto.

7.3 1 Rebanho/categorias de animais

Uma vez que as emissões de metano são diferenciadas conforme o tipo de animal, é necessária uma divisão do rebanho em categorias e subcategorias conforme o sexo, idade e função zootécnica, de acordo com o recomendado pelo IPCC.

7.3 2 Mão-de-obra

São considerados quatro tipos de mão de obra: trabalhador especializado, trabalhador não especializado, mão-de-obra familiar e outros tipos de trabalhadores. A definição do custo da mão de obra já foi demonstrado para os sistemas de alimentação, sendo o mesmo, para o sistema de criação, uma vez que, em geral, a mão-de-obra é a mesma. A mão-de-obra é utilizada em uma série de atividades de manejo do rebanho.

Contexto:					
Sistema de criação (Atelier)	Bezerras até um ano				
Operação	frequência	Mão de obra familiar (n°)	horas/homem/lote por atividade	Total horas/homem/lote	Custo mão de obra/lote
Desinfecção do umbigo	1	1	1,7	1,7	2,83
Fornecimento do colostro	4	1	1,7	6,8	11,33
Desverminação	2	1	1,7	3,4	5,67
Vacinação: brucelose	1	1	1,7	1,7	2,83
Vacinação: carbúnculo	1	1	1,7	1,7	2,83
Aplicação inseticida	4	1	1	4	6,67
Mochar	1	3	1,7	5,1	8,50
Aplicação de cicatrizante	1	3	1,7	5,1	8,50
Alimentação	480	1	0,5	240	400,00
Total lote				269,5	449,17

Quadro 27 - Custo da mão-de-obra para cada atividade e por sistema de criação – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O modelo é concebido para obter o custo de produção para cada atividade (operação) necessária para cada sistema de criação. Por exemplo, o quadro 27 apresenta as possíveis operações necessárias para a criação de Bezerras até um ano. Para cada atividade (operação), são obtidas informações sobre o número de funcionários envolvidos, o número de horas trabalhadas por funcionário para cada lote, a frequência de trabalho e o total de horas por lote. O total de horas por lote é multiplicado pelo valor obtido para a hora trabalhada a fim de se calcular o custo da mão-de-obra por atelier em cada atividade e no sistema de criação.

Em geral, a produção pecuária envolve três fases distintas: cria, recria e engorda para o gado de corte e cria, recria e produção de leite para a pecuária leiteira. Conforme o sistema de produção, o produtor pode realizar as três fases conjuntamente, ou apenas uma das fases ou, ainda, uma combinação de duas fases distintas, tais como, a dos sistemas de

cria-recria ou recria-engorda. A estrutura do sistema completo de produção de bovinos de corte no Brasil é representada na figura 7.

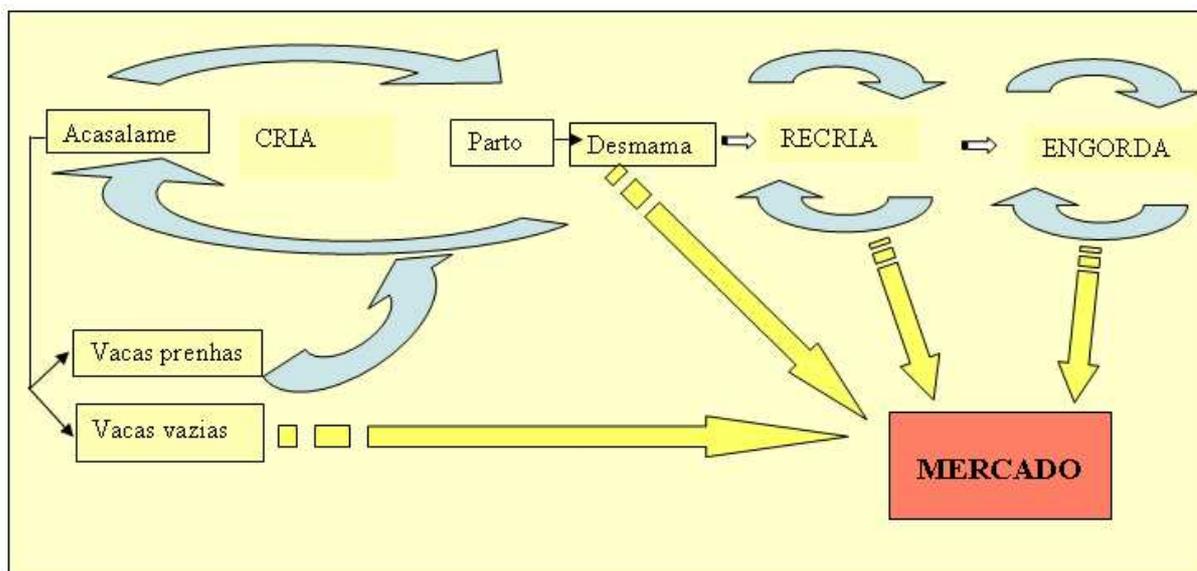


Figura 7 - Estrutura do sistema completo de bovinos de corte no Brasil.
Adaptado: Euclides Filho *et. al.* (2002).

A fase de cria envolve a reprodução do rebanho propriamente dita, desde o preparo dos animais para o acasalamento até a desmama dos bezerros. Conforme o sistema produtivo, é estabelecido um manejo reprodutivo do rebanho que poderá incluir uma estação de monta definida com monta natural ou inseminação artificial, bem como, um manejo específico da desmama. Existe, de acordo com a estratégia produtiva definida pelo criador, uma série de atividades de preparo dos animais para a reprodução que envolve custos referentes à mão de obra, vacinas e medicamentos, equipamentos e alimentação. Para cada operação, é necessário se estabelecer as despesas de mão de obra, insumos, equipamentos, etc.

No manejo de animais para a reprodução podem ser identificadas categorias tais como: novilhas para reprodução, touros, vacas e vacas prenhas. Para cada categoria de animal, as atividades de manejo são identificadas em atividades executadas para a reprodução, atividades de alimentação e atividades de reprodução. O primeiro e terceiro grupo trata das atividades de manejo inerentes à sanidade e à reprodução propriamente dita. O segundo, especifica as atividades necessárias para a alimentação dos animais.

As novilhas para a reprodução são aquelas selecionadas pelo produtor para substituir as vacas descartadas. Entre as atividades executadas, pode-se destacar: a seleção da

novilha, aplicação de vacinas, detecção do cio, monta (campo ou controlada), diagnóstico de gestação, e o descarte de fêmeas vazias.

As atividades executadas no manejo reprodutivo dos touros podem ser, por exemplo: seleção dos touros, exame andrológico, realização de exames de doenças, descarte de animais e vacinações.

No que se refere ao manejo reprodutivo das vacas, as atividades são basicamente as mesmas que ocorrem para as novilhas em reprodução, tais como: seleção, detecção do cio, vacinações, monta (campo ou controlada), diagnóstico de gestação, e o descarte de fêmeas vazias.

As vacas prenhas necessitam de cuidados especiais que permitam aumentar o índice de natalidade do rebanho. As atividades de manejo deste grupo podem contemplar a separação das vacas prenhas do resto de rebanho, a aplicação de uma série de vacinações e a assistência ao parto.

Quanto às atividades relacionadas à alimentação do rebanho, essas variam conforme a estratégia alimentar adotada pelo produtor, podendo ser agrupadas em quatro estratégias de alimentação conforme o grau de intensificação do sistema: pastagem, pastagem melhorada, semiconfinamento e confinamento.

Pastagem: entende-se como pastagem, tanto o pasto nativo como as pastagens em geral. Neste caso, as atividades de alimentação podem se restringir à separação dos animais e à suplementação com sal mineral.

Pastagem melhorada: assume-se um maior grau de intensificação através do melhoramento das pastagens cultivadas tanto pela correção e adubação do solo, como pela mistura de gramíneas com leguminosas. As atividades são mais complexas, tais como: separação dos animais, adubação da pastagem, adição de mistura mineral e suplementação com concentrado.

Semiconfinamento: No caso de animais semiconfinados, as atividades típicas são: separação dos animais, adubação da pastagem, adição de mistura mineral, suplementação de volumoso e fornecimento de concentrado.

Confinamento: refere-se ao maior grau de intensificação e compreende atividades do tipo: separação dos animais, adição de mistura mineral, suplementação de volumoso e fornecimento de concentrado.

A fase de cria compreende, ainda, o manejo do bezerro. As atividades de manejo dos bezerros são consideradas a partir do nascimento até as atividades de desmama. Conforme o sistema de criação pode-se incluir o preparo e a recria das novilhas para a reprodução.

As atividades selecionadas para o manejo do bezerro a partir do nascimento variam conforme o manejo adotado pelo produtor, podendo contemplar algumas das seguintes opções: pesagem ao nascer, identificação com brinco, cura do umbigo, administração do colostro, vacinações e desvermifugação.

Com relação à desmama, pode-se identificar três tipos que variam conforme o grau de intensificação, ou seja: desmama precoce, desmama interrompida e desmama tradicional. Para a desmama precoce, as atividades mais comuns são: separação do bezerro, suplementação com concentrado, descarte de vacas, descarte do bezerro, e pesagem do bezerro. Para as desmamas interrompida e tradicional, as atividades, em geral, são: separação do bezerro, descarte de vacas, descarte e pesagem do bezerro.

Em termos de recria de novilhas para reprodução, as atividades executadas são, por exemplo, a pesagem e as vacinações. Além disto, consideram-se as atividades de alimentação que variam conforme o grau de intensificação.

O produto final da fase de cria é o conjunto de animais desmamados, estes devem ser manejados até a obtenção do produto final que é o animal pronto para o abate ou para a reprodução que, no caso das novilhas, é a idade da primeira cria. Estas atividades ocorrem nas fases de recria e de engorda, também chamada de terminação.

A fase de produção, em geral é dividida em dois grupos de atividades: recria e terminação. As atividades para cada grupo compreendem a pesagem, vacinações e as atividades necessárias para a alimentação do rebanho.

7.3 3 Benfeitorias

As benfeitorias são estruturas necessárias para o manejo do gado, por exemplo: sala de ordenha para as vacas de leite, galpões, mangueiras e bretes, cercas etc.

O quadro 28 apresenta as informações coletadas para cada tipo de benfeitoria utilizada na propriedade. Tais informações são utilizadas para o cálculo do custo de utilização de benfeitorias por cada categoria animal.

Contexto:						
Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor inicial (Vi) R\$	Valor de sucata (% sobre Vi)	Vida_Útil/anos
Cerca elétrica	km	37	50,00	1.850,00	20,00	10000

Quadro 28 - Dados sobre benfeitorias – Modelo AGRÍPEEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O modelo apresenta valores *default* para o valor de sucata e vida útil/anos. O valor do prêmio de seguro é considerado como sendo 1% do valor inicial; o valor utilizado para a taxa de juros anuais é de 12% ao ano e o custo com reparos e manutenções é de 5% do valor inicial.

Contexto:						
Sistema de criação	Terneiros ao pé da vaca					
Benfeitoria	Utilização de benfeitoria (%)	Depreciação/ano	Seguro/ano	Juros/ano	CFT/ano	Reparos e manutenção/ano
Cerca elétrica	2,72	2,7	0,03	0,04	2,77	2,5
Tronco de contenção	2,72	3,5	0,06	0,16	3,70	5,4
mangueira	2,72	4,4	0,09	0,31	4,76	6,8
Centro de manejo	2,72	8,7	0,35	2,51	11,58	13,6
Total		19,3	0,52	3,03	22,81	28,4

Quadro 29 - Exemplo de cálculo dos custos de benfeitorias – Modelo AGRÍPEEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A partir das informações sobre as benfeitorias da propriedade são calculados os custos fixos anuais (depreciação, seguro e juros) e os custos variáveis (reparos e manutenção), para cada sistema de criação por contexto definido. O quadro 17 apresenta um exemplo de custo das benfeitorias para o sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca”.

Os custos totais (custos fixos + custos variáveis) de cada sistema de criação são agregados e lançados no quadro de custo totais. Uma questão metodológica importante é de como fazer o rateio dos custos com benfeitorias pelos diversos sistemas de criação

identificados em cada contexto. Em alguns casos, esse rateio é simples, como no caso da sala de ordenha, em que as vacas em lactação utilizam 100% dessa benfeitoria. No entanto, em muitos casos esse rateio é de difícil solução, pois as benfeitorias são utilizadas por diversas categorias animais (cercas, mangueiras, troncos de contenção, etc.). Assim, o critério assumido pelo modelo é o do rateio da utilização da benfeitoria pela participação de cada categoria animal na receita bruta da propriedade, conforme demonstrado no quadro.

7.3 4 Equipamentos

Os equipamentos são necessários para diversas atividades de manejo do gado, por exemplo: balanças, eletrificadores de cerca elétrica, botijão de sêmen, etc. O quadro 29 apresenta as informações coletadas para cada tipo de equipamento utilizado na propriedade. Tais informações são utilizadas para o cálculo do custo de utilização de equipamentos por cada categoria animal, conforme o critério de rateio explicado no item acima.

Contexto:						
Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor inicial (Vi) R\$	Valor de sucata (% sobre Vi)	Vida Útil/ horas
Balança	Und.	1	3.000,00	3.000,00	30,00	4.000

Quadro 30 - Dados sobre equipamentos – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O modelo apresenta valores *default* para o valor de sucata e vida útil/anos. O valor do prêmio de seguro é considerado como sendo 1% do valor inicial; o valor utilizado para a taxa de juros anuais é de 12% ao ano e o custo com reparos e manutenções é de 5% do valor inicial.

Contexto:						
Sistema de criação	Terneiros ao pé da vaca					
Benfeitoria	Utilização de equipamentos (%)	Depreciação/ano	Seguro/ano	Juros/ano	CFT/ano	Reparos e manutenção/ano
Balança	2,72	5,7	0,1	0,6	6,44	0,41

Quadro 31 - Exemplo de cálculo dos custos de equipamentos – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Assim como para o cálculo das máquinas e equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação, a partir das informações sobre os equipamentos para os sistemas de criação da propriedade são calculados os custos fixos anuais (depreciação, seguro e juros) e os custos variáveis (reparos e manutenção), para cada sistema de criação por contexto definido. O quadro 31 apresenta um exemplo de custo dos equipamentos para o sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca”.

7.3 5 Insumos (*inputs*)

Para o cálculo dos custos totais de produção ou dos custos operacionais são necessárias informações sobre os insumos utilizados em cada etapa de produção. Assim, são introduzidas, no modelo, informações sobre uma série de insumos utilizados na pecuária. Estes, por sua vez, são selecionados conforme o sistema produtivo. Os insumos foram divididos em quatro grupos: alimentação, sanidade, reprodução e pastagens. São coletados quatro tipos de informações para cada insumo de forma a permitir o cálculo do custo de produção. As variáveis selecionadas foram: tipo de insumo, quantidade utilizada, frequência (número de vezes que o insumo é utilizado) e o preço.

Para o grupo alimentação, os insumos variam conforme a estratégia alimentar adotada pelo pecuarista, podem ser identificados insumos tais como: aditivos, farelo de soja, milho, outros grãos e farelos, premix, ração comercial, sal comum, suplemento mineral e outros alimentos. Já o grupo pastagens é composto pelos alimentos volumosos como, por exemplo: cana de açúcar, capineira, feno, pastagens, pastos, silagem etc.

O grupo sanidade é composto pelos insumos utilizados em saúde animal, como: anestésicos, antibióticos, antiinflamatórios, antimastíticos, antitérmicos, complemento vitamínico, cálcio e fósforo, mata bicheiras. Importante insumo desse grupo são as vacinas: aftosa, brucelose, carbúnculo, diarreia viral, leptospirose, paratifo, raiva, rinotraqueite infecciosa. Além de vermífugo, outros medicamentos. Também fazem parte desse grupo os exames tais como, o de brucelose e o de tuberculose.

Os insumos selecionados no grupo reprodução, tratam especificamente da inseminação artificial e outras técnicas de reprodução como, por exemplo, transferência de embriões. (aplicador, baina, luvas, nitrogênio, pipeta, sêmen, outros).

7.3 6 Despesas gerais

As despesas gerais são despesas necessárias para fazer frente à obrigações legais da propriedade, como o pagamento de taxas e impostos, ou para o pagamento de despesas administrativas, tais como o pagamento do pró-labore do proprietário. O quadro 21 apresenta os tipos de despesas gerais consideradas no modelo.

Contexto:		
Impostos	Base de cálculo	
INSS	2,30%	sobre o valor da produção
ITR	1,50%	sobre o valor da terra
Outros	Base de cálculo	
Taxas e contribuições	0,20%	sobre o valor da produção
Pró-labore proprietário	2000	mensal

Quadro 32 - Dados sobre despesas gerais – Modelo AGRÍPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

As despesas gerais são adicionadas ao custo total e rateadas pelo número de cabeças do rebanho.

7.3.7 Custos de produção dos sistemas de criação

A partir dos dados fornecidos ao modelo, é possível gerar informações sobre os custos de produção e estimar as emissões de gases efeito estufa para cada pacote tecnológico selecionado. Assim, é possível avaliar os custos de produção e estimar as emissões de gás efeito estufa para cada fase do sistema pecuário, isto é, para cada categoria animal ou sistema de criação (atelier). Por exemplo, é possível calcular o custo de produção do bezerro desmamado e as emissões associadas, assim como, se pode calcular o custo do boi magro na fase de recria e do quilo de carne na fase de terminação.

O primeiro produto obtido no sistema completo de bovinos de corte é o bezerro ou bezerra desmamado. Este pode tanto ser comercializado como seguir o fluxo do sistema nas fases de recria e engorda. As despesas operacionais que ocorrem para a obtenção do bezerro desmamado são relativas à mão de obra, a eventuais aportes de alimentos conforme o tipo de desmama, as vacinas e medicamentos, além de outros insumos.

Além disto, são consideradas as despesas com o manejo da reprodução. Estas incluem os gastos com o manejo das vacas ou novilhas, dos touros, do sistema de

reprodução propriamente dito e das vacas prenhas até a parição. O somatório destas despesas constitui o custo da obtenção do bezerro recém nascido, o qual são agregadas as demais despesas para a obtenção do custo do bezerro desmamado.

Por sua vez, a fase de recria se inicia com a obtenção do bezerro desmamado até a produção de animais jovens cujo destino pode ser a comercialização, a engorda na fase de terminação ou, ainda, a reprodução. Além do custo do bezerro desmamado, são contabilizadas as despesas com mão de obra, vacinas e medicamentos, alimentação, e outros insumos cuja utilização varia conforme o pacote tecnológico selecionado.

A produção do boi gordo ou da vaca finaliza o ciclo de produção completo da pecuária de corte. Neste caso, adiciona-se ao custo do boi magro ou novilha as despesas que se referem às atividades necessárias para a engorda considerando-se os custos da mão de obra e os gastos com sanidade e alimentação.

Os custos obtidos em cada sistema de criação (atelier) são agregados para a obtenção do custo total de produção de carne ou de leite. A este custo são adicionadas as despesas gerais, o custo de oportunidade de terra e o custo de oportunidade do rebanho. Após a determinação do custo de produção do boi gordo, é obtido o custo de produção do quilograma de carne através da divisão deste custo pelo peso vivo do animal.

7.3.8 Produtos (*outputs*)

A combinação dos fatores de produção resulta no produto propriamente dito, bem como, em subprodutos e em resíduos. Desta maneira, foram selecionados os produtos resultantes em cada fase do sistema de produção. Por exemplo, na fase de cria, tem-se como produtos os bezerros e bezerras desmamados e as vacas descartadas. Os bezerros e as bezerras podem tanto seguir o fluxo de produção passando para a fase de recria, como serem vendidos no mercado. Já, as vacas descartadas do rebanho são comercializadas.

Os produtos oriundos na fase de recria são animais jovens que se destinam tanto para a reprodução como para a produção de carne. São considerados como produtos da recria: novilhas, novilhos, boi magro e garrotes. Já, na fase de engorda, tem-se como produto final o boi e a vaca adultos prontos para o abate. Por fim, o modelo considera outras categorias de animais resultantes do processo produtivo, tais como touros e rufiões.

No caso da pecuária de corte, a receita bruta é definida em termos de unidades vendidas para um preço de venda pré determinado ou pelo quilograma de carne produzida e seu respectivo preço de venda.

No caso da pecuária de leite, existe uma diferença entre o custo da atividade leiteira e o custo do leite, isto porque, a atividade leiteira inclui a produção de leite e a criação de novilhas. Portanto, o custo da atividade leiteira é maior do que o custo do leite. Assim, o preço do leite é comparado com o custo do leite e não com o da atividade leiteira. O critério para isolar apenas o custo de leite é o da divisão do custo da atividade pela mesma proporção dos componentes da renda bruta.

7.4 AGRIPPEC/EMISSIONES - MODELO DE ESTIMATIVA DE EMISSIONES DE GASES EFEITO ESTUFA NA PECUÁRIA

O modelo estima as emissões de metano provenientes da fermentação entérica dos bovinos e as emissões de metano e óxido nítrico oriundas dos sistemas de manejo de dejetos dos animais. As emissões são quantificadas para cada categoria animal, ou sistema de criação (Atelier) identificado no contexto descrito.

7.4.1 Estimativa de emissões de metano por fermentação entérica

O quadro 33 apresenta um exemplo dos dados necessários para o cálculo das emissões de CH₄ por fermentação entérica. Segundo a metodologia do IPCC (1996), são necessárias informações sobre o número de animais, o peso médio de cada animal, tipo de raça e seu peso potencial, o sistema de alimentação e, dependendo da categoria animal, seu ganho de peso diário. Esses dados são coletados de informações prestadas pelo proprietário.

Contexto:	Fazenda de gado leiteiro
Sistema de criação	Bezerras até um ano
Número de animais:	10
Peso médio animal (kg)	160
Peso total do rebanho (kg)	1 600
Raça:	Holandesa
Peso potencial	800 kg
Sistema de alimentação	Pastagem intensiva
Ganho de peso diário (kg)	0,6

Quadro 33 - Exemplo de dados sobre categorias de animais necessários para a estimação de emissões de CH₄ por fermentação entérica – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Além dos dados sobre a categoria animal, o modelo utiliza os seguintes parâmetros e coeficientes *default* do IPCC (IPCC, 1996; IPCC, 2001), como exemplificado no quadro 34: coeficiente para o cálculo da Energia líquida de manutenção, coeficiente de situação alimentar, coeficiente para o cálculo da Energia líquida de crescimento (no caso de animais em crescimento), coeficiente de prenhez (no caso de vacas prenhas) e taxa de conversão de metano.

Coeficiente para o cálculo da NE_m (Cfi)	0,322
Coeficiente de situação alimentar (Ca)	0,17
Digestibilidade (%)	66,78
Coeficiente para o cálculo da NE_q (C)	0,8
Taxa de conversão de metano (Y_m)	0,06

Quadro 34 - Exemplo de coeficientes necessários para a estimação de emissões de CH_4 por fermentação entérica – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Os valores da digestibilidade dos alimentos são obtidos de tabelas de nutrição publicadas pelo NCR. No caso da situação alimentar do animal, se constituir de dois ou mais tipos de alimentos, é realizada uma média dos valores de digestibilidade ponderada pela participação relativa de cada alimento, na dieta alimentar.

Contexto:	Fazenda de gado leiteiro
Sistema de criação	Bezerras até um ano
Fator de emissão de metano	23,44 kg CH_4 /cabeça/ano
Emissões do Sistema	
Emissões Anuais	234,35 kg CH_4 /ano
Emissões por kg Peso Vivo	0,146 kg CH_4 /kg PV
Emissões diárias	0,06 kg CH_4 /cabeça

Quadro 35 - Exemplo de resultados gerados para a estimação de emissões de CH_4 por fermentação entérica – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A partir desses dados e coeficientes são calculadas as necessidades de energia líquida de cada categoria animal, a energia bruta e o respectivo fator de emissão de metano. Assim, são gerados os resultados sobre emissões de metano por fermentação entérica. Os resultados são apresentados na forma de emissões anuais (kg de CH_4 /cabeça/ano),

emissões anuais do sistema de criação (kg de CH₄/ano), emissões por quilograma de peso vivo animal (kg de CH₄/kg PV) e emissões diárias (kg de CH₄/dia). O quadro 35 apresenta um exemplo dos resultados gerados no modelo. Para as vacas em lactação, são calculadas as emissões de metano geradas para a produção de cada quilograma de leite produzido (kg de CH₄/kg leite).

7.4.2 Estimativa de emissões de metano por manejo de dejetos

O quadro 36 apresenta um exemplo dos resultados obtidos pelo modelo para a estimativa das emissões de metano por sistemas de manejo de dejetos. O modelo é provido de informações sobre as características dos animais e da maneira como os resíduos são tratados. O modelo calcula a massa de sólidos voláteis excretados pelos animais (VS em kg). A máxima capacidade de produção de CH₄ pelo estrume (B_o, em m³/kg de VS) é obtida através de valores *default* do IPCC, assim como, o teor de cinzas (IPCC, 1996).

Contexto:	Fazenda de gado leiteiro
Sistema de criação	Bezerras até um ano
Número de animais:	10
Teor de cinzas %	8
Bo m ³ /kg SV	0,13
GE	59,55
DE	66,78
Sólidos voláteis VS	0,98
Emissão de CH ₄ (kg/cabeça)	0,0013
Emissões anuais de CH ₄ (kg/cabeça)	0,4704
Emissão de CH ₄ do sistema (kg)	0,0129
Emissões por kg Peso Vivo	0,002940
Emissões anuais de CH ₄ do sistema (kg)	4,70

Quadro 36 - Exemplo de resultados gerados para a estimação de emissões de CH₄ por sistemas de manejo de dejetos – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Os valores da Energia Bruta e de digestibilidade são gerados pelo modelo conforme descrito anteriormente. O valor da porção do esterco manejada em cada sistema é coletado para cada tipo de animal representativo. São utilizados os valores *default* do IPCC (IPCC,

1996) para diferentes sistemas de manejo e zonas climáticas e estão apresentados no quadro abaixo.

Sistemas de dejetos	Porcentagem utilizada (%)	MSijk	<i>Cool</i>	<i>Temperate</i>	<i>Warm</i>
pastagem	100%	0,015	0,01	0,015	0,02

Quadro 37 - Exemplo de sistema de manejo, porcentagem de utilização do sistema e fração do dejetos que é tratado no sistema e tipo de clima – Modelo AGRIPPEC.

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Os resultados são apresentados, conforme já descrito, para a estimativa das emissões de metano por fermentação entérica.

7.4.3 Estimativa das emissões totais de metano

A partir do cálculo das emissões de metano por fermentação entérica e pelo manejo de dejetos, são calculadas as emissões totais de metano para cada categoria animal, definida no contexto e para a atividade como um todo. O quadro 26 apresenta um exemplo dos dados gerados pelo modelo para as emissões totais.

Contexto:	Fazenda de gado leiteiro					
Sistema de criação	Bezerras até um ano					
Número de animais:	10					
Emissões de CH ₄	Emissões diárias (kg CH ₄ /cabeça/dia)	Emissões Anuais (kgCH ₄ /cabeça)	Emissões por Kg Peso Vivo (kg CH ₄ /kg PV)	Emissões por kg leite (kg CH ₄ /kg leite)	Emissões anuais do sistema (kg CH ₄)	Participação relativa (%)
Emissões por fermentação entérica	0,06421	23,43	0,14647		234,35	98,03%
Emissões por manejo de dejetos	0,00129	0,47	0,00294		4,70	1,97%
Emissões totais	0,06549	23,90	0,14941		239,06	100%

Quadro 38 - Exemplo de resultados gerados para a estimativa de emissões totais de CH₄ por categoria animal – Modelo AGRIPPEC.

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Os resultados são apresentados na forma de emissões anuais (kg de CH₄/cabeça/ano), emissões anuais do sistema de criação (kg de CH₄/ano), emissões por quilograma de peso vivo animal (kg de CH₄/kg PV) e emissões diárias (kg de CH₄/dia). Para as vacas em lactação, são calculadas as emissões de metano geradas para a produção de cada quilograma de leite produzido (kg de CH₄/kg leite). Também é apresentada a participação relativa de cada tipo de emissão nas emissões totais.

7.4.4 Estimativa de emissões de óxido nitroso por manejo de dejetos

O óxido nitroso (N₂O) estimado no modelo é o produzido durante a estocagem e tratamento do dejetos após ter sido aplicado no solo. O quadro 39 demonstra os resultados obtidos no modelo.

Contexto:	
Sistema de criação	Bezerras até um ano
Número de animais:	10
Nex	70
Fator de ajuste	0,3
Nex ajustado	21
AWMS	0,75
EF3	0,02
(N ₂ O-N)(mm)	3,15
N ₂ O(mm) (kg/ano)	4,95

Quadro 39 - Exemplo de resultados gerados para a estimação de emissões de N₂O por manejo de dejetos – Modelo AGRIPPEC.

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

Para cada tipo de animal em pastagem adotou-se o valor sugerido pelo IPCC para a produção de nitrogênio na forma de dejetos (urina e fezes), em quilogramas por cabeça, por ano. Conforme apresentado no quadro 40.

Tipo de animal	Nex (kg/cabeça/ano)
Gado de leite	70
Gado de corte	40
Ovinos	12
Outros	40

Quadro 40 - Valores *default* para a produção de nitrogênio na forma de dejetos, em quilogramas por cabeça por ano. – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: IPCC, 1996.

Conforme o *IPCC Good Practice Guidance* (IPCC, 1996), é necessário ajustar os valores da produção de nitrogênio na forma de dejetos (Nex) para o caso de animais jovens. O quadro apresenta os valores *default* de ajustamento dos valores do quadro 41 quando são estimadas as taxas de excreção para animais jovens.

Espécie/categoria animal	Intervalo de idade (anos)	Fator de ajuste
Gado de corte/leite	0 - 1	0,3
Gado de corte/leite	1 - 2	0,6

Quadro 41 - Valores *default* para ajuste da produção de nitrogênio na forma de dejetos quando são estimadas as taxas de excreção para animais jovens. – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: IPCC, 1996.

Para obter a fração de produção de esterco por sistemas de manejo de resíduos animais (AWMS(T)), por tipo de animal (T) e região, são utilizados os dados do quadro abaixo.

Sistema de manejo (M)	Região/Estado	Tipo de animal (T)					
		Leite	Corte	Suínos	Ovinos	Aves	Outros
		Fração AWMS (T)					
Pastagem	Sul	0,75	0,75	-	1,00	-	0,99
	Outras	0,45	0,75	-	1,00	-	0,99
Estocagem sólida (<i>Dry lot</i>)	Sul	-	-	-	-	0,20	-
	Outras	0,20	0,03	-	-	0,20	-
Sistema líquido	Sul	-	-	-	-	-	-
	Outras	0,03	-	-	-	-	-
Lagoa anaeróbica	Sul	-	-	-	-	-	-
	Outras	0,01	-	-	-	-	-
<i>Daily spread</i>	Sul	0,20	0,20	0,10	-	0,80	-

Sistema de manejo (M)	Região/Estado	Tipo de animal (T)					
		Leite	Corte	Suínos	Ovinos	Aves	Outros
		Fração AWMS (T)					
	São Paulo	-	-	0,10	-	-	-
	Sudeste, Centro-oeste	0,20	-	0,05	-	0,80	-
	Outras	0,20	-	-	-	0,80	-
Outros sistemas	Sul	0,05	0,05	0,90	-	-	0,01
	São Paulo	-	-	0,90	-	-	-
	Sudeste, Centro-oeste	0,11	-	0,95	-	-	0,01
	Outras	0,11	-	1,00	-	-	0,01

Quadro 42 - Valores default para a fração de produção de esterco por sistemas de manejo de resíduos animais (AWMS(T)), por animal (T) e região do Brasil. – Modelo AGRIPPEC.

Fonte: Lima *et. al.*, 2002.

O modelo utiliza os valores *default* do IPCC para os fatores de emissão de N₂O emitido pelos sistemas de manejo de estrume, conforme demonstrado no quadro abaixo.

SISTEMA	DEFINIÇÃO	EF₃ (KG N₂O-N/KG DE NITROGÊNIO EXCRETADO)	INTERVALO DE INCERTEZA DE EF₃ (%)
PASTO/PASTAGEM/CAMPO	ESTRUME EM PASTAGENS E PASTOS PASTADOS PELOS ANIMAIS É DEIXADO NOS MESMOS, SEM NENHUM MANEJO.	0,02	-50%/+100%
ARMAZENAMENTO SÓLIDO	ESTRUME E URINA (COM OU SEM LITEIRA) SÃO COLETADOS E ARMAZENADOS POR LONGO TEMPO (MESES) ANTES DA APLICAÇÃO, COM OU SEM SISTEMA DE LAVAGEM.	0,02	-50%/+100%
<i>DAILY SPREAD</i>	O SISTEMA APRESENTA PEQUENA OU NENHUMA ESTOCAGEM E TRATAMENTO DO ESTRUME ANTES DO MESMO SER APLICADO NO SOLO, AS EMISSÕES OCORRIDAS DURANTE O TRATAMENTO E ESTOCAGEM SÃO CONSIDERADAS COMO ZERO.	0,0	NÃO APLICÁVEL
DISTRIBUIÇÃO SECA (<i>DRY LOT</i>)	EM CLIMAS SECOS, OS ANIMAIS PODEM CONTINUAR EM CONFINAMENTOS NÃO PAVIMENTADOS EM QUE O ESTERCO É DEIXADO SECO ATÉ SER PERIODICAMENTE REMOVIDO. O ESTERCO REMOVIDO PODE SER APLICADO EM LAVOURAS.	0,02	-50%/+100%
LÍQUIDO/SLURRY	ESTERCO E URINA SÃO COLETADOS E TRANSPORTADOS NO ESTADO LÍQUIDO PARA TANQUES DE ESTOCAGEM, PODENDO SER ESTOCADO POR LONGO TEMPO (MESES). PARA FACILITAR O MANEJO, ÁGUA PODE SER ADICIONADA.	0,001	-50%/+100%
LAGOA ANAERÓBICA	CARACTERIZADO POR SISTEMAS DE DESCARGA QUE UTILIZAM ÁGUA PARA TRANSPORTAR O DEJETO ATÉ AS LAGOAS. O MESMO É MANTIDO NA LAGOA POR UM PERÍODO DE TRINTA OU MAIS DIAS. A ÁGUA DA LAGOA PODE SER RECICLADA OU USADA NA IRRIGAÇÃO E FERTILIZAÇÃO DE LAGOAS	0,001	-50%/+100%

SISTEMA	DEFINIÇÃO	EF ₃ (KG N ₂ O-N/KG DE NITROGÊNIO EXCRETADO)	INTERVALO DE INCERTEZA DE EF ₃ (%)
ARMAZENAGEM EM POÇOS LOCALIZADOS ABAIXO DE CONFINAMENTOS	ARMAZENAGEM COMBINADA DE ESTERCO E URINA ABAIXO DE SISTEMAS DE CONFINAMENTO ANIMAL	0,001	-50%/+100%
DIGESTOR ANAERÓBICO	ESTERCO E URINA EM ESTADO LÍQUIDO SÃO COLETADOS E Digeridos ANAEROBICAMENTE. CH ₄ PODE SER QUEIMADO OU EXPELIDO.	0,001	-50%/+100%
QUEIMA PARA COMBUSTÍVEL	ESTERCO E URINA SÃO DESPEJADOS NAS LAVOURAS. O SOL SECA AS PORÇÕES DE ESTERCO QUE, APÓS, SÃO QUEIMADOS PARA COMBUSTÍVEL. O N DA URINA DEPOSITADO NA PASTAGEM E NO CAMPO DEVE SER TRATADO NESTA CATEGORIA	0,007 0,02	-50%/+100%

Quadro 43 - Valores *default* para fatores de emissão de N₂O por manejo de estrume. – Modelo AGRIPPEC.
Fonte: IPCC, 1996.

Assim, conjugando dados coletados na propriedade com fatores e coeficientes pré-estabelecidos são gerados os resultados sobre emissões de óxido nitroso por manejo de dejetos de animais. Os resultados são apresentados na forma de emissões anuais (kg de N₂O/cabeça/ano).

7.5 AGRIPPEC-LEITE: UMA APLICAÇÃO DO MODELO AGRIPPEC NUMA PROPRIEDADE DE PECUÁRIA DE LEITE

Esta seção apresenta os resultados da aplicação do modelo AGRIPPEC em uma propriedade leiteira. Em primeiro lugar, é apresentado o contexto de produção definido para a referida propriedade rural. Em segundo lugar, são apresentados os sistemas de alimentação (alimentos volumosos), as máquinas e equipamentos utilizados nesses sistemas, a mão de obra empregada, os custos totais das máquinas e equipamentos, os custos com insumos (*inputs*), e os custos totais de produção. A seguir, são apresentados os sistemas de criação (Atelier) definidos no contexto. Para tanto, apresenta-se as benfeitorias e os equipamentos com seus respectivos custos, a mão de obra utilizada e seu custo em cada sistema, os custos com insumos, os custos totais e os resultados econômicos. Na sequência, são analisadas as estimativas das emissões de metano por fermentação entérica e por manejo de dejetos, bem como, as emissões de óxido nitroso. Por último, são apresentadas as considerações finais.

7.5.1 Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS

A propriedade se localiza no município de Marau, situado ao Norte do Rio Grande do Sul. O município de Marau faz parte da chamada Região da Produção. Como o próprio nome sugere a região é conhecida pela sua importância histórica na produção agropecuária, em especial, a produção de grãos. Quanto aos aspectos ambientais, a região apresenta um clima com características subtropicais, em geral, com temperaturas médias anuais inferiores às ocorridas na demais regiões do estado. Quanto à hidrografia, a elevação do relevo para Coxilha Geral (Coxilha Grande do Albardão) do estado e pelo seu dorso, que constitui o divisor de águas das importantes bacias hidrográficas do Uruguai e do Jacuí, faz com que arroios, sangas e rios da região tomem a direção dessas. Já, quanto aos solos, estes apresentam uma declividade geral do oriente para o ocidente, sendo a região atravessada no mesmo sentido por uma elevação que forma sucessivas coxilhas e chapadões, com a tendência à declividade, a qual, diminui à medida que toma a direção para o oeste. Ao sul, verifica-se a presença de jazidas de basalto e, ao norte, de águas termais e minerais. Em função de suas características agroecológicas de clima, solo e precipitação pluviométrica a

região é propícia à produção de culturas temporárias, o que a torna importante produtora de grãos do estado.

A propriedade pesquisada apresenta as seguintes atividades produtivas ligadas à agropecuária: pecuária de leite, avicultura e produção de grãos. A área total de propriedade disponível à produção é de 52,2 hectares, sendo 27,2 hectares de terras próprias e 25 hectares de terra arrendada. A produção agrícola é dividida em culturas de inverno e de verão. A produção de verão de alimentos volumosos se caracteriza pela produção de milho para silagem cuja área destinada é de 6,5 hectares e pela produção de sorgo consorciado com milheto em uma área de 5 hectares.

Tabela 14 - Área de terra destinada à produção agropecuária da propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Tipo de produção	Especificação	Área (ha)
Volumosos	Milho Silagem	6,5
	Sorgo + milheto	5
	Azevém + aveia	25
Grãos	Soja	40
	Milho	10
Outros	Pastagem nativa	2

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A produção de inverno de volumosos é composta, exclusivamente pelo consórcio de azevém com aveia. Além disto, existe um potreiro de, aproximadamente, 2 hectares próximo à sala de ordenha (Tabela 14).

Em relação à produção de grãos para a venda, a mesma está concentrada na produção de soja com uma área de 40 hectares. Além da soja, são cultivados 10 hectares de milho para auto-consumo na propriedade, principalmente para a produção de “milho-úmido” que é fornecido ao gado. Ambas, são culturas de verão e, segundo depoimento do proprietário, a baixa escala de produção de soja obtida dado às características fundiárias da propriedade (pequena propriedade) e, o conseqüente baixo retorno financeiro, induziram o mesmo a diversificar a produção. Neste contexto, foi introduzida a pecuária de leite que permite entradas financeiras mensais e garante a sustentabilidade econômica da propriedade.

No contexto da pecuária de corte gaúcha, as principais motivações que levam os produtores gaúchos a ingressar na atividade pecuária estão relacionadas à tradição, satisfação e por considerar a pecuária como uma atividade segura (MIGUEL *et. al.* 2006).

Com relação à produção comercial de frangos de corte, essa é realizada, por meio de contrato de integração com a indústria avícola (Figura 8). Os sistemas integrados vinculam o produtor à agroindústria processadora através de contratos que variam conforme o tipo de integração.



Figura 8 - Placa indicativa do sistema de produção avícola integrada da propriedade.
Fonte: Primária, 2007.

Nesse processo, o produtor se responsabiliza pela criação do frango e pelo fornecimento de equipamentos e instalações; por sua vez, a agroindústria, no caso a Agroindústria Perdigão, situa-se tanto a montante da produção primária, pelo fornecimento de insumos (rações e medicamentos) e pela prestação de assistência técnica, como a jusante, processando a matéria-prima.

7.5.2 Sistemas de alimentação (volumosos)

Essa seção apresenta os sistemas de alimentação da propriedade. Em primeiro lugar, são apresentados os tipos de sistema de produção de alimentos volumosos. A seguir, são dados os tipos de máquinas e equipamentos e seus custos de produção. Na sequência, é descrito o tipo de mão de obra da propriedade e seu custo. Após, são apresentados os resultados dos cálculos dos custos totais de máquinas e equipamentos, os custos com insumos e os custos totais de produção para cada sistema de alimentação.

A Tabela 15 apresenta os Sistemas de Alimentação de gado leiteiro da propriedade. A estratégia de alimentação adotada demonstra haver uma relativa intensificação do processo produtivo, haja vista, a silagem de milho produzida no verão e distribuída ao longo do ano, principalmente, para as vacas em lactação, além da complementação alimentar com concentrados. Assim, são utilizados 6,5 hectares para a produção de milho com uma produtividade de 74.000 kg de silagem/ha, o que proporciona uma produção total de silagem de 481.000 kg. Observa-se haver uma sucessão de culturas em que, no inverno, são cultivados, em consórcio, cinco hectares de azevém e aveia e, no verão, a área é coberta com o consórcio de sorgo e milheto. Além disto, são destinados vinte e cinco hectares para a produção de azevém e aveia no inverno, os quais serão sucedidos, no verão, pela produção de soja, sorgo ou milho no contexto do sistema de plantio direto na palha. Além disto, existe, próximo ao curral e da sala de ordenha, uma área de dois hectares com pasto nativo. No entanto, a distribuição das terras pode mudar conforme condições de mercado, o clima, as necessidades do produtor, a disponibilidade de mão de obra e condições de crédito.

Tabela 15 - Sistemas de alimentação de gado leiteiro da Propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.

Sistema de alimentação	Biomassa anterior	Tipo	Duração (meses)	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Produção (kg)
Silagem de milho	azevem+aveia	silagem	4	6,5	74 000	481 000
Consórcio Sorgo+Milheto	azevem+aveia	pastagem	4	5	10 000,00	50 000
Consórcio Azevem+Aveia	Soja+sorgo+milho	pastagem	6	25	3000	75 000
Potreiro nativo	Potreiro nativo			2		-
Área total sistema de alimentação				38,50		

Fonte: Primária, 2007.

Segundo o proprietário, o preço do hectare da terra é de R\$ 12.000,00. Considerando-se um preço pago pelo arrendamento da terra de dez sacos de soja por hectare, observa-se o alto custo de oportunidade da terra de R\$ 12.012,00 para a área destinada ao sistema de alimentação, ou, R\$ 312,00/ha. Tal fato, pode estar induzindo à intensificação do sistema de produção leiteira da propriedade como estratégia de sua viabilidade e sustentabilidade econômica, pois somente através de um sistema produtivo com alta produtividade, é possível cobrir tal custo de oportunidade.

A figura 9 apresenta uma visão parcial do rebanho leiteiro no momento em que o mesmo está localizado no piquete da propriedade. Ao fundo, observa-se a área destinada à lavoura aproximando-se fortemente da pequena mata ciliar situada ao longo do curso de água. O uso intensivo da terra é uma característica da região, o que pode causar problemas ambientais tais como, redução da mata nativa.

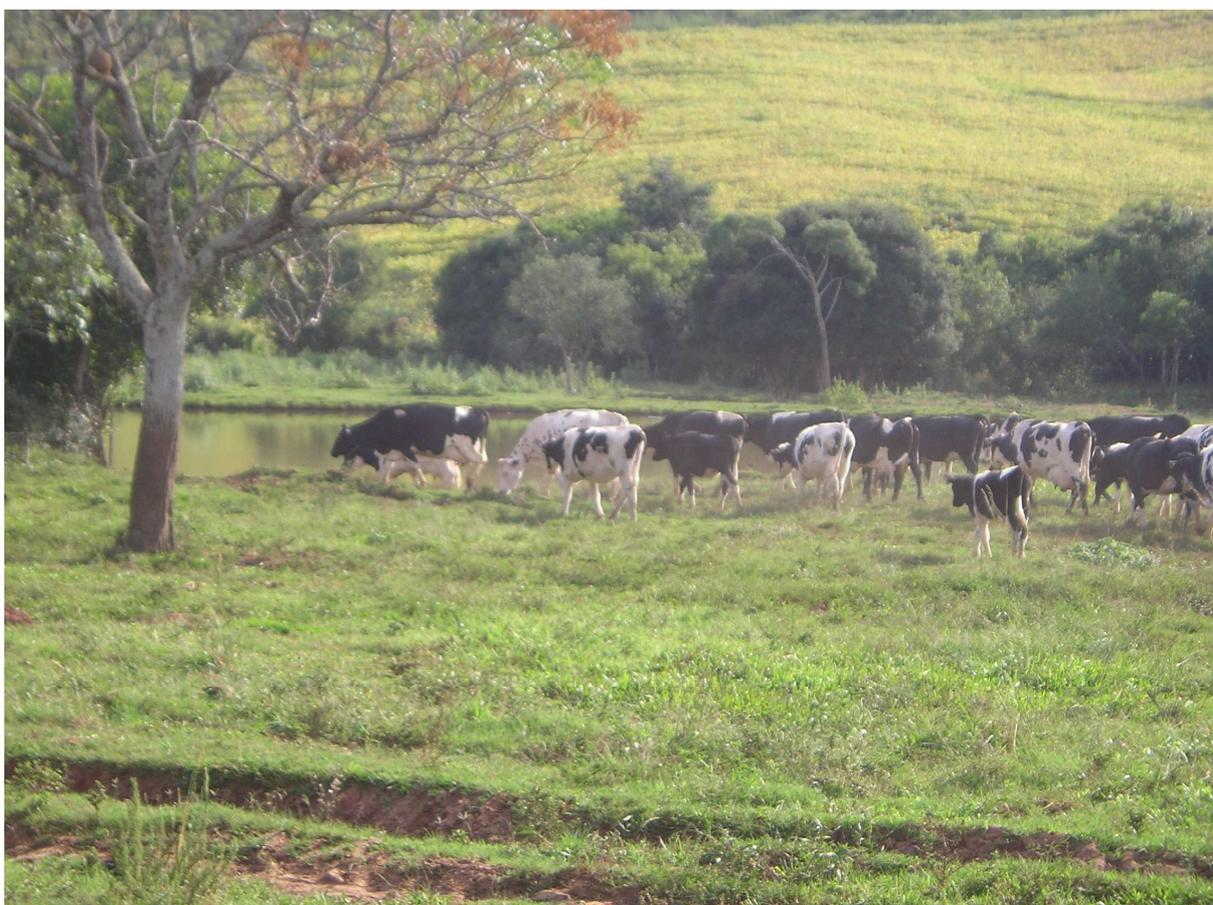


Figura 9 - Visão parcial do rebanho localizado na área destinada ao “piquete” da propriedade.
Fonte: Primária, 2007.

Na área destinada à lavoura, pode-se observar a formação da “palha” necessária para o plantio direto. No primeiro plano, observa-se algumas vacas leiteiras da raça holandesa e o pasto do piquete. Os dejetos dos animais são dispostos diretamente no solo sem nenhum manejo ou tratamento.

7.5.3 Sistemas de criação (atelier)

Essa seção apresenta os sistemas de criação (Atelier) da propriedade. Em primeiro lugar, são apresentados os tipos de sistema de criação ou categorias de animais. A seguir, são dados os tipos de benfeitorias e equipamentos e seus custos fixos. Na sequência, é descrito o tipo de mão de obra da propriedade e seu custo. A seguir, são analisados os custos com insumos, máquinas e equipamentos e seus custos de produção. Após, são apresentados os resultados dos cálculos dos custos totais por sistema de criação.

Conforme a Tabela 16, o rebanho da propriedade é composto por 61 cabeças de gado com um valor total de R\$ 89.200,00, sendo que o mesmo, é dividido em seis subcategorias denominadas Sistemas de criação ou Atelier, a saber: Bezerras até um ano, Novilhas não prenhas, Novilhas prenhas, Vacas em lactação, Vacas secas e Touros. O rebanho já está estabilizado com vinte vacas em lactação que representam 33% do total do rebanho. O plantel é composto por animais de raça holandesa, cuja vocação é a produção de leite.

Tabela 16 - Sistemas de criação de gado leiteiro da Propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.

Sistema de criação (Atelier)	Sistema	Duração	Duração	N°	Participação relativa	Valor Unitário	Valor total
Nome do sistema	anterior	(meses)	(dias)	cabeças	no rebanho (%)	(R\$)	(R\$)
Bezerras até um ano	Vacas prenhas	10	300	10	16%	400,00	4 000,00
Novilhas não prenhas	Bezerras até um ano	18	540	14	23%	800,00	11 200,00
Novilhas prenhas	Novilhas não prenhas	24	720	6	10%	1 500,00	9 000,00
Vacas em lactação	Vacas secas/novilhas	9	270	20	33%	2 200,00	44 000,00
Vacas secas	Vacas em lactação	3	90	10	16%	2 000,00	20 000,00
Touros	mercado	18	540	1	2%	1 000,00	1 000,00
Valor Total				61			89 200,00

Fonte: Primária, 2007

Conforme o manejo do rebanho, são mantidas apenas as fêmeas na propriedade, os bezerrões são vendidos ao mercado ou abatidos logo após a apartação. Assim, na medida em que a bezerra cresce e se desenvolve ela permanece em cada categoria animal.

A primeira categoria é a “Bezerras até um ano”, são bezerras de até dez ou doze meses. No momento da aplicação do modelo, essa categoria apresentava dez animais e representava 16% do rebanho. A figura 10 apresenta alguns animais dessa categoria.



Figura 10 - Sistema de criação: “Bezerras até um ano” - Contexto: Propriedade do Sr. Francisco Bordignon. Fonte: Primária, 2007.

A segunda categoria animal é composta de fêmeas jovens que ainda não entraram na fase de reprodução, são as “Novilhas não prenhas” com idade até dezoito meses. Essa categoria é composta por quatorze fêmeas e representa 23% do rebanho. Na sequência, tem-se as “Novilhas Prenhas”, são fêmeas com 24 meses e que já atingiram a idade reprodutiva e estão prenhas, essas representam 10% do plantel.

A produção de leite ocorre na categoria “Vacas em Lactação”. Essa categoria é composta por vinte vacas em plena lactação, cuja produtividade média é de dezesseis (16)

litros de leite por dia, o que resulta numa produção diária de 320 litros de leite. Como o rebanho já está estabilizado e o produtor adota um manejo que permite sempre haver vinte vacas em lactação, a produção anual é de 116.800 litros de leite, considerando-se 365 dias de lactação. A figura 11 apresenta alguns exemplares dessa categoria animal.

As vacas que não estão na fase de lactação são agrupadas no atelier “Vacas Secas”. Essa categoria animal é composta por dez vacas e representam 16% do rebanho. A categoria animal “Touros” é composta por apenas um animal responsável pela reprodução.

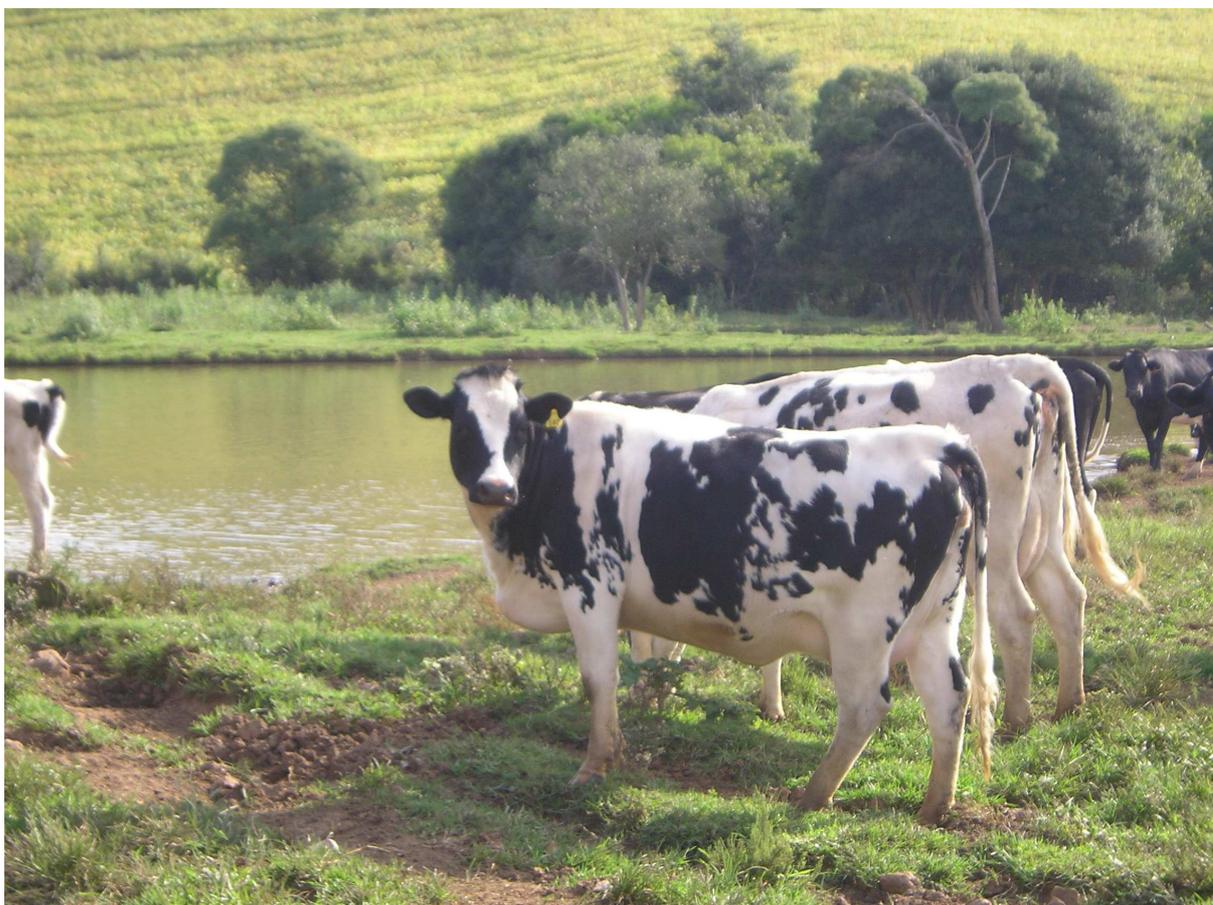


Figura 11 - Sistema de criação: “Vacas em lactação” - Contexto: Propriedade do Sr. Francisco Bordignon. Fonte: Primária, 2007.

Para cada Atelier, são calculados os custos de produção e as emissões de GEEs associadas.

7.5.4 Resultados econômicos

Os resultados econômicos da atividade leiteira e da produção de leite são apresentados nas Tabelas 17 e 18. Segundo Gomes (2001), a atividade leiteira inclui a produção de leite e a recria de novilhas. Portanto, o custo da atividade leiteira é maior do que o custo do leite. O preço do leite deve ser comparado com o custo do mesmo e não com o da atividade leiteira. Assim, o autor propõe que os custos totais sejam rateados pela participação do leite sobre a receita total, para a obtenção do custo de produção de leite.

Tabela 17 - Resultados econômicos da atividade leiteira na propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.

Custos Variáveis	Valor	Custo Variável médio por cabeça
Mão-de-obra familiar	2 239,40	36,71
Insumos sanidade	550,22	9,02
Insumos alimentação	17 598,22	288,50
Insumos pastagens	17 952,83	294,31
Reparos e manutenções das benfeitorias	755,01	12,38
Reparos e manutenções dos equipamentos	225,50	3,70
Total	39 321,18	644,61
Custos Fixos	Valor	Custo Fixo médio por cabeça
Depreciação anual de instalações	357,34	5,86
Seguro anual de instalações	4,47	0,07
Juros anuais de instalações	1 087,22	17,82
Depreciação anual de equipamentos	3 639,00	59,66
Seguro anual de equipamentos	39,44	0,65
Juros anuais de equipamentos	250,07	4,10
Total	5 377,53	88,16
Despesas Gerais	Valor	Custo Total médio por cabeça
INSS	2 686,40	44,04
ITR	-	0,00
Taxas e contribuições	233,60	3,83
Total	2 920,00	47,87
Custo Total I da atividade leiteira	47 618,71	692,48
Custo de oportunidade da Terra	12 012,00	196,92
Custo de oportunidade do rebanho	5 352,00	87,74
Custo Total II da atividade leiteira	64 982,71	1 065,29
Margem Bruta da atividade leiteira	41 158,82	
Margem Líquida da atividade leiteira	15 497,29	

Fonte: Primária, 2007.

Como o rebanho está estabilizado, pode-se considerar que haverá vinte vacas em lactação durante os 365 dias do ano. A produtividade por vaca é de 16 litros/dia, o que se traduz numa produção anual de 116,8 mil litros/ano. Cabe destacar que o custo de oportunidade do rebanho leva em consideração o total de animais que compõem o mesmo, e não somente as vacas em lactação.

Tabela 18 - Resultados econômicos da produção de leite na propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.

Item	Receitas Totais	% sobre receitas totais
Leite	75 920,00	94%
Descarte de vacas	4560	6%
Total	80 480,00	100%
Custo da produção de leite	Valor	Custo por litro
Custos variáveis	37 093,24	0,32
Custos Fixos	5 072,84	0,04
Despesas Gerais	2 754,55	0,02
Custo total I	44 920,64	0,38
Custo de oportunidade da Terra	11 331,40	0,10
Custo de oportunidade do rebanho	5 352,00	0,05
Custo total II	61 604,04	0,53
Margem Bruta da produção de leite	38 826,76	
Margem Líquida da produção de leite	14 315,96	

Fonte: Primária, 2007.

Os resultados apresentados nas tabelas acima apontam para uma sustentabilidade econômica da atividade a longo prazo, haja vista, as margens positivas tanto para a atividade leiteira como um todo, como para a produção de leite propriamente dita. Observa-se que, ao preço corrente do leite, são cobertos os custos totais mesmo considerando o custo de oportunidade da terra e do rebanho. Entretanto, cabe destacar a variação do preço do leite dada a sazonalidade da produção leiteira, em períodos de maior oferta forrageira e, conseqüentemente, de maior oferta de leite os preços tendem a cair, o que compromete os resultados econômicos da atividade.

7.5.5 Emissões de metano por fermentação entérica e por manejo de dejetos

A seguir são apresentadas as estimativas de metano por fermentação entérica e por manejo de dejetos obtidos pela aplicação do modelo AGRIPPEC. A Tabela 19 apresenta os dados e parâmetros utilizados para a estimação do fator de emissão e as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Bezerras até um ano”. Os animais são da raça holandesa e apresentam um peso vivo médio de 160,00 kg, sendo que o peso potencial do animal adulto dessa raça foi considerado como de 800 kg. O coeficiente necessário para o cálculo da energia de manutenção (C_f) considerado foi de 0,322 (gado - não lactação). O sistema de alimentação ($C_a = 0,17$) é o de pastagem intensiva ou pasto em que os animais são confinados em áreas com suficiente oferta de forragem e requerendo um modesto gasto de energia para obter o alimento.

O valor considerado para a digestibilidade foi de 66,8%. A digestibilidade é resultado da média ponderada da digestibilidade de cada sistema de alimentação ponderada pela participação relativa de cada sistema na dieta alimentar. Os dados da digestibilidade dos alimentos foram obtidos de estimativas regionais realizadas pela Universidade de Passo Fundo (UPF).

Tabela 19 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “bezerras até um ano” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	10	cabeças
Peso vivo médio animal (W)	160,00	kg
Peso total do rebanho	1 600,00	kg
Raça:	Holandesa	
Peso potencial do animal adulto (MW)	800,00	kg
C_f	0,322	
Sistema de alimentação (C_a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	66,78	%
Ganho de peso diário	0,60	kg
C	0,80	
Y_m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne_m)	14,49	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne_a)	2,46	MJ/dia
Energia líquida para crescimento (Ne_g)	4,45	MJ/dia
Energia líquida por perda de peso ($Ne_{mobilizada}$)	-3,56	MJ/dia
$Ne_{ma}/DE =$	0,52	

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
$Ne_{ga}/DE =$	0,32	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	59,55	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	23,44	kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	234,35	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,146	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,06	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

Para o cálculo da energia líquida necessária ao crescimento animal (Ne_g), considerou-se um ganho de peso diário de 0,600 kg, conforme estimativas realizadas pelo produtor. O coeficiente C utilizado foi de 0,8 para fêmeas. Utilizou-se o valor médio (0,06) da taxa de conversão de metano (Y_m) para o cálculo do fator de emissão de metano por fermentação entérica.

Assim, a partir da necessidade de energia bruta (GE) obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 23,44 kg de CH₄/cabeça/ano. Considerando-se as emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 234,35 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,06 kg CH₄/cabeça animal. Levando-se em conta a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,146 kg CH₄/kg Peso vivo.

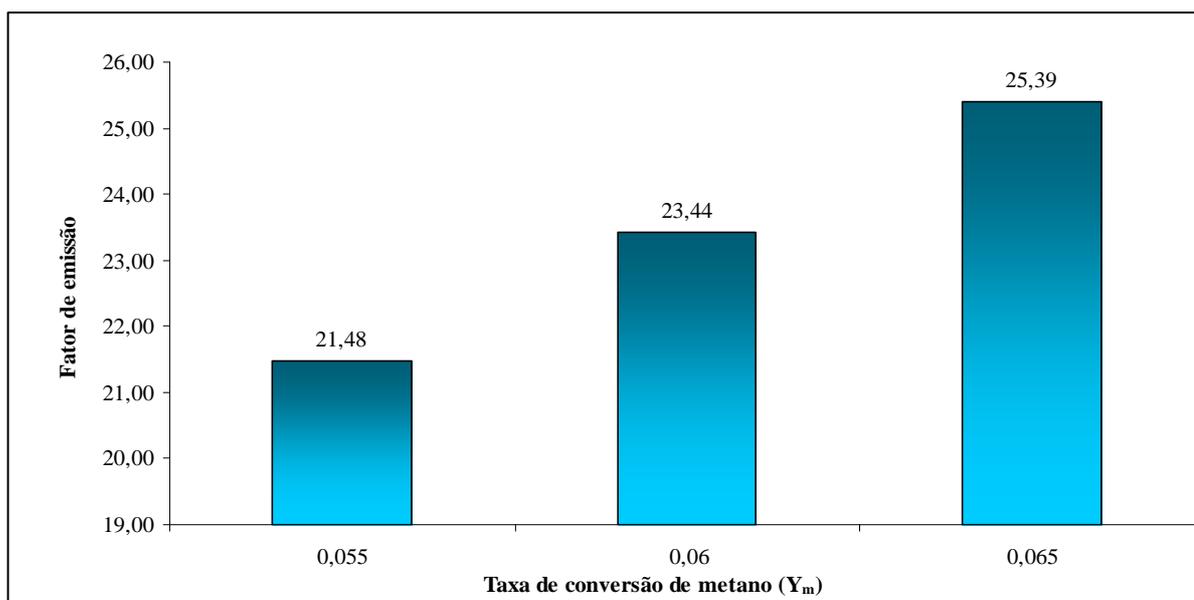


Gráfico 6 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação "bezerras até um ano". Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.
Fonte: Primária, 2007.

Conforme o intervalo de valores considerado para a taxa de conversão de metano, é obtido o intervalo de fatores de emissão de metano. Para a categoria animal “bezerras até um ano”, os valores variam de 21,48 a 25,36 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 6)

Tabela 20 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “novilhas não prenhas” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	14	cabeças
Peso vivo médio animal (W)	380,00	kg
Peso total do rebanho	5.320,00	kg
Raça:	Holandesa	
Peso potencial do animal adulto (MW)	800,00	kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	65,48	%
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	27,71	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	4,71	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,52	
Ne _{ga} /DE =	0,31	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	96,07	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	37,81	Kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	529,31	Kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,099	Kg CH₄/Kg PV
Emissões diárias	0,10	Kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 20 apresenta as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Novilhas não prenhas”. Os coeficientes C_f (coeficiente necessário para o cálculo da energia de manutenção), C_a (coeficiente de sistema de alimentação) e a taxa de conversão de metano (Y_m) foram considerados os mesmos do sistema anterior. A digestibilidade dos alimentos obtida foi de 65,48%.

A partir da necessidade de energia bruta (GE), obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 37,81 kg de CH₄/cabeça/ano. Considerando-se as emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 529,31 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,10 kg

CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,146 kg CH₄/kg Peso vivo.

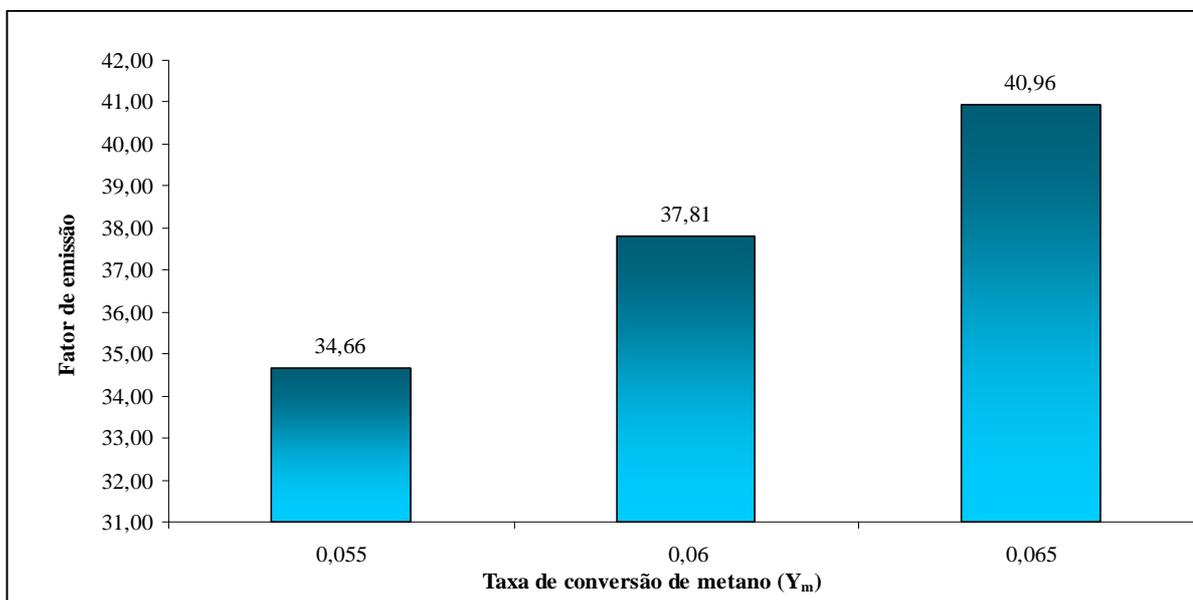


Gráfico 7 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas não prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon. Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 34,66 a 40,96 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 7).

As emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas prenhas” são apresentadas na Tabela 21. Esse sistema é composto por seis animais com peso vivo médio de 480 kg. Como as novilhas estão em gestação, é necessário agregar à necessidade bruta de energia, os valores estimados para a energia de prenhez (Ep), o que acarreta em maiores emissões de metano por animal nessa categoria se comparada ao sistema de criação anterior “Novilhas não prenhas”.

Tabela 21 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “novilhas prenhas” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	6	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	480,00	Kg
Peso total do rebanho	2.880	Kg
Raça:	Holandesa	
Peso potencial do animal adulto (MW)	800,00	Kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	65,48	%
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	33,02	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	5,61	MJ/dia
Energia líquida para prenhez (Ne _p)	3,30	MJ/281dias
Ne _{ma} /DE =	0,52	
Ne _{ga} /DE =	0,31	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	114,47	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	45,05	Kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	270,29	Kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,094	Kg CH₄/Kg PV
Emissões diárias	0,12	Kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

Assim, a necessidade de energia bruta (GE) estimada foi de 114,47 MJ e o fator de emissão de metano (EF) estimado foi de 45,05 kg de CH₄/cabeça/ano. Em termos de emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 270,29 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,09 kg CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,12 kg CH₄/kg Peso vivo.

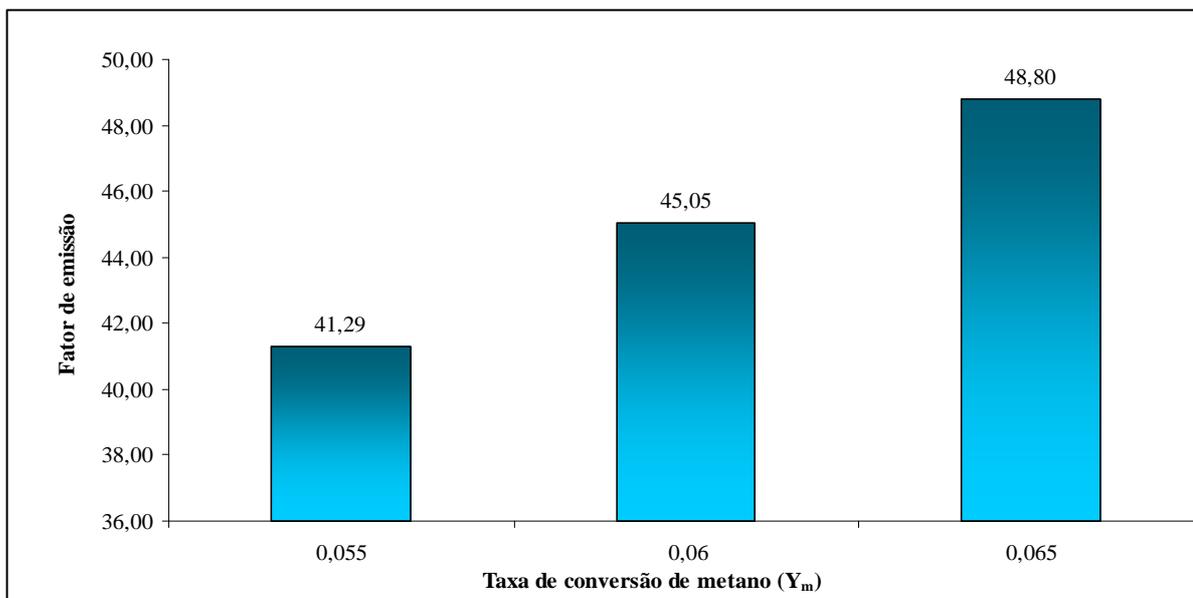


Gráfico 8 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.
Fonte: Primária, 2007.

Em termos de emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 270,29 kg CH_4 , ou emissões diárias de 0,09 kg CH_4 /cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,12 kg CH_4 /kg Peso vivo.

Ao se levar em conta o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 34,66 a 40,96 kg de CH_4 /cabeça/ano (Gráfico 8).

Tabela 22 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “vacas em lactação” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	20	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	600,00	Kg
Peso total do rebanho	12.000,00	Kg
Raça:	Holandesa	
Produção diária de leite	16	Kg/dia
Teor de gordura	3	%
Peso potencial do animal adulto (MW)	800,00	Kg
C_f	0,335	
Sistema de alimentação (C_a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	67,00	%

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Y_m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne_m)	40,61	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne_a)	6,90	MJ/dia
Energia líquida para lactação (Ne_l)	42,72	MJ/281dias
$Ne_{ma}/DE =$	0,52	
$Ne_{ga}/DE =$	0,32	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	258,86	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	101,87	Kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	2 037,42	Kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,170	Kg CH₄/Kg PV
Emissões diárias	0,28	Kg CH₄/cabeça
Emissões de CH₄ por litro de leite produzido	0,017	Kg CH₄/Kg leite

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 22 apresenta os dados utilizados na estimação do fator de emissão e as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Vacas em lactação”. O fator de emissão de Metano obtido para as vacas em lactação foi de 101,87 Kg/cabeça/ano, valor abaixo do verificado por Primavesi *et. al.* (2004). Os autores utilizaram a técnica de gás traçador, hexafluoreto de enxofre (SF₆) em bovinos leiteiros a pasto, em condições tropicais brasileiras e obtiveram valores entre 121 e 147 kg/animal/ano, para uma produção diária de leite de 22,7 litros.

O valor obtido para o fator de emissões para vacas leiteiras aproxima-se do valor *default* estimado pelo IPCC (1996) para vacas leiteiras na América do Norte de 118 Kg/cabeça/ano para uma produção de 6.700 kg leite/cabeça ano, e para a Europa Ocidental cujo fator *default* é de 100 Kg/cabeça/ano referente à produção de 4.200 kg leite/cabeça ano. Tal fato, evidencia que, pelo grau de intensificação da pecuária leiteira na propriedade considerada, possíveis estratégias de redução de emissões possam se traduzir em fortes custos marginais de abatimento.

Para as emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 2.278,56 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,31 kg CH₄/cabeça animal., sendo que a produção de metano por unidade de peso vivo animal foi estimada em 0,19 kg CH₄/kg Peso vivo. Em termos de emissões de CH₄ por unidade de leite produzido o valor estimado pelo modelo foi de 0,016 CH₄/kg leite.

As emissões por litros de leite produzidos foram estimadas em 16 gramas/litro, valor próximo aos 18,4 gramas/litro obtidos por Primavesi *et. al.* (2004). Lima *et. al.* (2002) estimaram um fator de emissão de 62 Kg/cabeça/ano para vacas leiteiras para uma produção diária de 3,3 kg leite/cabeça/dia para o Rio Grande do Sul. Segundo estes dados, a produção de metano por litro produzido é de 53,96 gramas/litro de leite. Embora a produção de metano por cabeça/ano estimada por Lima *et. al.* (2002) seja menor do que a considerada no presente trabalho, a produção de metano por litro de leite é maior. Isto indica que a intensificação da pecuária de leite e, o conseqüente ganho de produtividade, pode ser uma estratégia chave para a redução das emissões de metano por leite produzido para aquelas propriedades com baixa produtividade. Segundo Primavesi *et. al.* (2004), vacas com maior potencial de produção conseguem distribuir melhor a produção de metano por unidade de produto gerado.

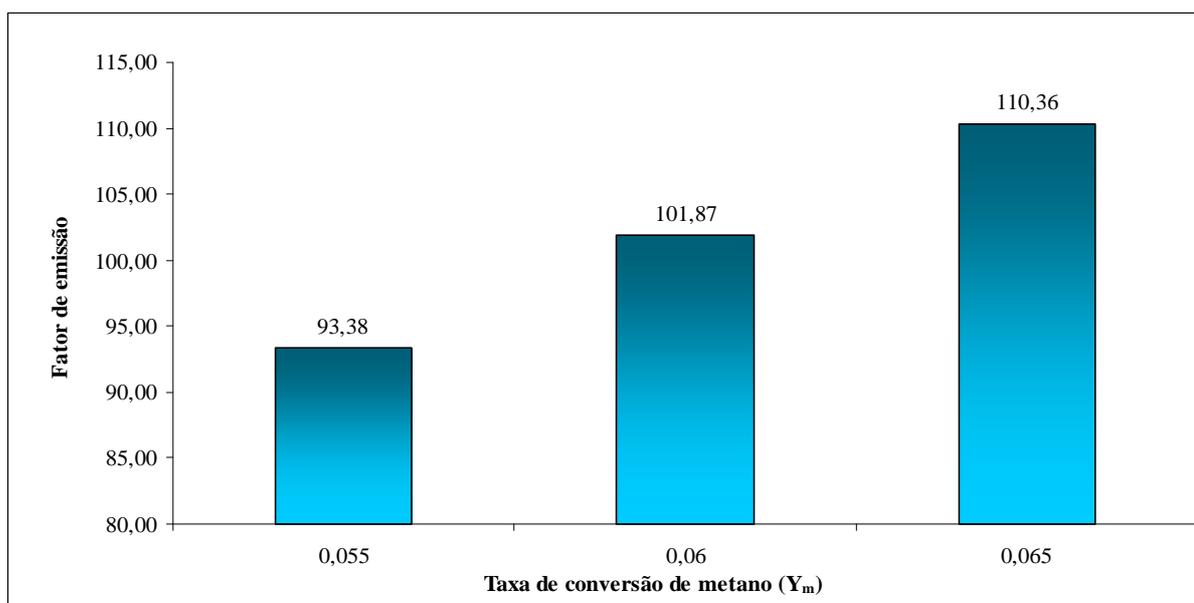


Gráfico 9 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “vacas em lactação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.
Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 93,38 a 110,36 kg de CH_4 /cabeça/ano (Gráfico 9).

Tabela 23 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “vacas secas” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	10	cabeças
Peso vivo médio animal (W)	600,00	kg
Peso total do rebanho	6.000,00	kg
Raça:	Holandesa	
Peso potencial do animal adulto (MW)	800,00	kg
C_f	0,322	
Sistema de alimentação (C_a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	67,00	%
C	0,80	
Y_m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne_m)	39,04	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne_a)	6,64	MJ/dia
$Ne_{ma}/DE =$	0,52	
$Ne_{ga}/DE =$	0,32	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	131,02	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	51,5	Kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	515,61	Kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,086	Kg CH₄/Kg PV
Emissões diárias	0,14	Kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 23 apresenta os valores estimados para as emissões de metano por fermentação entérica para a categoria animal “Vacas secas”. As emissões individuais foram estimadas em 51,5 Kg CH₄/ano. O sistema de criação emite anualmente 515,61 Kg CH₄.

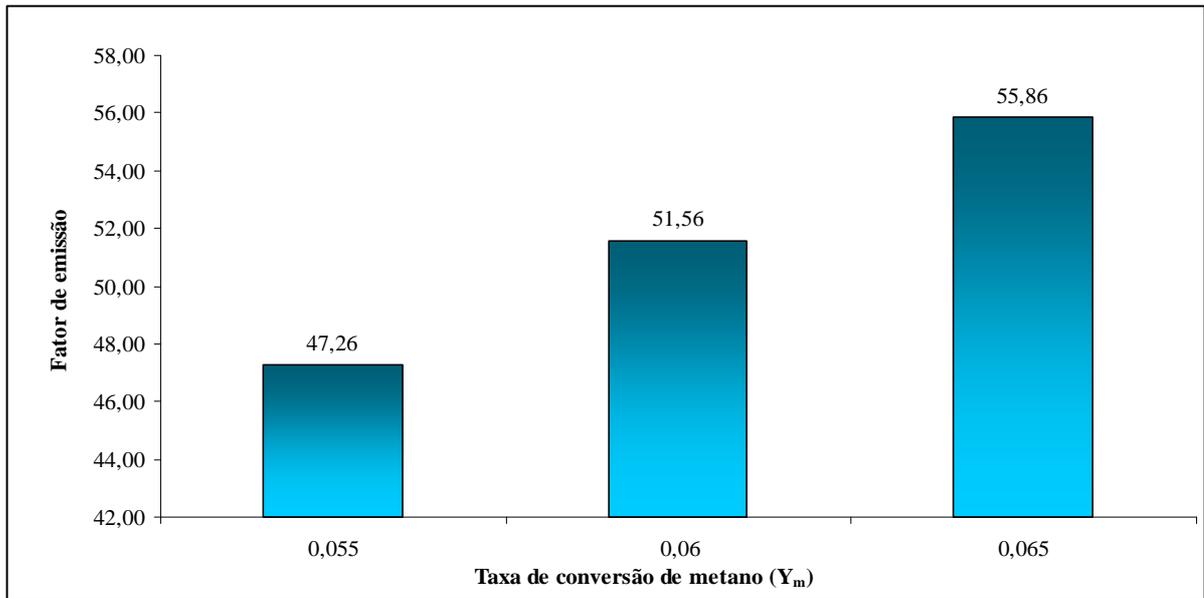


Gráfico 10 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “vacas secas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.
 Fonte: Primária, 2007.

As emissões diárias foram estimadas em 0,14 kg CH₄/cabeça animal., sendo que a produção de metano por unidade de peso vivo animal foi estimada em 0,086 kg CH₄/kg Peso vivo. Os fatores de emissão de metano para essa categoria animal foram estimados entre 47,26 a 55,86 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 10).

Tabela 24 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “touro” contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	1	cabeças
Peso vivo médio animal (W)	700,00	kg
Peso total do rebanho	700,00	kg
Raça:	Holandesa	
Peso potencial do animal adulto (MW)	800,00	kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	67,00	%
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	43,82	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	7,44	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,52	
Ne _{ga} /DE =	0,31	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	147,08	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	57,88	Kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	57,88	Kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,083	Kg CH₄/Kg PV
Emissões diárias	0,16	Kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 24 apresenta as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Touros”. Os coeficientes C_f (coeficiente necessário para o cálculo da energia de manutenção), C_a (coeficiente de sistema de alimentação) e a taxa de conversão de metano (Y_m) foram considerados os mesmos dos sistemas anteriores. A digestibilidade dos alimentos obtida foi de 67%.

A partir da necessidade de energia bruta (GE), obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 57,88 kg de CH₄/cabeça/ano, ou emissões diárias de 0,16 kg CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,083 kg CH₄/kg Peso vivo.

Considerando-se os valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 34,66 a 40,96 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 11).

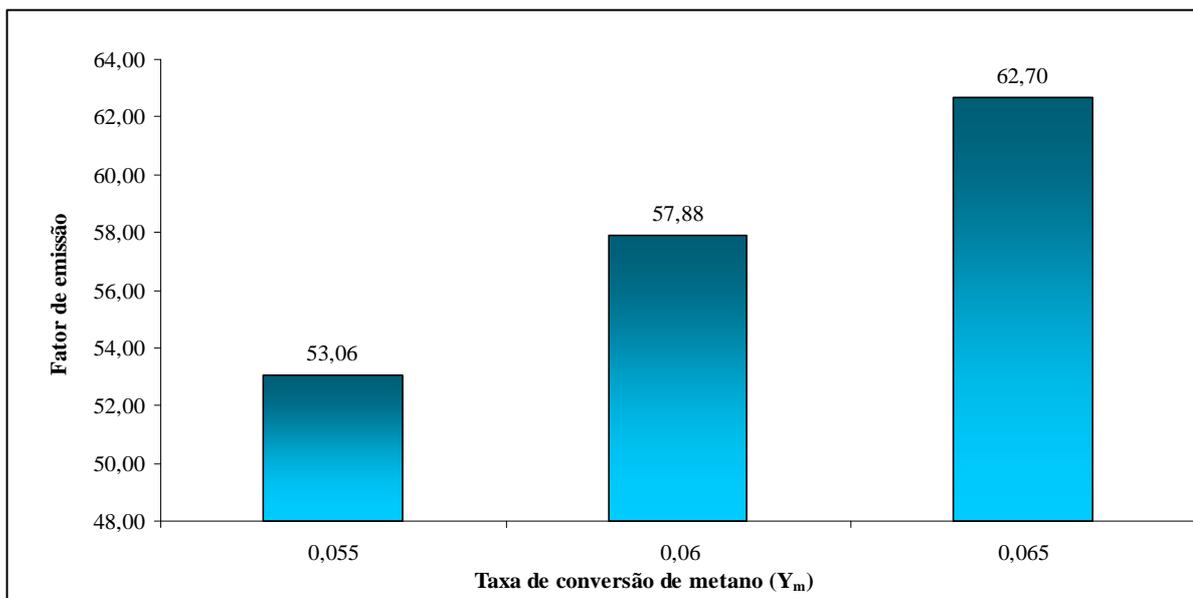


Gráfico 11 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas não prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon. Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 53,06 a 62,70 kg de CH_4 /cabeça/ano (Gráfico 11).

A Tabela 25 apresenta as emissões de metano por manejo de dejetos do rebanho leiteiro. O sistema de manejo adotado, é o da deposição direta no pasto conforme a classificação do IPCC (1996). Os fatores de emissão obtidos para Vacas Secas, Touros e Novilhas prenhas aproximaram-se ao do valor *default* do IPCC para a América Latina e para o clima temperado utilizado por Lima *et. al.* (2002), que é de 1 Kg CH_4 /cabeça/ano. Para as vacas leiteiras o fator de emissão estimado foi de 2,2 kg CH_4 /cabeça/ano. Tal valor pode ser explicado pelo grau de intensificação da produção de leite da propriedade que é superior ao proposto por Lima *et.al.* (2002).

Tabela 25 - Emissões de metano por manejo de dejetos do rebanho leiteiro. contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

	Bezerras até um ano	Novilhas não prenhas	Novilhas prenhas	Vacas em Lactação	Vacas Secas	Touros
Número de animais:	10	14	6	20	10	1
Emissão de Metano (Kg/cabeça/dia)	0,0013	0,0022	0,0026	0,0061	0,0028	0,0032
Emissões Anuais (Kg CH ₄ /cabeça)	0,4704	0,7886	0,9396	2,2302	1,0281	1,1542
Emissões diárias do Sistema (Kg CH ₄)	0,0129	0,0302	0,0154	0,1222	0,0282	0,0032
Emissões por KG Peso Vivo (Kg CH ₄ /Kg PV)	0,0029	0,0021	0,0020	0,0037	0,0017	0,0016
Emissões anuais do sistema (Kg CH ₄ /ano)	4,70	11,04	5,64	44,60	10,28	1,15

Fonte: Primária, 2007.

Para a obtenção das emissões totais de metano provenientes da pecuária de leite, efetua-se a somatória dos totais de emissões de metano por fermentação entérica e de manejo de dejetos obtidas por categoria de animais.

Tabela 26 - Emissões totais de metano do rebanho leiteiro. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Bezerras até um ano	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,06421	23,43511	0,14647	-	234,35
Manejo de dejetos	0,00129	0,47042	0,00294	-	4,70
Emissões totais	0,06549	23,90553	0,14941	-	239,06
Novilhas não prenhas	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,104	37,808	0,099	-	529,31
Manejo de dejetos	0,002	0,789	0,002	-	11,04
Emissões totais	0,106	38,596	0,102	-	540,35
Novilhas prenhas	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,134	48,802	0,190	-	292,81
Manejo de dejetos	0,003	0,940	0,002	-	5,64
Emissões totais	0,136	49,741	0,192	-	298,45
Vacas em lactação	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,279	101,871	0,170	0,017	2037,42
Manejo de dejetos	0,006	2,031	0,003	0,000	40,63
Emissões totais	0,285	103,902	0,173	0,018	2078,05
Vacas secas	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,153	55,858	0,093	-	558,58
Manejo de dejetos	0,003	1,028	0,002	-	10,28
Emissões totais	0,156	56,886	0,095	-	568,86
Touros	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,159	57,881	0,083	-	57,88
Manejo de dejetos	0,003	1,154	0,002	-	1,15
Emissões totais	0,162	59,035	0,084	-	59,03

Fonte: Primária, 2007.

Assim, as emissões totais de metano foram estimadas em: 239,06 kg CH₄/ano para as bezerras até um ano; 540,35 kg CH₄/ano para novilhas não prenhas; 289,45 kg CH₄/ano para novilhas prenhas; 2078,05 kg CH₄/ano para vacas em lactação; 568,86 kg CH₄/ano para vacas secas; 59,03 kg CH₄/ano para os touros. A categoria vacas em lactação foi a principal contribuinte para as emissões de metano geradas na atividade produtiva correspondendo com 58% das emissões totais. O total de metano emitido pela atividade de produção leiteira foi, portanto, de 3783,80 Kg CH₄/ano, ou, 32,460 gramas de CH₄/litro de leite produzido, considerando-se uma produção anual de 116,8 mil litros de leite ao ano (Tabela 26).

7.5.6 Emissões de Óxido Nitroso (N₂O) provenientes da fertilização de solos por animais em pastagem

Na Tabela 27, são apresentadas as estimativas anuais das emissões de N₂O, em kg, provenientes de animais em pastagem, por categoria animal. Essas estimativas correspondem às emissões de N₂O diretas, provenientes de solos agrícolas, a partir da produção animal.

Tabela 27 - Emissões de óxido nitroso (N₂O) por manejo de dejetos do rebanho leiteiro na propriedade do Sr. Francisco Bordignon localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.

	Bezerras até um ano	Novilhas não prenhas	Novilhas prenhas	Vacas em Lactação	Vacas Secas	Touros	Total
N ₂ O(mm) kg/ano	4,95	13,86	5,94	33	16,5	1,65	75,9

Fonte: Primária, 2007.

As emissões de N₂O provenientes do sistema de manejo de dejetos de animais em pastagem foram estimadas em 75,9 Kg. Do total das emissões diretas de N₂O, as vacas em lactação contribuíram com 43%, seguidas das vacas secas com 21,7% do total.

7.5.7 Considerações

A aplicação do modelo AGRÍPEC em uma propriedade rural possibilitou a integração entre um modelo econômico de estimação dos custos de produção e um modelo ecológico de mensuração de gases efeito-estufa, apesar da complexidade que envolve o estudo sobre

emissões de gases efeito estufa, assim como, a presença de diferentes realidades produtivas na pecuária bovina brasileira.

Os resultados econômicos apontam para uma sustentabilidade econômica da atividade no longo prazo, haja vista, as margens positivas tanto para a atividade leiteira como um todo, como para a produção de leite propriamente dita. Observa-se que, ao preço corrente do leite, são cobertos os custos totais mesmo considerando o custo de oportunidade da terra e do rebanho.

O fator de emissão de metano obtido para as vacas em lactação foi de 113,93 kg/cabeça/ano, valor próximo ao verificado por Primavesi *et. al.* (2004), para bovinos leiteiros a pasto em condições tropicais brasileiras, bem como, próximo do valor *default* estimado pelo IPCC (1996) para vacas leiteiras na América do Norte e Europa Ocidental.

As emissões por litros de leite produzidos foram estimadas em 17 gramas/litro, abaixo do valor estimado por Lima *et. al.* (2002) (47,5 gramas/litro). Embora a produção de metano por cabeça/ano estimada por Lima *et. al.* (2002) seja menor do que a considerada no presente trabalho (62 kg/cabeça/ano), a produção de metano por litro de leite é maior. Isto indica que a intensificação da pecuária de leite e o conseqüente ganho de produtividade pode ser uma estratégia para a redução das emissões de metano por leite, produzido para aquelas propriedades com baixa produtividade.

7.6 AGRIPPEC-CORTE: UMA APLICAÇÃO DO MODELO AGRIPPEC NUMA PROPRIEDADE DE PECUÁRIA BOVINA DE CORTE

Esta seção apresenta os resultados da aplicação do modelo AGRIPPEC em uma propriedade bovina de corte. Em primeiro lugar, é apresentado o contexto de produção definido para a referida propriedade rural. Em segundo lugar, são apresentados os sistemas de alimentação (alimentos volumosos), as máquinas e equipamentos utilizados nesses sistemas, a mão de obra empregada, os custos totais das máquinas e equipamentos, os custos com insumos (*inputs*), e os custos totais de produção. A seguir, são apresentados os sistemas de criação (Atelier) definidos no contexto. Para tanto, apresenta-se as benfeitorias e os equipamentos com seus respectivos custos, a mão de obra utilizada e seu custo em cada sistema, os custos com insumos, os custos totais e os resultados econômicos. Na sequência, são analisadas as estimativas das emissões de metano por fermentação entérica e por manejo de dejetos, bem como, as emissões de óxido nitroso. Por último, são apresentadas as considerações finais.

7.6.1 Contexto: Cabanha Amor à Terra– Lagoa Vermelha/RS

A propriedade se localiza no município de Lagoa Vermelha,²⁹ situado ao norte do Rio Grande do Sul. O município faz parte do COREDE Nordeste. O COREDE é um corte regional de divisão territorial do estado do Rio Grande do Sul em Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDE's), enfocando o chamado COREDE Nordeste, composto atualmente de 23 municípios. Os coredes não representam apenas divisões geográficas, mas demonstram também regiões com características de produção semelhantes. Existem atualmente 24 (vinte e quatro) coredes no Rio Grande do Sul (FINAMORE *et al.* 2006). Em termos da divisão geográfica realizada pelo IBGE, o município localiza-se na mesorregião Nordeste rio-grandense e na microrregião de Vacaria. Situa-se numa altitude de 801 metros acima do nível do mar e apresenta um clima temperado, com verão ameno. Chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C. Precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente.

O tipo de solo predominante é o LB2 (Latosolo Bruno). Os solos são medianamente profundos (até 150 cm) bem a moderadamente drenados, de coloração vermelha amarelada, sendo o horizonte A de coloração bruno escura. Possuem textura argilosa e teores de matéria orgânica médios a altos. Apresentam altos teores de alumínio e são quimicamente pobres (MUSEU DOS SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL, 2007).

A propriedade é uma cabanha especializada na produção de touros das raças *Aberdeen Angus* e *Red Angus*. O sistema de produção pecuária é composto por todas as fases de criação, ou seja, dedica-se à cria, cria e engorda de bovinos de corte. Cabe destacar, que a propriedade se situa em uma região que, historicamente, desenvolveu sua economia com base na pecuária de corte. Porém, nas últimas décadas, fatores socioeconômicos substituíram a pecuária pela agricultura baseada no cultivo de grãos, em especial soja e milho, ao ponto de que a propriedade em questão ser uma das poucas remanescentes que se dedicam à pecuária de corte com campo nativo.

De fato, o espaço agrário gaúcho foi originalmente ocupado pela bovinocultura de corte que foi fundamental para a formação da sociedade gaúcha, tanto em termos econômicos como sociais. No entanto, a atividade tem passado atualmente por um período marcado por incertezas e por um importante processo de pressão por transformações. No

²⁹ Localizada na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul Lagoa Vermelha é pólo regional de desenvolvimento de aproximadamente 25 municípios. Limita-se ao Norte com Santo Expedito do Sul, Tupanci do Sul e parte de Esmeralda; ao Sul, com André da Rocha e parte de Muitos Capões; leste, com Sananduva, Caseiros, Ibiraiaras, São Jorge e Guabiju.

contexto da pecuária de corte gaúcha, as principais motivações que levam os produtores gaúchos a ingressar na atividade pecuária estão relacionadas à tradição, satisfação e por considerar a pecuária como uma atividade segura (MIGUEL *et. al.* 2006).

7.6.2 Sistemas de alimentação (volumosos)

Essa seção apresenta os sistemas de alimentação da propriedade. Em primeiro lugar, são apresentados os tipos de sistema de produção de alimentos volumosos. A seguir, são dados os tipos de máquinas e equipamentos e seus custos de produção. Na sequência, é descrito o tipo de mão de obra da propriedade e seu custo. Após, são apresentados os resultados dos cálculos dos custos totais de máquinas e equipamentos, os custos com insumos e os custos totais de produção para cada sistema de alimentação.

A Tabela 1 apresenta os Sistemas de Alimentação de gado de corte da cabanha. O rebanho é alimentado, basicamente com campo nativo melhorado com trevo (*Trifolium sp.*), azevém (*Lolium multiflorum*) e cornichão (*Lotus corniculatus*). Esse sistema de alimentação ocupa uma área de 67 hectares com uma produtividade média de 1.700 kg/ha de matéria seca, o que se traduz em uma produção de biomassa disponível ao pastejo de 113.000 kg.

Além do campo melhorado, é destinada uma área de 17 hectares para o cultivo de sorgo forrageiro com uma produtividade média de 3.000 kg/ha e com uma produção total de 51.000 kg, sendo cultivada entre os meses de novembro a abril. A biomassa anterior é composta pelo cultivo de soja no verão e de aveia no inverno. Os resíduos dessas culturas são utilizados como cobertura morta para o cultivo de sorgo no sistema de plantio direto. A área total da cabanha é de 84 hectares, os quais, são divididos nos sistemas de alimentação acima descritos. Além dessa área, o proprietário utiliza 300 hectares localizados em outra propriedade da família para o cultivo de aveia no inverno. Nessa área é cultivada soja no verão, a qual, é destinada ao mercado, e a aveia é cultivada no inverno e destinada à engorda do gado destinado ao abate (Tabela 28). Nesse caso, o produtor utiliza um sistema de integração agricultura-pecuária como estratégia de ocupação da área, sendo que a aveia é cultivada entre os meses de junho a outubro.

Tabela 28 - Sistemas de alimentação da Cabanha Amor à Terra, município de Lagoa Vermelha, RS – Brasil, Novembro de 2007.

Nome do sistema	Biomassa anterior	Duração (meses)	Área (ha)	Produtividade (kg/ha)	Produção (kg)
Campo Melhorado: trevo, azevém e cornichão	a mesma	-	67	1.700,00	113.000,00
Sorgo forrageiro	aveia - soja	5	17	3.000,00	51.000,00
Aveia	soja	4	300	1.500,00	450.000,00
Área Total			384		-

Fonte: Dados de Pesquisa, 2007.

O preço do hectare da terra considerado é de R\$ 12.000,00.³⁰ Considerando-se um preço pago pelo arrendamento da terra de dez sacos de soja por hectare, observa-se o alto custo de oportunidade da terra de R\$ 119.808,00 para a área destinada ao sistema de alimentação, ou, R\$ 312,00/ha.

A figura 12 apresenta uma visão parcial da propriedade. No primeiro plano se observa o campo nativo melhorado com trevo, azevém e cornichão. A propriedade é dividida em piquetes de forma a permitir um manejo mais adequado dos pastos. Para tanto, são utilizadas cercas elétricas na divisão dos piquetes. Observa-se a boa disponibilidade de água e de sobra disponível aos animais.

³⁰ Na região norte do Rio Grande do Sul o preço da terra é balizado pelo preço da saca de soja e a terra é comercializada levando-se em conta o número de sacos de soja necessários para a aquisição de um hectare. Atualmente as terras estão altamente valorizadas, com preços na base de trezentos sacos de soja por hectare.



Figura 12 - Visão parcial da propriedade. Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

O sistema de manejo dos pastos é uma adaptação do sistema Voisin³¹, a princípio, o proprietário buscou implementar esse sistema na propriedade. No entanto, problemas de manejo e de oferta forrageira impediram a sua completa implementação. Segundo o proprietário as condições climáticas no verão com dias quentes e alta incidência de chuvas levaram ao alto crescimento vegetativo das forrageiras. A forte oferta de pasto não era convenientemente consumida pelo gado, no momento em que o mesmo se encontrava em piquetes de, no máximo, um hectare. Assim, o proprietário optou por aumentar o tamanho dos piquetes adaptando, dessa forma, o sistema Voisin para o contexto de sua propriedade rural, porém, mantendo a lógica do pastejo rotativo.

As vantagens do pastejo rotativo são representadas pela possibilidade de uso de mais de um grupo de animais, pastejo diferido, colheita mecânica do excedente em períodos favoráveis etc.

³¹ O verdadeiro sistema *Voisin* é um modelo intensivo de rotação de pastagens, em piquetes de área bastante reduzida (1 ha ou menos) na sua forma ultra-intensiva, que são pastejados, sucessivamente, por diferentes categorias de animais (geralmente gado leiteiro), durante períodos bastante curtos, de um dia ou menos. Existe uma tendência de estender o conceito do modelo *Voisin* a qualquer sistema intensivo de rotação de pastagens, independentemente do número e da extensão dos piquetes e do período de pastejo (<http://www.cnpqc.embrapa.br/>).



Figura 13 - Campo nativo melhorado com azevém, trevo e cornichão. Contexto: Cabanha Amor à Terra. Fonte: Primária, 2007.

A figura 13 apresenta o campo nativo melhorado com o cultivo de trevo, azevém e cornichão, observa-se as boas condições quantitativas e qualitativas das forrageiras. A propriedade adota o sistema de produção animal a pasto. O manejo bem sucedido de pastagens, deve equilibrar os requerimentos nutricionais dos animais, com as flutuações estacionais e anuais na produção de forragem.

7.6.3 Sistemas de criação (atelier)

Essa seção apresenta os sistemas de criação (Atelier) da propriedade. Em primeiro lugar, são apresentados os tipos de sistema de criação ou categorias de animais. A seguir, são dados os tipos de benfeitorias e equipamentos e seus custos fixos. Na sequência, é descrito o tipo de mão de obra da propriedade e seu custo. A seguir, são analisados os custos com insumos, máquinas e equipamentos e seus custos de produção. Após, são apresentados os resultados dos cálculos dos custos totais por sistema de criação.

Conforme a Tabela 29, o rebanho da propriedade é composto por 580 cabeças de gado com um valor total de R\$ 1.100.000,00, sendo que o mesmo, é dividido em nove subcategorias denominadas Sistemas de criação ou Atelier, a saber: Terneiros ao pé da vaca, Terneiras ao pé da vaca, Novilhas com quatorze meses, Novilhas vinte e quatro meses prenhas, Novilhas vinte e quatro meses descarte, Vacas com cria ao pé, Vacas

prenhas, Machos quatorze meses para a recria (bois para engorda), Machos quatorze meses para a reprodução (touro). O rebanho já está estabilizado, sendo a cabanha produtora de touros das raças *Aberdeen Angus* e *Red Angus*. O sistema de produção pecuária é composto por todas as fases de criação, ou seja, dedica-se à cria, recria e engorda de bovinos de corte.

Conforme o manejo do rebanho, são mantidas na propriedade as fêmeas com comprovada capacidade reprodutiva. No momento em que uma vaca não ficar prenha ela é comercializada e substituída. Os touros são vendidos ao mercado diretamente pelo proprietário. O sistema de criação é intensivo no uso da terra, pois todo o manejo de reprodução ocorre apenas nas áreas de campo nativo e do sorgo forrageiro, isto é, em apenas oitenta e quatro hectares.

Tabela 29 - Sistemas de criação de gado corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Sistema de criação (Atelier)	Sistema	Duração	Duração	N°	Participação relativa	Valor Unitário	Valor total
Nome do sistema	anterior	(meses)	(dias)	cabeças	no rebanho (%)	(R\$)	(R\$)
Terneiros ao pé da vaca	Vacas prenhas	6	180	30	5,17	1.000,00	30.000,00
Terneiras ao pé da vaca	Vacas prenhas	6	180	30	5,17	1.000,00	30.000,00
Novilhas 14 meses	Terneiras	8	240	65	11,21	1.800,00	117.000,00
Novilhas 24 meses prenhas	Novilhas 14 meses	10	300	20	3,45	2.500,00	50.000,00
Novilhas 24 meses descarte	Novilhas 14 meses	10	300	30	5,17	1.250,00	37.500,00
Vacas com cria ao pé	Vacas prenhas	6	180	60	10,34	3.500,00	210.000,00
Vacas prenhas	Vacas com cria ao pé	9	270	75	12,93	2.500,00	187.500,00
Machos 14 meses para recria	Mercado	7	210	220	37,93	1.200,00	264.000,00
Machos 14 meses para reprodutor	Terneiros ao pé da vaca	8	240	50	8,62	3.500,00	175.000,00
Valor Total				580	100,00		1.101.000,00

Fonte: Primária, 2007.



Figura 14 - Sistema de criação: "Vacas prenhas" - Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

A figura 14 apresenta uma vaca prena da raça *Red Angus*. O porte e o peso do animal demonstram o bom estado alimentar e sanitário. Em termos de emissões de metano, quanto maior o peso e a produção de carne, maior será a emissão de metano por animal, porém menor será a emissão por carne produzida.

Os animais machos são divididos em duas categorias animais, conforme a função econômica de cada um na propriedade. A categoria "Machos 14 meses para a recria" é composta por animais adquiridos no mercado e recriados para fins de engorda e revendidos, é composta por duzentos e vinte cabeças que são colocadas na área plantada com aveia. A estratégia de recriar animais jovens para serem vendidos no mercado permite um maior giro do capital e obtenção de rendas no curto espaço de tempo, no máximo sete meses. Essa categoria representa 37,93% do total de animais do rebanho.

A categoria "Machos 14 meses para reprodutor" é o produto da genética investida na propriedade. São animais puro sangue das raças "*Aberdeen Angus*" e "*Red Angus*" e que são obtidos pela inseminação artificial das fêmeas com sêmen de comprovada qualidade

genética. É composta por cinquenta animais e representa 8,62% do rebanho. Para cada Atelier são calculados os custos de produção e as emissões de GEEs associadas.

7.6.4 Resultados econômicos

Essa seção apresenta os resultados econômicos da propriedade. Os resultados dizem respeito à rentabilidade obtida através da comparação entre as receitas e os custos de produção. A Tabela 30 apresenta as fontes de receitas da propriedade. A principal receita é gerada pela comercialização de bois para a engorda (categoria: Machos 14 meses para a recria), embora a propriedade seja uma cabanha produtora de touros para a reprodução.

Tabela 30 - Receitas da propriedade em Reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Item	Quantidade	Preço	Receita (R\$)
Bois recria	220	1.200,00	264 000,00
Novilhas	40	1.800,00	72 000,00
Novilhas de transferências	30	1.250,00	37 500,00
Touros	50,0	3.500,00	175 000,00
Vacas descartes	30,00	1.250,00	37 500,00
Vacas receptoras que deram cria.	30	1.250,00	37 500,00
Receita total (R\$)			623 500,00

Fonte: Primária, 2007.

Os touros (categoria: Machos 14 meses para a recria) se apresentam como a segunda maior fonte de receita. Vacas de descarte, vacas receptoras que deram cria e novilhas também são importantes fontes de receita da cabanha.

Os resultados econômicos utilizados no modelo AGRIPPEC dizem respeito à rentabilidade do sistema de produção. A análise consiste na comparação da receita com o custo de produção (Tabela 31).

Tabela 31 - Resultados econômicos da atividade pecuária de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos Variáveis	Valor	Custo Variável médio por cabeça
Insumos sanidade	11.356,84	19,58
Insumos alimentação	10.585,00	18,25
Insumos pastagens	79.330,30	136,78
Insumos reprodução	217.112,50	374,33
Reparos e manutenções das benfeitorias	1.042,50	1,80
Reparos e manutenções dos equipamentos	48,31	0,08
Total	319.475,45	550,82
Custos Fixos	Valor	Custo Fixo médio por cabeça
Depreciação anual de instalações	706,67	1,22
Seguro anual de instalações	19,26	0,03
Juros anuais de instalações	111,20	0,19
Depreciação anual de equipamentos	678,32	1,17
Seguro anual de equipamentos	9,66	0,02
Juros anuais de equipamentos	75,26	0,13
Mão de obra especializada	14 300,00	24,66
Mão de obra não especializada	7 800,00	13,45
Total	23 700,37	40,86
Despesas Gerais	Valor	Custo Total médio por cabeça
INSS	14 340,50	24,73
ITR	57 600,00	99,31
Taxas e contribuições	1 247,00	2,15
Pro_labore proprietário	26 000,00	44,83
Total	99 187,50	171,01
Custo Total I	442 363,32	721,83
Custo de oportunidade da Terra	119 808,00	206,57
Custo de oportunidade do rebanho	66 060,00	113,90
Custo Total II	628 231,32	1 083,16
Receita total	623 500,00	
Margem Bruta da atividade	304 024,55	
Margem Líquida da atividade	(4 731,32)	

Fonte: Primária, 2007.

Os resultados apresentados na Tabela 31, demonstram que a atividade pecuária de corte apresenta uma margem bruta positiva, ou seja, cobre os custos variáveis de produção. No entanto, ao se considerar a margem líquida da atividade, observa-se que a mesma é negativa. Nesse caso, é necessário fazer algumas considerações, em primeiro lugar, deve-se considerar o alto custo de oportunidade da Terra (R\$ 119 808,00), o que exige alta rentabilidade da atividade para a remuneração desse custo.

Em segundo lugar, deve-se levar em conta que, no cálculo do custo de oportunidade da terra, está sendo considerada a área destinada ao plantio da aveia. Entretanto, essa área (300 hectares) está localizada em outra propriedade da família. Tal propriedade tem como principal atividade o plantio e a comercialização de grãos, especialmente a soja. Nesse caso, o plantio de aveia faz parte do sistema de plantio direto da soja na palha da cultura de inverno, ou seja, a aveia. Portanto, o custo de oportunidade dessa área deve ser absorvido pela cultura da soja.

Em terceiro lugar, se considerarmos os custos fixos compostos pela depreciação, juros s/ capital fixo, mão de obra fixa, etc., a atividade apresenta uma margem bruta positiva no valor de R\$ 180.868, portanto, esses custos estariam sendo cobertos pela receita disponível.

Em quarto lugar, se considerarmos a área de terra da propriedade como sendo 84 hectares tem-se um custo de oportunidade da terra de R\$ 26.208,00 e um custo total de R\$ 475.177,30 considerando-se a remuneração da terra e do rebanho, portanto menor do que as receitas totais. Nesse caso, no curto e longo prazo, a propriedade pode continuar operando, pois os fatores de produção estão, nesta condição, sendo remunerados adequadamente. Ou seja, a propriedade apresenta uma sustentabilidade econômica de longo prazo.

7.6.5 Emissões de metano por fermentação entérica e por manejo de dejetos

A seguir são apresentadas as estimativas de metano por fermentação entérica e por manejo de dejetos obtidas pela aplicação do modelo AGRIPPEC-Corte. A Tabela 32 apresenta os dados e parâmetros utilizados para a estimação do fator de emissão e as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca”. Os animais são da raça britânica (*Aberdeen Angus* e *Red Angus*) e apresentam um peso vivo médio de 120 kg, sendo que o peso potencial do animal adulto foi considerado como 700 kg. O coeficiente necessário para o cálculo da energia de manutenção (Cfi) considerado, foi de 0,322 (gado - não lactação). O sistema de alimentação (Ca = 0,17) é o

de pastagem intensiva ou pasto em que os animais são confinados em áreas com suficiente oferta de forragem e requerendo um modesto gasto de energia, para obter o alimento.

O valor considerado para a digestibilidade foi de 69,42%. A digestibilidade é resultado da média ponderada da digestibilidade de cada sistema de alimentação, ponderada pela participação relativa de cada sistema na dieta alimentar. Os dados da digestibilidade dos alimentos foram obtidos de estimativas regionais realizadas pela Universidade de Passo Fundo (UPF).

Tabela 32 - Emissões de Metano por fermentação entérica do sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca” Contexto: Cabanha amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	30	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	120	Kg
Peso total do rebanho	3.600	Kg
Raça:	Britânica	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C_f	0,322	
Sistema de alimentação (C_a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
Ganho de peso diário	0,8	Kg
C	1	
Y_m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne_m)	11,67	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne_a)	1,98	MJ/dia
Energia líquida para crescimento (Ne_g)	4,59	MJ/dia
Energia líquida por perda de peso ($Ne_{mobilizada}$)	-3,67	MJ/dia
$Ne_{ma}/DE =$	0,53	
$Ne_{ga}/DE =$	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	47,32	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	18,62	kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	558,69	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,155	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,05	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

Para o cálculo da energia líquida necessária ao crescimento animal (Neg), considerou-se um ganho de peso diário de 0,800 kg, conforme estimativas realizadas pelo produtor. O coeficiente C utilizado foi de 1,0 para machos. Utilizou-se o valor médio (0,06) da taxa de conversão de metano (Y_m) para o cálculo do fator de emissão de metano por fermentação entérica.

Assim, a partir da necessidade de energia bruta (GE) obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 18,62 kg de CH_4 /cabeça/ano. Considerando-se as emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 558,69 kg CH_4 , ou emissões diárias de 0,05 kg CH_4 /cabeça animal. Levando-se em conta a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,155 kg CH_4 /kg Peso vivo.

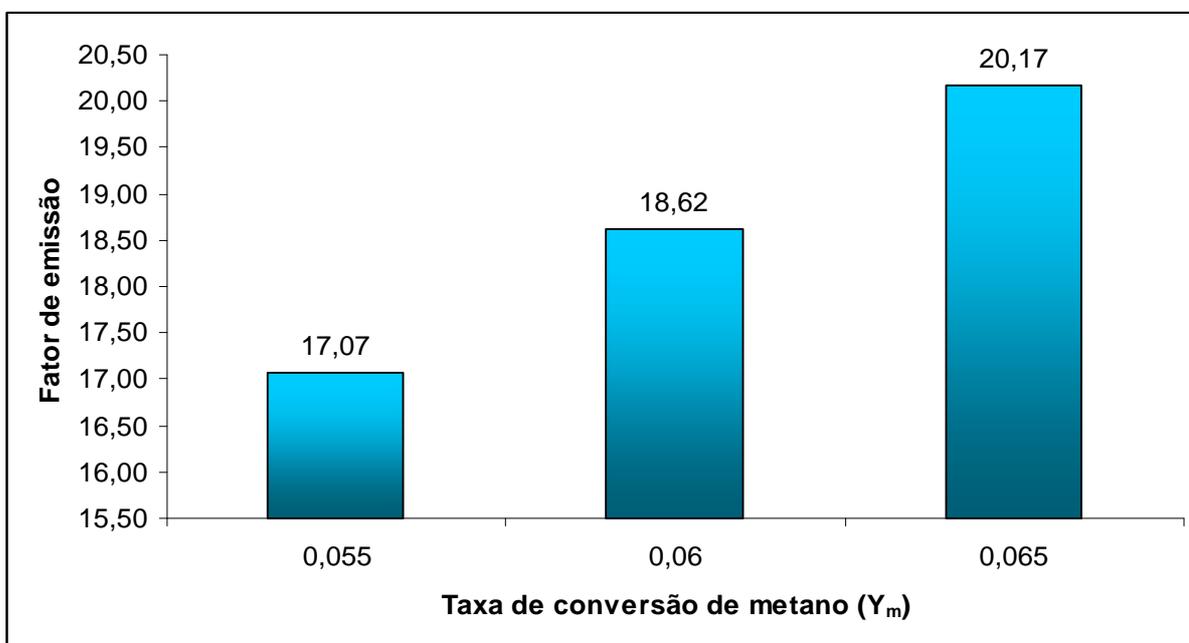


Gráfico 12 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

Conforme o intervalo de valores considerado para a taxa de conversão de metano, é obtido o intervalo de fatores de emissão do mesmo. Para a categoria animal “Terneiros ao pé da vaca”, os valores variam de 17,07 a 20,17 kg de CH_4 /cabeça/ano (Gráfico 12).

Tabela 33 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Terneiras ao pé da vaca” Contexto: Cabanha amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	30	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	120	Kg
Peso total do rebanho	3.600	Kg
Raça:	Britânica	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
Ganho de peso diário	0,8	Kg
C	0,8	
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	11,67	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	1,98	MJ/dia
Energia líquida para crescimento (Ne _g)	5,4	MJ/dia
Energia líquida por perda de peso (Ne _{mobilizada})	-4,34	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,53	
Ne _{ga} /DE =	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	49,15	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	19,34	kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	580,22	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,161	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,05	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 33 apresenta as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Terneiras ao pé da vaca”. Os coeficientes C_f (coeficiente necessário para o cálculo da energia de manutenção), C_a (coeficiente de sistema de alimentação) e a taxa de conversão de metano (Y_m), foram considerados os mesmos do sistema anterior. A digestibilidade dos alimentos obtida foi de 69,42%. O coeficiente C utilizado foi de 0,8 para fêmeas.

A partir da necessidade de energia bruta (GE), obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 19,34 kg de CH₄/cabeça/ano. Considerando-se as emissões totais do

sistema, obteve-se emissões anuais de 580,22 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,05 kg CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,161 kg CH₄/kg Peso vivo.

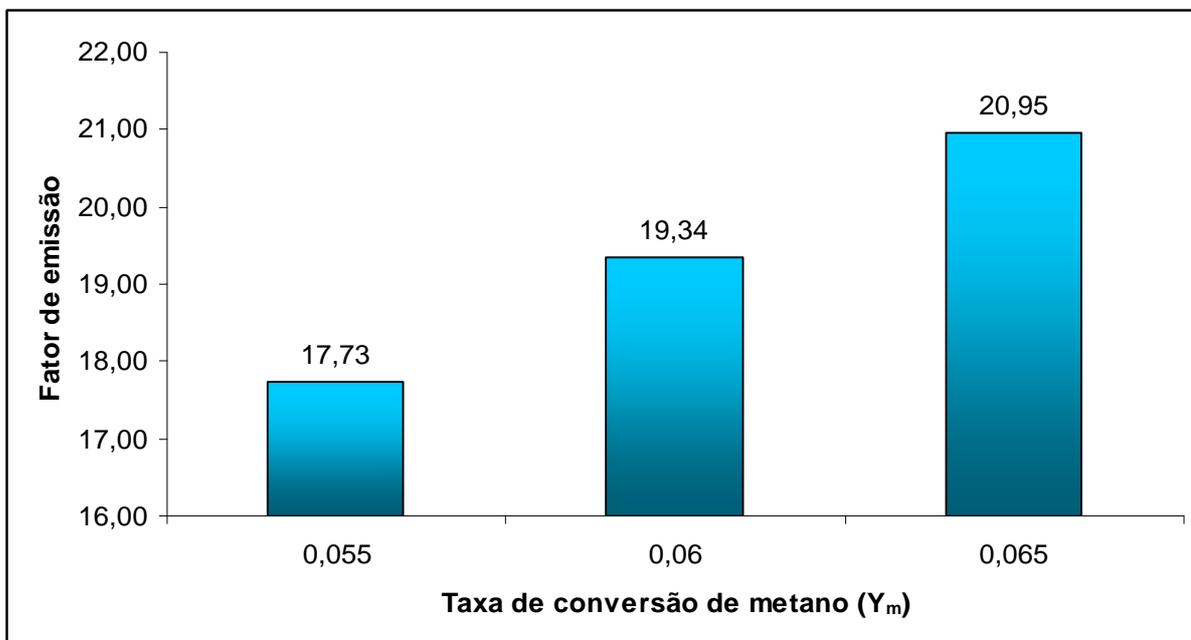


Gráfico 13 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação “Terneiras ao pé da vaca”. Contexto: Cabanha Amor à Terra. Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 17,73 a 20,95 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 13).

As emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas 14 meses” são apresentadas na Tabela 34. Esse sistema é composto por sessenta e cinco animais com peso vivo médio de 360 kg.

Tabela 34 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas 14 meses” Contexto: Cabanha amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	65	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	360	Kg
Peso total do rebanho	23 400	Kg
Raça:	Britânica	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
Ganho de peso diário	0,8	Kg
C	0,8	
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	26,61	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	4,52	MJ/dia
Energia líquida para crescimento (Ne _g)	12,38	MJ/dia
Energia líquida por perda de peso (Ne _{mobilizada})	-9,90	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,53	
Ne _{ga} /DE =	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	112,03	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	44,09	kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	2 865,64	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,122	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,12	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

Assim, a necessidade de energia bruta (GE) estimada foi de 112,03 MJ e o fator de emissão de metano (EF) estimado foi de 44,09 kg de CH₄/cabeça/ano. Em termos de emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 2.865,64 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,12 kg CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,122 kg CH₄/kg de peso vivo.

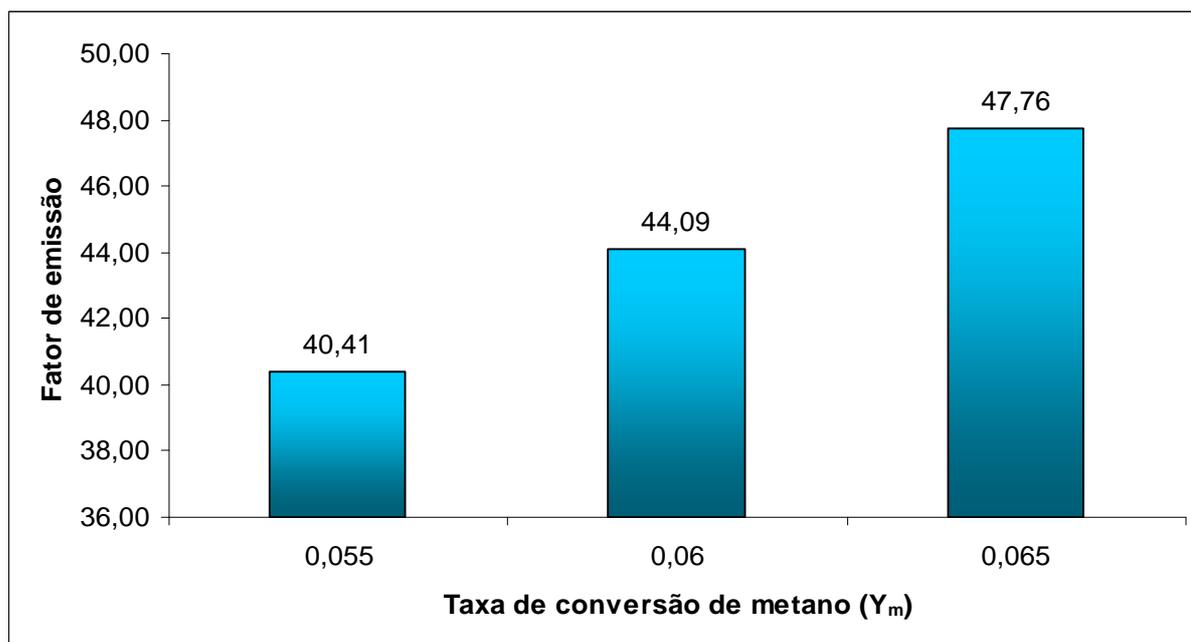


Gráfico 14 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Novilhas 14 meses”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

Ao se levar em conta o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão do mesmo para essa categoria animal varia de 40,41 a 47,76 kg de CH_4 /cabeça/ano (Gráfico 14).

Tabela 35 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas 24 meses prenhas” Contexto: Cabanha amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	20	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	480	Kg
Peso total do rebanho	9 600	Kg
Raça:	Britânica	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C_f	0,322	
Sistema de alimentação (C_a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
C	0,8	
Y_m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne_m)	33,02	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne_a)	5,61	MJ/dia
Energia líquida para gestação (Ne_{ges})	3,30	MJ/dia

$Ne_{ma}/DE =$	0,53	
$Ne_{ga}/DE =$	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	114,56	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	45,08	kg/capeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	901,68	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,094	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,12	kg CH₄/capeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 35 apresenta os dados utilizados na estimação do fator de emissão e as emissões de metano, por fermentação entérica, para o sistema de criação “Novilhas 24 meses prenhas”. Como as novilhas estão em gestação, é necessário agregar à necessidade bruta de energia os valores estimados para a energia de prenhez (Ep), o que acarreta em maiores emissões de metano por animal nessa categoria, se comparada ao sistema de criação anterior.

A partir da necessidade de energia bruta (GE) estimada em 114,56 MJ, obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 45,08 kg de CH₄/capeça/ano. Considerando-se as emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 901,68 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,12 kg CH₄/capeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,094 kg CH₄/kg Peso vivo.

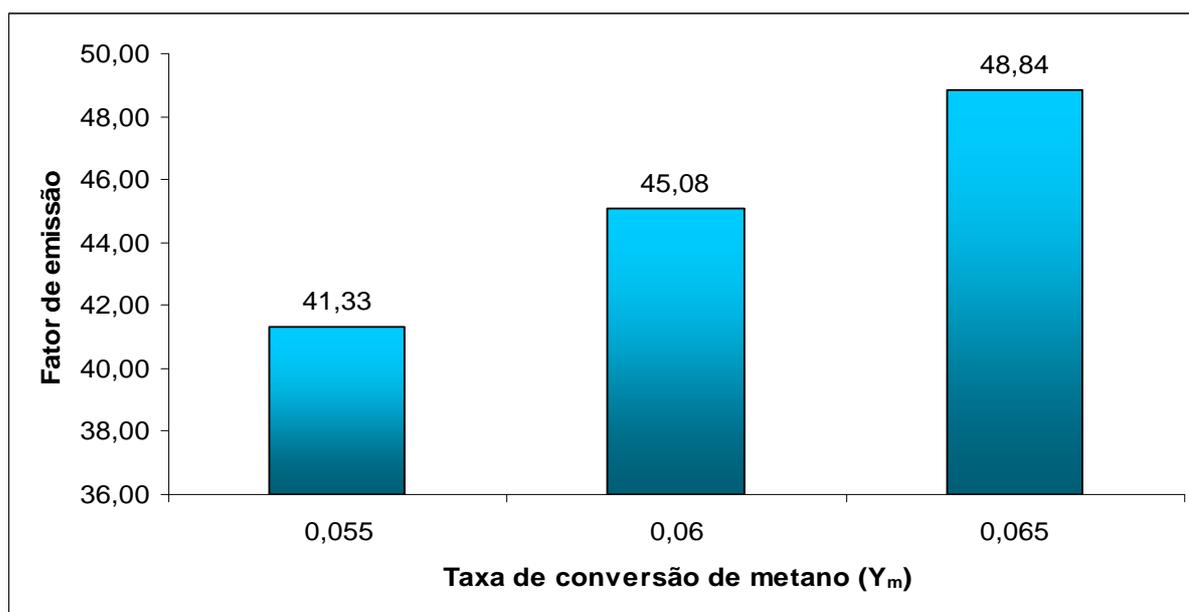


Gráfico 15 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Novilhas 24 meses prenhas”. Contexto: Cabanha Amor à Terra. Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão do mesmo para essa categoria animal varia de 41,33 a 48,845 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 15).

Tabela 36 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Novilhas 24 meses descarte” Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	30	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	480	Kg
Peso total do rebanho	14 400	Kg
Raça:	Britânica	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
C	0,8	
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	33,02	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	5,61	MJ/dia
Energia líquida para gestação (Ne _{ges})	3,30	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,53	
Ne _{ga} /DE =	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	105,54	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	41,53	kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	1.246,02	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,087	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,11	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A partir da necessidade de energia bruta (GE) obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 41,53 kg de CH₄/cabeça/ano para a categoria animal “Novilhas 24 meses descarte”. Considerando-se as emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 1.246,02 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,11 kg CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,087 kg CH₄/kg Peso vivo (Tabela 36).

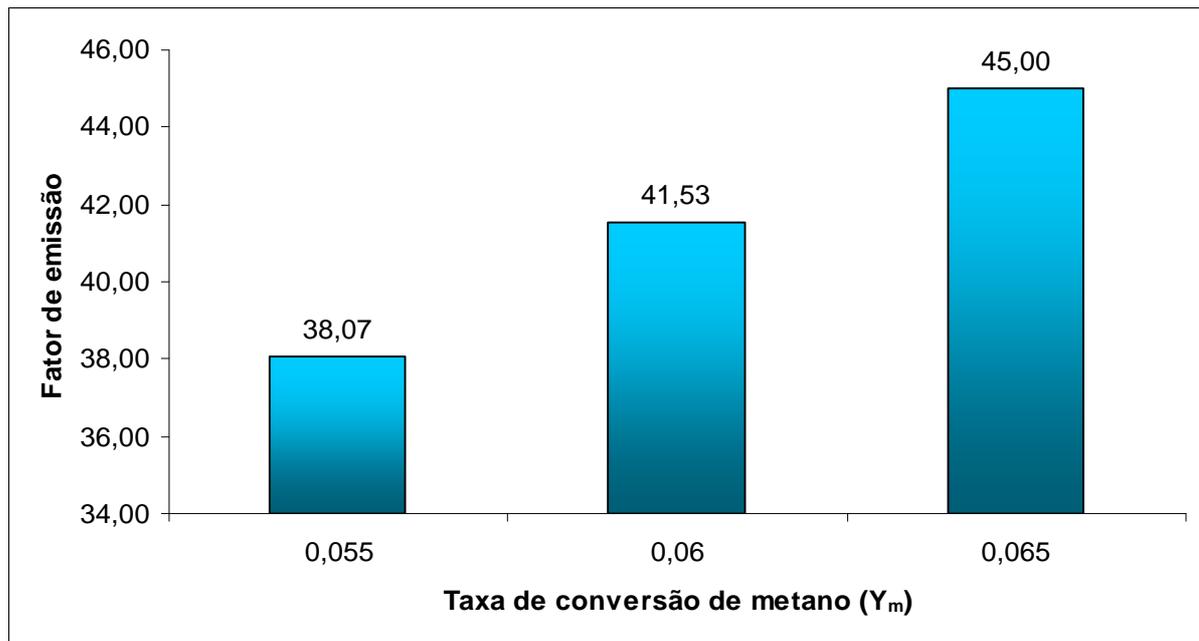


Gráfico 16 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “novilhas 24 meses descarte”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

O Gráfico 16 apresenta o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal, que varia de 41,33 a 48,845 kg de CH_4 /cabeça/ano, considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano.

Tabela 37 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Vacas com cria ao pé”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	60	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	530	Kg
Peso total do rebanho	31.800	Kg
Raça:	Britânica	
Produção diária de leite	5,0	(kg/dia)
Teor de gordura	3,0	%
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C_f	0,322	
Sistema de alimentação (C_a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
C	0,8	
Y_m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne_m)	35,57	MJ/dia

Energia líquida para alimentação (Nea)	6,05	MJ/dia
Energia líquida para lactação(Ne _l)	13,35	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,53	
Ne _{ga} /DE =	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	150,15	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	59,09	kg/cabeça/ano

Emissões do Sistema

Emissões anuais	3.545,41	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,111	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,16	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 37 apresenta os dados utilizados na estimação do fator de emissão e as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Vacas com cria ao pé”. O fator de emissão de metano obtido foi de 59,09 Kg/cabeça/ano. Agregou-se à necessidade bruta de energia os valores estimados para a energia líquida de lactação (Ne_l), o que acarreta em maiores emissões de metano por animal nessa categoria, se comparada ao sistema de criação anterior “Novilhas 24 meses descarte”.

Para as emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 3.545,41 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,16 kg CH₄/cabeça animal, sendo que a produção de metano por unidade de peso vivo animal foi estimada em 0,11 kg CH₄/kg Peso vivo.

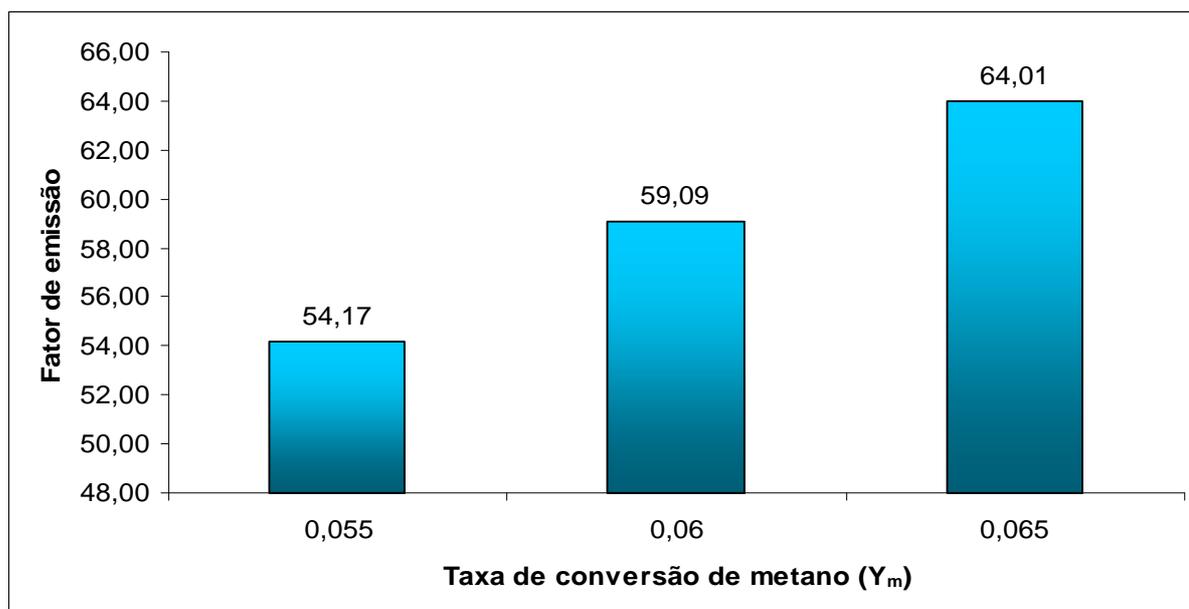


Gráfico 17 - Fatores de emissão de Metano para o sistema de criação “Vacas com cria ao pé”. Contexto: Cabanha Amor à Terra. Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 54,17 a 64,01 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 17).

Tabela 38 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Vacacas prenhas” Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	75	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	530	Kg
Peso total do rebanho	39.750	Kg
Raça:	Britânica	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
C	0,8	
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	35,57	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	6,05	MJ/dia
Energia líquida para gestação (Ne _{ges})	3,56	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,53	
Ne _{ga} /DE =	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	150,15	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	48,56	kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	3.642,15	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,092	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,13	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 38 apresenta os valores estimados para as emissões de metano por fermentação entérica para a categoria animal “Vacacas prenhas”. As emissões individuais foram estimadas em 48,56 Kg CH₄/ano. O sistema de criação emite anualmente 3.642,15 Kg CH₄.

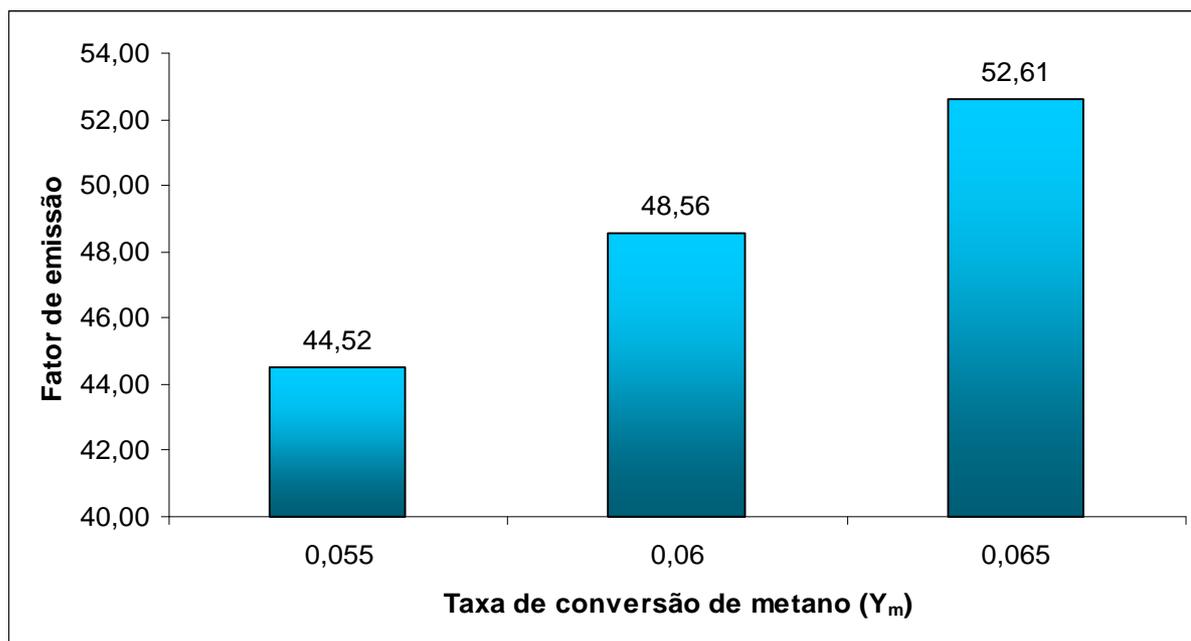


Gráfico 18 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação "Vacas prenhas". Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

As emissões diárias foram estimadas em 0,13 kg CH₄/cabeça animal, sendo que, a produção de metano por unidade de peso vivo animal foi estimada em 0,092 kg CH₄/kg Peso vivo. Os fatores de emissão de metano para essa categoria animal foram estimados entre 44,52 a 52,61 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 18).

Tabela 39 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação "Machos 14 meses para a recria" Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	220	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	400	Kg
Peso total do rebanho	88 000	Kg
Raça:	SRD	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
Cf _i	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	65,15	%
C	1,0	
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	28,80	MJ/dia

Energia líquida para alimentação (Ne_a)	4,90	MJ/dia
Energia líquida para crescimento (Ne_g)	15,11	MJ/dia
$Ne_{ma}/DE =$	0,51	
$Ne_{ga}/DE =$	0,31	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	139,48	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	54,89	kg/cabeça/ano

Emissões do Sistema

Emissões anuais	12 075,68	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,137	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,15	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 39 apresenta as emissões de metano por fermentação entérica para o sistema de criação “Machos 14 meses para recria”. Os coeficientes C_f (coeficiente necessário para o cálculo da energia de manutenção), C_a (coeficiente de sistema de alimentação) e a taxa de conversão de metano (Y_m), foram considerados os mesmos dos sistemas anteriores. A digestibilidade dos alimentos considerada foi de 65,15% (média das digestibilidades dos sistemas de alimentação).

A partir da necessidade de energia bruta (GE), obteve-se um fator de emissão de metano (EF) de 54,89 kg de CH₄/cabeça/ano, ou emissões diárias de 0,15 kg CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,137 kg CH₄/kg Peso vivo.

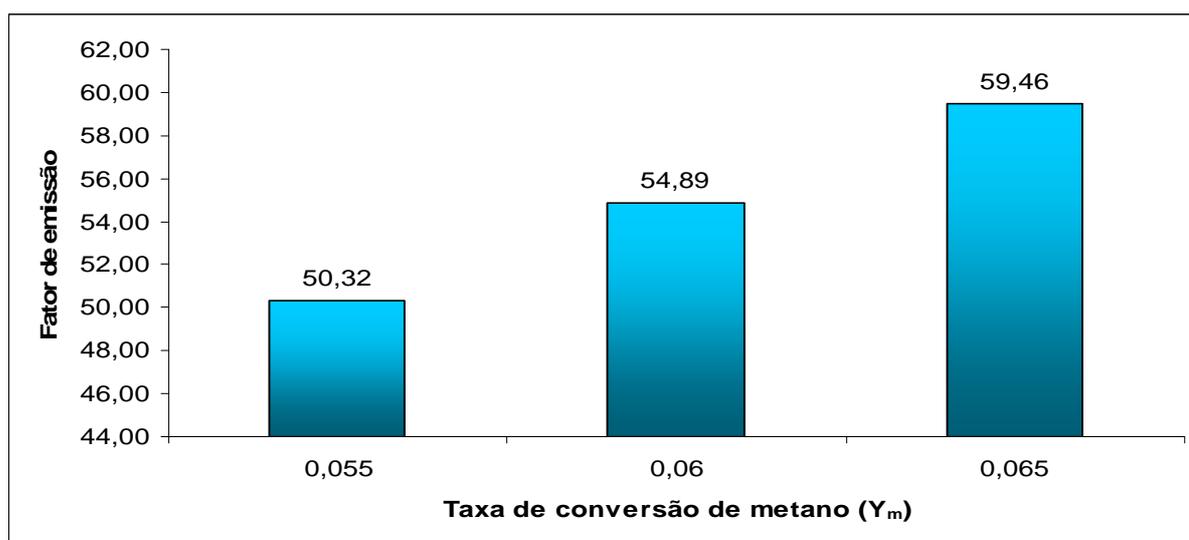


Gráfico 19 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Machos 14 meses para a reprodução”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano, o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal varia de 50,32 a 59,46 kg de CH₄/cabeça/ano (Gráfico 19).

As emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Machos 14 meses para a reprodução” são apresentadas na Tabela 40. Esse sistema é composto por cinquenta animais com peso vivo médio de 450 kg.

Tabela 40 - Emissões de metano por fermentação entérica do sistema de criação “Machos 14 meses para a reprodução”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Dados/parâmetros	Valor	Unidade
Número de animais:	50	Cabeças
Peso vivo médio animal (W)	450	Kg
Peso total do rebanho	22 500	Kg
Raça:	Britânica	
Peso potencial do animal adulto (MW)	700	Kg
C _f	0,322	
Sistema de alimentação (C _a): Pastagem intensiva	0,17	
Digestibilidade	69,42	%
Ganho de peso diário	1,04	Kg
C	0,104	
Y _m	0,06	
Energia líquida para manutenção (Ne _m)	31,46	MJ/dia
Energia líquida para alimentação (Ne _a)	5,35	MJ/dia
Energia líquida para crescimento (Ne _g)	16,51	MJ/dia
Energia líquida por perda de peso (Ne _{mobilizada})	-13,21	MJ/dia
Ne _{ma} /DE =	0,53	
Ne _{ga} /DE =	0,33	
Necessidade de Energia Bruta (GE)	136,52	MJ
Fator de emissão de Metano (EF)	53,72	kg/cabeça/ano
Emissões do Sistema		
Emissões anuais	2.686,23	kg CH₄/ano
Emissões por quilograma de peso vivo	0,119	kg CH₄/kg PV
Emissões diárias	0,15	kg CH₄/cabeça

Fonte: Primária, 2007.

Assim, a necessidade de energia bruta (GE) estimada foi de 136,52 MJ e o fator de emissão de metano (EF) estimado foi de 53,72 kg de CH₄/cabeça/ano. Em termos de emissões totais do sistema, obteve-se emissões anuais de 2.686,23 kg CH₄, ou emissões diárias de 0,15 kg CH₄/cabeça animal. Ao se considerar a produção de metano por unidade de peso vivo animal, o valor estimado foi de 0,119 kg CH₄/kg de peso vivo.

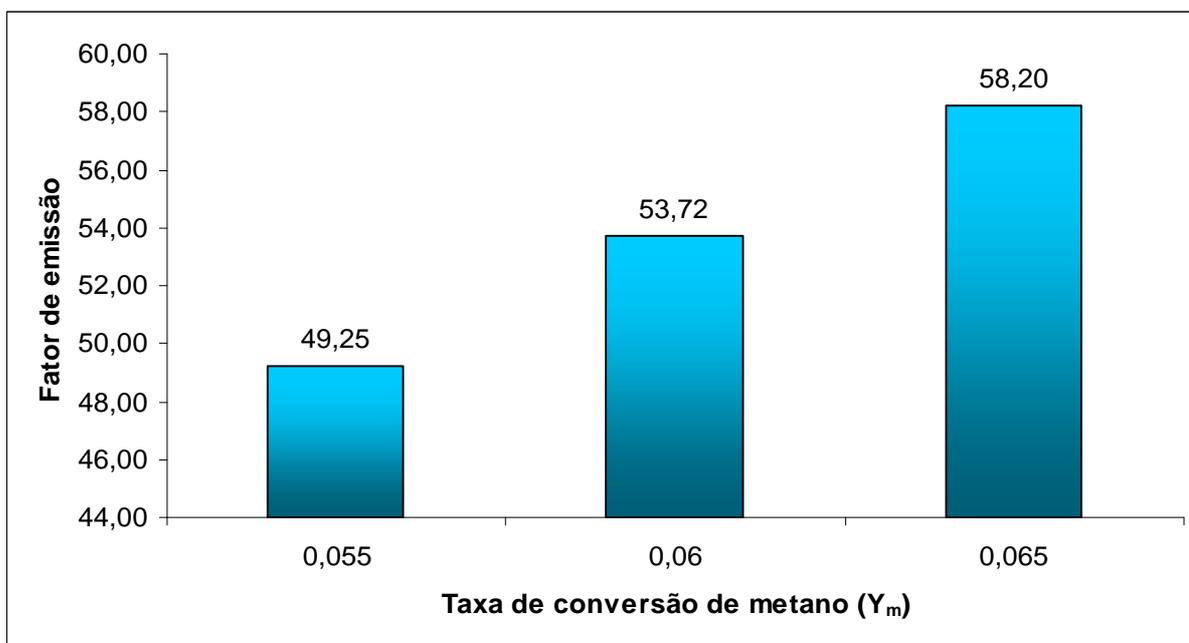


Gráfico 20 - Fatores de emissão de metano para o sistema de criação “Machos 14 meses para reprodução descarte”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

O Gráfico 20 apresenta o intervalo obtido para os fatores de emissão de metano para essa categoria animal que varia de 49,25 a 58,20 kg de CH₄/cabeça/ano, considerando-se o intervalo de valores para a taxa de conversão de metano.

A Tabela 41 apresenta as emissões de metano por manejo de dejetos do rebanho de corte. O sistema de manejo adotado é o da deposição direta no pasto conforme a classificação do IPCC (1996). Os fatores de emissão obtidos para machos 14 meses para recria e vacas com cria ao pé aproximaram-se ao do valor *default* do IPCC para a América Latina e para o clima temperado utilizado por Lima *et. al.* (2002), que é de 1 Kg CH₄/cabeça/ano.

Tabela 41 - Emissões de metano por manejo de dejetos do rebanho de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

	Terneiros ao pé da vaca	Terneiras ao pé da vaca	Novilhas 14 meses	Novilhas 24 meses prenhas	Novilhas 24 meses descarte	Vacas com cria ao pé	Vacas prenhas	Machos 14 meses para recria	Machos 14 meses para reprodutor
Número de animais:	30	30	65	20	30	60	75	220	50
Emissão de Metano (Kg/cabeça/dia)	0,0007	0,0008	0,0017	0,0018	0,0016	0,0023	0,0019	0,0024	0,0021
Emissões Anuais (Kg CH ₄ /cabeça)	0,2647	0,2749	0,6266	0,6408	0,5904	0,8399	0,6902	0,8891	0,7636
Emissões diárias do Sistema (Kg CH ₄)	0,0218	0,0226	0,1116	0,0351	0,0485	0,1381	0,1418	0,5359	0,1046
Emissões por KG Peso Vivo (Kg CH ₄ /Kg PV)	0,0022	0,0023	0,0017	0,0013	0,0012	0,0016	0,0013	0,0022	0,0017
Emissões anuais do sistema (Kg CH ₄ /ano)	7,94	8,25	40,73	12,82	17,71	50,39	51,77	195,61	38,18

Fonte: Primária, 2007.

Para a obtenção das emissões totais de metano provenientes da pecuária de corte, efetua-se a somatória dos totais de emissões de metano por fermentação entérica e de manejo de dejetos obtidas por categoria de animais (Tabela 42).

Tabela 42 - Emissões totais de metano do rebanho de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Terneiros ao pé da vaca	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,05102	18,623	0,155	-	558,69
Manejo de dejetos	0,00073	0,26	0,002	-	7,94
Emissões totais	0,05175	18,89	0,157	-	566,63
Terneiras ao pé da vaca	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,05299	19,341	0,170	-	580,22
Manejo de dejetos	0,00075	0,27	0,002	-	8,25
Emissões totais	0,05374	19,62	0,172	-	588,46
Novilhas 14 meses	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,1208	44,09	0,122	-	2.865,64
Manejo de dejetos	0,0017	0,63	0,002	-	40,73
Emissões totais	0,1225	44,71	0,124	-	2.906,37
Novilhas 24 meses prenhas	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,1235	45,08	0,094	-	901,68
Manejo de dejetos	0,0018	0,64	0,001	-	12,82
Emissões totais	0,1253	45,72	0,095	-	914,49
Novilhas 24 meses descarte	(kg CH₄/cabeça/dia)	(kgCH₄/cabeça)	(kg CH₄/kg peso vivo)	(kg CH₄/kg leite)	(kg CH₄)
Fermentação entérica	0,1138	41,53	0,087	-	1.246,02
Manejo de dejetos	0,0016	0,59	0,001	-	17,71
Emissões totais	0,1154	42,12	0,088	-	1.263,73

Vacas com cria ao pé	(kg CH4/cabeça/dia)	(kgCH4/cabeça)	(kg CH4/kg peso vivo)	(kg CH4/kg leite)	(kg CH4)
Fermentação entérica	0,1619	59,09	0,111	0,0324	3.545,41
Manejo de dejetos	0,0023	0,84	0,001	0,0005	50,39
Emissões totais	0,1642	59,93	0,113	0,0328	3.595,80
Vacas prenhas	(kg CH4/cabeça/dia)	(kgCH4/cabeça)	(kg CH4/kg peso vivo)	(kg CH4/kg leite)	(kg CH4)
Fermentação entérica	0,1330	48,56	0,092	-	3.642,15
Manejo de dejetos	0,0019	0,69	0,001	-	51,77
Emissões totais	0,1349	49,25	0,093	-	3.693,92
Machos 14 meses para recria	(kg CH4/cabeça/dia)	(kgCH4/cabeça)	(kg CH4/kg peso vivo)	(kg CH4/kg leite)	(kg CH4)
Fermentação entérica	0,1504	54,89	0,137	-	12.075,68
Manejo de dejetos	0,0024	0,89	0,002	-	195,61
Emissões totais	0,1528	55,78	0,139	-	12.271,29
Machos 14 meses para reprodução	(kg CH4/cabeça/dia)	(kgCH4/cabeça)	(kg CH4/kg peso vivo)	(kg CH4/kg leite)	(kg CH4)
Fermentação entérica	0,1472	53,72	0,119	-	2.686,23
Manejo de dejetos	0,0021	0,76	0,002	-	38,18
Emissões totais	0,1493	54,49	0,121	-	2.724,41

Fonte: Primária, 2007.

Assim, as emissões totais de metano foram estimadas em: 566,63 kg CH₄/ano para os “terneiros ao pé da vaca”; 588,46 kg CH₄/ano para “terneiras ao pé da vaca”; 2.906,37 kg CH₄/ano para “novilhas 14 meses”; 914,49 kg CH₄/ano para “novilhas prenhas”; 1.263,73 kg CH₄/ano para “novilhas 24 meses descarte”; 3.595,80 kg CH₄/ano para “vacas com cria ao pé”; 3.693,92 kg CH₄/ano para “vacas prenhas”; e, 2.724,41 kg CH₄/ano para “machos 14 meses para reprodução”. A categoria “machos 14 meses para recria” foi a principal contribuinte para as emissões de metano geradas na atividade produtiva correspondendo a 12.271,29 kg CH₄/ano. O total de metano emitido por todas as categorias de animais que compõem a cabanha foi de 28.525,10 kg CH₄/ano, ou de 770.177,70 kg de carbono equivalente. Desse total, 98,5% foram devido à fermentação entérica dos animais.

7.6.6 Emissões de óxido nitroso (N₂O) provenientes da fertilização de solos por animais em pastagem

As estimativas anuais das emissões de N₂O, em kg, provenientes de animais em pastagem, por categoria animal, são apresentadas na Tabela 43. Essas estimativas correspondem às emissões de N₂O diretas provenientes de solos agrícolas a partir da produção animal.

Tabela 43 - Emissões de óxido nitroso (N₂O) por manejo de dejetos do rebanho de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Categoria Animal	Emissões de N₂O(mm) kg/ano
Terneiros ao pé da vaca	14,85
Terneiras ao pé da vaca	14,85
Novilhas 14 meses	64,35
Novilhas 24 meses prenhas	19,80
Novilhas 24 meses descarte	29,70
Vacas com cria ao pé	59,40
Vacas prenhas	74,25
Machos 14 meses para recria	217,80
Machos 14 meses para reprodução	49,50
Total	544,50

Fonte: Primária, 2007.

As emissões de N₂O provenientes do sistema de manejo de dejetos de animais em pastagem foram estimadas em 544,50 Kg. Do total das emissões diretas de N₂O, a

categoria “Machos 14 meses para recria” contribuíram com 40%, seguida da categoria “Vacas prenhas” com 13,7% do total.

7.6.7 Considerações finais

Os resultados econômicos demonstram que a atividade pecuária de corte apresenta uma margem bruta positiva, portanto, sua rentabilidade cobre os custos variáveis de produção. No entanto, ao se considerar o custo de oportunidade de toda a área de terra destinada aos sistemas de alimentação, a rentabilidade obtida não remunera esse custo em sua totalidade. Portanto, é necessário se considerar as outras atividades agropecuárias da propriedade para remunerar esse alto custo de oportunidade da terra.

O modelo permite, ao acompanhar o fluxo tecnológico de produção, calcular os custos de produção de cada categoria animal, o que permite uma melhor gestão do negócio por parte do produtor rural, uma vez que, o mesmo pode realizar uma comparação entre os custos com insumos e custos fixos com a produção em cada “atelier”, o que permite uma melhor eficácia na condução tecnológica e econômica da propriedade.

Para os técnicos e economistas, o modelo apresenta um critério de flexibilidade no ato de produção uma vez que, um “atelier” considerado, pode ser mais ou menos autônomo quanto aos insumos ou quanto a sua participação na estrutura fixa da propriedade, o que lhe confere uma maior ou menor facilidade de adaptação às mudanças econômicas conjunturais.

O conhecimento dos custos por categoria animal se apresenta, por sua vez, aos políticos e tomadores de decisão, um marco estratégico, que posiciona o ato de produção no contexto de uma cadeia produtiva, do ponto de vista econômico e de negociação, tal como é o caso verificado pelo programa de rastreabilidade da produção da carne bovina no Brasil.

Em termos de emissões de gases efeito estufa, as emissões são avaliadas sobre a base de itinerários técnicos empregados e levados em consideração para cada categoria animal. Dessa forma, pode-se estimar, de forma mais precisa as emissões de GEEs na pecuária. Isto por que, o modelo permite considerar não apenas as emissões do animal terminado, tal como, as emissões do boi gordo ou do touro, mas, permite, também, agregar as emissões de outras categorias animais que participaram do processo produtivo tais como, as emissões da vaca penha, da vaca com cria ao pé, do animal jovem e do animal adulto.

No caso das emissões de metano por fermentação entérica, estimou-se um fator de emissão de 59 kg CH₄/cabeça/ano para fêmeas adultas, resultado próximo do valor default sugerido pelo IPCC (58 kg CH₄/cabeça/ano), porém abaixo do estimado por Lima *et. al.* (2002) de 65 kg CH₄/cabeça/ano. Para animais jovens, o fator de emissão estimado varia entre 55 kg a 44 kg CH₄/cabeça/ano para machos e fêmeas com 14 meses de idade, respectivamente. Tais valores são superiores ao valor default do IPCC (42 kg CH₄/cabeça/ano) e inferiores aos 50 kg CH₄/cabeça/ano estimados por Lima *et. al.* (2002). Neste caso, é importante salientar que a diversidade de sistemas de produção da pecuária bovina brasileira determina diferentes fatores de emissão de metano, o que dificulta a utilização de valores padrão já pré estabelecidos, tais como, o utilizado pela FAO, em que o valor estimado é de 58 kg CH₄/cabeça/ano, para animais em sistema de pastejo e sem discriminação por categoria animal.

CAPÍTULO 8: DISCUSSÕES E CONCLUSÃO

O capítulo apresenta a discussão dos resultados da tese, bem como as conclusões. A discussão é baseada em torno de três principais temas: (i) a elaboração de uma ferramenta operacional para o cálculo de custos de produção e de estimativas de emissões de GEEs, adaptada aos diversos contextos brasileiros; (ii) a existência de uma particularidade da pecuária brasileira, a qual, reforça a necessidade de utilização de dados provenientes dos diversos contextos produtivos do Brasil, em substituição aos dados utilizados de forma padrão e generalizada por estudos internacionais, e; (iii) o Protocolo de Quioto, a formação do mercado de carbono e suas influências na pecuária brasileira.

8.1 DISCUSSÃO

A pesquisa partiu do princípio de que é necessário avaliar os GEEs no contexto brasileiro devido a três principais razões:

- Estudos internacionais, tais como, o *Livestock Long Shadow* realizado pela FAO utilizam valores conjuntos de fatores de emissão, tanto para a América Central, como para a América Latina. A utilização de fatores da América Central, no Brasil, não reflete a diversidade de contextos produtivos brasileiros;

- O Brasil é um país continental que apresenta uma diversidade climática, ecológica, agrônômica, econômica, cultural e social. Essas diferenças geográficas, ecológicas e socioeconômicas determinam diversas formas de produção pecuária e diferentes respostas em termos de emissões de metano, não sendo, portanto, necessariamente as mesmas da América Central;

- O Brasil se encaminha para ser o primeiro produtor e exportador mundial de carnes e o principal exportador de leite. Em função de sua posição de destaque no comércio internacional, o país não pode basear suas estimativas de emissões de GEEs em dados cuja origem, não reflete a realidade da produção bovina nacional.

Os principais resultados serão abordados a seguir.

8.1.1 O modelo AGRIPPEC como ferramenta de análise técnica, econômica e ambiental de sistemas de produção pecuárias

A primeira hipótese levantada, se refere à possibilidade de se construir uma ferramenta operacional adaptada aos diferentes contextos brasileiros da pecuária bovina.

Uma análise da intensificação da pecuária brasileira sobre as emissões de GEEs, em especial o metano, não pode ser realizada isoladamente, sem levar em conta, os efeitos desta, sobre o balanço do carbono. Por exemplo, a intensificação da pecuária através do melhoramento de pastagens ou de um aporte de suplementos alimentares a base de rações e concentrados, pode reduzir a emissão de metano por carne produzida. Porém, a maior produção de grãos, dependendo do pacote tecnológico, poderá resultar num aumento das emissões pela maior utilização de derivados do petróleo, mudança no uso do solo, etc.

Neste sentido, é necessário descrever os principais sistemas produtivos de grãos e de pecuária das principais regiões produtoras do país, especificando as operações envolvidas, os coeficientes técnicos, os insumos, as máquinas e equipamentos, a mão de obra e outras variáveis necessárias para o cálculo do custo de produção e das emissões.

Para tanto, desenvolveu-se o modelo AGRIPPEC, o qual, deriva do modelo AGROPOL (*A tool for assessing economical costs and ecological footprints of agro-techniques*) desenvolvido por Dorin (2006). Através do modelo AGRIPPEC, pode-se obter, para cada contexto produtivo, dados sobre resultados econômicos da atividade pecuária tais como custos de produção e indicadores de rentabilidade. Em termos de resultados ambientais, o modelo permite estimar as emissões de Metano (CH₄) por fermentação entérica e pelo manejo de resíduos e as emissões de Óxido nitroso (N₂O) emitido pelos resíduos da criação sobre as pastagens. A princípio, o modelo AGRIPPEC é utilizado para captar dados sobre os diferentes contextos produtivos na pecuária de leite e de corte, bem como, gerar dados econômicos e ambientais. Tais dados poderão ser utilizados em conjunto com outros modelos, que visam determinar os custos marginais de abatimento de carbono.

O modelo foi aplicado em uma pequena propriedade de produção de leite e numa cabanha produtora de touros de corte, ambas localizada no Rio Grande do Sul. Assim, foram descritos de forma detalhada os itinerários técnicos de produção o que permitiu uma simulação das despesas específicas para cada “atelier” considerado no contexto especificado.. Para cada sistema de criação foram determinados os custos de produção e as emissões de GEEs.

A aplicação do modelo AGRIPPEC, possibilitou a integração entre um modelo econômico de estimação dos custos de produção e um modelo ecológico de mensuração de gases efeito-estufa, apesar da complexidade que envolve o estudo sobre emissões de gases efeito estufa, assim como, a presença de diferentes realidades produtivas na pecuária bovina brasileira.

O modelo AGRIPPEC permite uma melhor gestão do negócio por parte do produtor rural, uma vez que o mesmo, pode realizar uma comparação entre os custos com insumos e

custos fixos com a produção em cada “atelier”, o que resulta numa melhor eficácia na condução tecnológica e econômica da propriedade.

Em termos de emissões de gases efeito estufa, as emissões são avaliadas sobre a base de itinerários técnicos empregados e levadas em consideração para cada categoria animal. Dessa forma, pode-se estimar, de forma mais precisa as emissões de GEEs na pecuária. Isto por que, o modelo permite considerar não apenas as emissões do animal terminado, tal como, as emissões do boi gordo ou do touro, mas, permite, também, agregar as emissões de outras categorias animais que participaram do processo produtivo, tais como, as emissões da vaca prenha, da vaca com cria ao pé, do animal jovem e do animal adulto.

Embora o modelo permita uma análise técnica, econômica e ambiental do sistema de produção em nível micro, é necessário considerar as limitações da metodologia, a qualidade dos dados empregados e a validação dos resultados obtidos. Neste caso, realizou-se uma análise separada dos componentes econômico e ambiental.

O modelo para o cálculo dos custos de produção tem como base conceitual os trabalhos de Canziani (2002), Dorin (2006), Hofmman *et. al.* (1992) e Martin *et. al.* (1998). No entanto, o modelo propõe o cálculo do custo de produção, separadamente, para cada categoria animal. Essa especificidade metodológica demanda o conhecimento e a coleta de um expressivo número de dados e de coeficientes técnicos se comparado a outras propostas metodológicas de mensuração de custos de produção na agropecuária.

Apesar dessas limitações, o modelo AGRIPPEC apresenta-se como uma inovação metodológica para o cálculo dos custos de produção da pecuária bovina, uma vez que permite o cálculo do custo de produção de cada categoria animal da propriedade e descreve os itinerários tecnológicos de produção.

O modelo para a estimativa para as emissões de metano e óxido nitroso provenientes da pecuária bovina, é baseado na metodologia desenvolvida pelo IPCC para o cálculo dos fatores de emissão utilizados nos inventários nacionais de emissões de gases efeito estufa. Em que pese o modelo e esteja baseado em uma metodologia oficialmente aceita pelo Protocolo de Quioto e pelos critérios brasileiros de elegibilidade de projetos de MDL, algumas limitações metodológicas devem ser consideradas:

a) A própria metodologia do IPCC pode apresentar pontos fortes e fracos, bem como lacunas nos métodos de estimativas específicas e desenvolvimento de fatores de emissão adaptados à realidade brasileira;

b) Existem variabilidades devido às diferenças regionais, às mudanças diárias e sazonais em diferentes estágios de vida animal, bem como, diferenças regionais de manejos que podem modificar parâmetros e coeficientes *default* utilizados no modelo;

c) O método do IPCC pode não ser totalmente adaptado às diversas formas de produção pecuária no Brasil, neste caso, é necessário se estimar parâmetros regionais a serem utilizados no modelo AGRIPPEC;

d) Embora o modelo permita a estimação de emissões de um determinado sistema de produção, o mesmo, não está metodologicamente completo para avaliar medidas de mitigação das emissões. Isto porque, o modelo não inclui a estimativa de emissões de GEES em atividades da agricultura, necessárias para a redução das emissões por fermentação entérica, por exemplo.

Apesar dessas limitações, o modelo permite estimar as emissões de GEEs na pecuária bovina brasileira, em nível de propriedade. No sentido restrito, ou seja, considerando-se somente a produção de leite e de carne, é possível se estabelecer uma relação entre a produção de carne produzida e as emissões de metano equivalentes, por exemplo, kg de CH₄/Kg leite ou carne produzido. No entanto, no sentido amplo, ou seja, considerando as atividades agrícolas envolvidas na atividade pecuária, é necessário ampliar o modelo e considerar as emissões de GEEs, provenientes das atividades agrícolas. Por exemplo, deve-se considerar as emissões de GEEs da produção de silagem de milho, a qual, servirá de alimento para o gado leiteiro.

8.1.2 A pecuária bovina brasileira: sua diversidade necessita de fatores de emissão diferenciados

A criação bovina é um importante emissor de Gases Efeito Estufa (GEE) do Brasil. 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). Isso é mais ou menos equivalente às emissões ligadas à utilização de combustíveis fósseis (55,2 a 64,0 milhões de toneladas equivalentes carbono) (ROSA *et. al.* 2002). Entretanto, essas primeiras estimativas devem ser melhoradas, pois numerosos dados não são ainda bem conhecidos, como a estrutura do rebanho, as técnicas de gestão dos dejetos, a produtividade dos animais no seio das diferentes grandes regiões produtoras. Além disto, em numerosos casos, os valores “*default*” do IPCC foram utilizados nos cálculos destas emissões.

Considerando-se as emissões de metano no contexto brasileiro, verificou-se que, segundo estimativas oficiais, o setor agropecuário foi responsável pelas emissões de 10 Tg de CH₄ em 1994, sendo que, as emissões por fermentação entérica representam 92% do total emitido no país. Ao se converter essas emissões de metano oriundas da fermentação entérica de diversos tipos de animais em emissões de carbono-equivalente, observou-se que a pecuária de corte representa 82,17% das emissões e o gado de leite participa com 13,41%. Em relação ao total das emissões brasileiras de gases efeito estufa em termos de carbono-equivalente, as emissões provenientes da pecuária de corte representam 10,05%, enquanto que, a pecuária de leite participa com apenas 1,64%. Portanto, esforços no sentido de reduzir as emissões da pecuária bovina brasileira apresentaram reflexos não negligenciáveis nas emissões de gases efeito estufa no Brasil, em especial, a redução das emissões de metano da pecuária bovina de corte, dada a grande dimensão do rebanho bovino brasileiro.

Observou-se que as regiões que apresentam as maiores dinâmicas de crescimento são justamente aquelas localizadas ao longo do arco do desflorestamento, que se estende desde o sul do Pará, passando pelo norte do Mato Grosso, norte de Rondônia, sul do Amazônia e estado do Acre. Nesta região, as taxas de crescimento situam-se entre 8,49% a 23,34% ao ano, revelando o potencial de crescimento da pecuária regional em contraste com as regiões tradicionais de produção pecuária bovina em que se observaram, inclusive, taxas negativas de crescimento do efetivo de gado de corte, como, por exemplo, a região sul do país além do Estado do Mato Grosso do Sul.

Assim, na análise das emissões de metano por carne produzida, observou-se que uma estratégia de redução das emissões na região nordeste, seria a melhoria nas condições de produção. A região Norte apresenta uma menor emissão por quilograma de carne produzida, porém, apresenta uma alta taxa de crescimento do rebanho apesar de obter a menor emissão por animais abatidos. Portanto, uma intensificação da pecuária conjugada com a redução no ritmo de crescimento do rebanho poderá ter reflexos positivos no esforço de redução das emissões. As regiões Centro-oeste e Sudeste apresentam condições similares tanto em número de animais abatidos como em termos de fatores de emissões, porém, a região Centro-Oeste apresenta um maior ritmo de crescimento do seu rebanho bovino, desta forma, projetos de intensificação da pecuária com redução do rebanho seriam, também, uma boa estratégia para a mitigação das emissões. Por sua vez, a região Sul apresenta o maior valor das emissões por animais abatidos apesar da relativa estabilização de seu rebanho. Portanto, a estratégia para essa região seria no sentido da intensificação da pecuária.

Em termos de pecuária de leite, verificou-se a presença de diversas formas de produção e de organização da propriedade que variam conforme a região do país e o tipo de produtor. No Brasil, coexistem, tanto sistemas de produção voltados exclusivamente para o mercado e ligados às lógicas produtivas e comerciais de cadeias produtivas consolidadas, como sistemas dedicados ao auto consumo, cujo excedente é colocado em mercados locais. As diferenças regionais, técnicas e socioeconômicas determinam diferentes arranjos produtivos, os quais, conduzem à formas diferenciadas de produção e de relacionamento com o mercado formando assim, bacias produtoras de leite com suas próprias especificidades.

No entanto, verificou-se que a análise dos efeitos da produção pecuária sobre as emissões de gases efeito estufa necessita ser realizada levando-se em consideração as principais relações entre o solo, as pastagens e os sistemas de produção bovina. Ou seja, é fundamental entender o funcionamento do ciclo do carbono nos ecossistemas das pastagens para se analisar o papel da pecuária nas emissões de gases efeito estufa. Isto por que, no contexto das estratégias de redução das emissões dos gases efeito estufa deve-se considerar a diminuição do nível de emissões, e/ou a transferência e estocagem dos GEEs em outros compartimentos terrestres, tais como, o solo. Neste caso, os gases ficariam estabilizados na forma de biomassa, matéria orgânica do solo, etc. Além disto, deve-se considerar, também, a quantidade de metano emitida por animal, a qual depende, entre outras variáveis, do tipo e da quantidade de nutrientes presentes na alimentação do rebanho. A disponibilidade de nutrientes, por sua vez, dependerá do tipo do solo, da sua fertilização e dos variados sistemas de manejo das pastagens.

Na análise do balanço de carbono, evidenciou-se que mudanças no uso da terra acarretam em diferentes fluxos de carbono que poderão resultar em mudanças nos estoques de carbono no solo e nas emissões de GEEs. Em termos de controle de emissões antrópicas, é necessário identificar, tanto as atividades produtivas que resultam em aumento das emissões e que, portanto, devam ser controladas, reduzidas e até suprimidas, como aquelas que reduzem as emissões ou que absorvam os gases efeito-estufa e, que, obviamente, devam ser estimuladas.

Entretanto, para se comparar diferentes sistemas produtivos, é necessário se desenvolver uma metodologia que permita quantificar as emissões de metano decorrentes, tanto da fermentação entérica, como do manejo dos resíduos em nível de propriedade rural. Além disto, tal metodologia deve permitir a coleta de dados que reflitam a realidade dos diferentes contextos produtivos.

8.1.3 O protocolo de quioto e o papel do mercado de carbono no desenvolvimento (in) sustentável de pecuária bovina no Brasil

Na análise das oportunidades oferecidas pelos mecanismos atuais, considerados no quadro do Protocolo de Quioto para o setor bovino brasileiro, buscou-se verificar as consequências desses mecanismos para o Brasil e se os mesmos podem promover uma intensificação sustentável da pecuária brasileira conduzindo, assim, à uma redução de sua contribuição nas emissões de gases efeito estufa.

Em termos de racionalidade econômica, as reduções devem se concentrar prioritariamente naqueles setores ou países em que o custo da redução das emissões de GEEs em termos de equivalente-carbono seja menor, tornando, assim, eficiente o esforço de redução e maximizando os ganhos para toda a sociedade. Assim, projetos de intensificação da pecuária bovina, cujo objetivo é a redução de emissões, podem induzir à eficiência econômica, no caso da minimização dos custos de abatimento de carbono. Neste sentido, a intensificação da pecuária se traduziria em redução de custos e no uso mais eficiente de recursos. Desta forma, a intensificação ou as mudanças nos sistemas de produção não estariam restritas apenas à mudanças na função de produção, mas, também, nas melhorias no sistema de gestão da propriedade e do negócio pecuário propriamente dito.

Em segundo lugar, verificou-se que entre os três mecanismos de flexibilidade introduzidos no Protocolo de Quioto para viabilizar as metas quantitativas de emissões, apenas o MDL é compatível para projetos de reduções de emissões para a pecuária bovina brasileira, haja vista, a posição do Brasil no esforço global de redução. No entanto, a existência de outros mecanismos do Protocolo (Implementação Conjunta e Comércio de Emissões), juntamente com o MDL e outros mecanismos “*non compliance Kyoto*” (mercados que não necessariamente necessitam atender os critérios de Quioto) permitiu a formação de um mercado mundial de carbono.

A formação do preço do crédito de carbono é importante pelo seu papel sinalizador de incentivos de mercado para a criação e o desenvolvimento de projetos de redução de emissões de GEEs. Por exemplo, preços altos no mercado de carbono incentivam o aumento da oferta de projetos, viabilizando aqueles com custos mais altos de abatimento do carbono.

Neste sentido, a formação do mercado de carbono se apresenta como um elemento incentivador de mudanças produtivas na pecuária brasileira, no sentido de viabilizar tecnologias e sistemas de produção, que gerem Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) e outras formas de créditos de carbono em mercados “*non compliance Kyoto*”.

Em terceiro lugar, a instituição de mecanismos de flexibilidade via Protocolo de Quito e a consolidação do mercado mundial de carbono, incentivou a formação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE). Embora o mercado brasileiro seja incipiente, o seu desenvolvimento poderá permitir a alocação de recursos e investimentos em diversos setores da economia que poderão participar dos esforços de redução de emissões, tal é o caso da pecuária bovina.

Em quarto lugar, verificou-se a possibilidade de intensificação sustentável da pecuária bovina brasileira através do sistema de mercado de carbono. Embora a possibilidade de inserção de projetos de redução de emissões de GEEs na pecuária não serem restritos apenas às normas do MDL, uma vez que, os mesmos, também podem ser financiados por recursos de outros mecanismos tais como, o Fundo protótipo de carbono do Banco Mundial, buscou-se analisar o enquadramento da pecuária bovina nos critérios brasileiros de avaliação de projetos de redução de GEEs. Assim, foram analisados os critérios de elegibilidade, de caráter eliminatório, e os indicadores para a priorização de projetos de MDL.

Com relação ao primeiro critério de elegibilidade, ou seja, o que trata dos setores de atividades de projetos qualificáveis para o MDL, a pecuária bovina é um setor que pode gerar projetos no aproveitamento energético das emissões de GEES, provenientes da disposição e manejo de resíduos. Além disto, poderão ser gerados projetos de redução de emissões provenientes da fermentação entérica de rebanhos.

Com relação ao segundo critério, ou seja, o de que as reduções de emissões devam ser reais e mensuráveis em relação ao cenário de referência, verificou-se a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia para a mensuração e determinação do cenário de referência, bem como, dos benefícios gerados pelo projeto.

Quanto aos indicadores, estes buscam classificar os projetos com relação à necessidade de um projeto de MDL atender a obrigatoriedade de contribuir para o desenvolvimento sustentável do país ou região hospedeira. Observou-se que este é o ponto crítico da concepção e aprovação de projetos, uma vez que, sem uma avaliação criteriosa dos atributos do projeto, existe o risco de que o MDL se converta numa mera ferramenta de redução de custos para o cumprimento de compromissos dos países envolvidos.

No caso da pecuária bovina brasileira, é elevado o risco de isso acontecer para projetos de grande escala de aproveitamento de resíduos em sistemas de confinamento. Neste caso, pode-se justificar a geração de créditos de carbono pela queima e aproveitamento de metano para fins energéticos. No entanto, corre-se o risco de não se observar, a contento, os atributos do projeto para o desenvolvimento sustentável. Isto

porque, sistemas de confinamento necessitam de aporte de alimentação para os animais. A alimentação é produzida em sistemas agrícolas, ou seja, pode-se estar transferindo ao setor agrícola a responsabilidade das emissões evitadas no setor pecuário, uma vez que, a produção de alimentos é geradora de GEEs. Além disto, deve-se observar os efeitos do confinamento sobre o bem estar animal, a concentração de renda, o meio ambiente, entre outros fatores de sustentabilidade.

Embora ainda não ocorram projetos de MDL para a pecuária bovina no Brasil, é possível se estabelecer critérios de sustentabilidade de projetos de MDL para o setor, haja vista, que o mesmo, apresenta-se como elegível conforme critérios brasileiros.

Nesse sentido, alguns produtores brasileiros estão se organizando para realizar projetos de MDL na pecuária. Como exemplo, pode-se citar o caso da FAMATO (Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Mato Grosso), que criou o Centro de Carbono com a finalidade de viabilizar a inserção da pecuária no mercado de carbono como fonte de recursos para o setor, aproveitando o potencial de projetos de confinamento.

No entanto, as avaliações econômica, financeira e técnica do projeto não são suficientes para determinar se o mesmo é elegível, sendo necessário, também a avaliação de sustentabilidade do projeto, através de critérios e indicadores. Caso contrario, é provável que projetos de MDL na pecuária bovina, sejam direcionados para financiar projetos de confinamento de grande porte, com maior escala de produção, o que viabilizaria as reduções de emissões de metano oriundas do manejo do dejetos de animais.

Tal fato pode ser agravado pelo plano brasileiro de produção de etanol a partir da cana de açúcar. Isto por que, terras de pastagens da região Sudeste do Brasil estão sendo convertidas em lavouras de cana, o que tem elevado o preço da terra nesta região. Neste caso, a produção pecuária está seguindo duas tendências: deslocamento da produção para a fronteira agrícola e a intensificação. A expansão da pecuária para novas fronteiras produtivas do Brasil, em especial, para a região norte ocasionando pressões ambientais na Amazônia pelo agravamento do desmatamento e das queimadas para a formação de pastagens. Já a intensificação é traduzida em novos projetos de confinamento de grande porte.

Neste caso, de que maneira os projetos de MDL podem auxiliar na produção pecuária mais sustentável? A resposta a essa pergunta depende da observação dos impactos sociais do projeto na qualidade de vida das comunidades locais. Assim, o projeto deve apresentar efeitos positivos sobre as populações envolvidas, não somente na geração de empregos e renda, mas sobre a cultura e história, em especial de povos indígenas e populações

tradicionais. O projeto necessita, também, apresentar efeitos ambientais positivos sobre a água, o ar, o solo, a biodiversidade e ecossistemas.

Em relação à água, necessita-se otimizar seu consumo e sua reutilização. Nesse caso, é necessário reduzir a descarga de efluentes e monitorar a contaminação dos recursos hídricos por fertilizantes, herbicidas e inseticidas. Em relação ao ar, o projeto necessita comprovar a redução dos GEEs, condição necessária para a sua elegibilidade. Em termos de solos, as práticas agrícolas e pecuárias devem minimizar a erosão, a contaminação e a compactação do solo. Em sistemas irrigados, é necessário monitorar a salinização do solo.

Com relação à biodiversidade e aos ecossistemas, o projeto necessita ser compatível com os biomas nativos. Os biomas brasileiros são denominados de: Bioma Amazônia, Bioma Mata Atlântica, Bioma Caatinga, Bioma Cerrado, Bioma Pantanal e Bioma Pampa. (IBGE, 2005).³² Ou seja, o projeto deve permitir a manutenção de espécies endêmicas da fauna e flora nativas e a conectividade entre fragmentos remanescentes de ecossistemas.

A produção sustentável também passa pelas opções de redução de metano por fermentação entérica ocorrida pela melhoria da conversão alimentar e a consequente melhoria da produtividade, o que pode conduzir para aumentar as emissões de metano por animal, mas as emissões de metano por unidade de leite ou de carne são reduzidas. Porém, esta opção somente reduzirá o total das emissões entéricas, se a quantidade de produção de carne ou de leite for mantida constante, ou seja, acréscimos na produtividade devem levar ao decréscimo no número de animais.

Uma outra opção consiste na melhoria da dieta alimentar com ganhos genéticos. O acréscimo no nível de dieta alimentar por tipo de gado pode modificar a composição do rúmen, como a redução de acetato e o aumento da formação de propionato, o que leva a uma menor produção de metano por unidade de animal produzido.

O ganho contínuo em genética obtido através de cruzamento natural ou inseminação artificial pode ser verificado em diversas regiões do Brasil. Porém, vacas com alta genética

³² Segundo o IBGE, os nomes adotados foram os mais usuais e populares, em geral associados ao tipo de vegetação predominante, ou ao relevo, como no caso do Bioma Pantanal, que constitui a maior superfície inundável interiorana do mundo. O Bioma Amazônia é definido pela unidade de clima, fisionomia florestal e localização geográfica. O Bioma Mata Atlântica, que ocupa toda a faixa continental atlântica leste brasileira e se estende para o interior no Sudeste e Sul do País, é definido pela vegetação florestal predominante e relevo diversificado. O Pampa, restrito ao Rio Grande do Sul, se define por um conjunto de vegetação de campo em relevo de planície. A vegetação predominante dá nome ao Cerrado, segundo bioma do Brasil em extensão, que se estende desde o litoral maranhense até o Centro-Oeste e ao Bioma Caatinga, típico do clima semi-árido do sertão nordestino.

podem ter um aumento de problemas com fertilidade, deficiências físicas, mastites e distúrbios metabólicos e seu manejo é mais complexo.

Uma outra opção seria a melhoria na eficiência da conversão alimentar, substituindo alimentos fibrosos por concentrados. Porém, é necessário considerar que a produção de concentrados industriais é um processo intensivo em energia (com emissões de CO₂ associadas) e que a produção de alimento de alta qualidade pode levar a um aumento nas emissões de CO₂ e N₂O, pelo acréscimo na produção e aplicação de fertilizantes. Além disto, outros aspectos ambientais devem ser observados: a conversão de pastagens para terra de cultura, pode aumentar as emissões de CO₂ liberadas pela mineralização da matéria orgânica do solo; pastagens extensivas podem ser mais valiosas do que a agricultura em termos de biodiversidade, conservação do solo e uma melhoria em termos de paisagem.

Assim, pode-se identificar algumas técnicas de manejo e de gestão da propriedade que contribuem para tornar a produção pecuária mais sustentável. Tais técnicas podem ser adotadas pelos diversos produtores, independentemente da escala de produção: a divisão de pastagens com cerca elétrica, otimizando o uso das forrageiras, o melhoramento do campo nativo, a melhoria contínua da sanidade animal, a disponibilidade de água suficiente para evitar grandes deslocamentos do rebanho, a preservação de matas nativas, o florestamento e o reflorestamento de partes do campo, a fim de proporcionar sombra e bem estar aos animais, a redução do estresse climático pela sombra e outras práticas, podem ser importantes para manter o consumo de água e alimentos, reduzindo as perdas de energia do animal.

8.2 CONCLUSÕES

A criação bovina é um importante emissor de Gases Efeito Estufa (GEE) do Brasil. A maior parte das emissões de metano vem da fermentação entérica, resultado normal do processo digestivo dos animais ruminantes, como os bovinos. Verificou-se que o Brasil apresenta uma diversidade de tipos de produção pecuária bovina, as quais, resultam em diferentes padrões de emissões de metano por fermentação entérica.

Assim, para se comparar diferentes sistemas produtivos, é necessário se desenvolver uma metodologia que permita quantificar as emissões de metano decorrentes tanto da fermentação entérica, como do manejo dos resíduos em nível de propriedade rural. Para tanto, construiu-se um modelo de coleta, dados de parâmetros técnicos locais e de mensuração das emissões de metano (CH₄) e de óxido nitroso (N₂O), bem como, dos custos

para diferentes sistemas de produção. Tais dados poderão ser utilizados em conjunto com outros modelos que visam determinar os custos marginais de abatimento de carbono.

Os resultados da aplicação do modelo AGRIPPEC-LEITE em uma propriedade leiteira situada ao Norte do Rio Grande do Sul apontam para uma sustentabilidade econômica da atividade a longo prazo, haja vista, as margens positivas, tanto para a atividade leiteira como um todo, como para a produção de leite propriamente dita. Observa-se que, ao preço corrente do leite, são cobertos os custos totais, mesmo considerando o custo de oportunidade da terra e do rebanho.

O fator de emissão de metano obtido para as vacas em lactação foi de 113,93 Kg/cabeça/ano, valor próximo ao verificado por Primavesi *et. al.* (2004), para bovinos leiteiros a pasto em condições tropicais brasileiras, bem como, próximo do valor *default* estimado pelo IPCC (1996) para vacas leiteiras na América do Norte e Europa Ocidental. As emissões por litros de leite produzidos foram estimadas em 17 gramas/litro, abaixo do valor estimado por Lima *et. al.* (2002) (47,5 gramas/litro). Embora a produção de metano por cabeça/ano estimada por Lima *et. al.* (2002) seja menor do que a considerada no presente trabalho (62 kg/cabeça/ano), a produção de metano por litro de leite é maior. Isto indica que a intensificação da pecuária de leite e o conseqüente ganho de produtividade pode ser uma estratégia para a redução das emissões de metano por leite produzido para aquelas propriedades com baixa produtividade.

Para a pecuária de corte, no caso das emissões de metano por fermentação entérica, estimou-se um fator de emissão de 59 kg CH₄/cabeça/ano para fêmeas adultas, resultado próximo do valor *default* sugerido pelo IPCC (58 kg CH₄/cabeça/ano), porém abaixo do estimado por Lima *et. al.* (2002) de 65 kg CH₄/cabeça/ano. Para animais jovens, o fator de emissão estimado varia entre 55 kg a 44 kg CH₄/cabeça/ano para machos e fêmeas com 14 meses de idade, respectivamente. Tais valores são superiores ao valor *default* do IPCC (42 kg CH₄/cabeça/ano) e inferiores aos 50 kg CH₄/cabeça/ano estimados por Lima *et. al.* (2002). Verificou-se que a diversidade de sistemas de produção da pecuária bovina brasileira determina diferentes fatores de emissão de metano, o que dificulta a utilização de valores padrão já pré-estabelecidos, tais como, o utilizado pela FAO, em que o valor estimado é de 58 kg CH₄/cabeça/ano para animais em sistema de pastejo e sem discriminação por categoria animal.

Para futuras pesquisas recomenda-se a aplicação do modelo num número maior de propriedades que sejam representativas dos diversos sistemas de produção encontrados no Brasil, com a finalidade de obter fatores de emissão de metano locais que permitam uma estimativa mais apurada das emissões de GEEs no Brasil.

Como continuidade da pesquisa, é necessário ampliar o modelo para a incorporação das estimativas de emissão de GEEs, provenientes da produção de alimentação do gado, incorporando as atividades agrícolas, assim como, estimativas das emissões por mudança no uso do solo, enfatizando a dinâmica do ciclo do carbono.

Além disto, são necessárias maiores pesquisas sobre a digestibilidade dos alimentos fornecidos ao gado, de forma a se obter valores próximos da realidade da produção local, o que melhora as estimativas de fatores de emissão.

Recomenda-se às instituições de pesquisa e aos órgãos públicos locais desenvolverem um banco de dados que permita uma melhor tipificação dos sistemas de produção local. Necessita-se de dados para uma caracterização das populações tais como: distribuição por categorias, pesos vivos, consumo de alimento, digestibilidade de alimentos e outros parâmetros. Em geral, dados sobre o peso vivo de animais, consumo de alimento, produção de dejetos e consumo de energia, necessitam estar disponíveis para as estimativas de emissão. Neste caso, o modelo Agripec pode ser utilizado para obtenção de dados e parâmetros locais.

ANEXO 1: CAPÍTULO 9 AGRIPPEC-LEITE:ESTRUTURA PRODUTIVA E CUSTOS DE PRODUÇÃO

A seguir são apresentadas a estrutura produtiva e os custos de produção calculados a partir da aplicação do Modelo Agripec na propriedade de produção de leite. O modelo prevê o cálculo dos custos de produção nos sistemas de alimentação utilizados na propriedade, assim como, o cálculo dos custos de produção dos sistemas de criação ou categorias de animais (Atelier).

9.1 CUSTOS DOS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO

Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de alimentação, foram consideradas as despesas com máquinas, mão de obra e insumos, para cada atividade envolvida na produção de alimentos.

9.1.1 Máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação

A propriedade apresenta um alto nível de mecanização agrícola se comparado com a sua escala. Para o cultivo de 52 hectares, tem-se dois tratores, um pulverizador necessário para o tratamento fitossanitário, uma plantadeira para o sistema de plantio direto e um distribuidor de adubos. Observa-se a necessidade de equipamentos específicos para a produção de silagem de milho tais como, ensilhadeira, concha carregadora, carroto e caçamba para silagem (Tabela 44).

Tabela 44 - Máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação da propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Especificação	Quantidade	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Valor de sucata (% do Vi)	Vida útil (horas)
Caçamba para silagem	1	1.000,00	20	2.500
Carreto para silagem	1	4.000,00	20	2.500
Concha carregadora	1	9.000,00	20	2.500
Distribuidor de adubo 500 kg	1	15.000,00	20	1.500
Ensilhadeira Master 50	1	6.000,00	10	2.000
Plantadeira SHM 1113 SEMEATO	1	25.000,00	25	2.500
Pulverizador JACTO 400 litros	1	4.000,00	10	4.000
Trator Valmet 4x4 8080	1	60.000,00	30	10.000
Trator Valmet 85 ID	1	20.000,00	30	10.000

Fonte: Primária, 2007.

Segundo o proprietário, essa é uma estrutura mínima para o cultivo mecanizado de soja e milho. Do ponto de vista econômico, o alto valor imobilizado em máquinas e equipamentos se traduz em elevados custos fixos, os quais, devem ser cobertos com o uso intensivo desses ativos e pela alta produtividade das culturas.

Do ponto de vista ambiental, a mecanização agrícola, quando excessiva, pode acarretar na compactação do solo, na baixa percolação da água, erosão e degradação do mesmo. Além disto, a queima de combustíveis fósseis é uma fonte de emissão de gases de efeito estufa que deve ser levada em conta.

Tabela 45 - Custos fixos totais de máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação da propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Especificação	Depreciação (R\$/hora)	Seguro (R\$/hora)	Juros (R\$/hora)	Custo Fixo Total (R\$/hora)
Caçamba para silagem	0,32	0,04	0,03	0,65
Carreto para silagem	1,28	0,16	1,15	2,59
Concha carregadora	2,88	0,36	2,59	5,83
Distribuidor de adubo 500 kg	8,00	1,00	7,20	16,20
Ensilhadeira Master 50	2,70	0,30	1,98	4,98
Plantadeira SHM 1113 SEMEATO	7,50	0,10	0,75	8,35
Pulverizador JACTO 400 litros	0,90	0,10	0,75	1,66
Trator Valmet 4x4 8080	4,20	0,60	4,68	9,48
Trator Valmet 85 ID	1,40	0,20	1,56	3,16

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 45 apresenta os custos fixos totais das máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação. Observa-se o alto custo fixo do distribuidor de adubo e da plantadeira, porém, os mesmos, são utilizados apenas para a atividade de plantio das culturas. Não foi considerado o custo da garagem, uma vez que, a estrutura para tal fim, é simples e de baixo custo de construção, conforme demonstrado na figura abaixo.



Figura 15 - Visão parcial da garagem e das máquinas e equipamentos da propriedade.
Fonte: Primária, 2007.

A garagem é uma estrutura simples, cujo objetivo, é de apenas resguardar as máquinas de chuvas e intempéries. Observa-se os dois tratores, o distribuidor de adubos e a plantadeira/semeadeira para o plantio direto. As emissões diretas de gases efeito estufa da queima dos combustíveis utilizados pelos tratores devem ser contabilizadas no caso de se estabelecer um balanço do carbono da propriedade agrícola.

9.1.2 Mão-de-obra utilizada nos sistemas de alimentação

A mão-de-obra é predominantemente do tipo familiar. Além do proprietário, trabalham a esposa e o filho em todas as atividades da propriedade. O trabalho familiar é uma característica cultural e histórica regional. As famílias são, em geral, descendentes de imigrantes italianos que habitaram a região no século XIX, incentivados por programas de colonização, como é o caso da família do Sr. Francisco Bordignon. Além do trabalho familiar, são contratados funcionários diaristas para atividades que demandam mais mão de obra como o plantio de culturas de verão (soja e milho). Segundo o proprietário, existem

dificuldades de contratar mão de obra específica para a atividade leiteira, dada a necessidade de dedicação exclusiva, além do desinteresse dos jovens pelas atividades agropecuárias.

Tabela 46 - Dados utilizados para o cálculo da hora trabalhada na propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Tipo	Número	Salário mensal (R\$)	Salário dia (R\$)	Custo/trabalhador (R\$)	Dias	Horas trabalhadas /dia	Custo/hora
Trabalhador não especializado	3		50,00	50,00	8	10	5,00
Trabalhador familiar	3	600,00		600,00	30	12	1,67

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 46 apresenta os dados utilizados para o cálculo do custo da hora trabalhada. São contratados três trabalhadores não especializados por oito dias a um custo diário de R\$ 50,00 por uma jornada de trabalho de dez horas. Como são trabalhadores diaristas, não foram computados outros custos tais como moradia, encargos sociais e trabalhistas. Com relação à mão de obra familiar foi imputado um salário de R\$ 600,00 para cada membro da família como remuneração do trabalho familiar. Esse valor foi sugerido pelo proprietário, pois representa o salário médio praticado na região.

A tabela 47 apresenta as operações realizadas para sistema de alimentação definidos no contexto. São relacionadas as variáveis necessárias para o cálculo do custo com mão de obra por hectare, ou seja: o número de trabalhadores, horas de trabalho por hectare e o total de horas necessárias por hectare.

Observa-se que o sistema de alimentação “silagem de milho” é o que apresenta maior complexidade e o maior custo de mão de obra familiar, totalizando R\$ 83,33/hectare. A tecnologia de produção de silagem de milho requer as seguintes operações:

a) Dessecação da cultura de inverno: O produtor utiliza a técnica do plantio direto, que consiste no plantio de uma cultura diretamente sobre os resíduos da lavoura anterior, sem a necessidade de revolvimento e preparo do solo. Para tanto, é necessário dessecar a cultura anterior para a obtenção da “palha” e controlar a incidência de plantas indesejáveis para o plantio;

b) Aplicação de calcário: Essa é uma operação de correção da acidez do solo. Solos com pH abaixo de 7,0 são ácidos e prejudicam o desempenho da produtividade física das

lavouras. Em geral é realizada após análise do solo e aplicada periodicamente. Muitas vezes é uma despesa considerada como investimento;

c) O plantio é a atividade de semeadura da cultura propriamente dita, em geral é acompanhada pela aplicação de adubos e fertilizantes;

d) Aplicação de uréia: Consiste na aplicação em cobertura de fertilizante rico em nitrogênio (uréia) é realizada, no caso da propriedade estudada, em dois momentos distintos do crescimento vegetativo da cultura;

e) Aplicação de herbicida + inseticida: Refere-se ao controle químico de ervas daninhas e de insetos praga da lavoura;

f) Ensilagem: Trata-se do conjunto de operações necessárias para produzir silagem de milho. Essas operações consistem no corte da parte aérea do milho, transporte até o local do silo, compactação do material e formação do silo do tipo aéreo. Observa-se, pela tabela 6, que essa operação é a que demanda maior dedicação de tempo da mão de obra familiar entre todas as operações de todos os sistemas de alimentação considerados no contexto.

Tabela 47 - Custo da mão de obra familiar por operação em cada sistema de alimentação definidos no contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Sistema de Alimentação: Silagem de milho					
Operação	Número de trabalhadores	Mês de ocorrência	horas/homem/ha	Total horas/ha	Custo mão de obra/ha
Dessecação da cultura de inverno	1	Out./nov.	1	1	1,67
Aplicação de calcário	2	Ago.	3	6	10,00
Plantio	2	Nov.	2	4	6,67
Aplicação de uréia (1)	2	Nov.	0,5	1	1,67
Aplicação de uréia (2)	2	Nov.	0,5	1	1,67
Aplicação de herbicida +inseticida	1	Nov.	1	1	1,67
Ensilagem	3	Março	12	36	60,00
Custo/ha (R\$)					83,33

Sistema de Alimentação: Consórcio Sorgo+Milheto					
Operação	Número de trabalhadores	Mês de ocorrência	horas/homem/ha	Total horas/ha	Custo mão de obra/ha
Dessecação da cultura de inverno	1	Out./nov.	1	1	1,67
Plantio	2	Nov.	2	4	6,67
Aplicação de uréia (1)	2	Nov.	0,5	1	1,67
Aplicação de uréia (2)	2	Nov.	0,5	1	1,67
Aplicação de herbicida	1	Nov.	1	1	1,67
Custo/ha (R\$)					13,33

Sistema de Alimentação: Consórcio Azevem+Aveia					
Operação	Número de trabalhadores	Mês de ocorrência	horas/homem/ha	Total horas/ha	Custo mão de obra/ha
Dessecação da cultura de verão	1	abril/maio.	1	1	1,67
Plantio	2	maio	2	4	6,67
Aplicação de inseticida	1	maio	1	1	1,67
Custo/ha (R\$)					10,00

Fonte: Primária, 2007.

Por sua complexidade, a ensilagem é a operação que absorve a mão de obra temporária (trabalhador não especializado), além da mão de obra familiar. São necessários três diaristas trabalhando doze horas por dia/hectare, o que gera um custo de R\$

180,00/hectare, o que eleva o custo da mão de obra total da ensilagem para R\$ 263,33/hectare.

O sistema de alimentação “Consórcio Sorgo + Milheto” define o cultivo conjunto de sorgo e de milheto. Após seu crescimento serve de pasto para o gado no verão. As operações consideradas nesse sistema são: dessecação da cultura de inverno, plantio, aplicação de uréia (duas vezes) e aplicação de herbicida. Esse sistema apresenta o segundo maior custo de mão de obra familiar, totalizando R\$ 13,33/hectare.

Por sua vez, o sistema de alimentação “Consórcio Azevém + aveia”, consiste no plantio consorciado de forrageiras de inverno. Por necessitar de um menor número de operações (dessecação da cultura de verão, plantio e aplicação de inseticidas) é o sistema que apresenta o menor custo com mão de obra familiar, totalizando R\$ 10,00/hectare.

9.1.3 Custos totais de máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação

A seguir, são apresentados os custos totais de máquinas e equipamentos utilizados em cada sistema de alimentação. Os custos fixos agregam os custos com depreciação, seguro e juros sobre o capital fixo. Os custos variáveis agregam os eventuais custos com combustível e custos com manutenção. Os custos foram calculados para cada operação envolvida nos sistemas de alimentação.

A tabela 48 apresenta os custos totais nas máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “Silagem de milho”. Entre os três sistemas de alimentação da propriedade, a silagem é o sistema que apresenta maior custo com mecanização. Os custos com máquinas e equipamentos totalizaram R\$ 1222,74 por hectare cultivado. Os altos custos devem-se a necessidade de colheita e formação da silagem, o que não acontece nos demais sistemas. Como no caso da mão de obra, a ensilagem envolve uma série de operações e representa a maior parcela (61,12%) dos custos totais. Observa-se que a forte participação dos tratores nos custos evidencia uma mecanização baseada na queima de combustíveis fósseis, o que acarreta nas suas respectivas emissões de GEEs.

Tabela 48 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “silagem de milho” por operação e por hectare. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Sistema de alimentação: Silagem de milho						
Atividades	Máquina/equipamento	Tempo/ha (horas)	Custo Fixo/ha (R\$)	Custo variável/ha (R\$)	Custo Total/ha (R\$)	Participação relativa (%)
Dessecação de cultura de inverno	Trator Valmet 85 ID	1	3,16	16,52	19,68	1,61%
	Pulverizador JACTO 400 litros	1	1,66	0,50	2,16	0,18%
Sub total			4,82	17,02	21,84	1,79%
Plantio	Trator Valmet 4x4 8080	2	18,96	44,80	63,76	5,21%
	Plantadeira SHM 1113 SEMEATO	2	16,7	1,00	17,70	1,45%
Sub total			35,66	45,80	81,46	6,66%
Aplicação de uréia (1)	Trator Valmet 85 ID	0,5	1,58	8,26	9,84	0,80%
	Distribuidor de adubo	0,5	8,1	2,50	10,60	0,87%
Sub total			9,68	10,76	20,44	1,67%
Aplicação de uréia (2)	Trator Valmet 85 ID	0,5	1,58	8,26	9,84	0,80%
	Distribuidor de adubo	0,5	8,1	2,50	10,60	0,87%
Sub total			9,68	10,76	20,44	1,67%
Aplicação de herbicida + inseticida	Trator Valmet 85 ID	1	3,16	16,52	19,68	1,61%
	Pulverizador	1	1,66	0,50	2,16	0,18%
Sub total			4,82	17,02	21,84	1,79%
Ensilagem	Trator Valmet 4x4 8080	12	113,76	268,80	382,56	31,29%
	Trator Valmet 85 ID	12	37,92	198,24	236,16	19,31%
	Ensilhadeira Master 50	12	59,76	18,00	77,76	6,36%
	Caçamba para silagem	12	7,78	2,40	10,18	0,83%
	Carreto para silagem	12	31,10	9,60	40,70	3,33%
Sub total			250,32	497,04	747,36	61,12%
Aplicação de calcário	Trator Valmet 4x4 8080	6	18,96	134,40	153,36	12,54%
	Trator Valmet 85 ID	6	56,88	99,12	156,00	12,76%
Sub total			75,84	233,52	309,36	25,30%
Custo Total/ha (R\$)			390,82	831,92	1222,74	100,00%

Fonte: Primária, 2007.

Conforme a tabela 49, os custos das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação “Consórcio Sorgo + Milheto” totalizaram R\$ 166,02 por hectare. Com relação às operações, a de plantio é a que apresenta a maior participação nos custos totais (49,07%). Em seguida, tem-se a aplicação dupla de uréia que representa 24,62% dos custos com mecanização. Novamente, observa-se a expressiva participação dos custos com tratores sobre os custos totais.

Tabela 49 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio sorgo + milho” por operação e por hectare. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Sistema de alimentação: Consórcio Sorgo + Milheto						
Atividades	Máquina/equipamento	Tempo/ha (horas)	Custo Fixo/ha (R\$)	Custo variável/ha (R\$)	Custo Total/ha (R\$)	Participação relativa (%)
Dessecação de cultura de inverno	Trator Valmet 85 ID	1	3,16	16,52	19,68	11,85%
	Pulverizador JACTO 400 litros	1	1,66	0,50	2,16	1,30%
Sub total			4,82	17,02	21,84	13,16%
Plantio	Trator Valmet 4x4 8080	2	18,96	44,8	63,76	38,41%
	Plantadeira SHM 1113 SEMEATO	2	16,70	1,00	17,70	10,66%
Sub total			35,66	45,8	81,46	49,07%
Aplicação de uréia (1)	Trator Valmet 85 ID	0,5	1,58	8,26	9,84	5,93%
	Distribuidor de adubo	0,5	8,10	2,50	10,60	6,38%
Sub total			9,68	10,76	20,44	12,31%
Aplicação de uréia (2)	Trator Valmet 85 ID	0,5	1,58	8,26	9,84	5,93%
	Distribuidor de adubo	0,5	8,10	2,50	10,60	6,38%
Sub total			9,68	10,76	20,44	12,31%
Aplicação de herbicida + inseticida	Trator Valmet 85 ID	1	3,16	16,52	19,68	11,85%
	Pulverizador	1	1,66	0,50	2,16	1,30%
Sub total			4,82	17,02	21,84	13,16%
Custo-hora/ha (R\$) – Total			64,66	101,36	166,02	100,00%

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 50 apresenta os custos totais da utilização das máquinas e equipamentos no sistema de alimentação “Consórcio Sorgo + Milheto”. Esse sistema é o que apresenta o menor custo com mecanização da propriedade (R\$ 125,14/hectare).

Tabela 50 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio sorgo + milho” por operação e por hectare. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Sistema de alimentação: Consórcio Azevem+aveia						
Atividades	Máquina/equipamento	Tempo/ha (horas)	CustoFixo/ha (R\$)	Custo variável/ha (R\$)	Custo Total/ha (R\$)	Participação relativa (%)
Dessecação de cultura de inverno	Trator Valmet 85 ID	1	3,16	16,52	19,68	15,73%
	Pulverizador JACTO 400 litros	1	1,66	0,50	2,16	1,73%
Sub total			4,82	17,02	21,84	17,45%
Plantio	Trator Valmet 4x4 8080	2	18,96	44,80	63,76	50,95%
	Plantadeira SHM 1113 SEMEATO	2	16,70	1,00	17,70	14,14%
Sub total			35,66	45,8	81,46	65,10%
Aplicação de inseticida	Trator Valmet 85 ID	1	3,16	16,52	19,68	15,73%
	Pulverizador JACTO 400 litros	1	1,66	0,50	2,16	1,73%
Sub total			4,82	17,02	21,84	17,45%
Custo-hora/ha (R\$) – Total			45,3	79,84	125,14	100,00%

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A sua estrutura de custos é semelhante à do “Consórcio Sorgo + Milheto, porém sem a necessidade da aplicação de uréia, o que reduz os seus custos totais. A operação que envolve maiores custos com mecanização é o plantio que representa 65,10% do total.

9.1.4 Custos com insumos (*inputs*) utilizados nos sistemas de alimentação

Nesta seção, são demonstrados os custos com a utilização de insumos para cada sistema de alimentação. Para cada operação são especificados os tipos de insumos (sementes, adubos, produtos químicos etc), a unidade de medida considerada para cada insumo e a quantidade utilizada por hectare cultivado. Os preços dos insumos considerados

para o cálculo dos custos são os praticados no mercado local. São calculados os custos por hectare, por quilograma de unidade de produto produzido e o custo por tonelada.

O sistema de produção é intensivo no uso de adubos químicos, pesticidas e sementes. Os insumos são provenientes da indústria agroquímica e de biotecnologia (sementes híbridas de milho) os quais, permitem o alcance de altos níveis de produtividade.

A Tabela 51 apresenta os custos dos insumos utilizados no sistema alimentação “Silagem de milho”. A operação que apresenta o maior custo com insumos é o plantio. Observa-se a importante utilização de insumos provenientes de indústria e adquiridos pelo produtor. Destaca-se a utilização de adubos químicos os quais, por um lado, permitem elevada produtividade, por outro, apresentam implicações ambientais e ecológicas diretas e indiretas tais como, as emissões de gases efeito estufa oriundas de sua fabricação, distribuição e consumo.

O produtor utiliza adubo orgânico do tipo “cama de aviário”, que é o resíduo da criação de frangos. Esse melhora o teor de matéria orgânica e a estrutura do solo, porém, também é uma fonte de emissão de GEEs que deve ser considerada.

Esse sistema de produção permite uma produtividade física de 74 toneladas de matéria verde de milho por hectare, totalizando uma produção de 481 toneladas nos 6,5 hectares destinados à produção de silagem. Embora esse sistema apresente o maior custo com insumos por hectare (R\$ 1.066,00), a alta produtividade acarreta no menor custo por tonelada produzida (R\$ 14,41) entre os três sistemas considerados no contexto.

Tabela 51 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “silagem de milho”.
Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Dessecação da cultura de inverno						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo R\$/ton
Herbicida Glifos	litro	2,00	10,00	20,00	0,000	0,27
Sub total				20,00	0,0003	0,27
Plantio						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Semente de milho	saco(4.000 sem.)	1,00	180,00	180,00	0,002	2,43
Fungicida	litro	0,40	90,00	36,00	0,000	0,49
Adubo NPK 5-25-25	Kg	350,00	0,70	245,00	0,003	3,31
Cama de aviário	m ³	2,00	18,00	36,00	0,000	0,49
Sub total				497,00	0,0067	6,72
Aplicação de uréia						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Uréia	Kg	300,00	0,84	252,00	0,004	3,40
Sub total				252,00	0,004	3,40
Aplicação de herbicida +inseticida						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Herbicida Primatop	litro	3,00	12,00	36,00	0,000	0,49
Extrazin	litro	3,00	12,00	36,00	0,000	0,49
Inseticida Certoiro	litro	0,10	150,00	15,00	0,000	0,20
Sub total				87,00	0,0012	1,18
Aplicação de calcário						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Calcário	t	3,00	70,00	210,00	0,003	2,84
Sub total				210,00	0,0028	2,84
Custo Total com insumos				1.066,00	0,0144	14,41

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A Tabela 52 apresenta os insumos utilizados no sistema de alimentação “Consórcio Sorgo + Milheto”. A estrutura de custos é semelhante à da silagem de milho com forte

utilização de insumos químicos. A tecnologia utilizada permite uma produtividade de 10 toneladas de matéria verde por hectare, totalizando 50 toneladas nos 5 hectares cultivados.

Tabela 52 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio sorgo + milho”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Dessecação da cultura de inverno						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo R\$/ton
Herbicida Glifos	litro	2,00	10,00	20,00	0,002	2,00
Sub total				20,00	0,0020	2,00
Plantio						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Semente de sorgo	Kg	15	10,00	150,00	0,015	15,00
Semente de milho	Kg	30	0,60	18,00	0,002	1,80
Adubo NPK 5-25-25	Kg	350,0	0,70	245,00	0,025	24,50
Cama de aviário	m ³	2,0	18,00	36,00	0,004	3,60
Sub total				449,00	0,0449	44,90
Aplicação de uréia						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Uréia	Kg	300,0	0,84	252,00	0,025	25,20
Sub total				252,00	0,025	25,20
Aplicação de herbicida						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Herbicida Primatop	litro	2,0	10,00	20,00	0,002	2,00
Extrazin	litro	3,0	12,00	36,00	0,004	3,60
Custo Total com insumos				777,00	0,0777	77,70

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A Tabela 53 apresenta os custos com insumos utilizados no sistema de alimentação “Consórcio Azevém + Aveia.

Tabela 53 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “consórcio azevém + aveia”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon – Marau/RS.

Dessecação da cultura de inverno						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/ton	Custo R\$/ton
Herbicida Glifos	litro	2,00	10,00	20,00	0,007	6,67
Sub total				20,00	0,0067	6,67
Plantio						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Semente de azevém	Kg	30	1,00	30,00	0,010	10,00
Semente de aveia	Kg	60	0,70	42,00	0,014	14,00
Adubo NPK 5-25-25	Kg	350,0	0,70	245,00	0,082	81,67
Cama de aviário	m ³	2,0	18,00	36,00	0,012	12,00
Sub total				353,00	0,1177	117,67
Aplicação de inseticida						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Inseticida Certoiro	litro	0,1	150	15,00	0,005	5,00
Sub total				15,00	0,0050	5,00
Custo total com insumos (R\$)				388,00	0,1293	129,33

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O sistema ocupa uma área de 25 hectares sendo utilizado como alimentação para o gado como, também, de cobertura morta para o cultivo de soja em sistema de plantio direto no verão. Esse sistema é o que apresenta o menor custo com insumos por hectare (R\$ 388,00), uma vez que não ocorre a aplicação de uréia por cobertura como nos outros sistemas. No entanto, é o sistema que apresenta a menor produtividade física com 3 toneladas de matéria verde por hectare, o que se traduz num custo de R\$ 129,33 por tonelada produzida, o maior entre os três sistemas.

9.1.5 Custos totais de produção dos sistemas de alimentação

A Tabela 54 apresenta os custos de produção dos Sistemas de Alimentação. O Modelo permite o cálculo do custo para cada tipo de operação realizada, o que permite um melhor sistema de gestão da propriedade. Por exemplo, observa-se que a silagem de milho apresenta o maior custo de produção por hectare (R\$ 2.552,07), porém, dada a alta

produtividade, o custo por kg de biomassa produzida é de apenas R\$ 0,01/kg de silagem. A operação que mais onera a produção de silagem é a atividade de ensilagem, a qual, demanda maior participação de mão de obra e maquinário.

A estrutura de custos de produção do sistema de alimentação “Consórcio Azevém + Aveia” revela que a atividade de maior custo, é o plantio, devido ao maior gasto com insumos, em especial, a utilização de fertilizantes químicos. Embora esse sistema tenha um custo de produção por unidade de área menor do que o da “Silagem de milho”, é o sistema de maior custo por unidade de biomassa produzida.

O sistema de alimentação “Consórcio Azevém + Aveia apresenta o menor custo de produção por unidade de área (R\$ 526,54) sendo, também, o plantio a operação mais onerosa dada à utilização de fertilizantes químicos. Em todos os sistemas os gastos com insumos foram os que mais oneraram os custos, seguido pelos custos variáveis e fixos de máquinas. Já, a mão de obra é o item de menor peso.

Tabela 54 - Custos de produção dos sistemas de alimentação para gado leiteiro da propriedade do Sr. Francisco Bordignon, localizada em Marau/Rio Grande do Sul/ Brasil.

Sistema de alimentação: Silagem de milho						
Operação	Custo Mão de Obra (R\$/ha)	Custo Variável Máquina (R\$/ha)	Custo com insumos (R\$/ha)	Custo Fixo Máquinas (R\$/ha)	Custo total/ha (R\$/ha)	Custo total/kg (R\$/ha)
Dessecação da cultura de inverno	1,67	17,02	20,00	4,82	43,51	0,00
Aplicação de calcário	10,00	233,52	210,00	75,84	529,36	0,00
Plantio	6,67	45,80	497,00	35,66	585,13	0,00
Aplicação de uréia (1)	1,67	10,76	126,00	9,68	148,11	0,00
Aplicação de uréia (2)	1,67	10,76	126,00	9,68	148,11	0,00
Aplicação de herbicida +inseticida	1,67	17,02	87,00	4,82	110,51	0,00
Ensilagem	240,00	497,04	0,00	250,32	987,36	0,00
Custo total/ha	263,33	831,92	1 066,00	390,82	2.552,07	0,01
Sistema de alimentação: Consórcio Sorgo + Milheto						
Operação	Custo Mão de Obra (R\$/ha)	Custo Variável Máquina (R\$/ha)	Custo com insumos (R\$/ha)	Custo Fixo Máquinas (R\$/ha)	Custo total/ha (R\$/ha)	Custo total/kg (R\$/ha)
Dessecação da cultura de inverno	1,67	17,02	20,00	4,82	43,51	0,00
Plantio	6,67	45,80	449,00	35,66	537,13	0,05
Aplicação de uréia (1)	1,67	10,76	126,00	14,48	152,91	0,02
Aplicação de uréia (2)	1,67	10,76	126,00	9,68	148,11	0,01
Aplicação de herbicida	1,67	17,02	56,00	4,82	79,51	0,01
Custo total	13,33	101,36	777,00	69,46	961,15	0,10
Sistema de alimentação: Consórcio Azevem+aveia						
Operação	Custo Mão de Obra (R\$/ha)	Custo Variável Máquina (R\$/ha)	Custo com insumos (R\$/ha)	Custo Fixo Máquinas (R\$/ha)	Custo total/ha (R\$/ha)	Custo total/kg (R\$/ha)
Dessecação da cultura de inverno	1,67	17,02	20,00	4,82	43,51	0,00
Plantio	6,67	45,80	353,00	35,66	441,13	0,01
Aplicação de inseticida	1,67	10,76	15,00	14,48	41,91	0,00
Custo total	10,00	73,58	388,00	54,96	526,54	0,01

Fonte: Primária, 2007.

O cálculo do custo de produção e as informações geradas no modelo podem ser utilizadas para modelos futuros que avaliem as emissões de GEEs ou outros indicadores ambientais, bem como, em modelos biofísicos. Os dados sobre os custos de produção do sistema de alimentação são utilizados como custo de insumos para o sistema de criação.

9.2 CUSTOS DOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO

Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de criação, foram consideradas as despesas com benfeitorias, equipamentos, mão de obra e insumos para cada atividade envolvida em cada fase do sistema de criação. A metodologia de cálculo é a mesma utilizada para estimativa dos custos referentes ao sistema de alimentação. Para os equipamentos foram estimados custos por hora trabalhada, enquanto que, para as benfeitorias foram considerados custos anuais.

9.2.1 Benfeitorias e equipamentos utilizados nos sistemas de criação

A propriedade apresenta benfeitorias específicas para a produção de leite. O proprietário tem investido na melhoria das instalações destinadas ao gado leiteiro. No momento da aplicação do modelo, as novas instalações estavam na fase final de construção. A tabela 55 apresenta as benfeitorias destinadas à produção de leite.

Tabela 55 - Benfeitorias destinadas à produção de leite – contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Valor de sucata (% do Vi)	Vida útil (anos)
Sala de ordenha	m ³	75	106,67	8.000,25	20	50
Cocho coberto para silagem	m ³	50	70,00	3.500,00	20	25
Mangueira de espera	m ²	50	70,00	3.500,00	20	25
Cerca elétrica	100 m	2	50,00	100,00	20	15

Fonte: Primária, 2007.

A sala de ordenha é projetada para receber as vacas em lactação. O seu *layout* permite que as vacas sejam alimentadas no mesmo instante em que são ordenhadas. Além

da sala de ordenha, é destinada uma área para a mangueira de espera, em que os animais permanecem antes da ordenha e onde recebem eventuais tratamentos sanitários. A estrutura de manejo da propriedade contém cochos cobertos para a alimentação com silagem de milho. Os piquetes em que os animais ficam localizados são divididos por cercas elétricas.

Tabela 56 - Custos fixos totais de benfeitorias destinadas à produção de leite. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Depreciação (R\$/ano)	Seguro (R\$/ano)	Juros (R\$/ano)	Custo Fixo Total (R\$/ano)
Sala de ordenha	128,00	1,60	576,02	705,62
Cocho coberto para silagem	112,00	1,40	252,00	365,40
Mangueira de espera	112,00	1,40	252,00	365,40
Cerca elétrica	5,33	0,07	7,20	12,60

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 56 apresenta os custos fixos totais das benfeitorias destinadas à produção de leite. Observa-se os altos custos fixos da sala de ordenha (R\$ 705,62), em especial, os custos com juros sobre o capital investido.



Figura 16 - Sala de ordenha" - Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.
Fonte: Primária, 2007.

A Figura 16 apresenta a Sala de Ordenha em fase final de construção. A estrutura é de alvenaria e projetada para conter ordenha mecânica e resfriador de leite.

Tabela 57 - Equipamentos destinados à produção de leite – contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Valor de sucata (% do Vi)	Vida útil (anos)
Aparelho de cerca elétrica	Und.	2	50,00	100,00	10	10
Resfriador a granel 1000 litros	Und.	1	14.000,00	14.000,00	25	5
Ordenhadeira canalizada	Und.	1	17.000,00	17.000,00	10	10

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 57 apresenta os equipamentos destinados à produção de leite. O produtor realizou fortes investimentos na sala de ordenha com a aquisição de uma ordenhadeira mecânica canalizada (Modelo *De Laval*) e um resfriador a granel, com capacidade de resfriamento de mil litros de leite. Esses investimentos permitem a coleta e transporte de leite refrigerado a granel na propriedade. Segundo Jank & Galan (1998), a coleta e transporte de leite refrigerado a granel nas propriedades rurais é um processo que vem sendo implantado por todos os grandes laticínios. Tal medida reduz os custos de captação do primeiro percurso, possibilita a eliminação de postos de resfriamento, aumenta a produtividade na fazenda (pela viabilização da segunda ordenha diária) e melhora, sensivelmente, a qualidade do produto que chega à plataforma.

Tabela 58 - Custos fixos totais de equipamentos destinados à produção de leite. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Depreciação (R\$/ano)	Seguro (R\$/ano)	Juros (R\$/ano)	Custo Fixo Total (R\$/ano)
Aparelho de cerca elétrica	9,00	0,10	0,66	9,76
Resfriador a granel 1000 litros	2.100,00	28,00	210,00	2.338,00
Ordenhadeira canalizada	1.530,00	17,00	112,20	1.659,20

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 58 apresenta os custos fixos totais dos equipamentos destinados à produção de leite. Os altos custos fixos de equipamentos e benfeitorias necessitam ser cobertos por altas produtividades na produção de leite. Custos fixos elevados e a necessidade de elevados investimentos limitam o acesso de produtores, não especializados ou de pequena escala de produção, ao sistema de granelização.³³

33 Indivíduos que produzem menos de 50 l/dia não conseguem sequer adquirir o menor tanque de expansão disponível no mercado (200 l), sem contar as inevitáveis reduções do custo por litro de leite que podem ser obtidas na aquisição de tanques maiores. (JANK; GALAN, 1998).

Tabela 59 - Custos variáveis (reparos e manutenção) de equipamentos destinados à produção de leite. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Reparos e manutenção (% do Vi)	Custo variável Total (R\$/ano)
Aparelho de cerca elétrica	100,00	5	0,50
Resfriador a granel 1000 litros	14.000,00	5	140,00
Ordenhadeira canalizada	17.000,00	5	85,00

Fonte: Primária, 2007.

Os custos variáveis relativos aos reparos e manutenção são demonstrados na Tabela 59, os mesmos, foram considerados como 5% do valor total dos equipamentos divididos pela sua vida útil.

Tabela 60 - Custos de benfeitorias por “sistema de criação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Bezerras até um ano						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Sala de ordenha	0,04	5,7	0,07	25,83	31,64	17,9
Cocho coberto para silagem	0,04	5,0	0,06	11,30	16,39	7,8
Mangueira de espera	0,04	5,0	0,06	11,30	16,39	7,8
Cerca elétrica	0,04	0,2	0,00	0,32	0,57	0,2
Novilhas não prenhas						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Sala de ordenha	0,13	16,1	0,20	72,33	88,60	50,2
Cocho coberto para silagem	0,13	14,1	0,18	31,64	45,88	22,0
Mangueira de espera	0,13	14,1	0,18	31,64	45,88	22,0
Cerca elétrica	0,13	0,7	0,01	0,90	1,58	0,6

Novilhas prenhas						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Sala de ordenha	0,10	12,9	0,16	58,12	71,20	40,4
Cocho coberto para silagem	0,10	11,3	0,14	25,43	36,87	17,7
Mangueira de espera	0,10	11,3	0,14	25,43	36,87	17,7
Cerca elétrica	0,10	0,5	0,01	0,73	1,27	0,5
Vacas em lactação						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Sala de ordenha	0,49	63,1	0,79	284,13	348,06	197,3
Cocho coberto para silagem	0,49	55,2	0,69	124,30	180,24	86,3
Mangueira de espera	0,49	55,2	0,69	124,30	180,24	86,3
Cerca elétrica	0,49	2,6	0,03	3,55	6,22	2,5
Vacas secas						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Sala de ordenha	0,22	28,7	0,36	129,15	158,21	89,7
Cocho coberto para silagem	0,22	25,1	0,31	56,50	81,93	39,2
Mangueira de espera	0,22	25,1	0,31	56,50	81,93	39,2
Cerca elétrica	0,22	1,2	0,01	1,61	2,83	1,1
Touros						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Sala de ordenha	0,01	1,4	0,02	6,46	7,91	4,5
Cocho coberto para silagem	0,01	1,3	0,02	2,83	4,10	2,0
Mangueira de espera	0,01	1,3	0,02	2,83	4,10	2,0
Cerca elétrica	0,01	0,1	0,00	0,08	0,14	0,1

Fonte: Primária, 2007.

Como o modelo calcula os custos de produção de cada atelier (sistema de criação), é necessário se realizar um rateio dos custos das benfeitorias em relação à participação relativa de cada categoria animal na utilização das mesmas. O critério utilizado foi o da

participação relativa de cada sistema de criação ou grupo de animais no valor total do rebanho (Tabela 60).

Tabela 61 - Custos de equipamentos por "sistema de criação". Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Bezerras até um ano						
Equipamento	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Aparelho de cerca elétrica	0,04	0,4	0,0	0,0	0,44	0,02
Resfriador a granel 1000 litros	0,04	94,2	1,3	9,4	104,84	6,28
Ordeneira canalizada	0,04	68,6	0,8	5,0	74,40	3,81
Novilhas não prenhas						
Equipamento	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Aparelho de cerca elétrica	0,13	1,1	0,0	0,1	1,23	0,06
Resfriador a granel 1000 litros	0,13	263,7	3,5	26,4	293,56	17,58
Ordeneira canalizada	0,13	1,1	0,0	0,1	1,23	0,06
Novilhas prenhas						
Equipamento	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Aparelho de cerca elétrica	0,10	0,9	0,0	0,1	0,98	0,05
Resfriador a granel 1000 litros	0,10	211,9	2,8	21,2	235,90	14,13
Ordeneira canalizada	0,10	154,4	1,7	11,3	167,41	8,58
Vacas em lactação						
Equipamento	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Aparelho de cerca elétrica	0,49	4,4	0,0	0,3	4,81	0,25
Resfriador a granel 1000 litros	0,49	1 035,9	13,8	103,6	1 153,27	69,06
Ordeneira canalizada	0,49	754,7	8,4	55,3	818,44	41,93

(Conclusão)

Vacas secas						
Equipamento	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Aparelho de cerca elétrica	0,22	2,0	0,0	0,1	2,19	0,11
Resfriador a granel 1000 litros	0,22	470,9	6,3	47,1	524,22	31,39
Ordenhadeira canalizada	0,22	343,0	3,8	25,2	372,02	19,06

Touros						
Equipamento	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Aparelho de cerca elétrica	0,01	0,1	0,0	0,0	0,11	0,01
Resfriador a granel 1000 litros	0,01	23,5	0,3	2,4	26,21	1,57
Ordenhadeira canalizada	0,01	17,2	0,2	1,3	18,60	0,95

Fonte: Primária, 2007.

No caso dos equipamentos, também é necessário se realizar um rateio dos custos em relação à participação relativa de cada categoria animal na utilização dos mesmos. O critério de rateio é o mesmo do que o utilizado para as benfeitorias (Tabela 61).

9.2.2 Mão de obra utilizada nos sistemas de criação

O tratamento e manejo dos animais são realizados pelo proprietário e sua família, não havendo contratação de mão de obra. Em cada sistema de criação, o custo da mão de obra foi obtido para cada operação realizada. A Tabela 62 apresenta o custo da mão de obra por lote de animais do sistema de criação "Bezerras até um ano".

Tabela 62 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “bezerras até um ano”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon

Operação	Frequência	Mão de obra familiar	horas/homem/lote (por atividade)	horas/homem/lote (Total)	Custo mão de obra/lote
Desinfecção do umbigo	1	1	1,7	1,7	2,83
Fornecimento do colostro	4	1	1,7	6,8	11,33
Desverminação	2	1	1,7	3,4	5,67
Vacinação: brucelose	1	1	1,7	1,7	2,83
Vacinação: carbúnculo	1	1	1,7	1,7	2,83
Aplicação inseticida	4	1	1	4	6,67
Mochar	1	3	1,7	5,1	8,50
Aplicação de cicatrizante	1	3	1,7	5,1	8,50
Alimentação	480	1	0,5	240	400,00
Total lote				269,5	449,17

Fonte: Primária, 2007.

Para cada operação, é determinada a frequência em que a mesma se repete, a quantidade de mão de obra, o número de horas/homem trabalhadas e o número de horas/homem por lote. Desta forma ocorre uma descrição do manejo realizado na propriedade. As atividades de desinfecção do umbigo, fornecimento de colostro, desverminação, aplicação de inseticida contra moscas e alimentação, ocorrem mais de uma vez. Alimentar as bezerras é a atividade de maior frequência e de maior custo com mão de obra. Ao todo são necessárias 269,5 horas/homens para o manejo dessa categoria animal. O custo total com mão de obra é de R\$ 449,17, ou R\$ 44,97 por cabeça.

A Tabela 62 apresenta os custos da mão de obra do sistema de criação “Novilhas não prenhas”. A operação que apresenta maior custo é a relativa à alimentação com silagem no cocho. Além da alimentação e das atividades sanitárias, tais com, desverminação e vacinações é necessário verificar quais fêmeas estão no cio e separá-las para a reprodução. No total são necessárias 158,12 horas/homem a um custo de R\$ 263,53. Esse sistema de criação é composto por 14 novilhas, o que resulta num custo de R\$ 18,82/ cabeça.

Tabela 63 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “novilhas não prenhas”.
Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Operação	Frequência	Mão de obra familiar	horas/homem/lote (por atividade)	horas/homem/lote (Total)	Custo mão de obra/lote
Desverminação	2	1	2,33	4,66	7,77
Vacinação: brucelose	1	1	2,33	2,33	3,88
Vacinação: carbúnculo	1	1	2,33	2,33	3,88
vacinação: irb	1	1	1	1	1,67
Aplicação inseticida	4	1	2,33	9,32	15,53
Detectar cio e separar	1	3	1,16	3,48	5,80
Alimentação com silagem	540	1	0,25	135	225,00
Total lote				158,12	263,53

Fonte: Primária, 2007.

Os custos da mão de obra relativos ao sistema de criação “Novilhas Prenhas” são apresentados na Tabela 64. As atividades ocorridas nesse sistema são em relação à sanidade dos animais (desverminação e aplicação de vacinas) e relativas à alimentação com silagem. O sistema demanda 54 horas/homem, o que resulta num custo de R\$ 90,00 por lote ou de R\$ 15,00 por animal.

Tabela 64 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “novilhas prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Operação	Frequência	Mão de obra familiar	horas/homem/lote (por atividade)	horas/homem/lote (Total)	Custo mão de obra/lote
Desverminação	2	1	1	2	3,33
Vacinação: brucelose	1	1	1	1	1,67
Vacinação: carbúnculo	1	1	1	1	1,67
vacinação: irb	1	1	1	1	1,67
Aplicação inseticida	4	1	1	4	6,67
Alimentação com silagem	180	1	0,25	45	75,00
Total lote				54	90,00

Fonte: Primária, 2007.

O sistema de criação “Vacac em lactação” é o sistema que apresenta o maior custo com mão de obra devido à alta frequência com que são realizadas as ordenhas, em média de duas vezes ao dia ao longo do período de lactação. São mantidas no rebanho, vinte vacas em lactação durante nove meses, o que resulta num custo total de mão de obra de R\$ 2.232,00 por lote de vacas em lactação, ou de R\$ 111,60/cabeça (Tabela 65).

Tabela 65 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “vacas em lactação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Operação	Frequência	Mão de obra familiar	horas/homem/lote (por atividade)	horas/homem/lote (Total)	Custo mão de obra/lote
Desverminação	2	1	3,3	6,6	11,00
Vacinação: brucelose	1	1	3,3	3,3	5,50
Vacinação: carbúnculo	1	1	3,3	3,3	5,50
vacinação: irb	1	1	3,3	3,3	5,50
Aplicação inseticida	4	1	3,3	13,2	22,00
Alimentação com silagem	270	1	0,25	67,5	112,50
Ordenhar	540	2	1,15	1242	2070,00
Total lote				1.339,2	2.232,00

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 66 apresenta os custos da mão de obra do sistema de criação “Vacac secas”. A operação que apresenta maior custo é a relativa à alimentação com silagem no cocho. No total são necessárias 37,8 horas/homem a um custo de R\$ 63,00. Esse sistema de criação é composto por 10 vacas, o que resulta num custo de R\$ 6,30/ cabeça.

Tabela 66 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “vacac secas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Operação	Frequência	Mão de obra familiar	horas/homem/lote (por atividade)	horas/homem/lote (Total)	Custo mão de obra/lote
Desverminação	2	1	1,7	3,4	5,67
Vacinação: brucelose	1	1	1,7	1,7	2,83
Vacinação: carbunculo	1	1	1,7	1,7	2,83
vacinação: irb	1	1	1,7	1,7	2,83
Aplicação inseticida	4	1	1,7	6,8	11,33
Alimentação com silagem	90	1	0,25	22,5	37,50
Total lote				37,8	63,00

Fonte: Primária, 2007.

Os custos com mão de obra para o sistema de criação “Touros” são apresentados na Tabela 67. Para tratar de apenas um animal são necessárias 20,7 horas/homem, o que representa um custo total de R\$ 34,50, sendo que, a operação de maior custo com mão de obra é a aplicação de inseticida para prevenir ataque de moscas.

Tabela 67 - Custos da mão de obra do sistema de criação: “touros”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Operação	Frequência	Mão de obra familiar	horas/homem/lote (por atividade)	horas/homem/lote (Total)	Custo mão de obra/lote
Desverminação	2	1	1,7	3,4	5,67
Vacinação: brucelose	1	1	1,7	1,7	2,83
Vacinação: carbunculo	1	1	1,7	1,7	2,83
vacinação: irb	1	1	1,7	1,7	2,83
Aplicação inseticida	4	1	1,7	6,8	11,33
Alimentação com silagem	540	1	0,01	5,4	9,00
Total lote				20,7	34,50

Fonte: Primária, 2007.

Essa seção apresentou os custos com mão de obra em cada sistema de criação. Como a mão de obra é do tipo familiar, o proprietário tem o conhecimento de quanto tempo é necessário para cada tipo de atividade. Entretanto, quando a mão de obra é contratada e paga mensalmente, há uma maior dificuldade de controle das horas trabalhadas por atividade. Além disto, deve-se considerar que a remuneração da mão de obra familiar não representa, necessariamente, um desembolso financeiro.

9.2.3 Custos com insumos (*inputs*) utilizados nos sistemas de criação

A seguir são apresentados os custos decorrentes do uso de insumos necessários para manter a sanidade do rebanho. Esses insumos são, basicamente, formados por vacinas, vermífugos e remédios. A tabela 68 apresenta os insumos geralmente usados na propriedade, a quantidade de insumo utilizada por animal, o preço unitário e o custo por cabeça animal. Cabe destacar que a vacina contra febre aftosa é recebida pelo produtor gratuitamente através de programas governamentais de controle dessa doença.

Tabela 68 - Insumos (sanidade) dos sistemas de criação. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Unidade	Quantidade/cabeça	Preço (R\$)	Custo R\$/cab.
Vermifugo	und/cab/ano	2,0	0,70	1,40
Vacina brucelose	und/cab/ano	1,0	2,00	2,00
Vacina carbúnculo	und/cab/ano	1,0	0,38	0,38
Vacina IBR	und/cab/ano	1,0	6,00	6,00
Mata Bicheiras	und/cab/ano	0,10	9,00	0,86
Outros medicamentos	und/cab/ano	1,00	0,50	0,50

Fonte: Primária, 2007.

Os custos com insumos por sistema de criação são apresentados na Tabela 69. O custo com esses insumos na propriedade totaliza R\$ 550,22, sendo que, o medicamento para tratamento de miases (mata-bicheiras) é o que apresenta maior participação no custo total.

Tabela 69 - Custos de insumos (sanidade) por sistema de criação. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Sistema de criação	Bezerras até um ano	Novilhas não prenhas	Novilhas prenhas	Vacas em lactação	Vacas secas	Touros	Total (R\$)
Vermifugo	14,00	19,60	8,40	28,00	14,00	1,40	85,4
Vacina brucelose	20,00	28,00	12,00	40,00	20,00	2,00	122,00
Vacina carbúnculo	3,80	5,32	2,28	7,60	3,80	0,38	23,18
Mata Bicheiras	8,64	-	-	-	-	-	8,64
Vacina IBR	-	84,00	36,00	120,00	60,00	6,00	306,00
Outros medicamentos	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Custo com insumos(R\$)	51,44	136,92	58,68	195,60	97,80	9,78	550,22

Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se os sistemas de criação, observa-se que o sistema “Vacas em lactação” é o sistema que apresenta maior custo relativo ao uso de insumos para sanidade dado o maior número de cabeças.

Tabela 70 - Custos de insumos (pastagens) por sistema de criação. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Sistema	Consórcio Sorgo+Milheto	Consórcio Azevém+Aveia	Custo total (R\$)
Bezerras até um ano	214,43	586,48	800,91
Novilhas não prenhas	600,40	1.642,14	2.242,54
Novilhas prenhas	482,47	1.319,58	1.802,04
Vacas em lactação	2.358,72	6.451,28	8.810,00
Vacas secas	1.072,14	2.932,40	4.004,54
Touros	78,39	214,40	292,79

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 70 apresenta os custos de insumos pastagens ou alimentos volumosos por sistema de criação (Atelier). Os custos totais de produção dos consórcios “Sorgo + Milheto” e “Azevém + Aveia” foram rateados entre os sistemas de criação, conforme a participação relativa de cada categoria animal no valor total do rebanho. Vacas em lactação e vacas secas foram os sistemas que absorveram as maiores parcelas desses custos.

Tabela 71 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “bezerras até um ano”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Silagem de milho	Sal comum	Custo Total (R\$)
Unidade	kg	kg	
Quantidade/cabeça/dia	10	0,0133	
Número de dias de fornecimento	120	300	
Preço (R\$)	0,005	0,4	
Quantidade/cabeça total	1.200	4	
Quantidade total por lote	12.000	40	
Custo R\$/cabeça	5,97	1,6	7,57
Custo/R\$/lote	59,74	15,96	75,70

Fonte: Primária, 2007.

Além da pastagem, a alimentação dos animais é complementada com outros alimentos, os quais, são fornecidos de forma diferenciada para cada categoria animal. As bezerras são alimentadas com dez quilos diários de silagem de milho e recebem sal comum no cocho. O preço da silagem do milho é derivado do custo de produção e imputado como custo do insumo alimentação. Esse custo totaliza R\$ 75,70 ou R\$ 7,50 por cabeça animal (Tabela 71).

Tabela 72 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “novilhas não prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Silagem de milho	Sal comum	Custo Total (R\$)	
Unidade	kg	kg		
Quantidade/cabeça/dia	20	0,0133		
Número de dias de fornecimento	420	720		
Preço (R\$)	0,005	0,4		
Quantidade/cabeça total	8.400	9,6		
Quantidade total por lote	117.600	134,10		
Custo R\$/cabeça	41,82	3,83		45,65
Custo/R\$/lote	585,45	53,63		639,08

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 72 apresenta os custos com alimentação do sistema de criação “Novilhas não prenhas.” As novilhas recebem o dobro da quantidade de silagem do que o recebido pelas bezerras, apresentando um custo total de R\$ 45,65 por cabeça animal ou R\$ 639,08 por lote de animais. Os custos com alimentação para o sistema: “Novilhas prenhas” são apresentados na Tabela 73. Embora as novilhas prenhas recebam o mesmo tipo de alimento e na mesma quantidade, o seu custo unitário é superior por permanecerem nessa categoria por mais tempo (número de dias) sendo de R\$ 51,54 por cabeça animal. No entanto, como esse sistema de criação apresenta um menor número de animais (seis) do que o anterior, seu custo total se reduz para R\$ 309,22.

Tabela 73 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “novilhas prenhas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Silagem de milho	Sal comum	Custo Total (R\$)	
Unidade	kg	kg		
Quantidade/cabeça/dia	20	0,0133		
Número de dias de fornecimento	480	720		
Preço (R\$)	0,005	0,4		
Quantidade/cabeça total	9.600	9,4		
Quantidade total por lote	57.600	56,2		
Custo R\$/cabeça	47,79	3,74		51,54
Custo/R\$/lote	286,75	22,46		309,22

Fonte: Primária, 2007.

“Vacas em lactação” é o sistema que apresenta o maior custo com alimentação. Para manter o nível de produtividade de 20 litros/vaca/dia é necessário um aporte de energia suficiente para manter o animal e sustentar a produção de leite, para tanto, a estratégia de alimentação consiste em fornecer para cada vaca em lactação: 40 kg/silagem/dia, 5 kg/ração comercial rica em proteína, sal comum e sal comercial enriquecido com minerais. A necessidade de maior energia para a produção de leite acarreta em maiores emissões de metano por fermentação entérica. Os custos do sistema totalizam R\$ 16.149,94 ou R\$ 807,50 por vaca em lactação (Tabela 74).

Tabela 74 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “vacas em lactação”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Silagem de milho	Ração comercial (concentrado)	Sal comum	Sal comercial	Custo Total (R\$)
Unidade	kg	kg	kg	kg	
Quantidade/cabeça/dia	40	5	0,074	0,15	
Número de dias de fornecimento	150	270	270	270	
Preço (R\$)	0,005	0,5	0,4	1,7	
Quantidade/cabeça total	6.000	1.350	20,0	40,5	
Quantidade total por lote	120.000,0	27.000,0	399,6	810,0	
Custo R\$/cabeça	29,87	702,00	7,99	67,64	807,50
Custo/R\$/lote	597,40	14.040,00	159,84	1 352,70	16 149,94

Fonte: Primária, 2007.

As vacas secas, ou seja, aquelas que não estão na fase de lactação recebem apenas 40 kg diários de silagem de milho e sal comum diariamente. Os custos do sistema totalizam R\$ 205,86 ou R\$ 20,59 por vaca (Tabela 75).

Tabela 75 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “vacas secas”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Silagem de milho	Sal comum	Custo Total (R\$)	
Unidade	Kg	kg		
Quantidade/cabeça/dia	40	0,074		
Número de dias de fornecimento	90	90		
Preço (R\$)	0,005	0,4		
Quantidade/cabeça total	3 600	6,7		
Quantidade total por lote	36 000,0	66,6		
Custo R\$/cabeça	17,92	2,66		20,59
Custo/R\$/lote	179,22	26,64		205,86

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 76 apresenta os custos com insumos (alimentação) para o sistema de criação “Touros”. Esse sistema é composto por apenas um animal e apresenta um custo de R\$ 100,55 considerando-se o fornecimento de 40 kg diários de silagem de milho e de sal comum fornecido no cocho diariamente.

Tabela 76 - Custos de insumos (alimentação) do sistema de criação: “touros”. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Silagem de milho	Sal comum	Custo Total (R\$)	
Unidade	kg	kg		
Quantidade/cabeça/dia	40	0,079		
Número de dias de fornecimento	420	540		
Preço (R\$)	0,005	0,4		
Quantidade/cabeça total	16.800	42,3		
Quantidade total por lote	16.800,0	42,3		
Custo R\$/cabeça	83,64	16,91		100,55
Custo/R\$/lote	83,64	16,91		100,55

Fonte: Primária, 2007.

No caso específico da produção de leite, o modelo capta informações sobre os custos de insumos necessários para a ordenha. A ordenha será realizada mecanicamente³⁴,

³⁴ No momento da aplicação do modelo, a sala de ordenha da propriedade estava na fase final de construção, dessa forma o produtor ainda não tinha informações sobre custos com a ordenhadeira em operação como os custos com energia elétrica.

operação que demanda maiores cuidados com higiene, tanto do rebanho, como dos equipamentos utilizados.

Tabela 77 - Custos de insumos necessários para ordenha. Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Especificação	Unidade	Quantidade/lote	Preço (R\$)	Custo/R\$/lote	Custo/R\$/cabeça
Medicamento para tristeza parasitária	kit	2	25,00	50,00	2,50
Cálcio	litro	5	12,00	60,00	3,00
Medicamento para prevenção de mastite	bisnaga	50	5,00	250,00	12,50
Medicamento para prevenção de mastite	injetável	25	10,00	250,00	12,50
Total				610,00	30,50

Fonte: Primária, 2007.

A tabela 77 apresenta os custos com insumos necessários para a ordenha. Esses custos são computados como custos do sistema de criação “vacas em lactação”. Basicamente, os custos são devidos à medicamentos contra doenças (tristeza parasitária e mastite), bem como complementação da dieta alimentar como fonte de cálcio, e totalizam R\$ 610,00/lote de vacas ordenhadas ou R\$ 30,50/cabeça.

9.2.4 Custos totais por sistema de criação (atelier)

Nessa seção são apresentados os custos totais agregados de cada sistema de criação. O conhecimento do custo de produção por categoria animal permite uma melhor gestão da propriedade, uma vez que aponta quais categorias com maior ou menor custo e específica quais componentes de custos com maior participação relativa no custo total. Isso auxilia a identificação e correção de possíveis gargalos de produção, permitindo a otimização no uso dos recursos da propriedade.

Tabela 78 - Custos totais do sistema de criação: “bezerras até um ano”, em REAIS (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Mão de obra familiar	449,17	44,92
Insumos sanidade	51,44	5,14
Insumos alimentação	75,70	7,57
Insumos pastagens	800,91	80,09
Reparos e manutenções das benfeitorias	33,86	3,39
Reparos e manutenções dos equipamentos	10,11	1,01
Total	1.421,18	142,12
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	16,02	1,60
Seguro anual de instalações	0,20	0,02
Juros anuais de instalações	48,75	4,88
Depreciação anual de equipamentos	163,18	16,32
Seguro anual de equipamentos	2,02	0,20
Juros anuais de equipamentos	14,48	1,45
Total	244,66	24,47
Custo Total	1.665,85	166,85

Fonte: Primária, 2007.

Como o modelo é concebido pela descrição da tecnologia de produção empregada em um contexto específico, pode-se inferir o custo de abatimento de carbono ao se comparar duas tecnologias de produção distintas, no caso em que a mudança tecnológica se traduza em maiores custos de produção. A Tabela 78 apresenta os custos de produção do sistema de criação “Bezerras até um ano”. Cada animal, dessa categoria, apresenta um custo total de produção de R\$ 166,58. O custo com insumos pastagens, ou seja, a produção dos consórcios “Sorgo + Milheto” e “Azevém + Aveia” representa a maior parcela dos custos totais (R\$ 800,91).

Tabela 79 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas não prenhas”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Mão de obra familiar	263,53	18,82
Insumos sanidade	136,92	9,78
Insumos alimentação	639,08	45,65
Insumos pastagens	2.242,54	160,18
Reparos e manutenções das benfeitorias	94,80	6,77
Reparos e manutenções dos equipamentos	28,31	2,02
Total	3.405,19	243,23
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	44,87	3,20
Seguro anual de instalações	0,56	0,04
Juros anuais de instalações	136,51	9,75
Depreciação anual de equipamentos	456,91	32,64
Seguro anual de equipamentos	0,00	0,00
Juros anuais de equipamentos	0,00	0,00
Total	638,85	45,63
Custo Total	4.044,04	288,86

Fonte: Primária, 2007.

Os custos de produção do sistema de criação “Novilhas não prenhas” totalizaram R\$ 4.044,04, apresentando um custo unitário de R\$ 288,86/cabeça abaixo, portanto, do preço de mercado estipulado pelo produtor em R\$ 800,00/cabeça (Tabela 79). Os custos com alimentação representam a maior parcela do custo total.

Por sua vez, os custos de produção do sistema de criação “Novilhas prenhas” totalizaram R\$ 2.877,11 apresentando um custo unitário de R\$ 479,52/cabeça abaixo, portanto, do preço de mercado estipulado pelo produtor em R\$ 1.500,00/cabeça (Tabela 80).

Tabela 80 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas prenhas”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Mão de obra familiar	90,00	15,00
Insumos sanidade	58,68	9,78
Insumos alimentação	309,22	51,54
Insumos pastagens	1.802,04	300,34
Reparos e manutenções das benfeitorias	76,18	12,70
Reparos e manutenções dos equipamentos	22,75	3,79
Total	2.358,87	393,15
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	36,05	6,01
Seguro anual de instalações	0,45	0,08
Juros anuais de instalações	109,70	18,28
Depreciação anual de equipamentos	367,16	61,19
Seguro anual de equipamentos	4,55	0,76
Juros anuais de equipamentos	0,33	0,05
Total	518,24	86,37
Custo Total	2.877,11	479,52

Fonte: Primária, 2007.

A categoria animal “Vacas em lactação” foi a que apresentou os maiores custos de produção. O sistema formado por vinte vacas em lactação apresentou um custo total de R\$ 29.669,69 ou R\$ 1.483,48/cabeça, o que corresponde a 67,4% do preço de mercado (R\$ 2.200,00). Os gastos com alimentação se apresentam como os principais componentes dos custos totais, sinalizando a necessidade de um manejo que minimize as perdas com alimentação e otimize o aproveitamento da energia bruta e dos nutrientes contidos na dieta alimentar. A otimização no uso dos alimentos permite uma redução das perdas de energia via emissões de metano por fermentação entérica, bem como, a redução dos custos de produção leiteira (Tabela 81).

Tabela 81 - Custos totais do sistema de criação: “vacas em lactação”, em reais (R\$).
Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Mão de obra familiar	1 339,20	66,96
Insumos sanidade	195,60	9,78
Insumos alimentação	16 149,94	807,50
Insumos pastagens	8.810,00	440,50
Reparos e manutenções das benfeitorias	372,43	18,62
Reparos e manutenções dos equipamentos	111,23	5,56
Total	26.978,40	1.348,92
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	176,27	8,81
Seguro anual de instalações	2,20	0,11
Juros anuais de instalações	536,30	26,81
Depreciação anual de equipamentos	1 795,02	89,75
Seguro anual de equipamentos	22,25	1,11
Juros anuais de equipamentos	159,26	7,96
Total	2 691,29	134,56
Custo Total	29.669,69	1.483,48

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 82 apresenta os custos totais do sistema de criação “Vacac secas”. Os custos unitários de produção (R\$ 581,44) são menores do que o sistema “Vacac em lactação” em função da menor necessidade de alimentos.

Tabela 82 - Custos totais do sistema de criação: “vacas secas”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Mão de obra familiar	63,00	6,30
Insumos sanidade	97,80	9,78
Insumos alimentação	205,86	20,59
Insumos pastagens	4.004,54	400,50
Reparos e manutenções das benfeitorias	169,29	16,93
Reparos e manutenções dos equipamentos	50,56	5,06
Total	4.591,05	459,10
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	80,12	8,01
Seguro anual de instalações	1,00	0,10
Juros anuais de instalações	243,77	24,38
Depreciação anual de equipamentos	815,92	81,59
Seguro anual de equipamentos	10,11	1,01
Juros anuais de equipamentos	72,39	7,24
Total	1 223,31	122,33
Custo Total	5.814,36	581,44

Fonte: Primária, 2007.

O sistema de criação “Touros” é formado apenas por um animal e apresenta um custo total de R\$ 509,78. Esse custo de produção pode ser comparado ao custo de inseminação artificial. No caso do custo de manter o touro no rebanho ser maior do que o da inseminação, uma alternativa seria a substituição do sistema de reprodução (Tabela 83).

Tabela 83 - Custos totais do sistema de criação: “touro”, em reais (R\$). Contexto: propriedade do Sr. Francisco Bordignon.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Mão de obra familiar	34,50	34,50
Insumos sanidade	9,78	9,78
Insumos alimentação	100,55	100,55
Insumos pastagens	292,79	292,79
Reparos e manutenções das benfeitorias	8,46	8,46
Reparos e manutenções dos equipamentos	2,53	2,53
Total	448,61	448,61
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	4,01	4,01
Seguro anual de instalações	0,05	0,05
Juros anuais de instalações	12,19	12,19
Depreciação anual de equipamentos	40,80	40,80
Seguro anual de equipamentos	0,51	0,51
Juros anuais de equipamentos	3,62	3,62
Total	61,17	61,17
Custo Total	509,78	509,78

Fonte: Primária, 2007.

9.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo Agripec permite a identificação do caminho tecnológico utilizado na produção de leite. Portanto, identificou-se o pacote tecnológico escolhido tanto para a produção de alimentos para o gado como para a produção de leite.

A proposta metodológica permitiu uma análise detalhada dos custos de produção da pecuária de leite. Em primeiro lugar, considerou-se o sistema ou pacote tecnológico utilizado na propriedade agrícola. Entende-se como sistema ou pacote tecnológico, o conjunto de práticas e operações agrícolas, os insumos, as máquinas e equipamentos, e a mão de obra necessária para a produção de um produto específico. Neste sentido, foram descritas as principais atividades de produção na propriedade, especificando as operações envolvidas, os coeficientes técnicos, os insumos, as máquinas e equipamentos, a mão de obra e outras variáveis necessárias para o cálculo do custo de produção.

ANEXO 2: CAPÍTULO 10: AGRIPEC-CORTE:ESTRUTURA PRODUTIVA E CUSTOS DE PRODUÇÃO

A seguir são apresentados a estrutura produtiva e os custos de produção calculados a partir da aplicação do Modelo Agripec na propriedade de pecuária bovina de corte. O modelo prevê o cálculo dos custos de produção nos sistemas de alimentação utilizados na propriedade, assim como, o cálculo dos custos de produção dos sistemas de criação ou categoria de animais (Atelier). Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de alimentação, foram consideradas as despesas com máquinas, mão de obra e insumos para cada atividade envolvida na produção de alimentos. Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de criação foram consideradas as despesas com benfeitorias, equipamentos, mão de obra e insumos para cada atividade envolvida, em cada fase do sistema de criação. A metodologia de cálculo é a mesma utilizada para estimativa dos custos referentes ao sistema de alimentação. Para os equipamentos foram estimados custos por hora trabalhada, enquanto que, para as benfeitorias foram considerados custos anuais.

10.1 CUSTOS DOS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO

Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de alimentação, foram consideradas as despesas com máquinas, mão de obra e insumos para cada atividade envolvida na produção de alimentos.

10.1.1 Máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação

O parque de máquinas da propriedade é composto por dois tratores, uma plantadeira para o sistema de plantio direto, um distribuidor de adubos, uma grade de trinta e seis discos e uma roçadeira (Tabela 84).

Tabela 84 - Máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Quantidade	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Valor de sucata (% do Vi)	Vida útil (horas)
Grade 36	1	1 500,00	10,00	1400
Lancer distr adubo	1	1 500,00	25,00	1500
Plantadeira Imasa 1000	1	40 000,00	25,00	2500
Rocadeira	1	1 500,00	20,00	2500
Trator MF 265 1978	1	18 000,00	30,00	9000
Trator MF 202 1994	1	50 000,00	30,00	9000

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 85 apresenta os custos fixos totais das máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação. Observa-se o alto custo fixo da plantadeira, sendo que a mesma é utilizada apenas para a atividade de plantio das culturas.

Tabela 85 - Custos fixos totais de máquinas e equipamentos destinados à produção dos sistemas de alimentação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Depreciação (R\$/hora)	Seguro (R\$/hora)	Juros (R\$/hora)	Custo Fixo Total (R\$/hora)
Grade 36	0,96	0,08	0,50	1,53
Lancer distr adubo	0,75	0,10	0,75	1,60
Plantadeira imasa 1000	12,00	1,60	12,00	25,60
Roçadeira	0,48	0,06	0,43	0,97
Trato MF 265 1978	1,40	0,20	1,56	3,16
Trator MF 202 1994	3,89	0,56	4,33	8,78

Fonte: Primária, 2007.

Não foi considerado o custo da garagem, uma vez que a estrutura para tal fim é simples e de baixo custo.

10.1.2 Mão de obra utilizada nos sistemas de alimentação

A mão de obra utilizada é, em sua totalidade, assalariada. A relativa baixa utilização da mão de obra familiar na pecuária de corte é uma característica da pecuária bovina

gaúcha. De fato, Miguel *et. al.* (2006) demonstram que a participação da mão de obra familiar é baixa no Rio Grande do Sul (1/3 da mão de obra total é familiar), sendo que o nível de utilização de mão de obra é relativamente baixo, situação esta relacionada à baixa exigência de mão de obra da bovinocultura de corte.

Tabela 86 - Dados utilizados para o cálculo do custo da mão de obra. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Tipo	Número	Salário mensal (R\$)	Encargos salariais(%)	Custo/trabalhador (R\$)
Trabalhador especializado	1	1.100,00	8	1.188,00
Trabalhador não especializado	1	600,00	8	648,00

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 86 apresenta os dados utilizados para o cálculo do custo da mão de obra na Cabanha Amor à Terra. São contratados dois trabalhadores. O trabalhador especializado, denominado de capataz, é responsável pelo manejo do rebanho e possui conhecimento e prática das rotinas da cabanha, recebendo um salário mensal de R\$ 1.100,00. O capataz é auxiliado por um trabalhador não especializado, denominado de peão. Esse recebe um salário de R\$ 600,00.

Embora o modelo permita o cálculo do custo com mão de obra por operação em cada sistema de alimentação, optou-se por considerar as despesas de mão de obra como sendo custos fixo da propriedade uma vez que os funcionários são assalariados. Isso quer dizer que, independentemente da quantidade produzida, o proprietário terá a obrigação de pagar os salários devidos.

No sistema de alimentação “Campo Melhorado” as atividades realizadas são a roçada do campo, adubação e replantio em determinadas áreas do campo e a aplicação de calcário. No sistema de alimentação “Sorgo forrageiro” as atividades compreendem plantio, adubação e roçada do campo. Já, no sistema de alimentação “Aveia” a atividade considerada é o plantio.

10.1.2 Custos totais de máquinas equipamentos utilizados nos sistemas de alimentação

A seguir, são apresentados os custos totais de máquinas e equipamentos utilizados em cada sistema de alimentação. Os custos fixos agregam os custos com depreciação, seguro e juros sobre o capital fixo. Os custos variáveis agregam os eventuais custos com

combustível e custos com manutenção. Os custos foram calculados para cada operação envolvida nos sistemas de alimentação.

A Tabela 87 apresenta os custos totais nas máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “Campo Melhorado”. Os custos com máquinas e equipamentos totalizaram R\$ 67,48 por hectare de campo melhorado. Os custos com máquinas para a realização das operações necessárias para a melhoria do campo nativo são relativamente baixos, porém, em termos ambientais, deve-se considerar que a participação dos tratores acarreta nas suas respectivas emissões de GEEs.

Tabela 87 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “campo melhorado” por operação e por hectare. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Sistema de alimentação: Campo melhorado						
Atividades	Máquina/equipamento	Tempo/ha (horas)	CustoFixo/ha (R\$)	Custo variável/ha (R\$)	Custo Total/ha (R\$)	Participação relativa (%)
Roçada	Trator MF 265 (1978)	0,6	1,90	9,96	11,86	17,57
	Roçadeira	0,6	0,58	0,18	0,76	1,13
Sub total			2,48	10,14	12,62	18,70
Adubação	Trator MF 202 (1994)	0,71	6,23	15,82	22,05	32,68
	Lancer distr adubo	0,71	1,14	0,36	1,50	2,22
Sub total			7,37	16,18	23,55	34,90
Replântio	Plantadeira Imasa 1000	0,47	12,03	3,76	15,79	23,40
	Trator MF 202 1(994)	0,47	4,13	11,39	15,52	23,00
Sub total			16,16	15,15	31,31	46,40
Custo Total/ha (R\$)			26,01	41,47	67,48	100,00

Fonte: Primária, 2007.

Conforme a Tabela 88, os custos das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação “Sorgo Forrageiro” totalizaram R\$ 80,18 por hectare. Com relação às operações, a de plantio é a que apresenta a maior participação nos custos totais (56,44%). Novamente, observa-se a expressiva participação dos custos com tratores sobre os custos totais.

Tabela 88 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “sorgo forrageiro” por operação e por hectare. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Sistema de alimentação: Sorgo Forrageiro						
Atividades	Máquina/equipamento	Tempo/ha (horas)	CustoFixo/ha (R\$)	Custo variável/ha (R\$)	Custo Total/ha (R\$)	Participação relativa (%)
Plantio	Plantadeira imasa 1000	0,7	17,92	5,60	23,52	29,34
	Trator MF 202 (1994)	0,7	6,14	15,59	21,73	27,10
Sub total			24,06	21,19	45,25	56,44
Roçada	Trator MF 202 (1994)	0,6	5,27	13,37	18,64	23,25
	Roçadeira	0,6	0,58	0,18	0,76	1,17
Sub total			5,85	13,55	19,40	24,19
Adubação	Trator MF 265 (1978)	0,7	2,24	11,79	14,03	17,50
	Lancer distr adubo	0,7	1,14	0,36	1,50	1,87
Sub total			3,38	12,15	15,53	19,37
Custo-hora/ha (R\$) – Total			33,29	46,89	80,18	100,00

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 89 apresenta os custos totais da utilização das máquinas e equipamentos no sistema de alimentação “Aveia”. Esse sistema é o que apresenta o menor custo com mecanização da propriedade (R\$ 45,91/hectare). O sistema apresenta apenas uma operação que se constitui no plantio da aveia. Cabe destacar, que o plantio de aveia faz parte do sistema de plantio direto na palha, utilizado para a produção de soja em grãos, que é cultivada no verão sobre a palha da cultura de inverno.

Tabela 89 - Custos totais das máquinas e equipamentos utilizados no sistema de alimentação: “Aveia” por operação e por hectare. Contexto Cabanha Amor à Terra.

Sistema de alimentação: Aveia						
Atividades	Máquina/equipamento	Tempo/ha (horas)	CustoFixo/ha (R\$)	Custo variável/ha (R\$)	Custo Total/ha (R\$)	Participação relativa (%)
Plantio	Plantadeira Imasa 1000	0,7	18,18	5,68	23,86	51,97
	Trator MF 202 (1994)	0,7	6,23	15,82	22,05	48,03
Custo-hora/ha (R\$) – Total			24,41	21,50	45,91	100

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A prática adotada pelo proprietário é de cultivar a aveia no inverno, a qual servirá como fonte de alimento volumoso para a engorda dos animais destinados ao abate e, como cobertura morta para o plantio direto. Como a aveia é dessecada após a retirada do gado, a operação de dessecação da cultura não é considerada nos custos de produção.

10.1.3 Custos com insumos (*inputs*) utilizados nos sistemas de alimentação

Nesta seção, são demonstrados os custos com a utilização de insumos para cada sistema de alimentação. Para cada operação, são especificados os tipos de insumos (sementes, adubos, produtos químicos, etc), a unidade de medida considerada para cada insumo e a quantidade utilizada por hectare cultivado. Os preços dos insumos considerados para o cálculo dos custos são os praticados no mercado local. São calculados os custos por hectare, por quilograma de unidade de biomassa produzida e o custo por tonelada.

A Tabela 90 apresenta os custos dos insumos utilizados no sistema alimentação “Campo melhorado”. A operação que apresenta o maior custo com insumos é a aplicação de calcário. Segundo o produtor, como os resultados financeiros da cabanha no ano anterior foram melhores em função do alto preço do boi, foi possível realizar investimentos na melhoria da fertilidade e na correção de acidez do solo.

Esse sistema de produção permite uma produtividade física de 1.700 quilogramas por hectare, totalizando uma produção de 113,9 toneladas nos 67 hectares de campos nativos melhorados. Os principais insumos utilizados são: adubo químico NPK 8 20 20, sementes e calcário. Os custos com insumos totalizam R\$ 544,00/hectare ou R\$ 320,00 por tonelada de biomassa produzida.

Tabela 90 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “campo melhorado”.
Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Adubação						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo R\$/ton
Adubo NPK (8 20 20)	Saco 50 kg	5,0	44,00	220,00	0,129	129,41
Sub total				220,00	0,129	129,41
Plantio						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Semente: trevo branco	kg	1,0	18,00	18,00	0,011	10,59
Semente: trevo vermelho	kg	3,0	12,00	36,00	0,021	21,18
Semente: Cornichão	kg	3,0	12,00	36,00	0,021	21,18
Sub total				90,00	0,052	52,94
Aplicação de calcário						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Calcário	t	3,00	78,00	234,00	0,138	137,65
Sub total				234,00	0,1376	137,65
Custo Total com insumos				544,00	0,3200	320,00

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A Tabela 91 apresenta os insumos utilizados no sistema de alimentação “Sorgo Forrageiro”. A estrutura de custos é semelhante à do “campo melhorado”, porém, sem aplicação de calcário. A tecnologia utilizada permite uma produtividade de 3 toneladas de matéria verde por hectare, totalizando 51 toneladas nos 17 hectares cultivados.

Tabela 91 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação: “sorgo forrageiro”.
Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Adubação Plantio						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo R\$/ton
Adubo NPK (8 20 20)	Saco 50 kg	5,0	44,00	220,00	0,073	73,33
Sub total				220,00	0,0733	73,33
Plantio						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Semente	kg	22,00	2,00	44,00	0,015	14,67
Sub total				44,00	0,0147	14,67
Custo Total com insumos				264,00	0,0880	88,00

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

A Tabela 92 apresenta os custos com insumos utilizados no sistema de alimentação “Aveia”.

Tabela 92 - Custos de insumos utilizados no sistema de alimentação “aveia”. Contexto Cabanha Amor à Terra.

Plantio						
Especificação	Unidade	Quantidade/ha	Preço (R\$)	Custo R\$/ha	Custo R\$/kg	Custo/ton.
Semente de aveia	kg	100,00	0,30	30,00	0,020	20,00
Custo total com insumos (R\$)				30,00	0,020	20,00

Fonte: Dados de pesquisa, 2007.

O sistema ocupa uma área de 300 hectares sendo utilizado como alimentação para o gado como, também de cobertura morta para o cultivo de soja em sistema de plantio direto no verão. Esse sistema é o que apresenta o menor custo como insumos por hectare (R\$ 30,00), uma vez que não ocorre adubação química como nos outros sistemas. O sistema que apresenta a menor produtividade física com 1,5 toneladas de matéria verde por hectare, o que se traduz num custo de R\$ 20 por tonelada produzida, o menor entre os três sistemas.

10.1.4 Custos totais de produção dos sistemas de alimentação

A Tabela 93 apresenta os custos de produção dos Sistemas de Alimentação. Observa-se que o campo melhorado apresenta o maior custo de produção por hectare (R\$ 756,83), porém, dada a alta produtividade, o custo por kg de biomassa produzida é de apenas R\$ 0,01/Kg de biomassa produzida. A operação que mais onera a produção é a aplicação de calcário, porém, essa é uma atividade que pode ser considerada um investimento, pois o efeito do calcário é distribuído ao longo dos anos.

A estrutura de custos de produção do sistema de alimentação “sorgo forrageiro” aponta a atividade de adubação como a de maior custo devido ao maior gasto com insumos, em especial, a utilização de fertilizantes químicos. Embora esse sistema tenha um custo de produção por unidade de área menor do que o do “Campo melhorado”, é o sistema de maior custo por unidade de biomassa produzida.

O sistema de alimentação “Aveia” apresenta o menor custo de produção por unidade de área (R\$ 75,91), sendo também o plantio a única operação considerada. Em todos os sistemas, os gastos com insumos foram os que mais oneraram os custos, seguido pelos custos variáveis e fixos de máquinas.

Tabela 93 - Custos de produção dos sistemas de alimentação para gado de corte. Contexto Cabanha Amor à Terra.

Sistema de alimentação: Campo melhorado					
Operação	Custo Variável Máquina (R\$/ha)	Custo com insumos (R\$/ha)	Custo Fixo Máquinas (R\$/ha)	Custo total/ha (R\$/ha)	Custo total/kg (R\$/kg)
Roçada	10,14	0,00	2,48	12,62	0,00
Adubação	16,17	220,00	7,37	243,54	0,00
Replanteio	15,15	90,00	16,16	121,30	0,00
Aplicação de calcário	145,37	234,00	0,00	379,37	0,00
Custo total/ha	186,83	544,00	26,00	756,83	0,01

Sistema de alimentação: Sorgo forrageiro					
Operação	Custo Variável Máquina (R\$/ha)	Custo com insumos (R\$/ha)	Custo Fixo Máquinas (R\$/ha)	Custo total/ha (R\$/ha)	Custo total/kg (R\$/kg)
planteio	21,19	44,00	24,06	89,26	0,03
Roçada	13,55	0,00	5,85	19,40	0,01
Adubação	12,14	220,00	3,38	235,52	0,08
Custo total	46,88	264,00	33,29	344,18	0,11

Sistema de alimentação: Aveia					
Operação	Custo Variável Máquina (R\$/ha)	Custo com insumos (R\$/ha)	Custo Fixo Máquinas (R\$/ha)	Custo total/ha (R\$/ha)	Custo total/kg (R\$/kg)
Planteio	21,50	30,00	24,41	75,91	0,00
Custo total	21,50	30,00	24,41	75,91	0,00

Fonte: Primária, 2007.

O cálculo do custo de produção e as informações geradas no modelo podem ser utilizadas para modelos futuros que avaliem as emissões de GEEs ou outros indicadores ambientais, bem como, em modelos biofísicos. Os dados sobre os custos de produção do sistema de alimentação são utilizados como custo de insumos para o sistema de criação.

10.2 CUSTOS DOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO

Na estimativa dos custos envolvidos nos sistemas de criação, foram consideradas as despesas com benfeitorias, equipamentos, mão de obra e insumos para cada atividade envolvida, em cada fase do sistema de criação. A metodologia de cálculo é a mesma

utilizada para estimativa dos custos referentes ao sistema de alimentação. Para os equipamentos foram estimados custos por hora trabalhada, enquanto que, para as benfeitorias foram considerados custos anuais.

10.2.1 Benfeitorias e equipamentos utilizados nos sistemas de criação

A propriedade apresenta benfeitorias simples e rústicas para o manejo do gado. Segundo o proprietário, o mesmo tem direcionado seus investimentos para a genética animal e buscando reduzir os custos com instalações. A Tabela 94 apresenta as benfeitorias destinadas à produção de gado de corte.

Tabela 94 - Benfeitorias destinadas à produção pecuária – contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Valor de sucata (% do Vi)	Vida útil (anos)
Centro de manejo	Uni.	1	10.000,00	10.000,00	20,00	25
Cerca elétrica	km	37	50,00	1.850,00	20,00	15
Mangueira	Uni.	1	5.000,00	5.000,00	20,00	25
Tronco de contenção	Uni.	1	4.000,00	4.000,00	20,00	25

Fonte: Primária, 2007.

O centro de manejo é uma estrutura simples dotada de um tronco de contenção, sendo utilizada para diversos trabalhos de manejo de gado, em especial, a inseminação artificial e a transferência de embriões (Figura 17).



Figura 17 - Centro de manejo - Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

A mangueira de espera necessária para o manejo do gado também é rústica e funcional. A Figura 18 apresenta uma visão parcial da mangueira. Observa-se que os cochos para alimentação do gado são construídos com o reaproveitamento de sacos plásticos de adubos, o que reduz significativamente os custos com investimentos em instalações.



Figura 18 - Mangueira - Contexto: Cabanha Amor à Terra.
Fonte: Primária, 2007.

A categoria animal apresentada na Figura 18 é “Machos 14 meses para a recria”. Essa categoria é formada por animais sem raça definida. Os piquetes em que os animais ficam localizados são divididos por cercas elétricas, nesse caso, são necessários trinta e sete quilômetros de cercas.

Tabela 95 - Custos fixos totais de benfeitorias destinadas à produção pecuária. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Depreciação (R\$/ano)	Seguro (R\$/ano)	Juros (R\$/ano)	Custo Fixo Total (R\$/ano)
Centro de manejo	320,00	4,00	720,00	1 044,00
Cerca elétrica	98,67	1,23	133,20	233,10
Mangueira	160,00	2,00	360,00	522,00
Tronco de contenção	128,00	1,60	288,00	417,60

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 95 apresenta os custos fixos totais das benfeitorias destinadas à produção pecuária de corte. Observa-se os altos custos fixos do centro de manejo (R\$ 1.044,00), em especial, os custos com juros sobre o capital investido, apesar da simplicidade da instalação.

Tabela 96 - Equipamentos destinados à pecuária de corte – contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Valor de sucata (% do Vi)	Vida útil (Horas)
Balança	und.	1	3.000,00	3 000,00	30,00	4.000
Botijão de sêmen grande	und.	1	3.000,00	3 000,00	30,00	423.000
Botijão de sêmen pequeno	und.	1	1.500,00	1 500,00	30,00	423.000
Eletrificador	und.	3	300,00	900,00	10,00	2.000

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 96 apresenta os equipamentos destinados à pecuária de corte, os quais são dois botijões de sêmen, uma balança e três eletrificadores para a cerca elétrica. A Tabela 97 apresenta os custos fixos totais desses equipamentos.

Tabela 97 - Custos fixos totais de equipamentos destinados à pecuária de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Depreciação (R\$/ano)	Seguro (R\$/ano)	Juros (R\$/ano)	Custo Fixo Total (R\$/ano)
Balança	210,00	3,00	23,40	236,40
Botijão de sêmen grande	297,87	4,26	33,19	335,32
Botijão de sêmen pequeno	148,94	2,13	16,60	167,66
Eletrificador	81,00	0,90	5,94	87,84

Fonte: Primária, 2007.

Os custos variáveis relativos aos reparos e manutenção são demonstrados na Tabela 98, os mesmos foram considerados como 5% do valor total dos equipamentos divididos pela sua vida útil.

Tabela 98 - Custos variáveis (reparos e manutenção) de equipamentos destinados à pecuária de corte. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Valor Novo Total (R\$) (Vi)	Reparos e manutenção (% do Vi)	Custo variável Total (R\$/ano)
Balança	3 000,00	5,00	15,00
Botijão de sêmen grande	3 000,00	5,00	21,28
Botijão de sêmen pequeno	1 500,00	5,00	10,64
Eletrificador	900,00	5,00	4,50

Fonte: Primária, 2007.

Os custos fixos totais relativos às benfeitorias são demonstrados na Tabela 99, os mesmos foram considerados para cada sistema de criação e se constituem da depreciação, do seguro e dos juros anuais.

Tabela 99 - Custos de benfeitorias por “sistema de criação”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Terneiros e Terneiras ao pé da vaca						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Centro de manejo	2,72	8,7	0,35	2,51	11,58	13,6
Cerca elétrica	2,72	2,7	0,03	0,04	2,77	2,5
Mangueira	2,72	4,4	0,09	0,31	4,76	6,8
Tronco de contenção	2,72	3,5	0,06	0,16	3,70	5,4
Novilhas 14 meses						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Centro de manejo	10,63	34,0	1,36	9,79	45,16	53,1
Cerca elétrica	10,63	10,5	0,13	0,17	10,79	9,8
Mangueira	10,63	17,0	0,34	1,22	18,57	26,6
Tronco de contenção	10,63	13,6	0,22	0,63	14,45	21,3
Novilhas 24 meses prenhas						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Centro de manejo	4,54	14,5	0,6	4,2	19,30	22,7
Cerca elétrica	4,54	4,5	0,1	0,1	4,61	4,2
Mangueira	4,54	7,3	0,1	0,5	7,93	11,4
Tronco de contenção	4,54	5,8	0,1	0,3	6,17	9,1

(Conclusão)

Novilhas 24 meses descarte						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Cerca elétrica	3,41	3,4	0,04	0,06	3,46	3,2
Tronco de contenção	3,41	4,4	0,07	0,20	4,63	6,8
Mangueira	3,41	5,4	0,11	0,39	5,95	8,5
Centro de manejo	3,41	10,9	0,44	3,14	14,47	17,0
Vacas com cria ao pé						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Cerca elétrica	19,07	18,8	0,23	0,31	19,36	17,6
Tronco de contenção	19,07	24,4	0,39	1,13	25,93	38,1
Mangueira	19,07	30,5	0,61	2,20	33,33	47,7
Centro de manejo	19,07	61,0	2,44	17,58	81,06	95,4
Vacas prenhas						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Cerca elétrica	17,03	16,8	0,21	0,28	17,29	15,8
Tronco de contenção	17,03	21,8	0,35	1,00	23,15	34,1
Mangueira	17,03	27,2	0,54	1,96	29,75	42,6
Centro de manejo	17,03	54,5	2,18	15,69	72,37	85,1
Machos 14 meses para recria						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Cerca elétrica	23,98	23,7	0,29	0,39	24,34	22,2
Tronco de contenção	23,98	30,7	0,49	1,41	32,60	48,0
Mangueira	23,98	38,4	0,77	2,76	41,89	59,9
Centro de manejo	23,98	76,7	3,07	22,10	101,90	119,9
Machos 14 meses para reprodutor						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Centro de manejo	15,89	50,9	2,03	14,65	67,55	79,5
Cerca elétrica	15,89	15,7	0,19	0,26	16,13	14,7
Mangueira	15,89	25,4	0,51	1,83	27,77	39,7
Tronco de contenção	15,89	20,3	0,33	0,94	21,61	31,8

Fonte: Primária, 2007.

Como o modelo calcula os custos de produção de cada atelier (sistema de criação), é necessário se realizar um rateio dos custos das benfeitorias, em relação à participação

relativa de cada categoria animal, na utilização das mesmas. O critério utilizado foi o da participação relativa de cada sistema de criação ou grupo de animais no valor total do rebanho (Tabela 99).

Tabela 100 - Custos de equipamentos por “sistema de criação”. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Terneiros e Terneiras ao pé da vaca						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Balança	2,72	5,7	0,1	0,6	6,44	0,41
Botijão de sêmen grande	2,72	8,1	0,1	0,9	9,14	0,58
Botijão de sêmen pequeno	2,72	4,1	0,1	0,5	4,57	0,29
Eletrificador	2,72	2,2	0,0	0,2	2,39	0,12
Novilhas 14 meses						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Balança	10,63	22,3	0,3	2,5	25,12	1,59
Botijão de sêmen grande	10,63	31,7	0,5	3,5	35,63	2,26
Botijão de sêmen pequeno	10,63	15,8	0,2	1,8	17,82	1,13
Eletrificador	10,63	8,6	0,1	0,6	9,33	0,48
Novilhas 24 meses prenhas						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Balança	4,54	9,5	0,1	1,1	10,74	0,68
Botijão de sêmen grande	4,54	13,5	0,2	1,5	15,23	0,97
Botijão de sêmen pequeno	4,54	6,8	0,1	0,8	7,61	0,48
Eletrificador	4,54	3,7	0,0	0,3	3,99	0,20

(Continua)

Novilhas 24 meses descarte						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Balança	3,41	7,2	0,1	0,8	8,05	0,51
Botijão de sêmen grande	3,41	10,1	0,1	1,1	11,42	0,72
Botijão de sêmen pequeno	3,41	5,1	0,1	0,6	5,71	0,36
Eletrificador	3,41	2,8	0,0	0,2	2,99	0,15
Vacas com cria ao pé						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Balança	19,07	40,1	0,6	4,5	45,09	2,86
Botijão de sêmen grande	19,07	56,8	0,8	6,3	63,96	4,06
Botijão de sêmen pequeno	19,07	28,4	0,4	3,2	31,98	2,03
Eletrificador	19,07	15,4	0,2	1,1	16,75	0,86
Vacas prenhas						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Balança	23,98	50,4	0,7	5,6	56,68	3,60
Botijão de sêmen grande	17,03	50,7	0,7	5,7	57,10	3,62
Botijão de sêmen pequeno	15,89	23,7	0,3	2,6	26,65	1,69
Eletrificador	1,00	0,8	0,0	0,1	0,88	0,05
Machos 14 meses para recria						
Benfeitoria	% de utilização	Depreciação (ano)	Seguro (ano)	Juros (ano)	CFT (ano)	CV (ano)
Balança	23,98	50,4	0,7	5,6	56,68	3,60
Botijão de sêmen grande	23,98	71,4	1,0	8,0	80,40	5,10
Botijão de sêmen pequeno	23,98	35,7	0,5	4,0	40,20	2,55
Eletrificador	23,98	19,4	0,2	1,4	21,06	1,08

Machos 14 meses para reprodutor						
Balança	15,89	33,4	0,5	3,7	37,57	2,38
Botijão de sêmen grande	15,89	47,3	0,7	5,3	53,30	3,38
Botijão de sêmen pequeno	15,89	23,7	0,3	2,6	26,65	1,69
Eletrificador	15,89	12,9	0,1	0,9	13,96	0,72

Fonte: Primária, 2007.

As categorias animais “Terneiros ao pé da vaca” e “Terneiras ao pé da vaca” possuem a mesma participação relativa no valor total do rebanho, portanto, apresentam os mesmos custos com benfeitorias e equipamentos, dessa forma, são apresentados conjuntamente (Tabela 99 e Tabela 100).

No caso dos equipamentos, também é necessário se realizar um rateio dos custos em relação à participação relativa de cada categoria animal na utilização dos mesmos. O critério de rateio é o mesmo do que o utilizado para as benfeitorias (Tabela 100).

10.2.2 Custos com insumos (*inputs*) utilizados nos sistemas de criação

A seguir são apresentados os custos decorrentes do uso de insumos necessários para manter a sanidade do rebanho. Esses insumos são, basicamente, formados por vacinas, vermífugos e remédios. A tabela 101 apresenta os insumos geralmente usados na propriedade, o preço e o preço unitário.

Tabela 101 - Insumos (sanidade) dos sistemas de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Especificação	Unidade	Preço (R\$)
Vermifugo	MI	0,34
Vacina aftosa	und/cab/ano	1,40
Vacina IBR	und/cab/ano	5,00
Vacina carbúnculo	und/cab/ano	3,04

Fonte: Primária, 2007.

Os custos com insumos por sistema de criação são apresentados na Tabela 102. O custo com esses insumos na propriedade totaliza R\$ 10.456,84, sendo que, a vacina contra carbúnculo é a que apresenta maior participação no custo total.

Tabela 102 - Custos de insumos (sanidade) por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Sistema de criação	Vermífugo	Vacina Aftosa	Vacina IBR	Vacina carbúnculo	Total (R\$)
Terneiros ao pé da vaca	48,96	42,00	150,00	182,40	423,36
Terneiras ao pé da vaca	48,96	42,00	150,00	182,40	423,36
Novilhas 14 meses	318,24	91,00	325,00	395,20	1.129,44
Novilhas 24 meses prenhas	130,56	28,00	100,00	121,60	380,16
Novilhas 24 meses descarte	195,84	42,00	150,00	182,40	570,24
Vacas com cria ao pé	432,48	84,00	300,00	364,80	1.181,28
Vacas prenhas	540,60	105,00	375,00	456,00	1.476,60
Machos 14 meses para recria	1.196,80	308,00	1.100,00	1.337,60	3.942,40
Machos 14 meses para reprodução	306,00	70,00	250,00	304,00	930,00
Total (R\$)	3.218,44	812,00	2.900,00	3.526,40	10.456,84

Fonte: Primária, 2007.

Considerando-se os sistemas de criação, observa-se que o sistema “Machos 14 meses para recria” é o sistema que apresenta maior custo relativo ao uso de insumos para sanidade, dado o maior número de cabeças.

Tabela 103 - Custos de insumos (pastagens) por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Sistema de criação	Campo melhorado	Sorgo forrageiro	Aveia	Custo total (R\$)
Terneiros ao pé da vaca	1.381,68	159,43	620,48	2.161,59
Terneiras ao pé da vaca	1.381,68	159,43	620,48	2.161,59
Novilhas 14 meses	5.388,55	621,77	2.419,87	8.430,20
Novilhas 24 meses prenhas	2.302,80	265,71	1.034,13	3.602,65
Novilhas 24 meses descarte	1.727,10	199,28	775,60	2.701,99
Vacas com cria ao pé	9.671,76	1.115,99	4.343,36	15.131,12

Vacas prenhas	8.635,50	996,42	3.878,00	13.509,93
Machos 14 meses para recria	12.158,79	1.402,96	5.460,23	19.021,98
Machos 14 meses para reprodução	8.059,80	929,99	3.619,47	12.609,27
Total (R\$)	50.707,66	5.850,98	22.771,62	79.330,26

Fonte: Primária, 2007.

A Tabela 103 apresenta os custos de insumos, pastagens ou alimentos volumosos por sistema de criação (Atelier). Os custos totais de produção foram rateados entre os sistemas de criação, conforme a participação relativa de cada categoria animal no valor total do rebanho. “Machos 14 meses para recria” e “Vacac com cria ao pé” foram os sistemas que absorveram as maiores parcelas desses custos.

Tabela 104 - Custos de insumos (alimentação) por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Insumo:	Sal Mineral		
	Quantidade Total (kg)	Custo (R\$)/cabeça	Custo total (R\$)
Sistema de criação			
Terneiros ao pé da vaca	547,50	18,25	547,50
Terneiras ao pé da vaca	547,50	18,25	547,50
Novilhas 14 meses	1186,3	18,25	1.186,25
Novilhas 24 meses prenhas	365,0	18,25	365,00
Novilhas 24 meses descarte	547,5	18,25	547,50
Vacas com cria ao pé	1095,0	18,25	1.095,00
Vacas prenhas	1368,8	18,25	1.368,75
Machos 14 meses para recria	4015,0	18,25	4.015,00
Machos 14 meses para reprodução	912,5	18,25	912,50
Total (R\$)	10.585,10		10.585,10

Fonte: Primária, 2007.

Além da pastagem, a alimentação dos animais é complementada com o fornecimento de sal mineral para o gado. O consumo considerado de sal é de 50 gramas por cabeça/dia, o que totaliza 18,25 quilogramas de sal/cabeça/ano ao preço de R\$ 1,00/kg. Os animais recebem sal no cocho, o que totaliza uma despesa anual de R\$ 10.585,10 (Tabela 102).

Tabela 105 - Insumos necessários para a reprodução. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Inseminação artificial				
Especificação	Unidade	Quantidade	Preço (R\$)	Custo
Semên	dose	250	30,00	7.500,00
Luvax	unidade	250	0,05	12,50
Total				7.512,50
Trasferência de embriões				
Especificação	Unidade	Quantidade	Preço (R\$)	Custo/R\$/lote
Serviço do veterinário	Unidade	30	300,00	9.000,00
Hormônios e outros medicamentos	unidade	30	200,00	6.000,00
Novilhas para transferência	cabeça	60	775,00	46.500,00
Total				61.500,00
Outros serviços veterinários				
Especificação	Unidade	Quantidade	Preço (R\$)	Custo/R\$/lote
Exame andrológico	Unidade	50	30,00	1.500,00
Exame de toque/ultrassom	unidade	30	20,00	600,00
Associação raça/registo	Unidade	50	60,00	3.000,00
Total				5.100,00

Fonte: Primária, 2007.

O manejo da reprodução é um dos pontos fortes da propriedade, haja vista que a mesma se dedica à produção de reprodutores. A reprodução é feita através da inseminação artificial e da transferência de embriões, a qual, é feita por médico veterinário. Além dessas práticas reprodutivas são realizados outros serviços, tais como, exame andrológico, exame de toque e ultrassom para verificação da prenhez. Além disso, os animais são registrados nas associações das raças *Aberdeen Angus* e *Red Angus*. Os insumos necessários para a reprodução são apresentados na Tabela 105.

A Tabela 106 apresenta os custos com reprodução para cada categoria animal. O critério de rateio desses custos foi a participação relativa de cada categoria na reprodução. Assim, o sistema de criação “Machos 14 meses para a recria” não absorveu esses custos, pois não participa da cria de animais, sendo destinado apenas para a engorda.

Conforme esse critério, a categoria “Vacax com cria ao pé” é a que apresenta o maior custo (R\$ 18.594,53), em função de sua maior participação relativa na reprodução (25%), seguida das “Vacax Prenhas”, cuja participação relativa na reprodução é de 22% e com um custo de R\$ 16.602,26. O sistema de produção “Machos 14 meses para reprodutor” absorve

a terceira maior parcela do custos com reprodução (20,9%) e apresenta um custo de R\$ 15.495,45.

Tabela 106 - Custos com reprodução por sistema de criação. Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Terneiros ao pé da vaca	
Participação relativa sobre o total do rebanho reprodução	3,6%
Custo com inseminação	269,27
Custo com transferência de embriões	2.204,3
Custo com outros serviços veterinários	182,80
Custo total reprodução	2.656,36
Terneiras ao pé da vaca	
Participação relativa sobre o total do rebanho (reprodução)	3,6%
Custo com inseminação	269,27
Custo com transferência de embriões	2.204,3
Custo com outros serviços veterinários	182,80
Custo total reprodução	2.656,36
Novilhas 14 meses	
Participação relativa sobre o total do rebanho(reprodução)	14%
Custo com inseminação	1.050,13
Custo com transferência de embriões	8.596,80
Custo com outros serviços veterinários	712,90
Custo total reprodução	10.359,81
Novilhas 24 prenhas	
Participação relativa sobre o total do rebanho (reprodução)	6,0%
Custo com inseminação	448,78
Custo com transferência de embriões	3.673,8
Custo com outros serviços veterinários	304,66
Custo total reprodução	4.427,27
Novilhas 24 meses descarte	
Participação relativa sobre o total do rebanho (reprodução)	4,5%
Custo com inseminação	336,58
Custo com transferência de embriões	2.755,40
Custo com outros serviços veterinários	228,49
Custo total reprodução	3.320,45

(Conclusão)

Vacas com cria ao pé	
Participação relativa sobre o total do rebanho (reprodução)	25,1%
Custo com inseminação	1.884,86
Custo com transferência de embriões	15.430,10
Custo com outros serviços veterinários	1.279,57
Custo total reprodução	18.594,53
Vacas prenhas	
Participação relativa sobre o total do rebanho (reprodução)	22,4%
Custo com inseminação	1.682,91
Custo com transferência de embriões	13.776,90
Custo com outros serviços veterinários	1.142,47
Custo total reprodução	16.602,26
Machos 14 meses para reprodutor	
Participação relativa sobre o total do rebanho (reprodução)	20,9%
Custo com inseminação	1.570,71
Custo com transferência de embriões	12.858,40
Custo com outros serviços veterinários	1.066,31
Custo total reprodução	15.495,45

Fonte: Primária, 2007.

10.2.2 Custos totais por sistema de criação (atelier)

Nessa seção, são apresentados os custos totais agregados de cada sistema de criação. O conhecimento do custo de produção por categoria animal permite uma melhor gestão da propriedade, uma vez que aponta quais categorias com maior ou menor custo e especifica quais componentes de custos com maior participação relativa no custo total. Isso auxilia a identificação e correção de possíveis gargalos de produção, permitindo a otimização no uso dos recursos da propriedade.

Tabela 107 - Custos totais do sistema de criação: “terneiros ao pé da vaca”, em reais (R\$).
Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	423,36	14,11
Insumos alimentação	547,50	18,25
Insumos pastagens	2.161,59	72,05
Insumos reprodução	2.656,36	88,55
Reparos e manutenções das benfeitorias	28,41	0,95
Reparos e manutenções dos equipamentos	1,28	0,04
Total	5.818,49	193,95
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	19,26	0,64
Seguro anual de instalações	0,52	0,02
Juros anuais de instalações	3,03	0,10
Depreciação anual de equipamentos	17,90	0,60
Seguro anual de equipamentos	0,26	0,01
Juros anuais de equipamentos	1,99	0,07
Mão de obra especializada	389,65	12,99
Mão de obra não especializada	212,53	7,08
Total	645,14	21,50
Custo Total	6.463,63	215,45

Fonte: Primária, 2007.

Como o modelo é concebido pela descrição da tecnologia de produção empregada em um contexto específico, pode-se inferir o custo de abatimento de carbono ao se comparar duas tecnologias de produção distintas, no caso em que a mudança tecnológica se traduza em maiores custos de produção. A Tabela 107 apresenta os custos de produção do sistema de criação “Terneiros ao pé da vaca”. Cada animal dessa categoria apresenta um custo total de produção de R\$ 215,45. O custo com insumos destinados à reprodução representa a maior parcela dos custos totais (R\$ 2.656,36).

A categoria animal “Terneiras ao pé da vaca” apresenta a mesma estrutura de custos que a categoria anterior (Tabela 108).

Tabela 108 - Custos totais do sistema de criação: “terneiras ao pé da vaca”, em reais (R\$).
Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	423,36	14,11
Insumos alimentação	547,50	18,25
Insumos pastagens	2.161,59	72,05
Insumos reprodução	2.656,36	88,55
Reparos e manutenções das benfeitorias	28,41	0,95
Reparos e manutenções dos equipamentos	1,28	0,04
Total	5.818,49	193,95
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	19,26	0,64
Seguro anual de instalações	0,52	0,02
Juros anuais de instalações	3,03	0,10
Depreciação anual de equipamentos	17,90	0,60
Seguro anual de equipamentos	0,26	0,01
Juros anuais de equipamentos	1,99	0,07
Mão de obra especializada	389,65	12,99
Mão de obra não especializada	212,53	7,08
Total	645,14	21,50
Custo Total	6.463,63	215,45

Fonte: Primária, 2007.

Os custos de produção do sistema de criação “Novilhas 14 meses” totalizaram R\$ 23.942,31, apresentando um custo unitário de R\$ 368,34/cabeça. Os custos com reprodução representam a maior parcela do custo total, seguidos dos custos com pastagens (Tabela 109).

Tabela 109 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas 14 meses”, em reais (R\$).
Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	1.324,44	20,38
Insumos alimentação	1.186,25	18,25
Insumos pastagens	8.430,20	129,70
Insumos reprodução	10.359,81	159,38
Reparos e manutenções das benfeitorias	110,78	1,70
Reparos e manutenções dos equipamentos	5,46	0,08
Total	21.416,94	329,49
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	75,10	1,16
Seguro anual de instalações	2,05	0,03
Juros anuais de instalações	11,82	0,18
Depreciação anual de equipamentos	78,40	1,21
Seguro anual de equipamentos	1,09	0,02
Juros anuais de equipamentos	8,41	0,13
Mão de obra especializada	1.519,62	23,38
Mão de obra não especializada	828,88	12,75
Total	2.525,37	38,85
Custo Total	23.942,31	368,34

Fonte: Primária, 2007.

Por sua vez, os custos de produção do sistema de criação “Novilhas 24 meses prenhas” totalizaram R\$ 9.959,78 apresentando um custo unitário de R\$ 497,99/cabeça (Tabela 110).

Tabela 110 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas 24 meses prenhas”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	440,16	22,01
Insumos alimentação	365,00	18,25
Insumos pastagens	3.602,65	180,13
Insumos reprodução	4.427,27	221,36
Reparos e manutenções das benfeitorias	47,34	2,37
Reparos e manutenções dos equipamentos	2,13	0,11
Total	8.884,55	444,23
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	32,09	1,60
Seguro anual de instalações	0,87	0,04
Juros anuais de instalações	5,05	0,25
Depreciação anual de equipamentos	29,83	1,49
Seguro anual de equipamentos	0,43	0,02
Juros anuais de equipamentos	3,32	0,17
Mão de obra especializada	649,41	32,47
Mão de obra não especializada	354,22	17,71
Total	1.075,23	53,76
Custo Total	9.959,78	497,99

Fonte: Primária, 2007.

A categoria animal “Novilhas 24 meses descarte” apresentou um custo total de R\$ 8.073,70 ou R\$ 269,12/cabeça (Tabela 111).

Tabela 111 - Custos totais do sistema de criação: “novilhas 24 meses descarte”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	660,24	22,01
Insumos alimentação	547,50	18,25
Insumos pastagens	2.701,99	90,07
Insumos reprodução	3.320,45	110,68
Reparos e manutenções das benfeitorias	35,51	1,18
Reparos e manutenções dos equipamentos	1,60	0,05
Total	7.267,28	242,24
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	24,07	0,80
Seguro anual de instalações	0,66	0,02
Juros anuais de instalações	3,79	0,13
Depreciação anual de equipamentos	22,37	0,75
Seguro anual de equipamentos	0,32	0,01
Juros anuais de equipamentos	2,49	0,08
Mão de obra especializada	487,06	16,24
Mão de obra não especializada	265,67	8,86
Total	806,42	26,88
Custo Total	8.073,70	269,12

Fonte: Primária, 2007.

Os gastos com essa categoria são mais do que compensados pela venda dos animais de descarte, cujo preço de mercado é de R\$ 1.250,00/cabeça.

A Tabela 112 apresenta os custos do sistema de criação “Vacas com cria ao pé”. Os custos totalizam R\$ 40.905,68, com forte participação dos insumos pastagens e reprodução.

Tabela 112 - Custos totais do sistema de criação: “vacas com cria ao pé”, em reais (R\$).
Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	1.361,28	22,69
Insumos alimentação	1.095,00	18,25
Insumos pastagens	15.131,12	252,19
Insumos reprodução	18.594,53	309,91
Reparos e manutenções das benfeitorias	198,84	3,31
Reparos e manutenções dos equipamentos	8,95	0,15
Total	36.389,72	606,50
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	134,79	2,25
Seguro anual de instalações	3,67	0,06
Juros anuais de instalações	21,21	0,35
Depreciação anual de equipamentos	125,28	2,09
Seguro anual de equipamentos	1,79	0,03
Juros anuais de equipamentos	13,96	0,23
Mão de obra especializada	2.727,52	45,46
Mão de obra não especializada	1.487,74	24,80
Total	4.515,96	75,27
Custo Total	40.905,68	681,76

Fonte: Primária, 2007.

A categoria animal “Vacas prenhas” apresenta um custo total de 37.415,61, o que representa um custo unitário de R\$ 498,87 (Tabela 113).

Tabela 113 - Custos totais do sistema de criação: “vacas prenhas”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	1.701,60	22,69
Insumos alimentação	1.368,75	18,25
Insumos pastagens	13.509,93	180,13
Insumos reprodução	16.602,26	221,36
Reparos e manutenções das benfeitorias	177,54	2,37
Reparos e manutenções dos equipamentos	8,91	0,12
Total	33.368,99	444,92
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	120,35	1,60
Seguro anual de instalações	3,28	0,04
Juros anuais de instalações	18,94	0,25
Depreciação anual de equipamentos	124,75	1,66
Seguro anual de equipamentos	1,78	0,02
Juros anuais de equipamentos	13,90	0,19
Mão de obra especializada	2.435,29	32,47
Mão de obra não especializada	1.328,34	17,71
Total	4.046,63	53,96
Custo Total	37.415,61	498,87

Fonte: Primária, 2007.

O sistema de criação “Machos 14 meses para a recria” é o que apresenta o maior custo total de produção, em função da necessidade de compra de animais magros, para a posterior engorda. Cabe destacar que essa categoria animal não participa da cria e recria de animais para a reprodução; porém, se apresenta como alternativa de entradas financeiras

de curto prazo (prazo menor do que um ano) para a propriedade. Além disso, os animais são engordados em uma área destinada ao cultivo de aveia no inverno e de soja no verão, contribuindo para o aproveitamento dessa área através da integração lavoura-pecuária.

Tabela 114 - Custos totais do sistema de criação: “machos 14 meses para a recria”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	3.942,40	17,92
Insumos alimentação	4.015,00	18,25
Insumos pastagens	19.021,98	86,46
Despesa com aquisição de animais magros	143.000,00	650,00
Reparos e manutenções das benfeitorias	249,97	1,14
Reparos e manutenções dos equipamentos	11,25	0,05
Total	170.240,60	773,82
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	169,45	0,77
Seguro anual de instalações	4,62	0,02
Juros anuais de instalações	26,66	0,12
Depreciação anual de equipamentos	157,49	0,72
Seguro anual de equipamentos	2,25	0,01
Juros anuais de equipamentos	17,55	0,08
Mão de obra especializada	3.428,88	15,59
Mão de obra não especializada	1.870,30	8,50
Total	5.677,20	25,81
Custo Total	175.917,80	799,63

Fonte: Primária, 2007.

Observa-se, pela Tabela 114, que o custo de produção do sistema totaliza R\$ 175.917,80, sendo que, a compra de animais para a engorda representa a maior parcela desses custos. Embora o custo por cabeça seja de R\$ 799,63 as despesas são cobertas pela venda desses animais a um preço de R\$ 1.200,00/cabeça.

Tabela 115 - Custos totais do sistema de criação: “machos 14 meses para a reprodução”, em reais (R\$). Contexto: Cabanha Amor à Terra.

Custos variáveis		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Insumos sanidade	1.080,00	21,60
Insumos alimentação	912,50	18,25
Insumos pastagens	12.609,27	252,19
Insumos reprodução	15.495,45	309,91
Reparos e manutenções das benfeitorias	165,70	3,31
Reparos e manutenções dos equipamentos	7,46	0,15
Total	30.270,37	605,41
Custos Fixos		
Especificação	Custo por lote	Custo por cabeça
Depreciação anual de instalações	112,32	2,25
Seguro anual de instalações	3,06	0,06
Juros anuais de instalações	17,67	0,35
Depreciação anual de equipamentos	104,40	2,09
Seguro anual de equipamentos	1,49	0,03
Juros anuais de equipamentos	11,63	0,23
Mão de obra especializada	2.272,93	45,46
Mão de obra não especializada	1.239,78	24,80
Total	3.763,30	75,27
Custo Total	34.033,67	680,67

Fonte: Primária, 2007.

Conforme a Tabela 115, o custo de produção do sistema “Machos 14 meses para a reprodução” totaliza R\$ 34.033,67, sendo que, o custo por cabeça é de R\$ 680,67.

10.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do modelo AGRIPPEC em uma propriedade rural dedicada à produção de gado de corte, permitiu uma análise de resultados econômicos dessa atividade produtiva. No sistema modelizado foram descritos de forma detalhada os itinerários técnicos de produção, o que permitiu uma simulação das despesas específicas para cada “atelier” considerado no contexto especificado. O modelo considera a especificação de contextos

produtivos, de sistemas de alimentação e de sistemas de criação. Para cada sistema de criação foram determinados os custos de produção.

Os resultados obtidos ilustram o itinerário tecnológico de produção tanto da cria e da recria de animais para a reprodução (touro), como a engorda de animais para o abate, assim como seus custos de produção. Os resultados situam, também, a competitividade da produção e sua sensibilidade à conjuntura de preços de matérias primas, mão de obra e a evolução dos preços do boi magro.

REFERÊNCIAS

AEA TECHNOLOGY ENVIRONMENT, UK. **Options to reduce methane emissions**. (Final Report). AEA 3773: Issue 3, November, 1998.

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA. **ANUALPEC**. São Paulo: FNP, 2001.

BATES, Judith. Economic evaluation of emission reductions of nitrous oxides and methane in agriculture in **EU: Bottom-up analysis**. AEA technology Environment, Abingdon, 2001.

BODDEY, R. M. et. al. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, n. 103 p. 389-403, 2004. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso em: 20 jun. 2004.

BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS. **Mercado de carbono – BM&F**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.bmf.com.br>>. Acesso em: 05 abr. 2008.

BUARQUE, Cristovam. **A civilização do medo: o medo como parte do sucesso da civilização hegemônica**. Brasília: Mimeo, 2004.

CANZIANI, José Roberto Fernandes. **Assessoria administrativa a produtores rurais no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

CAPOOR, Karan; AMBROSI, Philppi. **State and trades of the carbon market 2008**. Washington: The World Bank Intitute, 2008.

CAPRA, Fritjof. A concepção sistêmica da vida. In: _____. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 1986. p. 259-298.

CARRERE, Pascal. Fonctionnement de l' écosystème prairial pâturé. In: **3 éme JOURNÉE TECHNIQUE DU PÔLE SCIENTIFIQUE AB DU MASSIF CENTRAL**, Tulle-Naves, Actes..., 2003.

CENAMO et. al. **Glossário internacional de termos em mudanças climáticas, protocolo de quioto e mercado de carbono**. Piracicaba: CEPEA-ESALQ/USP. 2004. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 27 fev. 2005.

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

DORIN, B. AGROPOL: **A tool for assessing economical costs and ecological footprints of agro-techniques** (extract of the final Cirad's report to Insea), CIRAD, Montpellier, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Emissões de metano na pecuária**. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. EMBRAPA – Meio ambiente. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 14 mai. 2003.

EUCLIDES FILHO, K.; CORRÊA, E. S.; EUCLIDES, V. P. B. **Boas práticas na produção de bovinos de corte**. 1. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. v. 500. 25 p.

FEARNSIDE, P. M. 2000. Greenhouse gas emission from land-use change in Brazil's Amazon Region. In: **Global climate changes and tropical ecosystems, advances in soil science**, Lal, Kimble and Stewart (eds). CRC Press, Boca Raton, p. 231-249.

_____. As florestas e a mitigação do efeito estufa no Brasil: oportunidades no setor florestal para a mitigação do efeito estufa sob o "Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. In: _____ **A floresta amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA, 2003, p. 69-90.

FERNANDEZ-Asin, Francisco. **El fondo protótipo de carbono em américa latina: lecciones aprendidas**. Nov. 2002, n. 13, World Bank. Disponível em: <<http://wbln0018.worldbank.org>>. Acesso em: 25 jul. 2004.

FINAMORE, Eduardo Belisario; MAROSO, Marcelo Tiago Derks. **Perspectivas da cadeia de lácteos gaúcha: um enfoque no corede nordeste**. Universidade de Passo Fundo. Texto para discussão 5. Disponível em <http://www.upf.br/cepeac/download/td_05_2006.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO, **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Rome, 2006.

FRANKE, Idésio Luis et.al. **Transformações socioeconômicas e ambientais no setor agropecuário e florestal na amazônia brasileira e estado do Acre**. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. Anais, SOBER, Passo Fundo, 2002.

GOMES, S. T. **Perguntas e respostas sobre custos de produção de leite**. (mimeo) Universidade Federal de Viçosa, 2001.

GUESNERIE, Roger. Les enjeux économiques de l'effet de serre. In: GUESNERIE, Roger et.al. **Kyoto et l'économie de l'effet de serre**. Paris: La documentation Française, 2003. p. 9-89.

HOBBSAWM, Eric. **A era das revoluções**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

HOFFMANN, Rodolfo et. al. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981.

IEL, CNA E SEBRAE. **Estudo sobre a eficiência econômica e competitividade da cadeia agroindustrial da pecuária de corte no Brasil**. Brasília, : IEL, CNA, SEBRAE, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico ambiental da amazônia legal**. 2005. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge>. Acesso em: 14 out. 2005.

_____. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA: Produção pecuária municipal**, 2006. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 out. 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Genebra/Suíça) **Revised IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reference manual**. Cambridge: University Press, 1996, 297p.

_____. _____. Chapter 4 Cambridge: University Press, 2001.

_____. (Kanagawa/Japan) **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC**, 2003.

_____. _____. Chapter 4 Cambridge: University Press, 2007.

JANK, Marcos Sawaya; GALAN, Valter Bertini. **Competitividade do sistema agroindustrial do leite**. São Paulo, 1998.

JONES, S. K. **Greenhouse gas emissions from a manage grassland. Global and Planetary Change xx (2004) xxx – xxx**. Disponível em: <www.sciencedirect.com>. Acesso: 6 jul. 2004.

JOSÉ, Moacir. **Sustentabilidade é a nova palavra de ordem da pecuária**. Cuiabá: DBO, junho/2008.

LA ROVERE, Emílio L.; THORNE, Steve. **Criteria and indicators for appraising clean development mechanism (CDM) projects**, Helio International, Oct, 1999.

LE PRESTE, Philippe. A conferência do Rio. In: _____. **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: SENAC, 2000b. p. 201-241.

_____. O desenvolvimento das políticas publicas. In: _____. **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: SENAC, 2000a.

LECOMTE, Ph. et. al. Carbone et élevage de ruminants. In: **Colloque international sur la gestion de la biomasse sur l'érosion et la séquestration du carbone**. Montpellier, 2002.

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>>. Acesso em: 2002.

MARTIN, N. et. al. **Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI**. Informações Econômicas, São Paulo, v. 28, n. 1, jan., 1998.

MARTINS-COSTA, Thelmo Vergara de Almeida; MONTOYA, Marco Antonio; ROTATORI, Wilson Luiz. O setor de carnes no Mercosul: dimensão econômica, intensidade de comércio, tendências estruturais e efeitos intersetoriais. In: XXXVIII BRAZILIAN CONGRESS OF RURAL ECONOMICS AND SOCIOLOGY. **Anais**, SOBER, Rio de Janeiro, 2000.

MIGUEL, Lovais de Andrade et. al. **Caracterização socioeconômica e produtiva da bovinocultura de corte no estado do Rio Grande do Sul**. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 3, Porto Alegre: PUC, 2006. Disponível em: <www.fea.tche.br/3eeg/PUCRS>. Acesso em: 13 ago. 2006.

MINISTERE DES AFFAIRES ÉTRANGERES: ETUDE. **Analyse comparative des instruments économiques de mise en oeuvre des accords multilatéraux sur l'environnement pour les pays membres de la ZSP**. Paris, março, 2001.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Ponto de vista do Brasil sobre o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM)**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 12 ago. 2002.

_____. Coordenação geral de mudanças globais e de clima. **Comunicação nacional inicial do Brasil à Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em: 13 ago. 2006.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Critérios de elegibilidade e indicadores de sustentabilidade para avaliação de projetos que contribuam para a mitigação das mudanças climáticas e para a promoção do desenvolvimento sustentável.** Abril, 2002.

MONTOYA, Marco Antonio. **A matriz insumo-produto internacional do mercosul em 1990:** a desigualdade regional e o impacto intersetorial do comércio inter-regional. 1998. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MONTOYA, Marco Antonio; FINAMORE, Eduardo Belisário. Evolução do PIB no agronegócio brasileiro de 1959 a 1995: uma estimativa na ótica do valor. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 9, n. 16, p. 9-24, maio, 2001.

MOTTA, Ronaldo Seroa da et.al. **O mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil.** Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 15 ago. 2002.

MUYLAERT, Maria Silvia. **Análise dos acordos internacionais sobre mudanças climáticas sob o ponto de vista do uso do conceito de ética.** 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

NABINGER, Carlos. Princípios da exploração intensiva de pastos. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA V. P. de (Ed.). **Produção de bovinos a pasto.** Piracicaba: FEALQ, 1999.

NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Mudança do clima volume II:** mercado de carbono: Parte III C – CADERNOS NAE, n. 3. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005.

NATIONAL RESEARCH CONCIL. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7th revised edition, 1996.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, **Changement climatique:** Les Politiques Nationales et le Protocole de Kyoto. Paris: OCDE, 1999.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL – WMO. **Página Oficial de la OMM** – Ginebra Suiza. Disponível em:<<http://www.wmo.int/index-sp.html>>. Acesso em: 24 set. 2005.

PALM, C. A. et. al. **Carbon sequestration and trace gas emissions in slash and burn and alternative land-uses in the humid tropics.** ASB Climate change working group. Final Report Phase II, Nairobi, 2000, 29 p.

PEREIRA, André S.; MAY, Peter H. Economia do aquecimento global. In: MAY, P.H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. de. **Economia do meio ambiente:** Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p. 219-244.

POCCARD-CHAPUIS, R. **Elevage bovin et structuration de l'espace en Amazonie Brésilienne.** Thèse de doctorat en Géographie, Université de Paris X, (forthcoming), 2003.

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.

RIBEIRO, Darcy. **O povo brasileiro:** a formação e o sentido do Brasil. São Paulo: Cia. das Letras, 1995.

ROCHA, Marcelo Theoto. **Aquecimento global e o mercado de carbono**: uma aplicação do modelo CERT. 2003. Tese (Doutorado em Ciências: Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/tese_marcelo.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2005.

ROSA, L. P. et. al. **Emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis**: abordagem top-down. Relatórios de referência, MCT, Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.forumclimabr.org.br/inventario.htm>>. Acesso em: 27 fev. 2005.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI**. Desenvolvimento e Meio Ambiente. São Paulo: Studio Nobel/FUNDAP, 1993.

SCHWARTZMAN, Stephan; MOREIRA, Adriana G. O protocolo de quioto e o mecanismo de desenvolvimento limpo. In: MOREIRA, Adriana G.; SCHWARTZMAN, Stephan (Ed.). **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros**. Brasília: Instituto de Pesquisa da Amazônia; The Woods Hole Research Center; Environmental Defense, 2000. p. 23-33.

SILVA, J. E. da et. al. **Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the “cerrado” region**, Brasil. Agriculture, Ecosystems and Environment, n. 103, p. 357- 363, 2004.

SOUSSANA, et. al. **Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands**. Special Issue of Soil use and management. France, 2003.

STEINFELD, Henning et.al. **Livestock’s long shadow environmental issues and options**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2006.

TARRÉ, R. et. al. **The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South Bahia**, Brazil. Plant and soil, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, n. 234, p. 15-26, 2001.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Options for Reducing Methane Emissions Internationally**. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 15 ago. 2002.

_____. **Ruminant Livestock and the Global Environment**. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 09 ago. 2002.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. Disponível em: <<http://www.wmo.int/index-sp.html>>. Acesso em: 03 ago. 2005.

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

VILLAVICENCIO, A. Mitos y Realidad del Mecanismo de desarrollo Limpio. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 1, p. 56-65, 2004.

WANKO, Henri; SMIDA, Salah. **Problématique du Mécanisme de Développement Propre et stratégie de développement durable pour les PVD**. Paris: Colloque International: Mondialisation, Energie, environnement, 10, 13 Juin 2001.