

SAMUEL ALEX COELHO CAMPOS

**EFICIÊNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO LEITEIRA
EM MINAS GERAIS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C198e
2011

Campos, Samuel Alex Coelho, 1986-
Eficiência econômica e ambiental da produção leiteira em
Minas Gerais / Samuel Alex Coelho Campos. – Viçosa, MG,
2011.
xvi, 153f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Alexandre Bragança Coelho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 124-135.

1. Leite - Produção - Aspectos econômicos - Minas Gerais.
2. Leite - Produção - Aspectos ambientais - Minas Gerais.
3. Eficiência. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 338.16

SAMUEL ALEX COELHO CAMPOS

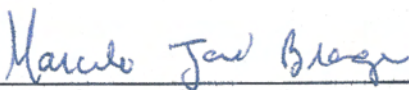
**EFICIÊNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO LEITEIRA EM
MINAS GERAIS**

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

APROVADA: 26 de setembro de 2011.



Prof. Alexandre Lopes Gomes



Prof. Marcelo José Braga



Prof. Adriano Provezano Gomes
(Coorientador)



Prof. Alexandre Bragança Coelho
(Orientador)

À minha família,
Que sempre me apoiou.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é fruto da ajuda de muitas pessoas e organizações que me acompanham a alguns anos. Peço desculpas para aqueles que por ventura não foram incluídos diretamente.

Inicialmente agradeço aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando, com paciência e compreensão e pelo trabalho árduo e incansável para que todas as melhores oportunidades fossem dadas a mim. Ao meu irmão, que está sempre ao meu lado, me apoiando, me escutando e pela paciência por todos esses anos.

Agradeço a todos os professores pelo aprendizado por todos esses anos, em especial ao professor José Ambrósio, que me acolheu no início da minha caminhada acadêmica como bolsista de iniciação científica; ao professor Sebastião Gomes pelos conselhos e dados disponibilizados que permitiram a execução desse trabalho; ao professor Sebastião Valadares pela ajuda no cálculo do balanço de nutrientes; aos professores Leonardo Bornacki e Adriano Gomes pelas contribuições e conselhos durante meus trabalhos; ao professor Marcelo Braga pelo aprendizado que muito contribuiu para essa pesquisa, direta e indiretamente e pelas suas contribuições; ao professor Alexandre Gomes, pelos questionamentos e sugestões.

O meu muito obrigado ao professor Alexandre Bragança, pela ajuda e orientação em todas as fases desse trabalho, desde a concepção do projeto à versão final, pela paciência, pelo tempo disponibilizado, pela compreensão, pela motivação e conselhos.

A todos os meus amigos nessa caminhada, pelas conversas, por todas as gargalhadas, pelos conselhos, pela motivação, pelas horas estudando, em especial à Fernanda Schwantes, amiga e colega de muitas monitorias, ao Lucas Castro, Marcelo Dias e Sergio Louro pelas horas de estudo e boas gargalhadas, à Débora Cardoso, à Gláucia Padrão e à Graciela pela amizade. Ao amigo Matheus Wemerson, que me incentivou antes e durante o mestrado.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Economia Rural (DER), nos quais cursei minha graduação e mestrado, pela oportunidade, assistência estudantil, infraestrutura, excelência e competência. A todos os funcionários da UFV, principalmente à Leoni, à Cida, à Tedinha, ao Brillhante e em especial à Carminha.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante o mestrado.

BIOGRAFIA

SAMUEL ALEX COELHO CAMPOS, filho de Jessé da Silva Campos e Dorinalva Maria Coelho Campos, nasceu em São Tiago, Minas Gerais, em 9 de janeiro de 1986.

Em 2002 formou-se como técnico agrícola pela Escola Agrotécnica Federal de Barbacena, em Barbacena, MG. Em julho de 2009 graduou-se em Gestão do Agronegócio pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Em agosto de 2009 iniciou o Programa de Pós Graduação em nível de Mestrado em Econômica Aplicada na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em 26 de setembro de 2011.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. O Problema e sua Importância.....	4
1.3. Hipóteses	8
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo geral	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
2. ESTRUTURA E EVOLUÇÃO DA PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL.....	9
2.1. Evolução e Perspectivas para a Produção Láctea Brasileira.....	11
2.2. Modificações da Produção Mineira	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	27
3.1. Ciclagem do Nitrogênio na Produção Láctea.....	27
3.2. Medidas de Eficiência	29
3.3. Eficiência Ambiental: a Abordagem por Balanço de Materiais.....	34
3.4. Eficiência no Curto e Longo Prazo.....	39
4. METODOLOGIA.....	42
4.1. Estratégia Empírica	42
4.2. Análise multivariada	43
4.2.1. Análise fatorial	43
4.2.2. Análise de agrupamentos	48

4.3. Análise Envoltória de Dados	50
4.3.1. Eficiência no curto e longo prazo.....	55
4.3.2. Teste para existência de diversas fronteiras de produção	56
4.3.3. Teste para retornos à escala e comparação da eficiência entre dois grupos de firmas	57
4.4. Regressão Quantílica.....	59
4.5. Fonte de Dados.....	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
5.1. Formação dos Grupos	66
5.2. Desempenho dos Produtores.....	70
5.2.1. Desempenho de curto prazo	70
5.2.2. Desempenho no longo prazo para os produtores	87
5.3. Determinantes do desempenho econômico e ambiental	100
5.3.1. Determinantes do desempenho econômico e ambiental dos produtores no curto prazo.....	100
5.3.2. Determinantes do desempenho econômico e ambiental dos produtores no longo prazo.....	117
6. RESUMO E CONCLUSÕES	120
7. REFERÊNCIAS.....	124
APÊNDICE	136
APÊNDICE A1	137
APÊNDICE A2	138
APÊNDICE A3	144
APÊNDICE A4	149
A4.1. Estimativas para as regressões quantílicas no curto prazo	149
A4.3. Estimativas para as regressões quantílicas no longo prazo	152

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição regional da produção de leite brasileira, em valores relativos, 1980 a 2006.	16
Tabela 2. Evolução brasileira do consumo de laticínios entre 2000 e 2007 para países e regiões selecionadas, em quilos por habitante ao ano.	19
Tabela 3. Variáveis utilizadas na análise multivariada e sua descrição.....	44
Tabela 4. Percentual de nitrogênio presente sobre as diversas fontes de alimento	54
Tabela 5. Variáveis da regressão quantílica e descrição.	60
Tabela 6. Estimativas descritivas para as variáveis utilizadas na análise multivariada, Minas Gerais, 2005	67
Tabela 7. Fatores extraídos pelo método dos componentes principais.	67
Tabela 8. Cargas fatoriais e cumunalidades obtidas por meio da análise fatorial .	68
Tabela 9. Descrição dos escores fatoriais por grupos de produtores, Minas Gerais, 2005	69
Tabela 10. Estatísticas descritivas para as variáveis utilizadas, Minas Gerais, 2005	71
Tabela 11. Razão dos insumos sobre o valor da produção	72
Tabela 12. Medidas de eficiência e estatísticas descritivas para os produtores de leite de acordo com a escala de produção, Minas Gerais, 2005.	73
Tabela 13. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala	75
Tabela 14. Estatísticas descritivas para os escores de eficiência para os produtores por grupos	77
Tabela 15. Variação percentual média das quantidades dos insumos utilizados para a minimização dos custos	78
Tabela 16. Médias para custos e produção por custo com ineficiência e correções	79

Tabela 17. Medidas de eficiência e estatísticas descritivas para os produtores de leite de acordo com a escala de produção, Minas Gerais, 2005.	81
Tabela 18. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala	82
Tabela 19 Estatísticas descritivas para os escores de eficiência para os produtores por grupos	83
Tabela 20. Nitrogênio e custo de produção para os modelos de eficiência ambiental e econômica.	84
Tabela 21. Custos econômicos e ambientais da eficiência econômica e ambiental	85
Tabela 22. Estatísticas descritivas para as variáveis utilizadas	88
Tabela 23. Medidas de eficiência técnica e estatísticas descritivas para os produtores de leite de acordo com a pressuposição de retornos à escala de produção, Minas Gerais, 2005.	89
Tabela 24. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala	90
Tabela 25. Estatísticas descritivas para as medidas de eficiência de longo prazo por grupo, Minas Gerais, 2005.	91
Tabela 26. Teste Kolmogorov-Smirnov para os escores de eficiência técnica, alocativa e econômica.	93
Tabela 27. Estatísticas descritivas para a eficiência técnica ambiental e eficiência de escala por grupos de produtores, Minas Gerais, 2005.	94
Tabela 28. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala	95
Tabela 29. Estatísticas descritivas para as estimativas ambientais de desempenho no longo prazo, Minas Gerais, 2005.	96
Tabela 30. Nitrogênio e custo de produção para os modelos de eficiência ambiental e econômica no longo prazo por grupo de produtores, Minas Gerais, 2005.	97
Tabela 31. Custos econômicos e ambientais da eficiência econômica e ambiental no longo prazo por grupos de produtores, Minas Gerais, 2005	98
Tabela 32. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência técnica para os produtores extensivos e intensivos no curto prazo, Minas Gerais, 2005.	102
Tabela 33. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência econômica para os produtores extensivos e intensivos no curto prazo, Minas Gerais, 2005.	109
Tabela 34. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência ambiental para os produtores extensivos e intensivos no curto prazo, Minas Gerais, 2005.	115
Tabela 35. Resumos das relações entre variáveis exógenas e escores de eficiência	116
Tabela 36 Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência ambiental de longo prazo para os produtores leiteiros, Minas Gerais, 2005.	118
Tabela 37. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência alocativa para os produtores extensivos e intensivos, Minas Gerais, 2005.	149

Tabela 38. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência técnica ambiental para os produtores extensivos e intensivos, Minas Gerais, 2005.....	150
Tabela 39. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência alocativa ambiental para os produtores extensivos e intensivos, Minas Gerais, 2005.....	151
Tabela 40. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência técnica ambiental para os produtores lácteos, Minas Gerais, 2005	152
Tabela 41. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência alocativa ambiental para os produtores lácteos, Minas Gerais, 2005	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação sazonal da produção láctea brasileira entre 1996 a 2010, em percentual.....	12
Figura 2. Comparação mensal entre a produção láctea, os preços do leite e o custo de produção para a produção nacional entre janeiro de 2000 e dezembro de 2010. .	13
Figura 3. Recepção e número de fornecedores para DPA Manufacturing Brasil para a produção brasileira entre 2002 e 2010.....	15
Figura 4. Taxas anuais de crescimento da produção de leite, número de vacas e produtividade da pecuária leiteira no Brasil, 1990 a 2011.....	16
Figura 5. Produtividade láctea mundial e para países selecionados entre 2001 e 2011, em toneladas por vaca lactante.....	18
Figura 6. Balança comercial láctea.	20
Figura 7. Variação sazonal da produção láctea brasileira entre 1996 a 2010, em percentual.....	21
Figura 8. Produtividade nacional e estadual e participação estadual na produção nacional para estados selecionados.	22
Figura 9. Recepção e número de fornecedores da Itambé entre 2002 e 2010.....	23
Figura 10. Taxas anuais de crescimento da produção de leite, número de vacas e produtividade da pecuária leiteira mineira, 1990 a 2009.....	24
Figura 11. Produção de cada mesorregião mineira em 1990 e 2009, em termos percentuais.....	25
Figura 12. Representação esquemática do processo de contaminação do meio ambiente e ciclo de Nitrogênio.	29
Figura 13. Eficiência técnica, alocativa e custo.....	33
Figura 14. Minimização dos nutrientes.....	36

Figura 15. Custos e benefícios da minimização do nutriente.....	38
Figura 16. Isoquantas, linhas de isocusto, eficiência e tecnologia produtiva.....	40
Figura 17. Fronteiras no curto e longo prazo.	56
Figura 18. Custo total médio mínimo e custo médio mínimo para um insumo.....	98

RESUMO

CAMPOS, Samuel Alex Coelho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2011. **Eficiência econômica e ambiental da produção leiteira em Minas Gerais.** Orientador: Alexandre Bragança Coelho. Co-orientadores: Adriano Provezano Gomes e Leonardo Bornacki de Mattos.

Esse estudo teve como objetivo analisar a eficiência econômica e ambiental da produção láctea em Minas Gerais no ano de 2005 devido à grande importância econômica e social da produção de leite em Minas Gerais, à relevância da produção desse estado para a produção nacional e, principalmente, pelo potencial poluidor do nitrogênio resultante da produção láctea e seus efeitos prejudiciais para o meio ambiente e para a saúde humana,. A teoria da produção, especificamente o conceito de eficiência, a abordagem do balanço de materiais e as relações de curto e longo prazo foram utilizadas para a fundamentação teórica do estudo e permitiram estimar o desempenho técnico, econômico e ambiental para os produtores, tanto no curto como no longo prazo. No curto prazo, o desempenho dos produtores foi analisado em relação a dois sistemas de produção: intensivo e extensivo. Esses sistemas produtivos estavam presentes em 25% e 75% dos sistemas produtivos, respectivamente. Para ambos os sistemas, as eficiências técnica, econômica e ambiental foram baixas, embora o desempenho dos produtores intensivos tenha sido um pouco superior a dos produtores extensivos, sendo a ineficiência de escala fator importante na explicação da ineficiência. Os resultados demonstraram que a melhoria do desempenho ambiental aumentaria os custos dos produtores. No longo prazo, ambos os sistemas apresentaram elevada eficiência técnica e econômica, entretanto, em relação ao desempenho ambiental, os produtores extensivos e intensivos apresentaram baixa e elevada eficiência, respectivamente. No longo prazo, a busca da eficiência ambiental também resultaria em

custos para os produtores de ambos os sistemas produtivos. Para a determinação das relações entre variáveis socioeconômicas e institucionais sobre o desempenho dos produtores, foram estimadas algumas regressões quantílicas. No curto prazo, sob a perspectiva econômica, o sistema extensivo apresentou melhoria do desempenho relacionado à intensidade da produção ou contratação de administrador, e o sistema intensivo apresentou melhoria relacionada ao aumento do tempo dedicado pelo produtor na atividade e aumento da intensidade e adequação genética do rebanho. Da perspectiva ambiental, no curto prazo, para os produtores extensivos, a melhoria do desempenho ambiental poderia ser alcançada via aumento da intensidade da produção e adequação genética do rebanho para a produção leiteira. Para os produtores intensivos, a melhoria seria possível via treinamento e aumentos da produção. No longo prazo, os aumentos da intensidade e escala de produção estariam relacionados a reduções nas emissões.

ABSTRACT

CAMPOS, Samuel Alex Coelho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2011. **Economic and environmental efficiency of dairy production in Minas Gerais.** Adviser: Alexandre Bragança Coelho. Co- Advisers: Adriano Provezano Gomes and Leonardo Bornacki de Mattos.

This study analyzed the economic and environmental efficiency of milk production in Minas Gerais in 2005. This study is relevant because milk production in Minas Gerais is both economic and socially important, this state is relevant to the national production and due to the pollution potential of nitrogen resulting from milk production on the environment and human health. The production theory, specifically the concept of efficiency, and the materials balance approach were used as theoretical framework in this study. This theoretical framework allowed estimating the technical, economic and environmental performance, both in the short and the long term. The performance of producers was analyzed in relation to two production systems: intensive and extensive, in the short term. These production systems were present in 25% and 75% of production systems, respectively. The technical, environmental and economic efficiencies were low for both systems, although the performance of intensive producers was higher than extensive producers. The inefficiency of scale was an important factor in the explanation of inefficiency. Results showed that improving the environmental performance would involve costs to producers. Both systems have high technical and economic efficiency in the long run, however, the extensive and intensive producers had low and high environmental efficiency, respectively. Pursuing environmental efficiency also leads to costs for producers of both production systems in the long run. The relationship between socioeconomic and institutional variables and the performance of the producers was

analyzed by quantile regressions. In the extensive system improved performance is related to the intensity of production or hiring manager and in the intensive system improved performance is related to increased time spent by the producer in activity and improvement in the genetic characteristics of the herd for milk production in the short term under the economic perspective. Improving the environmental performance could be achieved by increasing the intensity of production and the genetic characteristics of the herd for milk production in the short term to extensive producers. For intensive producers, the improvement would be possible through training and increases in production. Increasing the intensity and scale of production is related to reductions in emissions in the long run for both systems.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

A produção agropecuária é de grande importância para a economia brasileira, seja na composição da pauta de exportações, que totalizaram US\$ 54,8 bilhões em produtos agrícolas, em 2009, seja na criação de empregos, em que o setor empregou 16.567.544 pessoas em 2006 (BRASIL, 2010; IBGE, 2010a). Além desses fatores, os alimentos são fundamentais para a vida e também estão ligados a fatores sociológicos, antropológicos e psicológicos que conferem valores e identidade cultural a uma população (BATALHA; SCARPELLI, 2005). Os dados econômicos e sociais permitem afirmar que a produção agropecuária cumpre seu papel no crescimento econômico, na renda nacional, na criação de empregos, etc.

Dentre as diversas atividades agropecuárias, a produção de leite se destaca pela conotação social, fornecendo proteínas a baixo custo, estando presente em grande número dos estabelecimentos agropecuários (1.349.326 ou 26,07% dos estabelecimentos rurais brasileiros), possuindo baixo risco comercial, fluxo de caixa mensal e permitindo a ocupação da mão-de-obra familiar (FAEMG, 2006; CARVALHO; HOTT, 2007; IBGE, 2010b). Economicamente, a atividade é de grande importância, sendo que o Brasil será o quarto maior produtor mundial em 2011, segundo projeções, USDA (2011d). Entretanto, a produção láctea se destaca pela baixa produtividade por vaca (1.534 quilos/vaca/ano), embora apresente taxas de crescimento de 3,98%, entre 1995 e 2004. (FAEMG, 2006; CARVALHO; HOTT, 2007; IBGE, 2010b; USDA, 2011d). Nacionalmente, os principais estados produtores de leite de vaca são Minas Gerais (27,9%), Rio Grande do Sul (12,2%) e Goiás (10,1%). Minas Gerais se destaca

também quanto aos estabelecimentos agropecuários que se dedicam à atividade (17%) e quanto ao número de vacas ordenhadas (25%) (IBGE, 2010c).

Nas últimas décadas, de 1990 e 2000, a cadeia produtiva láctea, tanto nacional como internacional, tem sido afetada por mudanças institucionais, como a desregulamentação dos mercados e redução das barreiras comerciais. A economia brasileira passou por um processo de maior abertura comercial a partir de 1990, o que submeteu a produção nacional à concorrência internacional e ao leite subsidiado ou com “dumping”, o que derrubava o preço doméstico. Essa concorrência foi prejudicial para a cadeia na medida em que o setor, historicamente, tinha sido desincentivado ao crescimento da produção, a investimentos em tecnologia e à formação de rebanho especializado para a produção láctea e adoção de práticas sanitárias, devido ao tabelamento dos preços vigente há 46 anos. Esse tabelamento foi extinto em 1991, mas comprometeu a competitividade da cadeia frente à concorrência internacional (ROBERTS; GOMES; 2004; GOMES; FERREIRA FILHO, 2007; AZEVEDO; POLITI, 2008).

Somado à maior abertura comercial, a implantação do Plano Real em 1994 elevou a renda per capita nacional, aumentando a demanda por produtos lácteos. Dada a baixa capacidade de resposta da produção nacional, principalmente pela baixa especialização genética do rebanho, a solução encontrada foi o aumento das importações lácteas. Além disso, na década de 2000, o Ministério da Pecuária, Agricultura e Abastecimento brasileiro editou, em 2002, a Instrução Normativa 51/2002 (IN 51) fixando padrões de qualidade para o leite. A IN 51 incentivou a granelização, que, juntamente com a expansão do consumo do leite longa vida, incentivou o deslocamento da produção de leite para novas bacias produtoras lácteas, principalmente para as regiões do Centro-Oeste brasileiro, dado os menores custos para alimentação do rebanho e grandes extensões de terras (ROBERTS; GOMES; 2004; GOMES; FERREIRA FILHO, 2007; AZEVEDO; POLITI, 2008). Desta forma, no Brasil, há uma tendência da diminuição da importância das bacias tradicionais na produção láctea e expansão da produção em novas áreas produtoras.

Socialmente, estas mudanças são importantes para a cadeia láctea e apresentam desafios para o setor, dada a dualidade tecnológica da produção, em que convivem lado a lado produtores que utilizam alto padrão tecnológico e alcançam elevados índices de produtividade e outros com baixo nível tecnológico e baixa produtividade (FAEMG, 2006). Essas modificações têm concentrado a produção láctea nos maiores produtores de leite e retirado do mercado formal ou da atividade pequenos produtores.

A busca por produtividade e renda levou o setor agropecuário, incluindo-se a produção láctea, ao uso intensivo de máquinas, fertilizantes, pesticidas, medicamentos, hormônios sintéticos, concentrados e minerais. (REINHARD et al., 1999; REINHARD et al., 2000). Nessa busca pelos aumentos da lucratividade, os impactos da atividade econômica sobre o meio ambiente têm sido desconsiderados, culminando na degradação dos recursos naturais. Essa perspectiva é demonstrada pelos inúmeros estudos que avaliaram a produtividade e a eficiência da produção agropecuária, podendo-se citar Gomes (1999), Ferreira (2002), Helfand e Levine (2004), Gonçalves et al. (2008), dentre outros, que desconsideram o meio ambiente. Entretanto, a preocupação com essa depredação tem sido incluída no debate nas últimas décadas, emergindo o conceito de multifuncionalidade da agricultura, caracterizado como o reconhecimento pela sociedade do interesse público ou geral de funções sociais, ambientais, econômicas ou culturais, não diretamente produtivas ou não mercantis e associadas à atividade agropecuária (REINHARD et al., 1999; COELLI et al., 2007; SABOURIN, 2008).

Nessa nova perspectiva do papel da agropecuária, a produção e o padrão de desenvolvimento desse setor, como a produção láctea, têm recebido constantes críticas quanto à forma de produção não sustentável, por utilizar pesticidas que contaminam o meio ambiente, pelo desmatamento, erosão e salinização do solo, eutroficação¹, queimadas, desertificação, redução da taxa de infiltração, da quantidade e da qualidade da água disponível. Há também os problemas das emissões de gases do efeito estufa, como o CH₄, resultado do processo de digestão dos ruminantes herbívoros - como os bovinos – e manejo de dejetos de animais, sendo que o último também emite N₂ e N₂O, resultado do uso do esterco animal como fertilizante ou pela decomposição dos dejetos dos animais nas pastagens. A atividade de produção de leite produz, por cabeça-ano, 61,6 quilos de CH₄, resultado da fermentação entérica² (RACHWALL; DEDECEK, 1996; LÓPES, 1997; REINHARD et al., 1999; ZILBERMAN, 1999; SINGH, 2000; BRASIL, 2004; SOARES et al., 2005).

1.2. O Problema e sua Importância

A perspectiva de crescimento, a busca constante por aumentos de produtividade da agropecuária e a desconsideração dos recursos naturais para a sociedade relegou

¹ A eutroficação é caracterizada pelo acúmulo dos nutrientes em uma bacia lacustre, com aumento da população de fitoplâncton, podendo ser observado crescimento rápido de algas azuis, que libertam

² A produção de metano é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre em seu pré-estômago (rúmen). A fermentação do material vegetal ingerido no rúmen produz dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), que são eliminados, pelo menos em parte, com os gases respiratórios (LIMA et al., 2006).

os recursos naturais a meros fornecedores de fatores produtivos e depósitos dos subprodutos indesejáveis da atividade econômica. Este posicionamento frente aos recursos naturais torna-se claro quando se considera a Revolução Verde, que buscava a erradicação da fome mundial utilizando um novo modelo tecnológico de produção, apoiado no uso intensivo de insumos mecânicos, biológicos e químicos, que resultaram em diversos impactos ambientais indesejáveis (ALBERGONI; PELAEZ, 2007; OLIVEIRA; PORTO JÚNIOR, 2007).

Neste contexto, o setor lácteo, pela necessidade de área para a formação de pastagens, traz como consequência primeira o desmatamento, que deixa o solo vulnerável à lixiviação³ superficial e profunda, empobrecendo o solo e assoreando os rios. Com o empobrecimento dos solos torna-se necessário o uso de fertilizantes, principalmente o nitrogênio, para aumentar a qualidade e produtividade dos rebanhos, que, entretanto, desequilibram o conteúdo de nutrientes do solo, o expõem à contaminação química e geram grande quantidade de emissões difusas de nitrogênio.

Somado a estes impactos negativos sobre o meio ambiente, acrescenta-se o potencial de poluição dos recursos hídricos e do solo pelos dejetos produzidos pelas vacas e seus constituintes minerais. O nitrato presente na urina das vacas e no estrume possui grande quantidade do nitrogênio consumido pelos animais, entre 60 a 90%, que retornam às pastagens: considerando que cada vaca urina de 10 a 12 vezes ao dia em uma área de 0,5 a 0,7 m², essa quantidade seria equivalente à aplicação de 1 tonelada de nitrogênio por hectare (DI; CAMERON, 2000; DI; CAMERON, 2002).

A perda de nitrato (NO₃⁻) das pastagens, segundo Silva *et al.* (2005), é a principal causa da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, sendo que, essa perda de nitrogênio aumenta à medida que fertilizantes são aplicados. Os problemas com a poluição pelo nitrogênio são importantes na medida em que incluem alterações químicas e ecológicas nos sistemas aquáticos, coloca em risco a vida vegetal e dos peixes, diminuem a pesca ou substituem as espécies nativas por outras mais resistentes, mas com menor valor de mercado e podem contaminar as águas subterrâneas (VITOUSEK *et al.* 2009). A contaminação dos recursos hídricos com altas concentrações de nitrato eleva o custo de aquisição e tratamento da água para consumo, uma vez que o consumo da água contaminada com nitrato é prejudicial à saúde humana. Silva *et al.* (2005) enumeram diversas doenças que têm relação com o consumo de água contaminada, como a metemoglobinemia⁴, tanto em humanos como animais, câncer gástrico, inibição do crescimento, hipertrofia da tireoide e ulceração da boca e, ou do

³O carregamento de minerais e outras substâncias presentes na camada superficial dos solos na forma dissolvida (solutos) pela ação das águas por irrigação, chuvas, etc, para camadas inferiores dos solos, geralmente para aquíferos, é denominado lixiviação.

⁴A metemoglobinemia (síndrome do bebê azul) caracteriza-se pela má oxigenação e transporte do oxigênio no sangue, podendo provocar a morte do indivíduo, sendo os bebês com menos de 1 ano de idade mais susceptíveis. Os casos suspeitos de síndrome do bebê azul, devido à alta concentração de NO₃⁻ na água potável, foram relatados pela primeira vez em 1940 (DI; CAMERON, 2002).

estômago. A poluição contribui, ainda, para a redução do valor estético e recreativo da água, contamina os aquíferos subterrâneos e contribui para a formação da chuva ácida (pela evaporação da amônia) (REINHARD *et al.*, 1999; CARVALHO *et al.*, 2000; DI; CAMERON, 2000; RAMILAN, 2008).

Esses efeitos adversos da produção láctea sobre o meio ambiente podem ser atribuídos, segundo Binswanger (1997), ao excessivo uso dos recursos naturais para a produção e a constante busca por aumentos da produtividade, uma vez que o aumento da intensidade da produção agropecuária envolve, normalmente, a aplicação de fertilizantes nitrogenados e esterco, que permitiriam o aumento do número de cabeças de vacas por hectare (DI, CAMERON, 2002). Essa busca da produtividade intensificou-se com o aumento da concorrência, da elevação dos preços dos insumos e implementos agropecuários de forma generalizada, da relativa estabilização dos preços dos alimentos, da elevação do padrão de consumo nacional e internacional e da tendência de concentração do setor agroindustrial que culminam na redução da rentabilidade da produção agropecuária (ALVIM; OLIVEIRA JÚNIOR, 2005; CRUZ, 2007). Recentemente, a produção láctea, a Instrução Normativa 51/2002 impõe nova pressão sobre a produção, demandando mais investimentos e, conseqüentemente, pressionando o meio ambiente pelo aumento do rigor dos padrões de qualidade do leite, previsto para julho de 2011 (MAPA, 2002). Estes fatores forçam o produtor agropecuário a elevar a produtividade e eficiência para permanecer na atividade.

Entretanto, a elevação da produtividade e eficiência baseadas na depredação dos recursos naturais reduz a capacidade produtiva do sistema econômico, dada a integração da agropecuária e o meio ambiente, de maneira que, à medida que os recursos naturais são degradados, menor será a capacidade de produção do sistema, uma vez que o meio ambiente propicia o ambiente físico ao desenvolvimento da agropecuária (LOPÉZ, 1997; GRAHAM, 2009).

Desta forma, considerar o desempenho econômico, sem observar os diversos efeitos danosos da atividade econômica sobre o meio ambiente, que posteriormente recairá novamente sobre a produção, permite apenas uma visão parcial do desempenho das propriedades. Assim, é necessário que os produtores agropecuários produzam de forma ambientalmente eficiente, visando à redução dos custos de produção ou evitando sua elevação. Cabrera *et al.* (2010) afirma que, com a maior conscientização dos efeitos ambientais da produção leiteira, bem como normas mais rigorosas, atividades de gestão do estrume e outras de gestão ambiental serão essenciais na exploração do dia a dia.

A mensuração do desempenho ambiental da produção agropecuária é, normalmente, operacionalizada pelo conceito de eficiência ambiental, estimada pela razão entre a quantidade mínima observada do uso de determinado insumo, dentre as

firmas da amostra, sobre o uso observado desse insumo ambiental por uma dada firma (REINHARD *et al.*, 1999; REINHARD *et al.*, 2000). Nesse estudo, o conceito de desempenho ambiental será tratado, assim como em Coelli *et al.* (2005b); Coelli *et al.* (2007), Ramilan (2008), Ramilan *et al.* (2011), como a razão entre o mínimo de nutriente possível (podendo ser emissões de nitrogênio, CO₂, N₂O, etc.) sobre a quantidade de nutriente efetivamente emitida (observada) pela firma, propriedade rural, etc. em análise. Desta forma, considerando o potencial de degradação do nitrogênio, originário dos dejetos do rebanho leiteiro, a eficiência ambiental nesse estudo será estimada pela razão entre o mínimo de nitrogênio possível na produção láctea e a quantidade de nitrogênio excretada pelo rebanho lácteo, em cada propriedade rural leiteira de Minas Gerais.

Entretanto, se por um lado, é necessário que os produtores sejam eficientes técnica e economicamente, obtendo a máxima produção e rentabilidade, para o nível de utilização de insumos, por outro, a eficiência econômica não é condição suficiente nem necessária para a eficiência ambiental, podendo até mesmo serem conflitantes (COMMON; PERRINGS, 1992). Outros autores como Piot-Lepetit *et al.* (1997), De Koeijer *et al.* (2002) e Gomes *et al.* (2009) consideram a eficiência técnica como condição necessária para a eficiência ambiental, uma vez que firmas eficientes deveriam ter menores emissões e rejeitos, sendo então que elevações na eficiência técnica deveriam elevar também a eficiência ambiental. Reinhard *et al.* (1999) e De Koeijer *et al.* (2002), estimando a eficiência ambiental, técnica e econômica para as propriedades leiteiras e produtores de beterraba para açúcar holandesas, concluem pela relação positiva entre essas.

Para o Brasil, especificamente, o estudo do desempenho ambiental da produção agropecuária é um tema escasso, segundo Gomes *et al.* (2009). Esse autor estimou a sustentabilidade da produção agrícola para o município amazônico Machadinho d'Oeste. Toresan (1998) abordou a compatibilidade de curto prazo entre desempenho ambiental e eficiência técnica, estudando propriedades agrícolas em Santa Catarina. Os resultados encontrados por este autor corroboram a relação positiva entre desempenho econômico e ambiental, sendo que a produção agrícola do estado apresenta grande potencial de crescimento apenas com o uso de práticas que reduzam e, ou preservem o meio ambiente, sem necessitar de maiores níveis de insumos.

Entretanto, os escassos estudos anteriores que trataram da eficiência ambiental, técnica e econômica desconsideraram a importância das especificidades tecnológicas entre os produtores, assumindo que todos dispunham ou utilizavam da mesma tecnologia, o que pode não ser verdade, principalmente pela produção láctea apresentar grande heterogeneidade de sistemas produtivos. Esse tema é incorporado por Alvarez *et al.* (2008) na análise entre a intensificação no sistema produtivo e a eficiência

econômica da produção láctea espanhola, que, por meio da análise de agrupamentos, separa dois sistemas produtivos, extensivo e intensivo. Estes autores concluem que, na média, os produtores intensivos são mais eficientes economicamente que os extensivos. Entretanto, quando comparados os produtores eficientes intensivos e extensivos, os primeiros podiam produzir a um menor custo médio, sugerindo que as propriedades intensivas são mais fáceis de administrar.

Outros autores como Lopes *et al.* (2004; 2007) analisaram a rentabilidade da atividade leiteira, para diferentes sistemas de produção (pastejo, semi confinado e confinado) e tipo de mão-de-obra utilizada na produção (familiar, mista e contratada). Os resultados confirmam a diferença nos resultados econômicos entre os diferentes sistemas, de forma que a sobrevivência dos sistemas de produção no curto e longo prazo, para alguns, não seria possível. Os sistemas que utilizam o pastejo e mão-de-obra familiar seriam os únicos com condições de sobreviver no longo prazo, sendo capazes de se capitalizarem, segundo Lopes *et al.* (2004; 2007).

Estes resultados, embora apenas em termos da rentabilidade da produção, demonstram a importância da consideração das especificidades tecnológicas dos produtores, uma vez que, ao desconsiderá-las, está-se assumindo que os produtores possuem a mesma tecnologia e capacidade de produção ou receita potencial, dado os custos. Entretanto, ao se considerar as especificidades tecnológicas e analisar o desempenho dos produtores para essas tecnologias, desconsidera-se que uma tecnologia possa ser menos eficiente técnica, alocativa, econômica e, ou ambientalmente em relação às demais e condenada ao desaparecimento. Desta forma, esses modelos falham em determinar o período de tempo para que o desempenho ideal seja alcançado e a tecnologia obsoleta seja substituída.

Esta preocupação foi diretamente incorporada aos estudos de Tauer (1993), Grosskopf *et al.*(1999), Kao (2000) e Barua *et al.* (2004). Tauer (1993) analisou a eficiência de produtores de leite em Nova Iorque no curto e longo prazo utilizando um modelo que considerava os insumos como fixos ou quase fixos. Grosskopf *et al.*(1999) buscou antecipar as consequências da reforma educacional nos Estados Unidos da América utilizando metodologia similar à utilizada por Tauer (1993). Kao (2000) utilizou uma formulação multi-planta, usando os modelos multi-planta para avaliar os vários distritos quanto à gestão das florestas nacionais de Taiwan (República da China). Com essa abordagem, Kao (2000) foi capaz de avaliar a eficiência de curto e longo prazo de subdistritos e distritos daquele país.

Desta forma, considerando a importância econômica e social da produção láctea, os impactos potenciais da produção láctea e a relevância do estado de Minas Gerais tanto econômica como representativa (melhor representatividade dos padrões da produção brasileira, como heterogeneidade), surgem as indagações: Qual o

desempenho da produção de leite do estado de Minas Gerais no curto e longo prazo? As eficiências técnica e econômica estão relacionadas diretamente à eficiência ambiental? Quais características dos estabelecimentos propiciariam maior ou menor nível de desempenho técnico, econômico e ambiental no curto e longo prazo?

Assim, esse estudo contribui para a literatura, no sentido de considerar as emissões resultantes da produção láctea sobre o meio ambiente. O desempenho econômico não é tratado como o único objetivo para a produção láctea, mas também o desempenho ambiental e as emissões dos sistemas são considerados. Ademais, o estudo as restrições tecnológicas às quais os produtores estão sujeitos no curto prazo. A combinação dessas abordagens permitiu a estimação e análise dos custos associados à adequação dos sistemas produtivos à perspectiva ambiental, via redução das emissões, tanto no curto prazo como no longo prazo. Além disso, o estudo analisou as variáveis relacionadas a um melhor desempenho, tanto econômico como ambiental, permitindo propor ações para a melhoria desses.

1.3. Hipóteses

Propriedades de maior intensidade na produção láctea operam com maior desempenho econômico, entretanto esta maior eficiência econômica não está diretamente relacionada ao desempenho ambiental.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo geral

Analisar o desempenho ambiental, técnico e econômico da produção láctea mineira no ano de 2005.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar como a eficiência ambiental, técnica e econômica se relacionam à produção de leite em Minas Gerais;
- Identificar diferenças no desempenho dos produtores no curto e longo prazo;
- Estabelecer a importância de variáveis relacionadas ao processo produtivo e às características dos produtores e propriedades sobre o desempenho ambiental da produção láctea.

2. ESTRUTURA E EVOLUÇÃO DA PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL

A atividade produtiva láctea está presente em todo o território nacional, sendo praticada sobre diversos sistemas produtivos entre as regiões, organizados de forma a se adaptarem ao clima, manejo, disponibilidade de mão-de-obra, preços do leite e dos insumos e do tipo de indústria compradora (ALVIM *et al.*, 2009). A produção nacional sofreu grandes mudanças a partir da década de 1990. A maior abertura da economia, a integração do país ao MERCOSUL, a sobrevalorização do câmbio e os subsídios internacionais ao setor comprometeram os preços e a produção nacional por meio do aumento das importações de lácteos (BARROS, 2004; ALVIM *et al.*, 2009).

As consequências da maior exposição do setor ao mercado internacional foram potencializadas pelo ambiente institucional de regulação até 1991. O tabelamento dos preços do leite por 46 anos desincentivou o crescimento da produção, investimentos em tecnologia, adoção de práticas sanitárias e a formação de rebanho com maior aptidão láctea.

Posteriormente, em resposta ao baixo padrão de qualidade do leite produzido nacionalmente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento editou a Instrução Normativa (IN) 51 em 2002. A IN 51 fixou regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade para o leite tipo A, B, C, pasteurizado e cru refrigerado, bem como regulamentou a coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel, o que viria a demandar investimentos por parte dos produtores para se adequarem às normas de qualidade. A IN 51 começou a vigorar em 2005, prevendo o aumento gradativo dos padrões de qualidade.

A essa Instrução Normativa pode ser atribuído a formação de incentivos para a granelização que, juntamente com a mudança do padrão de consumo de lácteos, com

perda da importância do leite pasteurizado e aumento do consumo do leite longa vida e de queijos, e em virtude do aumento da renda com o Plano Real e estabilização da economia, modificaram substancialmente a cadeia de produção láctea brasileira e mineira (USDA, 2000; ROBERTS, GOMES *et al.*, 2004; FAEMG, 2006; FONSECA; SANTOS, 2007; GOMES; FERREIRA FILHO, 2007; AZEVEDO; POLITI, 2008).

Entre as transformações da cadeia produtiva, destacam-se as mudanças nas bacias leiteiras, com alteração na importância nas regiões produtoras dentro dos estados, como entre os principais estados produtores. Esse deslocamento das bacias leiteiras tem sido atribuído à crescente participação do leite longa vida, ao aumento do consumo de queijos, ao ganho de logística e à coleta a granel, que permitiram a aproximação dos produtores de leite distantes aos maiores mercado consumidores (GOMES, 2001; MARTINS, 2004; FONSECA; SANTOS, 2007; AZEVEDO; POLITI, 2008)

Nesse período, a sazonalidade da produção também se reduziu a uma taxa de 1,3% ao ano, entre 1996 a 2010. A produção de leite brasileira apresentava grande sazonalidade⁵ em virtude das características do rebanho leiteiro, com dupla aptidão, bem como o sistema de produção, à base de pasto, que predomina no país. (FAEMG, 2006, 32p.).

Entretanto, apesar das mudanças estruturais atribuídas à IN 51, como redução do número de produtores e da sazonalidade, não houve melhoria substancial na qualidade do leite nos últimos seis anos (2005 a 2011). Uma das razões é a visão divergente entre produtores e indústria. Os produtores reclamam que a produção de leite de qualidade acarreta maiores custos, o que somente seria rentável se o leite fosse pago por qualidade, o que ainda não ocorre de forma disseminada na cadeia produtiva. A indústria alega que os produtores não atendem aos critérios mínimos de qualidade, e com a concorrência acirrada pela captação de leite, se um determinado laticínio tornar mais rígidos os padrões de qualidade, alguns produtores simplesmente mudariam para um laticínio de menor exigência (SANTOS, 2011).

Recentemente, essa discussão voltou à tona, com a prorrogação em seis meses da redução nos limites das Contagem de Células Somáticas (CCS) e Contagem Bacteriana Total (CBT) para o leite previsto para ocorrer em julho de 2011. Diversos grupos se formaram contra e a favor desses novos limites. A principal razão contrária à implantação desses novos padrões seria o despreparo dos produtores e as consequentes dificuldades no seu cumprimento, o que resultaria em instabilidade no setor produtivo e potencial exclusão de produtores, como nos anos posteriores à

⁵ A sazonalidade da produção trata da variação da produção entre o período “das águas” e “da seca”. O período “das águas” compreende os meses de junho a setembro e “da seca”, os meses de novembro a fevereiro, para as principais regiões produtoras (GOMES, 2007a).

granelização. Para outros, o adiamento desses padrões levaria ao descrédito da IN 51 e prejudicaria aqueles produtores que fizeram investimentos na produção para se adequarem às normas (SANTOS, 2011).

Desta forma, a produção nacional sofreu e ainda sofre o impacto da várias mudanças institucionais, políticas e econômicas no período de 1990 a 2011, que alteraram as relações entre os agentes na cadeia produtiva. Nas próximas subseções, serão descritas e analisadas as mudanças estruturais resultantes desse novo ambiente produtivo para o Brasil, na primeira parte, e para o estado de Minas Gerais, maior produtor nacional, na segunda parte.

2.1. Evolução e Perspectivas para a Produção Láctea Brasileira

As mudanças institucionais alteraram a estrutura produtiva da cadeia láctea e as relações entre os agentes. Dentre as principais consequências, destacam-se a redução da sazonalidade na produção láctea, a redução no número de produtores e o crescimento da produção, do número de vacas e da produtividade. Destacam-se também o aumento e mudança no consumo de produtos lácteos, o deslocamento da produção para as regiões de fronteira agrícola, como a região Centro-Oeste, e a melhora na balança comercial brasileira para os produtos lácteos.

A sazonalidade na produção láctea brasileira pode ser atribuída ao sistema de produção a pasto, às características genéticas do rebanho, com dupla aptidão, e à tecnologia utilizada (FAEMG, 2006). As modificações no setor reduziram a sazonalidade da produção, como pode ser observado na Figura 1. O cálculo da variação entre a produção “das águas” e “da seca” foi calculado considerando as ressalvas apontadas por Gomes (2007a). Segundo esse autor, a comparação entre a produção da seca e a produção das águas do próximo período resulta em um erro de cálculo. O erro é resultado da tendência de crescimento da produção láctea brasileira. A variação da produção no período posterior seria reflexo, então, de aumentos da produção, detalhada posteriormente, e do comportamento sazonal da produção. O cálculo deve, então, ser feito comparando a produção do período da seca com a média da produção dos períodos “das águas” antes e depois do período da seca (GOMES, 2007a).

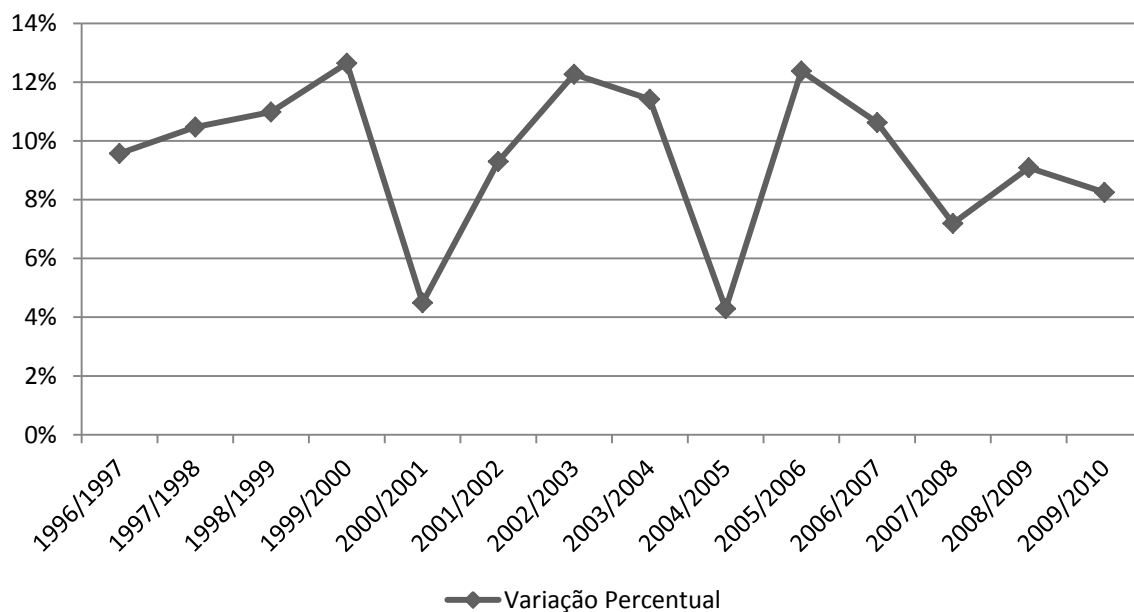


Figura 1. Variação sazonal da produção láctea brasileira entre 1996 a 2010, em percentual.
 Fonte: IBGE (2011c)

Observando o comportamento da sazonalidade da produção, há uma tendência de queda da variação da produção entre as águas e seca. Há dois períodos que destacam pela baixa sazonalidade, 2001/2002 e 2004/2005. Essa pequena variação foi reflexo das boas expectativas dos produtores nesses períodos (CEPEA, 2003a; GOMES *et al.* 2004). O preço do leite estava alto e o custo da alimentação baixo, o que incentivou os produtores a aumentar a produção mesmo na entressafra. Posteriormente, com a queda do preço do leite, os incentivos econômicos diminuíram e a sazonalidade aumentou.

Entretanto, apesar da redução na variação da produção entre as águas e a seca, é natural uma pequena variação da produção, segundo Gomes (2007a) e FAEMG (2006). Essa variação seria consequência do sistema de produção nacional, baseado na produção a pasto. As forrageiras produzem maior volume de alimento no verão, e com melhor qualidade, aumentando a produção por vaca nesse período. Esse sistema apresenta algumas vantagens, como a redução dos custos de produção no período “das águas”, quando o preço do leite também é menor.

A redução dos preços no período “das águas” é discutida por Gomes (2001). Para esse autor, sua principal causa não seria a sazonalidade da produção, mas sim, as grandes variações da produção ocorridas no passado “e que ainda persistem na memória daqueles que trabalham com leite” (GOMES, 2001). Segundo este mesmo autor, a queda dos preços nas “águas” está mais associada à redução de custos de

produção do que à sazonalidade, bem como às imperfeições do mercado. Nogueira (2004b) destaca também que as oscilações dos preços refletem a redução da demanda de lácteos no período das férias de verão, quando o consumo de refrigerantes, sucos, água e cervejas aumentam, voltando o consumo de lácteos a se recuperar a partir de fevereiro e março.

A relação entre preços do leite, custo de produção e produção está retratada na Figura 2. O preço do milho foi utilizado como *proxy* para o custo de produção lácteo. Essa variável foi utilizada como *proxy* dada a indisponibilidade de estimativas do custo de produção para esse período e por essa retratar melhor o comportamento do custo de produção, segundo CEPEA (2008). Para esse autor, entre os alimentos concentrados, as fontes de energia como o milho são os mais demandados pelas vacas em lactação. O preço do leite está ponderado conforme a participação de cada estado na produção brasileira. Foram considerados apenas os estados de Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Santa Catarina na ponderação dos preços, por serem os maiores produtores nacionais, respondendo por 60% da produção nacional em 2006 (IBGE, 2011b). Os preços do milho e do leite estão apresentados em Reais por quilo e Reais por litros, respectivamente. A produção nacional está retratada em bilhões de litros.

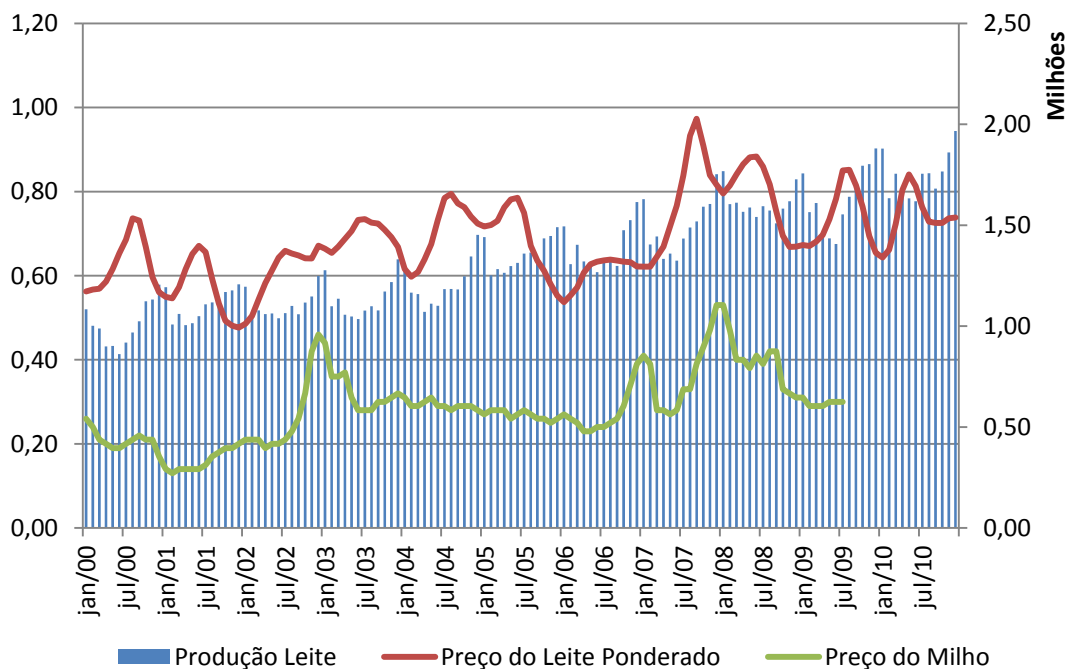


Figura 2. Comparação mensal entre a produção láctea, os preços do leite e o custo de produção para a produção nacional entre janeiro de 2000 e dezembro de 2010.

Fonte: CEPEA (2011), FVG (2011), IBGE (2011c).

Por meio da Figura 2 pode-se observar o comportamento dos preços do leite, tal como abordado por Gomes (2007b). Nos períodos iniciais, anterior a 2004, o comportamento do preço do leite pode ser atribuído a variações da produção. Para os períodos posteriores a 2004, o custo de produção, representado pelo preço do milho, apresenta maior importância para a formação dos preços. Esse comportamento foi formalmente verificado por meio de uma regressão⁶, em que, antes de 2004 o preço do leite apresenta uma elasticidade de produção de -0,68, sendo a elasticidade para o custo estatisticamente igual a zero. O aumento da produção em 1% reduz o preço do leite em 0,68%. Para o período posterior, a elasticidade do preço do leite em relação ao custo de produção estimada foi de 0,35, enquanto a elasticidade do preço do leite em relação à produção não foi estatisticamente significativa. O aumento no custo de produção em 1% aumenta o preço do leite em 0,35%, tudo mais constante.

Somado às causas anteriores para a redução da sazonalidade, Jank e Galan (1998) também atribuem o processo de seleção e especialização dos produtores, em que o pagamento diferenciado por volume, qualidade da matéria-prima e regularidade de entrega são os principais fatores. Esses fatores, juntamente com o aumento dos custos de produção e redução dos preços do leite, contribuíram para a redução no número de produtores. A Figura 3 representa a evolução do número de fornecedores e produção recepcionada, ao ano, pelo laticínio DPA Manufacturing Brasil, entre o período 2002 a 2010. O laticínio DPA Manufacturing Brasil foi a maior empresa em captação de leite no país no período. O volume recepcionado está apresentado em milhões de litros ao ano e o número de produtores, em unidades.

Observando a Figura 3, pode-se perceber a tendência de redução no número de fornecedores de leite e o aumento da produção diária desses produtores. A produção recepcionada no período aumentou de, aproximadamente, 1.500 milhões de litros para 2.200 milhões em 2010, enquanto o número de fornecedores reduziu de aproximadamente 7.000 para 6.500. Essa redução pode ser atribuída, segundo Gomes (2001), à formação de grupos de produtores para a venda do leite, figurando nas estatísticas apenas como um indivíduo com uma produção maior, ou à saída dos produtores do setor formal ou mudanças para outra atividade produtiva.

⁶ Foi estimada uma regressão para cada período. As estimativas apresentaram autocorrelação, sendo os erros padrões corrigidos pelo procedimento de Newey-West (1987). Para maiores detalhes, consultar Newey e West (1987).

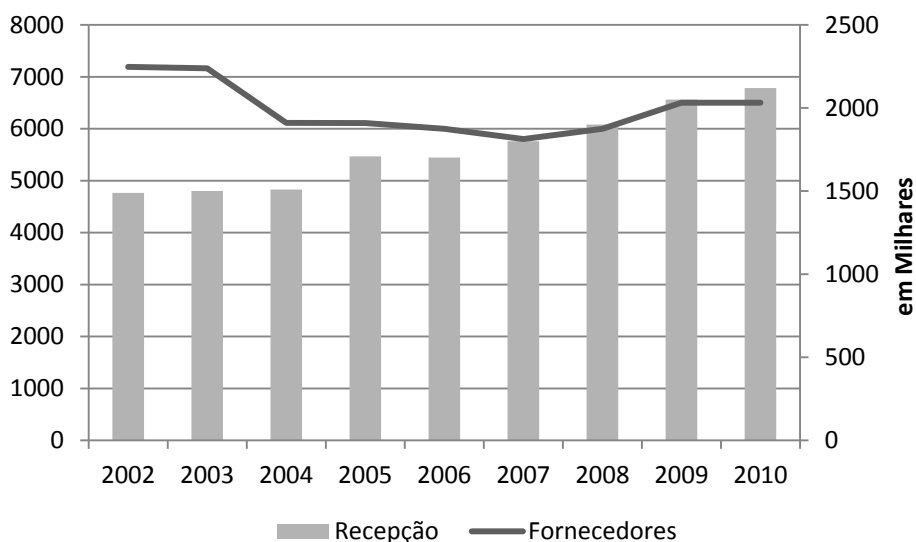


Figura 3. Recepção e número de fornecedores para DPA Manufacturing Brasil para a produção brasileira entre 2002 e 2010.
 Fonte: MILKPOINT (2011a; 2011b) e Leite Brasil (2011a; 2011b; 2011c; 2011d).

Mesmo com a concentração da produção, há ainda grande heterogeneidade, de forma que Gomes (2001) destaca que há grandes produtores respondendo por parcelas cada vez maiores da produção nacional e, pequenos produtores com parcelas cada vez menores, que distorcem as estatísticas lácteas (médias), devendo estas ser interpretadas com cautela, *“visto que o grande número de pequenos produtores, que pouco ou nada evoluíram, arrastam para baixo essas médias”* (GOMES, 2001).

Neste mesmo sentido, conforme destaca FAEMG (2006), caminha o avanço tecnológico da pecuária nacional, com rebanhos mais especializados, redução da sazonalidade da produção, com a produção concentrando-se em um menor número de produtores e apresentando crescentes taxas anuais. O aumento da produção láctea brasileira, (ALVES, 2001; GOMES, 2001; YAMAGUCHI *et al.*, 2001; GOMES *et al.*, 2004), pode ser atribuído ao aumento da produtividade e do número de vacas ordenhadas. O aumento da produção, produtividade e vacas ordenhadas, para o período de 1990 a 2011, está representado na Figura 4.

As estatísticas da Figura 4 apresentam uma mudança de tendência. Entre o período da implantação do Plano Real e a publicação da IN 51, há um grande crescimento da produção e produtividade, acompanhado da redução no rebanho leiteiro. Após a publicação da Instrução Normativa 51, a importância dos ganhos de produtividade para o aumento da produção se reduz, sendo os ganhos de produção baseados principalmente no acréscimo do rebanho leiteiro, embora os ganhos de produtividade sejam positivos em todo o período.

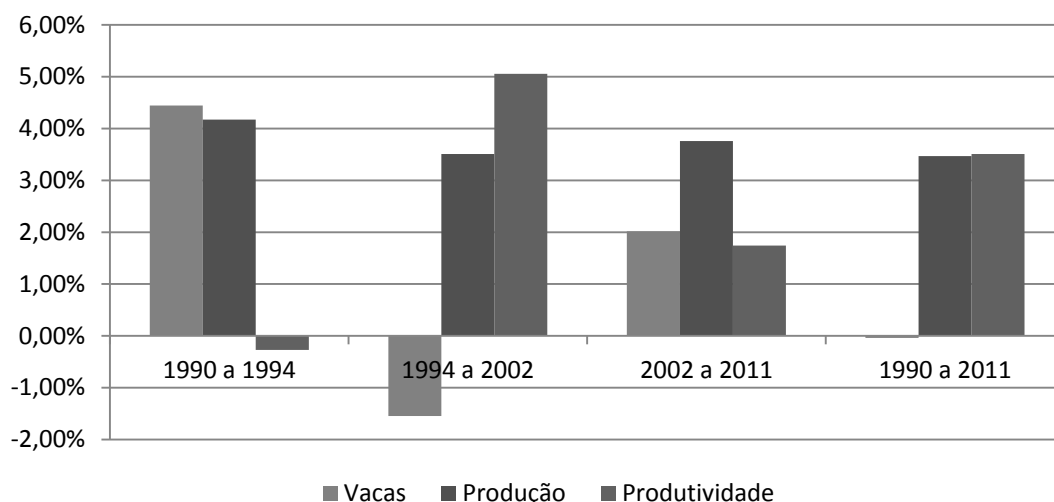


Figura 4. Taxas anuais de crescimento da produção de leite, número de vacas e produtividade da pecuária leiteira no Brasil, 1990 a 2011.

Fonte: Elaboração pelo autor com base em USDA (2011b; 2011c).

Obs.: Os valores para 2011 são projeções.

Esse aumento da produtividade pode ser atribuído, segundo Carvalho e Hott (2007), à adoção de tecnologias avançadas como o melhoramento genético, melhora na qualidade da alimentação e manejo mais adequado dos animais. Outro fator importante é a granelização, que segundo Barros e Simão Filho (2009), facilitou o manejo da segunda ordenha, reduziu os custos de transporte e manuseio do produto nas indústrias, além de ter sido o primeiro passo para a melhoria da qualidade do leite ao consumidor. Destaque também para a utilização de práticas de reprodução avançadas como os transplantes de embrião, onde o Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial (CEPEA, 2003b).

A maior importância do crescimento do rebanho leiteiro após a Instrução Normativa 51 pode ser atribuído ao crescimento e expansão da produção láctea para novas áreas, como Goiás, segundo Martins (2004), como apresentado por meio da Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição regional da produção de leite brasileira, em valores relativos, 1980 a 2006.

Região	Ano			
	1980	1985	1995	2006
Norte	1%	2%	5%	6%
Nordeste	14%	15%	13%	13%
Sudeste	51%	49%	45%	38%
Sul	23%	22%	23%	28%
Centro-Oeste	11%	11%	15%	15%

Fonte: IBGE (2011a)

Por meio da Tabela 1, pode-se perceber que a produção nacional se concentra na região Sudeste, embora a participação dessa região tenha reduzido entre 1980 a 2006, de 51% para 38%. Novas regiões aumentaram sua importância na produção nacional, como a região Centro-Oeste, de 11% para 15%, um aumento na participação nacional de 36%, quando comparada à participação da região em 1980. O aumento da produção láctea no Centro Oeste está relacionado ao sistema extensivo, haja vista que as áreas de pastagem plantadas cresceram a uma taxa geométrica de 21% ao ano no período, nessa região.

Esse crescimento da importância de novas áreas para a produção de leite pode ser atribuído a vários fatores. Azevedo e Politi (2008) destacam a crescente participação do leite longa vida e a coleta a granel que permitiram a aproximação dos produtores de leite distantes aos maiores mercados consumidores. Fonseca e Santos (2007) atribuem o incremento da produção em novas bacias leiteiras à mudança do perfil de consumo do leite pasteurizado para o leite longa vida, ao crescimento da demanda por queijos e ao ganho razoável na área logística nos últimos 20 anos, que permitiu a viabilidade mercadológica da expansão da fronteira do leite. Gomes (2001) atribui ao crescimento da produção de leite nas regiões do cerrado ao menor custo de produção, em razão do menor preço de alguns insumos e da prioridade da pastagem como alimento volumoso do rebanho durante o verão.

Apesar dos consideráveis avanços tecnológicos e ganhos de produtividade, a produtividade brasileira por vaca, quando comparada à mundial, é baixa, como representado na Figura 5. O Brasil alcançou a produtividade de aproximadamente duas toneladas por vaca ao ano, inferior às produtividades anuais da Argentina, Nova Zelândia e Estados Unidos, bem como quando comparado à média mundial para todo o período.

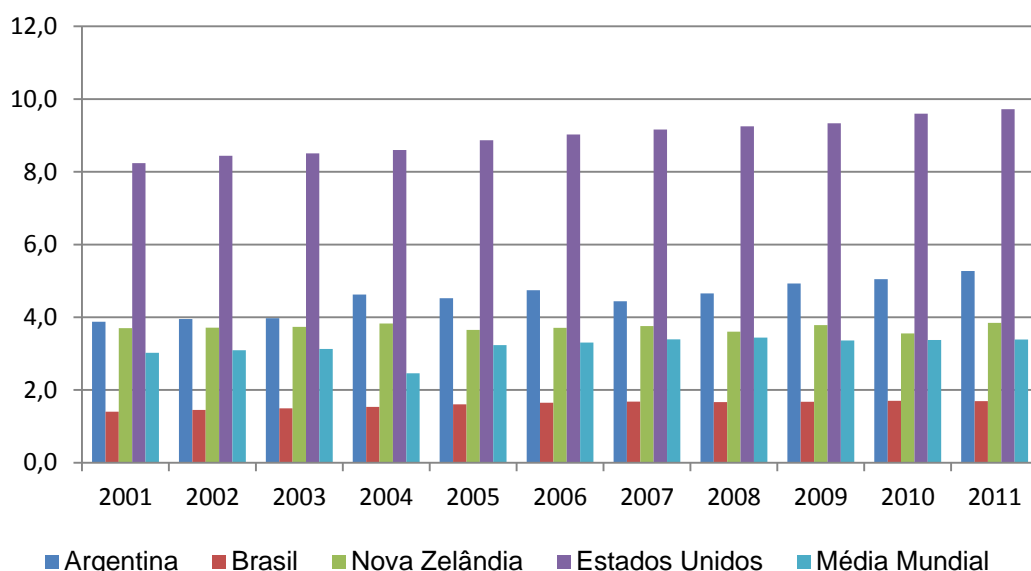


Figura 5. Produtividade láctea mundial e para países selecionados entre 2001 e 2011, em toneladas por vaca lactante.

Fonte: USDA (2011a).

Obs.: Os valores para 2011 são projeções

A baixa produtividade brasileira é atribuída por Yamaguchi *et al.* (2001) à estrutura genética do rebanho brasileiro, constituído, em sua maioria, por animais mestiços (euro-indiano) que prestam à dupla-finalidade (leite/carne) e com baixo potencial genético para a produção de leite. Essa baixa aptidão genética aumenta a sazonalidade da produção láctea, concentrando a produção na estação chuvosa, torna a oferta de leite mais sensível às flutuações do mercado de carne bovina (dada a dupla aptidão do rebanho) e reduz a eficiência da produção de leite, dada a baixa capacidade produtiva do rebanho e baixa persistência de produção.

A baixa produtividade média pode ser também atribuída à dualidade da produção láctea. Essa dualidade, segundo Jank *et al.* (1999), envolve produtores especializados de um lado e não especializados de outro, sendo os últimos majoritários. Há cerca de um milhão de animais no primeiro caso e 17 milhões no segundo. Diferenças importantes de tecnologia e qualidade dos produtos têm sido relacionadas a essas duas “categorias”. O segmento da produção primária é composto em sua maioria por pequenos produtores, que, segundo Yamaguchi *et al.* (2001), atuam de forma bastante atomizada no mercado, representando, aproximadamente 70 a 80% dos produtores produzindo 20 a 30% da produção nacional. Esses produtores utilizam tecnologia tradicional e métodos extensivos, otimizados para a utilização da terra e da mão-de-obra familiar e poupadores de capital. Entretanto, ao longo das décadas, a importância desses produtores para a produção nacional vem se reduzindo pela tendência de concentração da produção láctea.

Somado às perspectivas de ganhos de produtividade, o mercado brasileiro apresenta grande potencial de crescimento, haja vista que o consumo de lácteos no Brasil ainda é pequeno quando comparado a outros países, como apresentado na Tabela 2, que expõe o consumo de leite integral e de queijos para os anos de 2000 e 2007, para diversos países ou regiões geográficas mundiais.

Tabela 2. Evolução brasileira do consumo de laticínios entre 2000 e 2007 para países e regiões selecionadas, em quilos por habitante ao ano.

Produto / País	Argentina	Brasil	Estados Unidos	América do Sul	Média mundial
Queijo - 2000	12,21	0,28	14,67	2,17	2,67
Queijo - 2007	8,04	0,21	14,86	1,83	2,84
Leite integral - 2000	107,55	105,14	119,03	93,09	44,82
Leite integral - 2007	127,17	119,13	128,27	99,68	50,11

Fonte: FAO (2011).

Por meio da Tabela 2, pode-se perceber que o consumo per capita de leite integral aumentou na maioria dos países ao longo do tempo. O consumo de leite integral do Brasil, quando comparado a outros países, é elevado, mas o consumo de produtos elaborados, como o queijo, é pequeno. O consumo de queijos no Brasil é o menor dentre todos os demais países e regiões incluídas na análise, havendo grande potencial de crescimento no seu consumo e no consumo de lácteos, principalmente com o aumento da renda per capita brasileira. Apesar do aumento do consumo de lácteos, atribuído ao aumento do poder aquisitivo da população brasileira, esses produtos enfrentam a competição dos produtos não lácteos, como o leite de soja, refrigerantes e sucos. No período de análise, há também um pequeno aumento do consumo de queijos e iogurte, que pode ser atribuído à melhora do poder aquisitivo da população brasileira (FAEMG, 2006; FONSECA; SANTOS, 2007; USDA, 2004; AZEVEDO; POLITI, 2008).

As modificações no setor lácteo permitiram a inserção do Brasil no mercado internacional, via ampliação da produção nacional e exportação. (SIQUEIRA *et al.*, 2010). Esse comportamento pode ser percebido na Figura 6, que representa as exportações, importações e o saldo comercial da balança de lácteos brasileira, em milhões de dólares, para o período de 1994 a 2010. As importações de derivados lácteos pelo Brasil, que envolviam grandes volumes na década de 90, diminuíram na década seguinte, enquanto as exportações brasileiras cresceram nesse mesmo período.

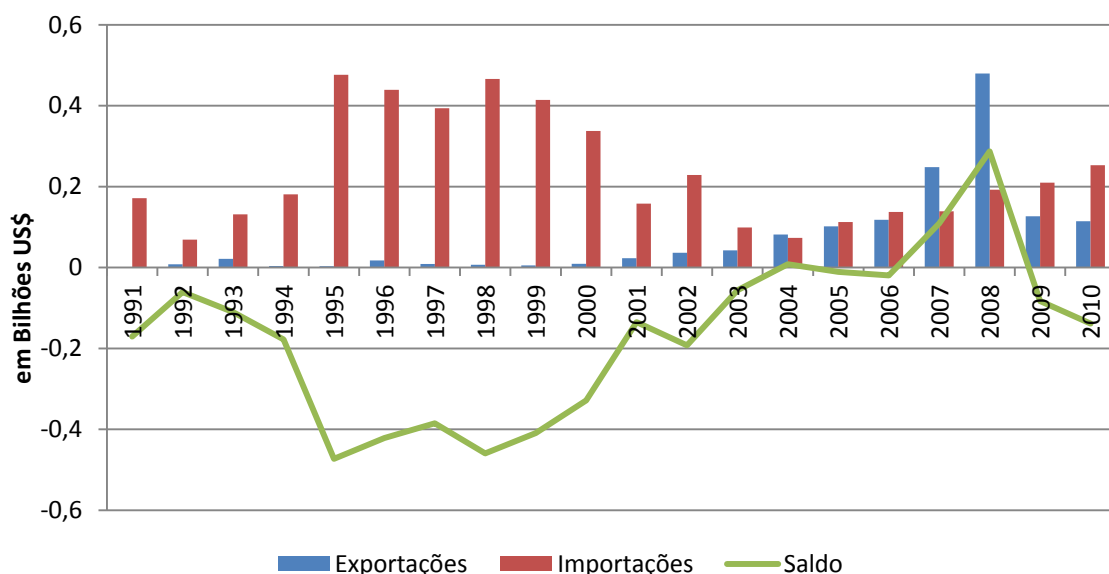


Figura 6. Balança comercial láctea.

Fonte: UN COMTRADE (2011).

Nota: As exportações e importações incluem leite integral e desnatado não concentrado, creme de leite, iogurte, leite e creme de leite concentrado ou adoçado, soro de leite, manteiga e outras gorduras derivadas do leite.

Em resumo, todas as alterações institucionais e econômicas após a década de 1990 modificaram a estrutura da produção láctea brasileira. A sazonalidade da produção láctea reduziu-se no período, devido, principalmente, à redução no número de produtores e especialização dos produtores e melhorias tecnológicas. Esses mesmos fatores aumentaram a produtividade e produção brasileira a taxas crescentes. Nesse período, as bacias lácteas tradicionais reduziram sua participação na produção láctea, com a produção crescendo em áreas de produção não tradicionais, como Centro-Oeste, em razão, principalmente, dos baixos custos e do crescimento da coleta à granel da produção. A expansão da produção leiteira para outras regiões brasileiras também pode ser atribuída às mudanças do padrão do consumo, como o leite UHT. Nesse período, a balança brasileira láctea também modificou-se, apresentando saldos positivos, com redução na quantidade importada e aumento das exportações.

2.2. Modificações da Produção Mineira

Assim como as mudanças institucionais alteraram as relações entre os agentes do setor lácteo nacional, o estado de Minas Gerais também passou por diversas modificações. No estado mineiro, a sazonalidade da produção, apresentada por meio da Figura 7, reduziu-se entre 1996 a 2010 a uma taxa geométrica de 1,5% ao ano, enquanto a sazonalidade nacional reduziu-se a uma taxa de 1,3% ao ano. Apesar de o

estado mineiro apresentar maiores reduções percentuais entre os períodos “das águas” e “da seca”, a variação da produção é maior que a nacional, como pode ser percebido por meio da Figura 7 (se comparada à Figura 1). Essa figura representa a variação percentual da produção láctea estadual entre o período “das águas” e “da seca”, entre 1996 a 2010. O cálculo da sazonalidade mineira também considerou as ressalvas destacadas por Gomes (2007a).

Assim como a variação nacional, há dois períodos com grandes quedas na sazonalidade, quais sejam em 2000/2001 e 2004/2005. Esse comportamento sazonal pode ser atribuído, assim como para a produção brasileira, às boas expectativas dos produtores nesse período, com os preços do leite elevados e baixo custo da alimentação, incentivando aumentos da produção no período “da seca”.

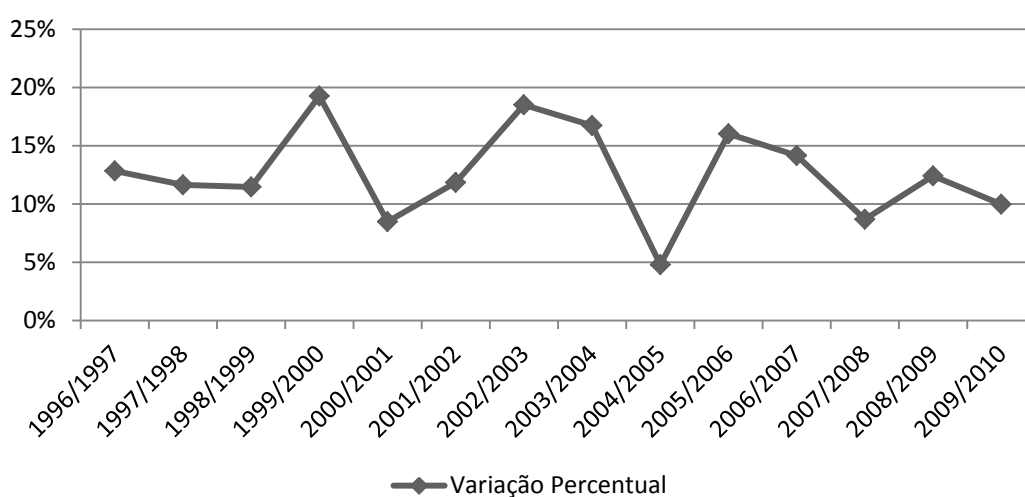


Figura 7. Variação sazonal da produção láctea brasileira entre 1996 a 2010, em percentual.
Fonte: IBGE (2011c).

A sazonalidade média para o estado de Minas Gerais e para o Brasil brasileira foi de 9,49% e 12,62%, respectivamente, sendo a variação média da produção mineira estatisticamente maior que a variação da produção nacional pelo teste *t-student* ao nível de significância de 1%. A maior sazonalidade da produção para Minas Gerais pode ser um indicativo de menor eficiência produtiva do sistema de produção, bem como de pior aptidão genética do rebanho para a produção, ou também à tecnologia adotada pelos estabelecimentos. A hipótese de menor desempenho produtivo é corroborada quando se comparam a produtividade estadual, em litros por vaca, a outros estados brasileiros de destaque na produção láctea.

A Figura 8 apresenta a produtividade, participação da produção estadual frente à nacional e área de pastagens, para alguns estados brasileiros e para o Brasil. Os

estados foram selecionados conforme sua respectiva relevância para a produção nacional láctea, considerando a participação do estado na produção nacional. A produtividade foi calculada pela razão entre a produção, em litros de leite, sobre o número de vacas ordenhadas, em cabeças. A área com pastagens está representada em percentual, calculado pela razão entre a área total com pastagens naturais e formadas sobre a área total dos estabelecimentos agropecuários. A produtividade por vaca e a participação da produção estadual em relação à nacional teve como base o ano de 2009, enquanto a área com pastagens teve como base o ano de 2006, ano do último Censo Agropecuário.

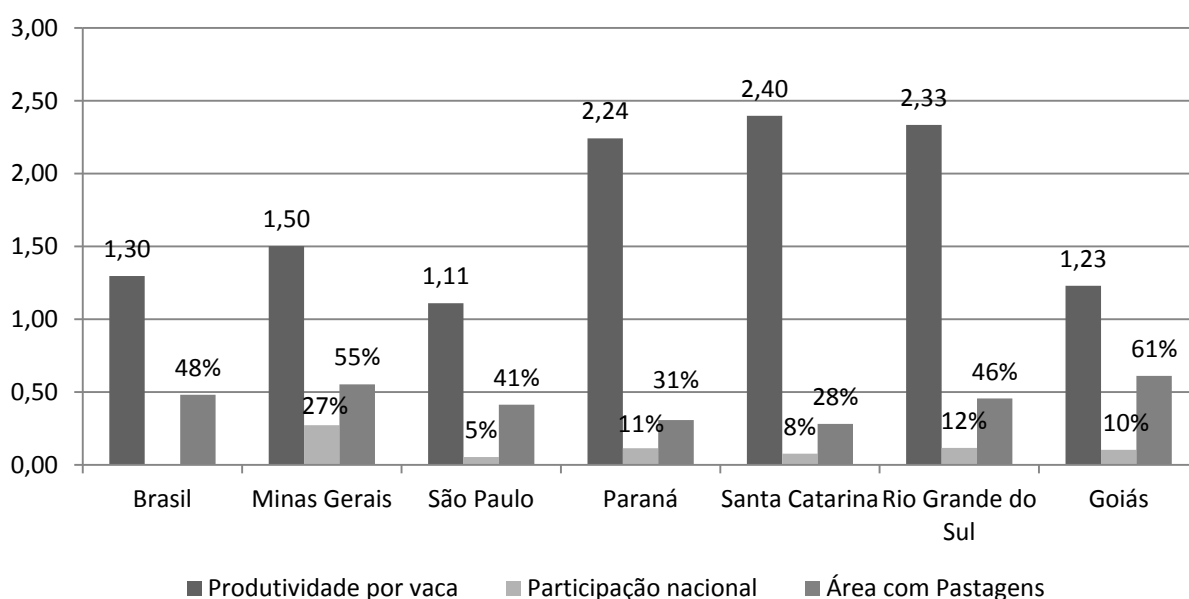


Figura 8. Produtividade nacional e estadual e participação estadual na produção nacional para estados selecionados.
Fonte: IBGE (2011b)

Por meio da Figura 8, pode-se perceber que o estado de Minas Gerais respondeu por 27% da produção nacional com uma produtividade de 1,5 litros/vaca, enquanto os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul responderam, conjuntamente, por 31% da produção nacional com uma produtividade média de aproximadamente 2 litros por vaca. Uma explicação para a maior produtividade desses estados pode ser atribuída à raça do rebanho leiteiro. Comparando a composição racial das vacas em lactação do estado de Minas Gerais com o estado do Paraná, por exemplo, percebe-se que o segundo possui maior percentual de vacas de sangue holandês e outras raças adequadas à produção láctea (FAEMG, 2006; IPARDES, 2009). A relação entre baixa produtividade e baixa especialização do rebanho para a produção láctea é presente também no estado de Goiás. Nesse estado, os animais são

predominantemente azebuados (aproximadamente 95% dos animais), enquanto animais de raça com maior especialização para a produção láctea (de 7/8 a puro holandês e outras raças européias) representam apenas 5,2% do rebanho leiteiro estadual (FAEG, 2009).

Entretanto, como exposto anteriormente, é natural que haja uma pequena sazonalidade da produção láctea entre “as águas” e “a seca”, em virtude do sistema de produção a pasto utilizado na pecuária leiteira nacional e, também mineira. Quando as áreas com pastagens são comparadas entre os estados, Minas Gerais e Goiás apresentam os maiores percentuais com pastagens quando comparado aos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Relacionada à sazonalidade estão as demais características dos sistemas produtivos, como baixa especialização e reduzida capacidade gerencial, de tal forma que Jank e Galan (1998) atribuem a redução da sazonalidade à seleção de produtores leiteiros especializados pelo mercado, e conseqüente redução no número de produtores leiteiros. Como *proxy* para o comportamento do número de produtores leiteiros para o estado de Minas Gerais, foi utilizado os dados da Itambé para o período de 2002 a 2010, apresentados por meio da Figura 9. Essa *proxy* também foi utilizada por Gomes (2001). O volume recepcionado está representado em milhões de litros ao ano e o número de produtores, em unidades.

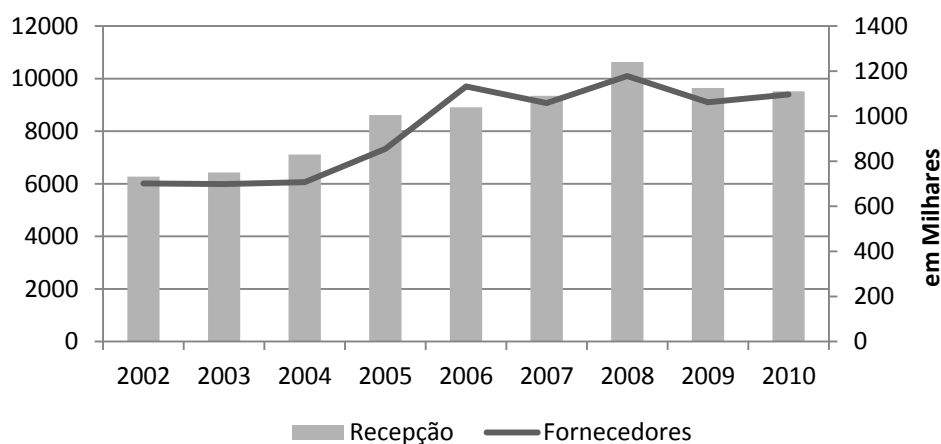


Figura 9. Recepção e número de fornecedores da Itambé entre 2002 e 2010. Fonte: MILKPOINT (2011a; 2011b), Leite Brasil (2011a; 2011b; 2011c; 2011d).

Observando a Figura 9, percebe-se a tendência de aumento do número de fornecedores de leite da Itambé no período. Desta forma, para o estado de Minas Gerais, considerando a Itambé como *proxy*, há um aumento no número de produtores para todo o período. Entretanto, essa elevação no número de produtores pode ser atribuída à expansão da empresa para novos mercados, como o estado de Goiás.

Sobressai-se, entretanto, o aumento da produção média por produtor ao dia, que aumentou de 172 litros/dia para 272 litros/dia entre 1999 e 2010 (GOMES, 2001), tendência semelhante à nacional.

A seguir, o aumento da produção mineira é decomposto entre ganhos de produtividade e aumento do rebanho e apresentado na Figura 10. As taxas geométricas anuais de crescimento da produção láctea, produtividade e número de vacas foram calculadas para quatro períodos: 1990 a 1994; 1994 a 2002; 2002 a 2009; e 1990 a 2009 por meio de regressões e confirmam a tendência de ganhos de produtividade apresentada pelos produtores fornecedores de leite da Itambé, bem como a tendência nacional.

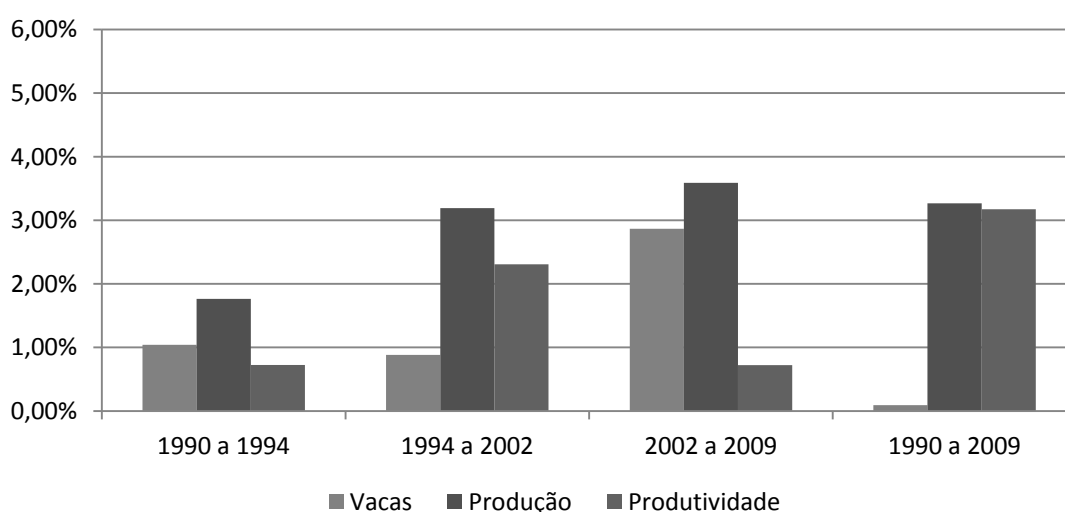


Figura 10. Taxas anuais de crescimento da produção de leite, número de vacas e produtividade da pecuária leiteira mineira, 1990 a 2009. Fonte: IBGE (2011b).

As estatísticas da Figura 10 apresentam ganho de produtividade durante todo o período. Essas estatísticas para o estado mineiro apresentam comportamento divergente ao nacional para o período de 1994 a 2002, período de implantação do Plano Real e a publicação da IN 51. Em Minas Gerais, há ganhos de produção relacionados ao aumento do rebanho leiteiro nesse período, bem como em todos os demais. Assim como nacionalmente, após 2002, a principal fonte de ganhos de produtividade foi via aumento do rebanho, que aumentou a uma taxa geométrica de aproximadamente 3% ao ano, enquanto a produtividade aumentou em aproximadamente 1% ao ano.

Os ganhos de produtividade no período podem ser atribuídos, assim como os ganhos nacionais, à melhoria da alimentação dos animais, do melhoramento genético e novas tecnologias, bem como ao aumento da granelização, que permitiu a expansão das bacias lácteas tradicionais para áreas afastadas dos grandes polos consumidores,

como Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste de Minas Gerais (OLIVEIRA; VIEIRA, 2006).

O constante crescimento do rebanho leiteiro mineiro no período, quando comparado ao comportamento nacional, pode ser atribuído à presença da atividade leiteira em áreas produtoras de leite não tradicionais, como o Triângulo/Alto Paranaíba, como apresentado na Figura 11, que aumentaram sua participação via incorporação de novas áreas, aumento do rebanho e ganhos de produtividade. A Figura 11 apresenta a participação de cada mesorregião mineira para os períodos de 1990 e 2009, em termos percentuais.

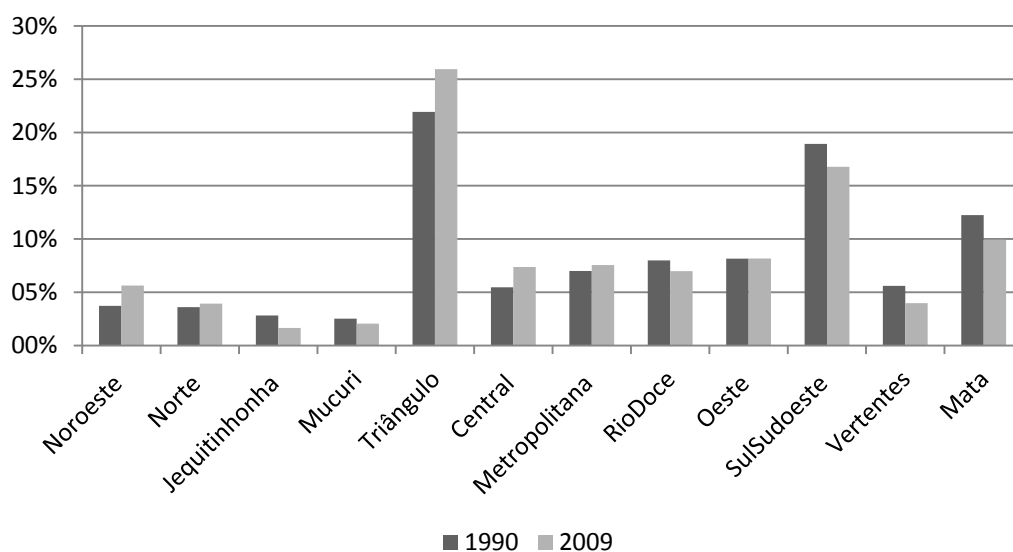


Figura 11. Produção de cada mesorregião mineira em 1990 e 2009, em termos percentuais.
Fonte: IBGE (2011b).

Examinando a Figura 11 pode-se perceber que as regiões tradicionais mineiras como Sul/Sudeste, Campos das Vertentes e Zona da Mata responderam por aproximadamente 36% da produção estadual em 1990. Essa participação reduziu para, aproximadamente, 30% em 2009, enquanto a participação de regiões não tradicionais aumentou. A participação da região Noroeste e do Triângulo/Alto Paranaíba aumentou de 25% para 30%.

O aumento relativo da produção láctea de novas regiões, assim como a nacional, pode ser atribuído aos menores custos de produção, uma vez que essas regiões possuem grande oferta de grãos, bem como área disponível para utilização das pastagens, além da coleta a granel, aos ganhos de logística, ao aumento do leite longa vida, tal qual nacionalmente (GOMES; 2001; FONSECA; SANTOS, 2007; AZEVEDO; POLITI, 2008)

Em resumo, as modificações institucionais, econômicas e políticas no setor contribuíram, tanto para o Brasil como para o estado de Minas Gerais, para a profissionalização dos produtores lácteos, com melhoria genética do rebanho e redução do número de pequenos produtores. O aumento da renda per capita alterou os padrões de consumo da população, aumentando o consumo de iogurtes, queijos e do leite longa vida, que permitiram a expansão da produção láctea para novas regiões e estados afastados dos polos consumidores. As perspectivas para o setor apresentam maiores ganhos de produtividade, como forma de manter os ganhos com a queda nos preços do leite e aumento do consumo de produtos lácteos de maior valor agregado.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Esse estudo se baseia nos modelos teóricos propostos por Coelli *et al.* (2007) e Barua *et al.* (2004), que permitem, respectivamente, a estimação de medidas de eficiência ambientais e econômicas e a discriminação entre o desempenho de curto e longo prazo. Inicialmente, apresenta-se o processo de ciclagem do nitrogênio em pastagens; subsequentemente, a teoria e os conceitos que foram utilizados na estimação da eficiência técnica, econômica e ambiental das propriedades. Posteriormente, é apresentada a abordagem do balanço de materiais no contexto da estimação da eficiência ambiental. A eficiência é considerada como o desvio em relação à isoquanta e isocusto, como proposto por Coelli *et al.* (2007). Ramilan (2008) e Ramilan *et al.* (2011) também utilizaram este modelo com algumas pequenas adaptações à realidade da produção láctea da Nova Zelândia. Por fim, é apresentada a teoria utilizada para a análise da eficiência no curto e longo prazo, baseando-se em Barua *et al.* (2004).

3.1. Ciclagem do Nitrogênio na Produção Láctea

O nitrogênio é um elemento essencial para o crescimento das plantas. Na produção láctea, esse nutriente é importante uma vez que está associado ao crescimento das pastagens e à sua qualidade, que fornecem alimentação para o rebanho. A deficiência de nitrogênio é apontada por Reis Júnior *et al.* (2002) como principal fator associado à degradação das pastagens. Entretanto, segundo Boddey *et al.* (2004), a retirada de nitrogênio via produto agropecuário é pequena. Segundo esses autores, uma lotação de 2 a 4 bovinos de corte por hectare resultaria em um

ganho de peso de 1 quilo por hectare ao dia e a exportação de apenas 9 quilos de nitrogênio por ano para a carne dos animais, sendo que a perda de nitrogênio seria relacionada à excreção animal.

O nitrato presente na urina das vacas e no estrume possui grande quantidade do nitrogênio consumido pelos animais. O estrume, segundo Braz *et al.* (2002), que observaram as concentrações de nitrogênio nas fezes de novilhas com peso média inicial de 300 kg, retorna diariamente apenas 22,10 gramas de nitrogênio por animal. A urina das vacas, por sua vez, contém entre 60 a 90% de nitrogênio. Considerando que cada vaca urina de 10 a 12 vezes ao dia em uma área de 0,5 a 0,7 m², essa quantidade seria equivalente à aplicação de 1 tonelada de nitrogênio por hectare (DI; CAMERON, 2000; DI; CAMERON, 2002). Essa elevada dosagem com distribuição desuniforme dos dejetos sobre a pastagem, somada à maior mobilidade do nitrogênio, comparada a outros nutrientes, aumenta o potencial de poluição do nitrogênio via lixiviação (RAMILAN 2008; RODRIGUES *et al.*, 2008). A importância da urina das vacas para a perda de nitrogênio das pastagens para o meio ambiente é confirmada pelos dados não publicados por Thomas e Rondon e citados por Fisher *et al.* (1997). Segundo esses autores, apenas 10% do nitrogênio presente na urina das vacas, em pastagens de *Brachiaria dictyoneura* na Colômbia, foi recuperado pelas plantas.

O processo de lixiviação do nitrogênio nas pastagens, bem como demais fluxos do nitrogênio nas pastagens está representado na Figura 12. Como representado, o nitrogênio pode ser incorporado ao solo via deposição atmosférica, aplicação de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica por plantas forrageiras, dejetos de origem animal ou decomposição da matéria orgânica. O nitrogênio, por sua vez, tem como saídas dos sistemas agropecuários a exportação por produto animal, lixiviação, desnitrificação e volatilização (CHAPIN III *et al.*, 2002; DI, CAMERON, 2002).

Na figura, NO_4^+ e NO_3^- são as formas minerais do nitrogênio, altamente solúveis e facilmente perdidas por volatilização de amônia, lixiviação ou por redução do NO_3^- a formas gasosas (N_2O e N_2), pelo processo de desnitrificação (REIS JÚNIOR *et al.* 2003). O NO_3^- e o nitrogênio orgânico dissolvido⁷ (NOD) são as principais fontes de perda de nitrogênio, enquanto que o NO_4^+ pode ser absorvido pelas plantas e microrganismos ou ficar adsorvido às partículas carregadas negativamente e à matéria orgânica do solo. O NO_2^- geralmente não se acumula no solo uma vez que é

⁷ A maior parte do nitrogênio contido no solo (mais de 99%) está contida em matéria orgânica morta de plantas, animais e micróbios. Os micróbios “quebram” a matéria orgânica durante a decomposição e liberam o nitrogênio como nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) por meio da ação de enzimas e então, as plantas e fungos micorrízicos podem absorver esse NOD (CHAPIN III *et al.* 2002).

transformado rapidamente a NO_3^- ou desnitrificado (CHAPIN III *et al.*, 2002; CASTELLANOS BONILLA, 2005).

A perda de nitrato (NO_3^-) das pastagens, segundo Silva *et al.* (2005), é a principal causa da contaminação das águas superficiais e subterrâneas, sendo que essa perda de nitrogênio aumenta à medida que fertilizantes são aplicados.

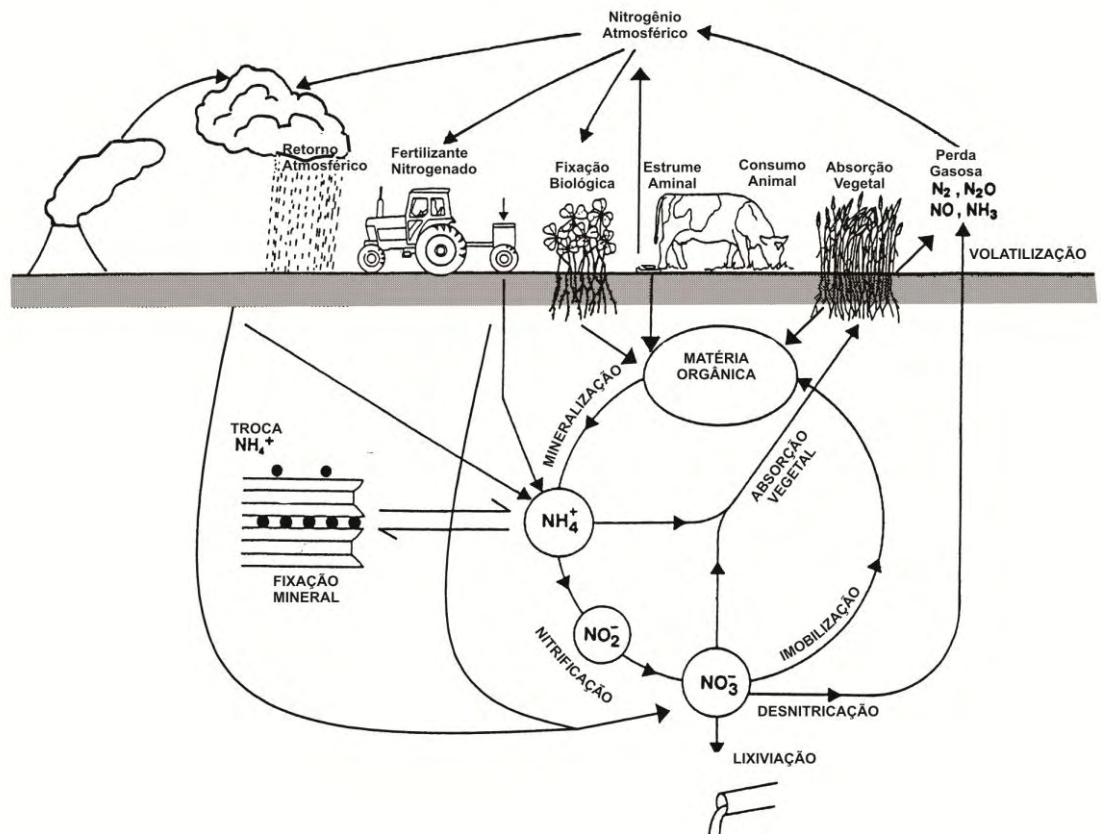


Figura 12. Representação esquemática do processo de contaminação do meio ambiente e ciclo de Nitrogênio.
Fonte: Di e Cameron (2002).

3.2. Medidas de Eficiência

Na literatura de produtividade, a eficiência é entendida como a comparação entre os valores observados e os valores ótimos de insumos, produtos, receitas, lucros e, ou custos, ou seja, o menor custo e maior produção possível. Considerando o ótimo de produto, Koopmans (1951) definiu a produção ótima como tecnicamente eficiente se não for permitido à firma aumentar a produção de qualquer produto, mantendo a produção e o uso dos insumos dos demais produtos constantes, ou se a firma não for capaz de reduzir a utilização de qualquer insumo, mantendo a produção constante.

Essas duas formas alternativas de conceituar eficiência técnica dão origem a duas abordagens ou orientações na mensuração da eficiência. A orientação insumo – que foca na redução dos insumos, mantendo a produção constante – e a orientação produto – que foca no aumento dos produtos, mantendo os insumos constantes. Essas medidas foram primeiramente propostas por Debreu (1951) e Farrell (1957), sendo usualmente consideradas como medidas de eficiência técnica Debreu-Farrell. Destaca-se que a eficiência na concepção de Debreu-Farrell permite apenas ajustes radiais dos insumos ou produtos, ou seja, todos os produtos ou insumos são modificados proporcionalmente, sendo portanto um caso especial do conceito de Koopmans (1951).

Essas orientações são formalmente definidas abaixo, sendo “ y ” um vetor produto, “ x ” um vetor insumo, $L(y)$ uma isoquanta e $P(x)$ uma fronteira de produção (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000):

(i) um vetor insumo $x \in L(y)$ é tecnicamente eficiente se, e somente se, $x' \notin L(y)$ para $x' \leq x$.

(ii) um vetor produto $y \in P(x)$ é tecnicamente eficiente se, e somente se, $y' \notin P(x)$ para $y' \geq y$.

A definição (i) mantém o vetor produto fixo e considera um vetor insumo tecnicamente eficiente se, e somente se, nenhuma redução para qualquer insumo é possível. A definição (ii) mantém o vetor insumo fixo e considera um vetor produto tecnicamente eficiente se, e somente se, não é possível aumentar a produção de qualquer produto.

A eficiência técnica pode ser medida, então, de duas formas, dada a orientação observada. Considerando um vetor $x \in R_+^K$, $k = 1, 2, \dots, K$, de insumos e seus respectivos preços $w \in R_+^K$, e o vetor de produtos, $y \in R_+^M$, $m = 1, 2, \dots, M$. A eficiência técnica com orientação insumo, TE_I , e orientação produto, TE_O , pode ser definida (COELLI *et al.*, 2005^a):

$$TE_I(y, x) = \min_{\theta} \{ \theta | \langle \theta x, y \rangle \in T \} \quad (1)$$

$$TE_O(y, x) = [\max_{\phi} \{ \phi | \langle x, \phi y \rangle \in T \}]^{-1} \quad (2)$$

Na equação (1), a eficiência técnica da firma é igual ao escalar θ , que assume valor entre zero e um e reflete a redução equiproporcional de todos os insumos. O vetor tecnicamente eficiente é dado por $x_t = \theta x$. Para a equação (2), a eficiência técnica da firma é igual ao escalar ϕ , que assume valor entre um e infinito e reflete a expansão equiproporcional de todos os produtos. O vetor tecnicamente eficiente é dado por $y_t = \phi y$, sendo $\theta = 1/\phi$.

As medidas de eficiência propostas por Debreu e Farrell são calculadas radialmente e apresentam algumas propriedades, conforme Kumbhakar e Lovell (2000). As medidas de eficiência técnica orientadas a insumo $TE_I(y, x)$ satisfazem as seguintes propriedades:

- (i) $TE_I(y, x) \leq 1$;
- (ii) $TE_I(y, x) = 1 \Leftrightarrow x \in \text{Isoquanta } L(y)$;
- (iii) $TE_I(y, x)$ é não crescente em x ;
- (iv) $TE_I(y, x)$ é homogênea de grau (-1) em x ;
- (v) $TE_I(y, x)$ é invariante com relação às unidades com que y e x são medidos.

As medidas de eficiência técnica orientadas a produto $TE_O(y, x)$ satisfazem as seguintes propriedades:

- (i) $TE_O(y, x) \leq 1$;
- (ii) $TE_O(y, x) = 1 \Leftrightarrow y \in \text{Fronteira de Produção } P(x)$;
- (iii) $TE_O(y, x)$ é não decrescente em y ;
- (iv) $TE_O(y, x)$ é homogênea de grau $+1$ em x ;
- (v) $TE_O(y, x)$ é invariante com relação às unidades com que y e x são medidos.

Para ambas as orientações, a primeira propriedade é uma propriedade de normalização. Pela segunda propriedade, se o escore de eficiência calculado for igual à unidade, então a firma analisada opera eficientemente. A terceira é a propriedade de fraca monotonicidade, que condiciona que a $TE_I(y, x)$ não aumenta quando o uso de qualquer insumo aumenta e que $TE_O(y, x)$ não decresce quando a produção de qualquer produto aumenta. A quarta é a propriedade de homogeneidade, em que uma variação equiproporcional de todos os insumos resulta em uma mudança equiproporcional de $TE_I(y, x)$ em sentido oposto e uma mudança equiproporcional de todos os produtos resulta em uma variação equiproporcional de $TE_O(y, x)$ de mesmo sentido. A propriedade final é a propriedade de invariância, de forma que, uma variação nas unidades dos insumos ou dos produtos não altera os escores de eficiência.

Se a informação quanto aos preços dos insumos está disponível, é possível estimar a eficiência custo ou econômica dos produtores, obtendo, assim uma medida mais exata para o desempenho orientado a insumo. Assuma que o produtor se depara um vetor de preços para os insumos $w \in R_+^K$ e que o produtor objetiva minimizar o custo $w^T x$ incorrido para gerar um vetor de produtos, $y \in R_+^M$. Assim, a eficiência custo pode ser formalmente definida como uma função $CE(y, x, w) = c(y, w)/w^T x$, em que $c(y, w)$

representa o menor custo possível que o produtor pode incorrer, mantendo a produção constante. A medida custo eficiência é dada, então, pela razão entre o mínimo custo e o custo observado.

A eficiência custo (CE) apresenta algumas propriedades: para tal considere $x \in L(y)$, sendo $L(y)$ uma isoquanta (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000):

- (i) $0 < CE(y, x, w) \leq 1$, com $CE(y, x, w) = 1 \Leftrightarrow x = x(y, w)$ de modo que $w^T x = c(y, w)$;
- (ii) $CE(y, \lambda x, w) = \lambda^{-1} CE(y, x, w)$ para $\lambda > 0$;
- (iii) $CE(\lambda y, x, w) \geq CE(y, x, w)$ para $\lambda \geq 1$;
- (iv) $CE(\lambda y, x, w) = CE(y, x, w)$ para $\lambda > 0$.

Desta forma, a eficiência custo assume valores entre 0 e 1. O produtor será eficiente economicamente se, e somente se, esse utilizar um vetor insumo de custo mínimo. A medida é homogênea de grau -1, isto é, dobrando a quantidade usada de todos os insumos, a eficiência reduz-se à metade e, é não decrescente no produto. A CE é homogênea de grau zero para os preços dos insumos, ou seja, se os preços de todos os insumos dobrarem, a eficiência custo não será afetada (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000).

O custo mínimo $w^T x$ pode ser definido, dado um vetor de produção, como:

$$C(y, w) = \min_x \{w^T x \mid \langle x, y \rangle \in T\} \quad (3)$$

A Figura 13, supondo apenas dois insumos, representa graficamente os conceitos de eficiência técnica (TE), orientada a insumo, e eficiência custo (CE), como forma de facilitar a compreensão dos conceitos apresentados anteriormente. Para tal, considere o vetor de insumos correspondente ao ponto de custo mínimo denotado por x_c e o custo mínimo denotado por $w^T x_c$. O vetor tecnicamente eficiente é dado por x_t . Para uma firma que opera fora do ponto de mínimo custo, o vetor de insumos será denotado por x e o custo dessa firma $w^T x$.

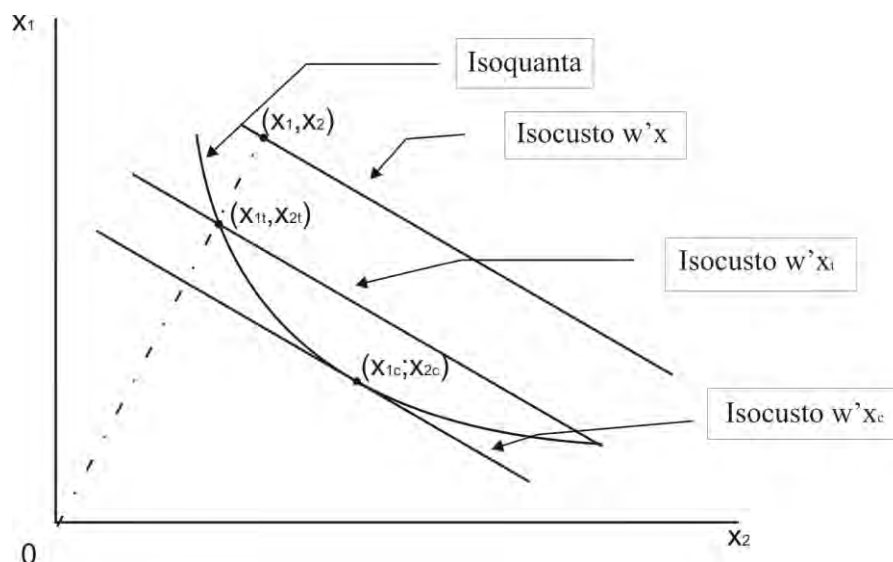


Figura 13. Eficiência técnica, alocativa e custo.

Fonte: Coelli *et al.* (2007).

Nessa figura, a eficiência técnica (TE) é dada por:

$$TE = \frac{x_t}{x} = \frac{(\theta x)}{x} = \theta \quad (4)$$

A eficiência custo para a firma, definida como a razão de mínimo custo sobre o custo observado, é dada por:

$$CE = w'x_c / w'x \quad (5)$$

Desta forma, a eficiência técnica é condição necessária, mas não suficiente para a eficiência custo. Parte da ineficiência custo pode ser atribuída à má alocação dos insumos, dados seus preços relativos – ineficiência alocativa (TUPY; YAMAGUCHI, 1998; COELLI *et al.*, 2005b; COELLI, *et al.*, 2007; FERREIRA; GOMES; 2009).

Formalmente, a medida de eficiência alocativa insumo orientada pode ser definida como uma função $AE_I(y, x, w) = CE(y, x, w) / TE_I(y, x)$. Assim como a eficiência técnica e eficiência custo, a eficiência alocativa possui algumas propriedades (KUMBHAKAR; LOVELL, 2000):

- (i) $0 < AE_I(y, x, w) \leq 1$;
- (ii) $AE_I(y, x, w) = 1 \Leftrightarrow$ há um valor $\lambda \leq 1$ tal que $\lambda x = x(y, w)$;
- (iii) $AE_I(y, \lambda x, w) = AE_I(y, x, w)$ para $\lambda > 0$;
- (iv) $AE_I(y, x, \lambda w) = AE_I(y, x, w)$ para $\lambda > 0$.

Pelas propriedades, $AE_I(y, x, w)$ está restrita entre zero e um, e atinge seu limite superior se, e somente se, houver um vetor de insumos que possa ser radialmente reduzido. A $AE_I(y, x, w)$ é homogênea de grau 0, tanto para a quantidade como os preços dos insumos, sendo, portanto, dependente apenas dos preços relativos dos insumos.

Na Figura 13, a eficiência alocativa está representada por:

$$AE = \frac{w'x_c}{w'x_t} \quad (6)$$

Essas medidas de eficiência podem ser então relacionadas, como em (7):

$$CE(y, x, w) = TE_I(y, x) \times AE_I(y, x, w) \quad (7)$$

Desta forma, por meio da equação (7), é fácil observar que a eficiência custo é condição necessária e suficiente para a eficiência técnica e alocativa, $CE(y, x, w) = 1 \Leftrightarrow TE_I(y, x) = AE_I(y, x, w) = 1$.

3.3. Eficiência Ambiental: a Abordagem por Balanço de Materiais

O balanço de nutrientes de uma exploração agrícola é calculado como a quantidade de nutrientes que entram na fazenda como insumos menos a quantidade que saem da fazenda na forma de produtos. Assim, o balanço de materiais é simplesmente calculado como uma função linear dos insumos tradicionais e dos produtos (COELLI *et al.*, 2007).

Assim como em Coelli *et al.* (2007), considere uma firma que produz um vetor de produtos $y \in R_+^M$, $m = 1, 2, \dots, M$, usando um vetor de insumos $x \in R_+^K$, $k = 1, 2, \dots, K$. A possibilidade de produção T é definida como:

$$T = \{ \langle y, x \rangle \in R_+^{M+K} \mid F(x, y) \leq 0 \} \quad (8)$$

onde $F(\cdot)$ é uma tecnologia de produção continuamente diferenciável, convexa e não-crescente nos insumos, não-decrescente nos produtos, disponibilidade forte para os insumos e para os produtos⁸.

⁸ A disponibilidade forte ou plena supõe que a maior utilização dos insumos é capaz de produzir, pelo menos, a quantidade anterior ao maior uso dos insumos (FERREIRA; GOMES, 2009).

Define-se a variável excesso, $z \in R_+$, calculada por meio de uma equação do balanço de materiais – função linear dos produtos e dos insumos – pela equação (9):

$$z = a'x - by \quad (9)$$

onde a e b são vetores ($K \times 1$ e $M \times 1$) de constantes conhecidas não negativas, sendo respectivamente, o conteúdo de nutrientes presente nos insumos e nos produtos (RAMILAN, 2008). Como destacam Coelli *et al.* (2007), as variáveis z estão sendo definidas como “variáveis excesso” e não “variáveis de poluição”.

Tratando as variáveis “excesso de nutrientes” de maneira análoga à minimização dos custos, como propôs Coelli *et al.* (2007), considerando um vetor produto y constante, o excesso de nutriente ($S = a'x - b'y$) será minimizado se o nutriente agregado dos insumos ($N = a'x$) for minimizado. Então, dado o vetor de insumos $x \in R_+^M$, $k = 1, 2, \dots, K$, que contém o nutriente $a \in R_+^K$, $k = 1, 2, \dots, K$, pode-se definir a minimização dos nutrientes associados a um dado vetor de produção y por meio da equação (10):

$$N(y, a) = \min_x \{a'x \mid \langle x, y \rangle \in T\} \quad (10)$$

O vetor de insumos composto pela quantidade mínima de nutrientes (que implica na minimização dos excessos de nutrientes, resultando na melhor prática ambiental) é denotado por x_e e a quantidade mínima agregada de nutrientes é denotado por $a'x_e$. O vetor dos nutrientes agregados observados é dado por $a'x$ e o vetor de insumos de eficiência técnica ambiental é denotado por $a'x_{ete}$. Usando os preços dos nutrientes, denotado pelo vetor w , é possível estimar a combinação que minimiza o custo dos nutrientes por $w'x_e$. (COELLI *et al.*, 2007; RAMILAN; 2008).

Esses conceitos para a eficiência, considerando apenas dois insumos, são ilustrados na Figura 14, onde a informação relativa à quantidade (por unidade e por insumo) é refletida nas inclinações da isonutriente, dada por:

$$N = a_1x_1 + a_2x_2 \quad (11)$$

em que,

$$dN = \frac{\partial N}{\partial x_1} \times dx_1 + \frac{\partial N}{\partial x_2} \times dx_2 = 0 \quad (12)$$

rearranjando a equação (11), temos:

$$x_1 = \frac{N}{a_1} - \frac{a_2}{a_1}x_2 \quad (13)$$

Desta forma, a isonutriente na Figura 14 tem o intercepto igual a N/a_1 e inclinação igual ao negativo da razão da quantidade de nutriente. Claramente, a isonutriente que passa pelo ponto (x_1, x_2) tem um intercepto maior que o que passa pelo ponto de minimização dos nutrientes (x_{1e}, x_{2e}) , o que implica que o primeiro está associado a uma maior quantidade do nutriente (N). De maneira análoga, a isonutriente que passa pelo ponto de eficiência técnica (x_{1ete}, x_{2ete}) deve ter um intercepto (e nutrientes) entre os pontos (x_1, x_2) e (x_{1e}, x_{2e}) .

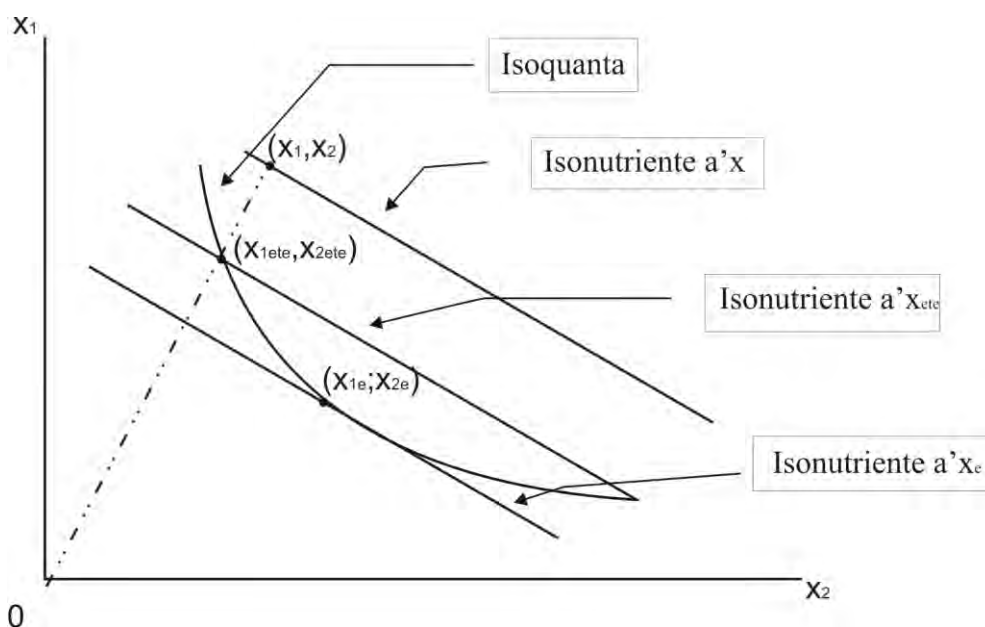


Figura 14. Minimização dos nutrientes.
Fonte: Coelli *et al.* (2007).

Adaptando os conceitos de eficiência técnica, econômica e alocativa, podem ser definidas as medidas de eficiência ambiental, técnica ambiental e alocativa ambiental. A medida de eficiência ambiental (EE) pode ser definida, para uma dada firma i , como a razão entre o vetor de mínimo de nutrientes e o vetor das quantidades de nutrientes observadas da firma i , por (14):

$$EE = a'x_e/a'x \quad (14)$$

A eficiência ambiental (EE) irá assumir valores entre zero e um, sendo o valor um indicando que a firma é eficiente ambientalmente, ou seja, dada a tecnologia

disponível, não é possível produzir uma dada quantidade de produto com um nível menor de excesso de nutrientes.

A eficiência ambiental é composta por dois componentes: eficiência técnica (ETE) e eficiência ambiental alocativa (EAE), onde:

$$ETE = \frac{a'x_{ete}}{a'x} = \frac{a'(\theta x)}{a'x} = \theta, \quad (15)$$

e,

$$EAE = a'x_e/a'x_{ete}, \quad (16)$$

onde EAE relaciona-se essencialmente a possuir o mix de insumos corretos, dadas as quantidades relativas de nutrientes dos insumos, enquanto ETE relaciona-se à operação pelo produtor na fronteira de produção, dada a quantidade de nutrientes utilizada. Todas as três medidas de eficiência assumem valores entre zero e um, em que o valor 1 indica uma firma completamente eficiente. As medidas de eficiência também podem ser relacionadas, como por (17):

$$EE = ETE \times EAE \quad (17)$$

As Figuras 12 e 13 podem ser fundidas na Figura 15. Por meio dessa figura, o custo da cesta minimizadora de nutrientes, $w'x_e$, e os nutrientes que correspondem à cesta minimizadora de custos, $a'x_c$ são identificados. A primeira medida permite identificar o custo associado à variação do mix de insumos do ponto de mínimo custo para o ponto de minimização do excesso de nutrientes, $(w'x_e - w'x_c)$. Isto pode ser interpretado como o custo sombra da poluição, entretanto, se estratégias alternativas mais baratas de redução dos excedentes, como o transporte de estrume estão disponíveis, essa medida pode superestimar o custo sombra (COELLI *et al.* 2007).

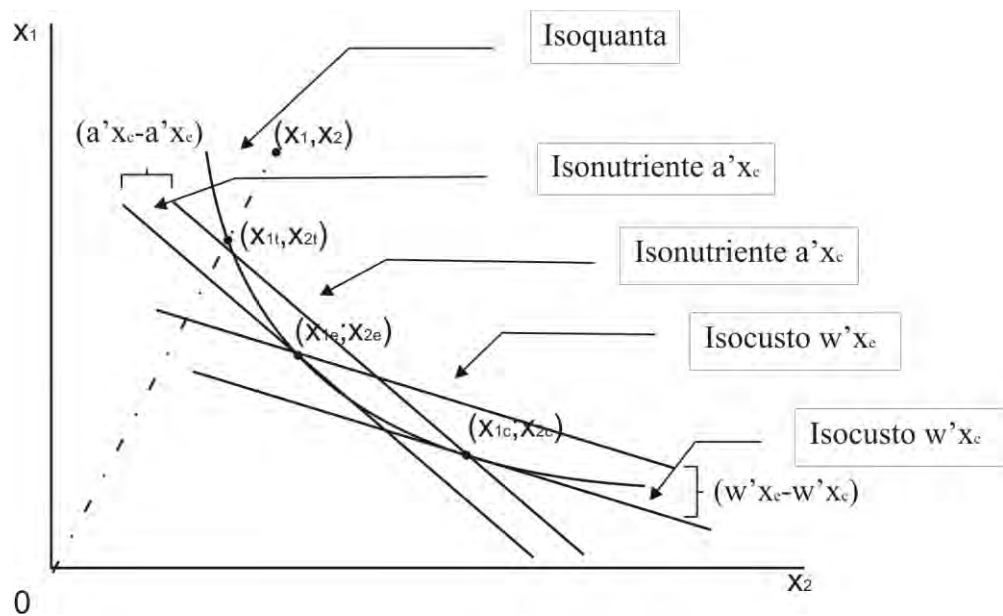


Figura 15. Custos e benefícios da minimização do nutriente.

Fonte: Adaptado de Coelli *et al.* (2007).

A segunda medida, $a'x_c$, pode ser usada para identificar as conseqüências da poluição, associadas ao movimento do ponto de mínimo de excesso de nutrientes para o ponto de mínimo custo, $(a'x_c - a'x_e)$. Isso fornece um limite superior da redução do excedente de nutrientes que poderia ser alcançado se os preços relativos dos insumos forem ajustados (por exemplo, por meio dos impostos) para promover a minimização dos nutrientes. Obviamente, os dois pontos de ótimo irão coincidir se o preço dos insumos relativos é ajustado de forma que $w = \alpha a$, onde α é um escalar positivo (COELLI *et al.* 2005b; COELLI *et al.* 2007).

No exemplo apresentado por meio da Figura 15, o ponto de eficiência técnica (x_{1t}, x_{2t}) está localizado à esquerda, tanto do ponto eficiente economicamente (x_{1c}, x_{2c}) , como ambientalmente (x_{1e}, x_{2e}) . Desta forma, um movimento ao longo da isoquanta do ponto de eficiência técnica para o ponto de mínimo nutriente resulta também na redução dos custos. Destaca-se que esse comportamento pode não ocorrer para todas as situações. O aumento da EE pode estar associado tanto a um aumento como a uma diminuição da CE. Se a melhoria na EE se deve à melhoria da ETE, então CE também deve melhorar (aumentar). Entretanto, se isto é resultado da melhoria na EAE, então isto pode resultar em aumento ou queda na CE, dependendo se o movimento é em direção ou não ao ponto de minimização de custos⁹ (COELLI *et al.* 2005b; COELLI *et al.* 2007).

⁹ Informações complementares quanto ao comportamento de aumentos ou reduções nos custos (CE) à medida que a eficiência ambiental (EE) aumenta podem ser encontrados em Coelli *et al.* (2005b), páginas 19 e 20.

3.4. Eficiência no Curto e Longo Prazo

Sabe-se que os produtores estão sujeitos a restrições de curto prazo relativas a mudanças nas tecnologias produtivas, no tamanho da planta e alguns outros insumos fixos. Desta forma, as firmas podem apresentar tecnologias e estruturas de custos variadas no curto prazo. A diferença na estrutura dos custos pode ser atribuída à utilização de tecnologias de menor produtividade, assimetria de informação, menor capacidade administrativa, restrições de crédito, etc. (BLANCARD *et al.*, 2006).

Considerando o mercado de concorrência perfeita, bem como uma estrutura variada de custos, algumas firmas podem operar com lucro supernormal, normal ou negativo e continuar produzindo no curto prazo (se pelo menos todos os custos fixos estiverem sendo cobertos) com esses retornos positivos ou negativos. No longo prazo, haverá apenas a possibilidade de lucro normal, e aquelas empresas que não forem capazes de, pelo menos, obter lucro normal deixarão o setor. Desta forma, como no longo prazo as empresas de maior custo tendem a sair da indústria ou a adotar melhorias tecnológicas, de forma a reduzir seus custos, há apenas a possibilidade de lucro normal no longo prazo.

Assim, as decisões de produção devem ser compreendidas entre dois horizontes de planejamento distintos, o longo prazo e o curto prazo. No longo prazo, todos os insumos podem sofrer alterações, bem como a tecnologia empregada. No curto prazo, alguns insumos são fixos, de forma que a firma não pode otimizar o uso de todos os insumos ou fazer melhorias tecnológicas (BINGER; HOFFMAN, 1998). Para a pecuária leiteira, a formação de novas áreas de pastagem, a construção de um novo estábulo e a compra e instalação de uma ordenhadeira mecânica são exemplos de fatores tecnológicos que não podem ser alterados rapidamente pelo produtor rural – não podem ser modificadas no curto prazo.

Essas restrições tecnológicas de curto prazo devem ser consideradas quando se analisam as ineficiências técnicas, econômicas e alocativas das firmas, haja vista que parte das ineficiências podem ser atribuídas, não à ineficiência propriamente dita, mas aos modelos tecnológicos de menor produtividade e, conseqüentemente maior custo. A Figura 16 ilustra as implicações da existência de dois sistemas tecnológicos diferentes para as estimativas da eficiência técnica e econômica.

A Figura 16 é semelhante à Figura 13, mas considera duas tecnologias produtivas representadas pelas isoquantas Y_1 e Y_2 . As isoquantas Y_1 e Y_2 retratam uma mesma quantidade produzida. Essas foram sobrepostas em um mesmo gráfico como forma de destacar a diferença na produção decorrente do uso de tecnologias

variadas. A curva pontilhada representa a isoquanta de longo prazo. As linhas C_1 , C_2 , e C_3 são isocusto, em que $C_1 < C_2 < C_3$.

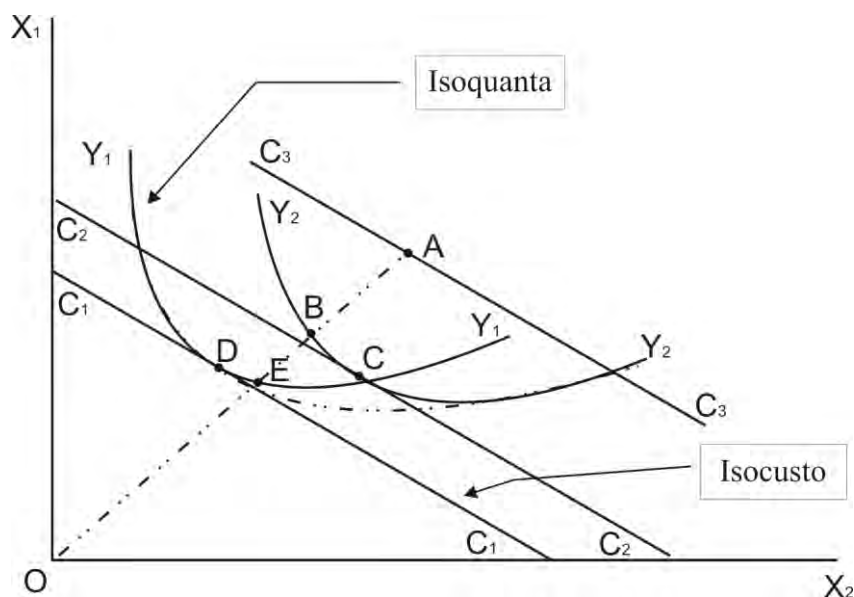


Figura 16. Isoquantas, linhas de isocusto, eficiência e tecnologia produtiva.

Fonte: Adaptado de Binger e Hoffman (1998) e Barua *et al.* (2004).

Considere que os produtores que utilizam a tecnologia Y_1 podem operar a um custo médio mínimo menor que os produtores que utilizam a tecnologia representada por Y_2 . Os pontos “A”, “B” e “C” denotam a produção utilizando a tecnologia denotada por Y_2 . Os pontos “D” e “E” denotam a produção segundo a tecnologia Y_1 .

Considere um produtor com uma combinação de insumos representada pelo ponto “A”, gerando uma produção Y_2 e incorrendo em um custo C_3 . Esse produtor é ineficiente técnica e economicamente, uma vez que ele pode manter sua produção constante, e reduzir a quantidade de insumos e os custos produtivos.

Como esse produtor utiliza a tecnologia Y_2 , os pontos eficientes técnica e economicamente são representados por “B” e “C”, respectivamente. Se as restrições tecnológicas e produtivas não forem consideradas, os pontos eficientes técnica e economicamente serão dados por “E” e “D”, respectivamente. Para esse produtor, a menor quantidade de insumos possível necessária para manter a produção em Y_2 é dada pelo ponto B e a combinação dos insumos de menor custo é dada pelo ponto C. Se os insumos desses produtores forem reduzidos até D e E, respectivamente, a ineficiência será corrigida, mas haverá uma redução líquida nos insumos acima do necessário tecnicamente, e os insumos serão reduzidos além do ponto tecnologicamente possível, em que a produção se mantém constante, o que reduzirá a

produção no curto prazo. Assim, um percentual da redução eliminará a ineficiência existente no curto prazo e uma outra parte reduzirá os insumos além do ponto eficiente e a produção deve, então, reduzir, bem como as receitas e lucratividade dos produtores, o que resultará em medidas de ineficiência equivocadas: quando se considera a tecnologia Y_2 , a eficiência em A é dada por OB/AO ; se a tecnologia Y_2 não é considerada, a medida será dada por OE/OA . Para o produtor representado no ponto A, sua estimativa de eficiência no curto prazo será, então, menor. A não consideração da tecnologia produtiva forçara a ajustes não possíveis, tecnologicamente, no curto prazo. Ademais, essa desatenção quanto às restrições de curto prazo não permite discriminar entre a eficiência de curto prazo e a de longo prazo, não permitindo avaliar se ações de curto prazo seriam suficientes para corrigir as ineficiências ou se seriam necessárias ações de longo prazo. A discriminação permite, assim, ações de correção de maior eficácia e melhor planejadas.

A abordagem de Barua *et al.* (2004) possui duas importantes propriedades: (i) toda ineficiência técnica que possa existir no curto prazo é eliminada no longo prazo; e (ii) a fronteira de longo prazo é pelo menos tão eficiente quanto a fronteira de curto prazo para cada ponto analisado. Assim, a abordagem envolve tipos de firmas tecnologicamente diversas, em que cada “tipo” de firma é identificado como operando no curto prazo e cada “tipo” de firma tem sua eficiência medida tomando como referência sua respectiva fronteira de produção. No longo prazo, uma nova fronteira de produção é gerada, sendo que essa é sempre pelo menos tão eficiente quanto às fronteiras estimadas para cada tecnologia e essa fronteira pode relacionada como uma fronteira de longo prazo. Dessa forma, fica claro que as tecnologias empregadas por cada produtor devem ser consideradas quando se analisa a eficiência técnica, econômica e alocativa como estratégia para obter medidas de eficiência mais próximas à realidade de cada produtor, o que resulta em uma análise de curto e longo prazo para as estimativas de eficiência. Os procedimentos empíricos para o cálculo das medidas de eficiência são abordados na próxima seção.

4. METODOLOGIA

4.1. Estratégia Empírica

A análise foi realizada em quatro etapas: na primeira, foram formados os grupos de produtores tecnologicamente homogêneos, utilizando a Análise Multivariada. Na segunda etapa, foi estimado o desempenho ambiental, técnico e econômico das propriedades produtoras de leite intra grupos homogêneos (curto prazo) utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA). Essa abordagem permite que os produtores tenham seu desempenho avaliado considerando sua respectiva tecnologia e estrutura de custos e que as diferenças no desempenho dos produtores sejam analisadas, se essas existirem. Na etapa três, as fontes de ineficiência de curto prazo foram corrigidas e os escores de eficiência no longo prazo foram estimados, conjuntamente. Posteriormente, os determinantes dos escores de eficiência de curto e longo prazo foram analisados utilizando a regressão quantílica, permitindo estabelecer a importância de variáveis relacionadas ao processo produtivo e às características dos produtores e propriedades sobre o desempenho dos produtores.

As próximas seções descrevem detalhadamente as metodologias utilizadas. Inicialmente, é apresentada a análise multivariada, tratando a análise fatorial e análise de agrupamentos. A seção subsequente descreve a análise envoltória de dados, a terceira seção detalha a estimação por meio da regressão quantílica e por fim a fonte de dados é apresentada e brevemente descrita.

4.2. Análise multivariada

O presente estudo adapta a abordagem de Barua *et al.* (2004) à produção leiteira no estado de Minas Gerais, considerando os modelos tecnológicos adotados pelos produtores. Inicialmente, os produtores são agrupados em grupos homogêneos tecnologicamente. Os grupos são formados utilizando-se da análise multivariada. Inicialmente, é aplicada a análise fatorial aos dados e extraídos os escores fatoriais. Posteriormente, a análise de cluster em dois estágios é aplicada a esses escores fatoriais, determinando o número de grupos e os produtores distribuídos entre os grupos.

4.2.1. Análise fatorial

O sistema tecnológico compreende um grande número de variáveis, o que pode dificultar a compreensão ou classificação de sistemas tecnológicos. Como forma de contornar essa complexidade é utilizada a análise fatorial. A análise fatorial é um procedimento que permite condensar a informação contida em um grande número de variáveis em um menor conjunto de variáveis. As variáveis originais são, então, explicadas em termos de suas dimensões inerentes comuns ou fatores (HAIR *et al.*, 2005).

O objetivo primordial desse método é atribuir um escore aos constructos, ou fatores. Esse escore é, então, uma representação parcimoniosa da informação presente nas variáveis originais (FÁVERO *et al.*, 2009). Para a utilização dessa técnica, Hair *et al.* (2005) destaca que a relação entre o número de observações, deve ser, de no mínimo, cinco vezes o número de variáveis, sendo recomendável, dez vezes mais observações que variáveis.

Dada essas considerações, considere um vetor aleatório X , composto por “ p ” variáveis observáveis (x_1, x_2, \dots, x_p), extraídas de uma população com média zero, desvio padrão igual a um e matriz de correlação Σ , linearmente dependentes de um vetor “ F ”, composto por “ m ” variáveis diretamente não observáveis (f_1, f_2, \dots, f_m) e um vetor de fatores específicos ou erros ε composto por “ p ” fatores específicos ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$). O modelo é representado, a seguir, em forma genérica por meio da equação (18):

$$x_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (18)$$

em que “ a_{ij} ” é denominado *loading* ou carga fatorial, medindo a importância ou peso da variável “ i ” para o fator “ j ” e representa a correlação entre a variável original e o

respectivo fator (FÁVERO *et al.* 2009). As variáveis utilizadas na análise fatorial estão apresentadas na Tabela 3. Essas variáveis foram selecionadas por estarem associadas à tecnologia de produção de diversos sistemas produtivos. Para evitar que o tamanho da operação influencie os escores fatoriais e a análise de agrupamentos, as variáveis foram divididas pelo número de vacas, área destinada à produção láctea, etc., como apresentado na Tabela 3. A escolha pelos denominadores para cada variável foi tal que essa retratasse a relação capital/vaca, intensidade do sistema produtivo e sistema de produção (intensivo e extensivo). Desta forma, por hipótese, acredita-se que os sistemas produtivos serão representados por dois grupos: intensivos e extensivos.

Tabela 3. Variáveis utilizadas na análise multivariada e sua descrição

Variável	Descrição
Instalação.v	Valor das benfeitorias utilizadas para o gado de leite em R\$/ano, ponderada pelo percentual de utilização pelo gado de leite, dividido pelo número de vacas secas e lactantes, em cabeças. Considerando depreciação linear: $[(\text{valor novo}) * (\text{percentual de uso para o gado de leite})] / \text{vida útil}$
Máquinas.v	Valor das máquinas e equipamentos utilizados para o gado de leite em R\$/ano, ponderada pelo percentual de utilização pelo gado de leite, dividido pelo número de vacas secas e lactantes, em cabeças. Considerando depreciação linear: $[(\text{valor novo}) * (\text{percentual de uso para o gado de leite})] / \text{vida útil}$
Vacas.p	Número de vacas secas e lactantes, em cabeças, dividido pela soma da área com pastagem natural e pastagem formada, em hectares.
Pastagens.a	Soma da área com pastagem natural e formada, em hectares, dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite.
Cocho.a	Soma da área com cana de açúcar, capineira, milho e sorgo para silagem destinados à pecuária de leite, em hectares, dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite.
Vacas.c	Número de vacas secas e lactantes, em cabeças, dividido pela soma da área com cana de açúcar, capineira, milho e sorgo para silagem destinados à pecuária de leite, em hectares.
Concentrado.v	Despesas no último ano com concentrados, em Reais – concentrado comercial para vacas em lactação; para vacas falhadas; para bezerros; para novilhas; MDPS ¹⁰ ; fubá de milho; farelo de arroz; farelo de algodão; farelo de soja; uréia pecuária e melaço – dividido pelo número de vacas secas e lactantes, em cabeças.

¹⁰ MDPS – Milho debulhado com palha e sabuco.

Variável	Descrição
Minerais.v	Despesas no último ano com minerais, em Reais, incluindo sal comum; concentrado mineral; sal mineral; farinha de ossos; fosfato bicálcio; mistura preparada na fazenda e outras, dividido pelo número de vacas secas e lactantes, em cabeças.
Familiar.a	Despesas com mão-de-obra familiar no último ano destinado à pecuária leiteira, em Reais, dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite, em hectares.
Familiar.v	Despesas com mão-de-obra familiar no último ano destinado à pecuária leiteira, em Reais, dividido pelo número de vacas secas e lactantes, em cabeças.
Contratada.a	Despesas com mão-de-obra contratada no último ano destinado à pecuária leiteira, em Reais, dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite, em hectares.
Contratada.v	Despesas com mão-de-obra contratada no último ano destinada à pecuária leiteira, em Reais, dividido pelo número de vacas secas e lactantes, em cabeças.
Variação	Variação percentual da produção média por produtor em relação "às águas" [(produção média das águas - produção média da seca)/produção média das águas]

Obs.: As letras após o nome das variáveis "v", "p", "c" e "a" denotam que o denominador da relação é, respectivamente; número de vacas; área com pastagens da propriedade; área com cana de açúcar, capineira, milho e sorgo para silagem; e área total da propriedade destinada à pecuária de leite.

O modelo representado em (18) necessita de algumas suposições para ser estimado (MINGOTI, 2007), sendo essas apresentadas a seguir:

- (i) - Todos os fatores f_m , $m = 1, 2, \dots, m$, têm média zero;
- (ii) - Todos os fatores f_m são não correlacionados e têm variâncias iguais a 1;
- (iii) - Todos os fatores específicos ou erros ε_i , $i=1, 2, \dots, p$, têm média igual a zero;
- (iv) - Os erros ε_i são não correlacionados entre si e não necessariamente possuem a mesma variância;
- (v) - fatores f_m e os erros ε_i são independentes.

Para condensar a informação de muitas variáveis em apenas alguns fatores, as combinações lineares iniciais são feitas de forma a explicar o maior montante da variância, seguindo para combinações que explicam montantes sucessivos menores (HAIR *et al.*, 2005). Desta forma, o método demanda procedimentos para a seleção do número de fatores a serem extraídos. Vários critérios podem ser utilizados, entretanto, nesse estudo serão utilizados os critérios da raiz latente ou critério de Kaiser e percentagem da variância, descritos a seguir.

O critério da porcentagem de variância seleciona um número determinado de fatores, de tal forma que o percentual da variância acumulada explicada obtenha um dado valor. Segundo Hair *et al.* (2005), em ciências sociais, uma vez que os dados são pouco precisos, uma solução que explique 60% da variância total pode ser considerado como satisfatório. Pelo critério de Kaiser (1958), devem ser retidos aqueles fatores com autovalores maior que 1. Esse critério se baseia no fato de que, no método dos componentes principais, a soma dos autovalores é igual ao número de variáveis e a variância explicada por cada fator pode ser calculada pela razão entre o valor para o autovalor sobre o número de variáveis. Assim, se o valor é maior do que 1, esse fator explica pelo menos a variância de uma variável do modelo (FÁVERO *et al.* 2009). O presente estudo utilizará ambos os critérios, sendo que serão selecionados um número de fatores de tal forma que a variância total explicada seja de no mínimo 60% e os autovalores sejam maiores ou iguais a 1.

Determinado o número “j” de fatores a serem extraídos, os escores fatoriais podem ser calculados pela combinação linear das variáveis observáveis:

$$f_j = d_{j1}x_1 + d_{j2}x_2 + \dots + d_{ji}x_i \quad (19)$$

em que f_j são os fatores comuns, d_{mi} , os coeficientes dos escores fatoriais e x_i as variáveis originais observáveis.

Após a escolha do número de fatores, extração e cálculo dos escores fatoriais, são utilizadas algumas medidas para analisar o ajustamento do modelo aos dados. Inicialmente, é analisada a comunalidade e unicidade explicada. A comunalidade representa a variância das variáveis originais “ x_i ” explicada pelos fatores comuns. A unicidade ou especificidade de x_i é a variância não explicada por nenhum fator comum (HAIR *et al.*, 2005; MINGOTI, 2007; STATA CORP, 2009). Formalmente, considerando a equação (18):

$$Var(x_i) = Var(a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + \varepsilon_i) \quad (20)$$

Pela proposição (ii),

$$Var(x_i) = 1 \quad (21)$$

Resolvendo (20),

$$Var(x_i) = a_{i1}^2 f_1 + a_{i2}^2 f_2 + \dots + a_{im}^2 f_m + \psi_i \quad (22)$$

em que:

$$h_i^2 = a_{i1}^2 f_1 + a_{i2}^2 f_2 + \dots + a_{im}^2 f_m \quad (23)$$

A comunalidade é representada por h_i^2 e a unicidade por ψ_i . A unicidade pode ser resultado de erros de medida ou pode representar uma característica particular de uma dada variável, sendo que valores elevados para a unicidade – acima de 0,6 – podem ser atribuídos a especificidades das variáveis (STATA CORP, 2009). Desta forma, se a unicidade é alta, as variáveis não são explicadas adequadamente pelos fatores.

Segundo Mingoti (2007), a literatura sugere que um modelo adequadamente ajustado necessita que a matriz de correlação inversa seja próxima da matriz diagonal. O teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fundamenta-se nesse princípio, comparando as correlações simples com as correlações parciais por meio da estatística KMO:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} R_{ij}^2}{(\sum_{i \neq j} R_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} Q_{ij}^2)} \quad (24)$$

em que R_{ij} é a correlação amostral entre as variáveis originais X_i e X_j e Q_{ij} representa a correlação parcial entre X_i e X_j .

Adicionalmente, os modelos de análise fatorial pressupõem que as variáveis resposta sejam correlacionadas entre si. Para avaliar se os dados atendem a essa pressuposição, utiliza-se o teste “T” de esfericidade de Bartlett (1951). Esse teste avalia a hipótese (nula) de que a matriz de correlações é uma matriz identidade. Se a hipótese nula não pode ser rejeitada, a análise fatorial não é adequada aos dados (FÁVERO *et al.*, 2009). A estatística “T” é definida (BARTLETT, 1951):

$$T = -[n - \frac{1}{6}(2p + 11)] \left[\sum_{j=1}^p \ln(\hat{\lambda}_j) \right] \quad (25)$$

em que $\ln(\cdot)$ representa o logaritmo neperiano dos autovalores λ_i , $i=1, 2, \dots, p$. Sob a hipótese nula, a estatística “T” apresenta distribuição assintótica χ^2 com $[(1/2)p(p-1)]$ graus de liberdade (MINGOTI, 2007).

Ademais, se os itens ou indicadores individuais da escala medem um mesmo constructo ou fator, esses devem ser altamente inter correlacionados – consistência interna (HAIR *et al.*, 2005). A consistência interna pode avaliada por meio da estatística alfa de Cronbach (1951), como definida por (26):

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_i V_i}{V_t} \right) \quad (26)$$

em que “n” é o número total de itens; V_i é a variância do item i, $i=1, 2, \dots, n$, após ponderada e V_t é a variância dos escores totais do teste. Segundo Hair *et al.*(2005), em pesquisas exploratórias o limite inferior geralmente aceito para alfa é de 0,60.

4.2.2. Análise de agrupamentos

Tomando os escores fatoriais estimados por meio da análise fatorial, os agrupamentos são construídos utilizando a análise de agrupamentos ou clusters. A análise de agrupamentos objetiva unir os indivíduos em grupos homogêneos, maximizando a heterogeneidade entre os grupos e maximizando a homogeneidade dentro do grupo.

Na análise de agrupamentos, os objetos são agrupados considerando sua similaridade – medida de correspondência ou semelhança entre objetos (HAIR *et al.*, 2005). A similaridade pode ser medida utilizando medidas de correlação, de distância ou de associação, sendo a última adequada para dados não métricos ou qualitativos, não sendo, desta forma, adequada a esse estudo. As medidas de correlação também não são adequadas a esse estudo, haja vista que não se está interessado nos padrões de valores. Desta forma, será utilizada a medida de distância. Dentre as medidas de distância, a mais usualmente utilizada é a distância euclidiana, que pode ser usada para calcular medidas específicas, como a euclidiana simples ou quadrática. A distância euclidiana simples é recomendada quando se utiliza o método de agrupamento de Wald. Considerando duas observações “i” e “j”, a distância euclidiana quadrática é definida (FÁVERO *et al.*, 2009):

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (27)$$

A análise de agrupamentos possui duas suposições, segundo Hair *et al.* (2005): (i) representatividade da amostra; e (ii) ausência de multicolinearidade das variáveis utilizadas no agrupamento. A primeira suposição é atendida pela qualidade e tamanho da amostra, conforme descrito na seção 4.4 que trata da fonte de dados. A presença de multicolinearidade implica que as variáveis multicolineares são ponderadas implicitamente com maior peso (HAIR *et al.*, 2005). Para contornar esse problema, serão utilizados os escores fatoriais resultantes da análise fatorial, haja

vista, como descrito na seção anterior, que os escores fatoriais são não correlacionados.

Para formar os grupos homogêneos tecnologicamente, podem ser utilizados algoritmos hierárquicos ou algoritmos não-hierárquicos. Os algoritmos hierárquicos, como o método de Wald, podem resultar em grupos equivocados, pois se combinações indesejáveis são formadas, essas persistem na análise e produzem resultados indesejáveis. Entretanto, esses métodos permitem que o número de agrupamentos seja determinado após a execução do algoritmo, ao contrário dos métodos não-hierárquicos, que necessitam que o número de grupos seja determinado previamente. Todavia, os métodos não-hierárquicos permitem que os indivíduos sejam redistribuídos entre os grupos, mesmo após a observação ter sido aglomerada em um dado grupo. Esses métodos também são menos sensíveis à observações atípicas, à medida de distância usada e à inclusão de variáveis irrelevantes ou inadequadas (HAIR *et al.*, 2005; MINGOTI, 2007).

De forma a usufruir dos benefícios de cada algoritmo, os métodos podem ser combinados, como o método de dois estágios proposto por Punj e Steward (1983) para a formação dos agrupamentos, sendo esse método utilizado para o agrupamento dos produtores em grupos tecnologicamente homogêneos. Esse método determina primeiramente o número de clusters, por meio do método de variância mínima de Wald, que identifica o número de grupos, informação utilizada na segunda etapa, quando se utiliza o método de média k (TOYOSHIMA *et al.*, 2005).

O método de Wald ou de variância mínima pode ser resumido nas seguintes etapas, segundo Mingoti (2007) e Fávero *et al.* (2009): (i) cada elemento é considerado um único conglomerado; (ii) a soma de quadrados SS_i dentro do agrupamento C_i é calculada, sendo essa dada por (31):

$$SS_i = \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)' (X_{ij} - \bar{X}_i) \quad (28)$$

em que n_i é o número de elementos no conglomerado C_i no passo k, X_{ij} é o vetor de observações do j-ésimo elemento amostral pertencente ao i-ésimo grupo, \bar{X}_i é o centroide do conglomerado C_i ; (iii) dois indivíduos, que minimizam a distância, são agrupados a cada k passo, sendo a distância entre os grupos C_l e C_i é dada por (29):

$$d(C_l, C_i) = \left[\frac{n_l n_i}{n_l + n_i} \right] (\bar{X}_l - \bar{X}_i)' (\bar{X}_l - \bar{X}_i) \quad (29)$$

em que n_i é o número de elementos no conglomerado C_i e \bar{X}_i e \bar{X}_i são os centroides do conglomerado C_i e C_i , respectivamente.

Após a execução do método de Wald, o número de clusters a serem formados no método de média k pode ser determinado¹¹ por meio da estatística pseudo F proposta por Calinski e Harabasz (1974) definida em (30):

$$F = \left(\frac{BGSS}{k-1} \right) / \left(\frac{WGSS}{n-k} \right) \quad (30)$$

em que “ k ” é o número de grupos do respectivo estágio de agrupamento; sendo “ n ” dado por $n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$; “BGSS” é a soma de quadrados total entre o “ k ” grupos da partição; “WGSS”, a soma de quadrados total dentro dos grupos da partição ou soma dos quadrados residual; sendo $\binom{n-1}{k-1}$ partições possíveis (CALINSKI; HARABASZ, 1974). Essa estatística permite confirmar ou não a hipótese de que os dados representam dois sistemas produtivos.

Determinados o número de grupos, os produtores foram agrupados utilizando o método de k -média e as mesmas variáveis utilizadas no método de Wald, ou seja, os escores fatoriais dos “ p ” primeiros fatores. O método de k -Média consiste em alocar os indivíduos ao agrupamento cujo centróide (vetor de médias amostrais) é o mais próximo do vetor de valores observados para o respectivo elemento. O método é constituído de quatro passos: primeiramente, escolhe-se k -centróides a serem utilizados no início de partição; posteriormente, cada elemento é comparado com cada centróide quanto à distância. O elemento com menor distância é alocado àquele grupo e esse procedimento é aplicado para cada n elemento; recalculam-se os valores dos centróides para cada novo grupo, repetindo o segundo e terceiros passos, até que todos os indivíduos sejam alocados (MINGOTI, 2007).

4.3. Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (DEA) foi utilizada para estimar a eficiência técnica, alocativa e ambiental, de maneira similar à definida por Färe *et al.* (1994) (COELLI *et al.*, 2005b). As formulações algébricas são tais como em Coelli *et al.* (2005b). A formulação matemática para a estimação da *eficiência técnica* orientada a insumo com retornos constantes à escala é dada por:

¹¹ O número de agrupamentos adequados aos dados poderia, teoricamente, ser determinado por meio de um dendograma. Entretanto, dado que a amostra dispõe de 1.000 observações, este método, embora simples, é inviável empiricamente para esse estudo.

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

sujeito a,

$$-y + Y\lambda \geq 0 \tag{31}$$

$$\theta x - X\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

em que y denota o vetor da produção ($m \times 1$) da i -ésima firma, x denota o vetor de insumos ($k \times 1$) para a i -ésima firma, X é a matriz de insumos de ordem K insumos por N firmas, Y denota a matriz de produtos de ordem M produtos por N firmas, θ é um escalar (eficiência técnica estimada para a i -ésima firma) e λ é um vetor de constantes de ordem N firmas por 1.

O modelo (31) permite estimar os escores de eficiência técnica para as propriedades ou unidade tomadoras de decisão (DMU), entretanto, incorpora a ineficiência de escala às medidas de eficiência. Para determinar a eficiência de escala, é necessário estimar o modelo com retornos variáveis à escala, bastando adicionar a restrição " $N1'\lambda = 1$ " ao modelo (31), em que " $N1$ " é um vetor linha $1 \times n$ firmas, composto por valores iguais a um (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984). Com essas medidas, a eficiência de escala "SE" pode ser determinada por:

$$\text{SE} = \text{ET}_{\text{RCE}} / \text{ET}_{\text{RVE}} \tag{32}$$

em que ET_{RVE} e ET_{RCE} denotam, respectivamente, os valores estimados para a eficiência técnica com pressuposição de retornos variáveis à escala, também designada de eficiência técnica pura, e a eficiência com retornos constantes à escala.

Entretanto, por (32) é possível determinar se os produtores estão operando com eficiência de escala ou não, mas não a natureza desses retornos. Para determinar em qual faixa de rendimentos os produtores ineficientes estão produzindo, é necessário estimar um modelo com pressuposição de rendimento não crescentes, adicionando a restrição " $N1'\lambda \leq 1$ " ao modelo (32). Como forma de decisão:

(i) se $\text{SE} = 1$ – os produtores operam com rendimentos constantes à escala;

(i) se $\text{SE} \neq 1$ e $\text{ET}_{\text{RNC}} = \text{ET}_{\text{RVE}}$ – produtores operam com rendimentos decrescentes à escala;

(ii) se $\text{SE} \neq 1$ e $\text{ET}_{\text{RNC}} \neq \text{ET}_{\text{RVE}}$ – produtores operam com rendimentos crescentes à escala;

Destaca-se algumas pressuposições no calculo da eficiência técnica utilizando o modelo DEA:

(i) as DMUs realizam as mesmas tarefas e com os mesmos objetivos (LINS; MOREIRA, 2000);

(ii) os insumos possuem a mesma produtividade para todas as DMUs (TAUER, 1993);

(iii) a relação entre os insumos é considerada como fixa, de forma que são aceitos apenas reduções ou elevações proporcionais em todos os insumos ou produtos – ajustes radiais (FERREIRA; GOMES, 2009).

Para a estimação dos escores de eficiência com retornos constantes, variáveis e não-crescentes à escala, foram utilizadas os seguintes vetores para o produto e insumos. O vetor de produtos ($M = 1$) de cada firma foi composto pela variável receita, que inclui o leite vendido e o consumido pela família dos produtores, em Reais; e o somatório do valor dos animais vendidos e consumidos pela família em Reais. O vetor de insumos¹² ($K = 5$) de cada firma foi composto pelas variáveis: terra, obtida pela soma das áreas com pastagens natural e formada, cana de açúcar para o gado, capineira, outras forrageiras não anuais, milho e sorgo, destinadas à produção de leite, em hectares; vacas; obtido pelo somatório das vacas secas e em lactação, em cabeças; mão-de-obra, dado pelo somatório da mão-de-obra familiar e contratada, em equivalentes dia homem, sendo a mão-de-obra feminina pondera em 0,8 em relação à masculina, como adotado por Nogueira (2005); forragem, obtido pela quantidade de forragem, em quilos de matéria seca, fornecida aos animais, incluindo a produção de forragem oriunda da capineira; silagem de milho; silagem de sorgo; *Braquiária Decumbens* ; cana de açúcar e pastagem natural (capim gordura e capim Jaraguá); e concentrados, obtido pelo somatório da alimentação fornecida ao rebanho, em quilos, incluindo concentrado comercial para vacas lactantes; para vacas falhadas; para bezerras; e para novilhas; milho debulhado com palha e sabuco (MDPS); fubá de milho; farelo de arroz; farelo de algodão; farelo de soja; farelo de trigo; ureia pecuária e melação.

Dada a disponibilidade do vetor de preços para os insumos¹³, foi estimada a eficiência econômica ou custo, estimando as quantidades para os insumos que minimizem o custo de produção por (33).

¹² Seria interessante acrescentar variáveis que representassem o capital como benfeitorias, máquinas e equipamentos. Entretanto, pela indisponibilidade dos preços ou cálculo destes pela base de dados, optou-se por não utilizá-los nas estimativas. Os preços seriam necessários para o cálculo da eficiência econômica.

¹³ O vetor de preços para cada um dos vetores de insumo foi calculado como a média dos preços dos insumos constituintes do vetor, ponderado pela quantidade desses insumos no vetor. Para o cálculo, foram utilizados os preços pagos pelos produtores, como concentrados, ou pelo custo de formação, como para as pastagens.

$$\text{Min}_{\lambda, x_i^*} w'x^*$$

sujeito a,

$$-y + Y\lambda \geq 0 \quad (33)$$

$$x^* - X\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

onde w é um vetor de preços, de ordem $N \times 1$, para o i -ésimo insumo e x^* é o vetor da quantidade para o i -ésimo insumo que minimizada o custo total, dado os preços para os insumos e a produção. As demais notações são tais quais anteriormente. Os modelos de eficiência custo também podem ser estimados com pressuposição de retornos variáveis ou não crescentes, como apresentado para a eficiência técnica.

Determinadas as quantidades de insumos que minimizem o custo total, o escore de eficiência econômica (CE) pode ser determinado por (34).

$$CE = w'x^*/w'x \quad (34)$$

em que as notações foram anteriormente descritas.

Dadas as medidas de eficiência técnica e econômica, a eficiência alocativa (AE) pode ser calculada por (34).

$$AE = CE/TE \quad (34)$$

Para o cálculo dos escores de eficiência técnica ambiental (ETE), foi utilizado o modelo (31), sendo o vetor de produtos idêntico ao anteriormente definido e o vetor de insumos ($K = 2$) composto pelos insumos ferragem e concentrados, descritos anteriormente. Os demais insumos não foram considerados na análise por não apresentarem emissões de nitrogênio. Esse procedimento também foi adotado por Ramilan (2008) e Ramilan *et al.* (2011).

Para o cálculo da eficiência ambiental, o vetor de nitrogênio da alimentação dos animais, fornecido via concentrado ou ferragem, será minimizado. A *minimização dos nutrientes* é estimada via solução do problema da programação linear semelhante a (33):

$$\text{Min}_{\lambda, x^e} a'x^e$$

sujeito a,

$$-y + Y\lambda \geq 0 \quad (36)$$

$$x^* - X\lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

em que os termos foram descritos anteriormente para (33), sendo a o vetor das quantidades de nitrogênio de ordem K insumos por 1 e x^e é o vetor das quantidades do i -ésimo insumo que minimiza as emissões de nitrogênio, dado o vetor de nitrogênio a_i e o nível da produção y . O vetor de nitrogênio para os concentrados e forragens foi calculado considerando os coeficientes indicados na Tabela 4 e ponderados em relação às quantidades de matéria seca dos respectivos insumos.

Tabela 4. Percentual de nitrogênio presente sobre as diversas fontes de alimento

Descrição	Nitrogênio total	Descrição	Nitrogênio total
Concentrados		Forragens	
Concentrado comercial - vacas lactantes	2,62%	Capineira - Capim Elefante (Napier)	0,22%
Concentrado - vacas falhadas	1,50%	Silagem de milho (MG)	0,34%
Concentrado - bezerros	2,44%	Silagem de sorgo (MG)	0,28%
Concentrado - novilhas	2,75%	Braquiária Decumbens (MG)	0,32%
Milho debulhado com palha e sabuco	1,14%	Cana de açúcar (MG)	0,12%
Fubá de milho (MG)	1,26%	Pastagem natural (média)	0,41%
Farelo de arroz (MG)	2,12%	Capim gordura	0,36%
Farelo de algodão (MG)	5,10%	Capim jaraguá	0,46%
Farelo de soja (MG)	6,85%		
Farelo de trigo (MG)	2,49%		
Ureia pecuária	46,40%		
Melaço (MG)	0,42%		

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Soares Filho (1993), Embrapa (1997), Kirchof (1997), Lopes *et al.* (2004), Embrapa (2007), Bicho on line (2011), Itambé (2011), Valadares Filho *et al.* (2011), Lopes (2011), Wolf Seeds (2011).

Obs.: As quantidades de nitrogênio de cada alimento podem ser obtidas pela multiplicação direta entre as quantidades de um dado alimento e o percentual de nitrogênio, uma vez que o percentual já considera o percentual de matéria seca. Os alimentos que incluem "MG" consideraram o percentual de nitrogênio médio calculado para Minas Gerais, os demais consideraram a média brasileira, dada a não disponibilidade para o estado.

A eficiência ambiental (EE), definida como a razão entre a emissão mínima de nutriente e o nível de emissão observado da i -ésima firma, pode ser calculada por:

$$EE = a'_i x_i^e / a'_i x_i \quad (37)$$

Por meio das estimativas da eficiência técnica (ETE) e eficiência ambiental (EE), a eficiência ambiental alocativa (EAE) pode ser calculada:

$$EAE = EE / TE \quad (38)$$

Este método apresenta duas vantagens na modelagem da poluição: primeira, é consistente com a condição de balanço de materiais; segunda, o método enfatiza que a redução da poluição, em algumas circunstâncias, pode reduzir o custo, enquanto em outras, pode aumentá-lo (COELLI *et al.*, 2007).

A Análise Envoltória de Dados foi operacionalizada por meio do programa R, usando o *package* FEAR (versão 1.3) disponibilizado por Wilson (2010a; 2010b), que inclui as rotinas necessárias para a estimação da eficiência técnica, econômica e ambiental.

4.3.1. Eficiência no curto e longo prazo.

Para a estimação das medidas de eficiência técnica, econômica e ambiental de curto prazo e longo prazo foi adotado o procedimento proposto por Barua *et al.* (2004). Esse consiste nos seguintes passos: Em primeiro lugar, foram formados grupos de produtores tecnologicamente homogêneos¹⁴, em que cada fronteira pode ser considerada como proporcionando uma restrição para o que a tecnologia relacionada torna possível. Posteriormente, as medidas de eficiência foram então estimadas para cada fronteira via equação (31), (33) e (36) para a eficiência técnica, econômica, e ambiental, respectivamente. A Figura 17 representa essas etapas para uma situação de duas fronteiras de produção com um insumo e um produto, permitindo que as medidas de eficiência técnica de curto e longo prazo fossem calculadas. Assuma as fronteiras de produção representadas por F1 e F2 e que as firmas representadas pelo ponto ● tenham sua tecnologia representada pela fronteira 1 (F1) e que o ponto ■ representam firmas com tecnologia retratada pela fronteira 2 (F2) e a fronteira pontilhada, envolvendo ambas as fronteiras, representa a fronteira de longo prazo, dado pelo segmento \overline{EFAB} , que envolve as fronteiras F1 e F2.

Observando a Figura 17, fica claro que o ponto C apresenta um desempenho técnico superior ao ponto D. Entretanto, a fronteira do produtor representado pelo ponto C está mais distante, de forma que sua medida de eficiência pode ser menor ou igual àquela para o produtor representado pelo ponto D. Na etapa 3, a ineficiência de curto prazo para cada produtor foi corrigida, considerando sua respectiva fronteira de produção. Nesse estudo, o vetor insumo eficiente de curto prazo considerou aquele obtido pela equação (33), para a eficiência técnica e econômica (uma vez que a eficiência técnica é apenas uma componente da eficiência econômica), e a equação

¹⁴ Nesse estudo os grupos tecnologicamente homogêneos foram formados por meio da análise multivariada, entretanto, a determinação das tecnologias e grupos de produtores pode ser determinada teoricamente, se houver indicação teórica de que existem n grupos e quais firmas estão associadas a cada padrão tecnológico determinado.

(36), para a eficiência ambiental. A eliminação da ineficiência projeta o produtor C sobre a fronteira F2 e o produtor D sobre a fronteira F1. No passo 4, a fronteira de produção foi estimada aplicando as equações (31), (33) e (36), para as respectivas medidas de eficiência, para todos os produtores conjuntamente, utilizando aquele vetor insumo eficiente economicamente – equações (31) e (33) – e o vetor eficiente ambientalmente – equação (36). Por fim, o desvio técnico, econômico e ambiental dos produtores foi determinado a partir da fronteira única de longo prazo e sua eficiência calculada.

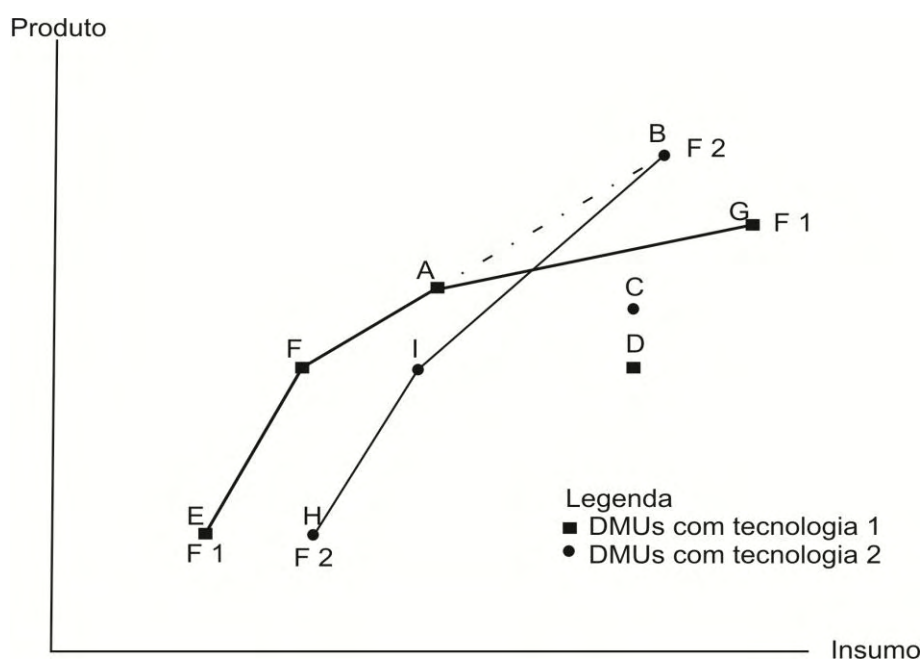


Figura 17. Fronteiras no curto e longo prazo.

Fonte: Adaptado de Barua *et al.* (2004).

4.3.2. Teste para existência de diversas fronteiras de produção

Como forma de avaliar a existência de diversas fronteiras de produção, como suposto na seção 4.3.1., Marinho e Façanha (2000) sugerem o seguinte procedimento, composto de quatro passos:

(i) Devem ser formados dois subconjuntos de dados e uma fronteira de produção deve ser estimada para cada subconjunto separadamente;

(ii) Projetar cada DMU sobre suas respectivas fronteiras de produção, via correção da ineficiência produtiva;

(iii) Estimar uma fronteira de produção conjunta para esse novo conjunto de DMUs eficientes, resultando do passo (ii);

(iv) Aplicar um teste não paramétrico adequado às estimativas do passo (iv) de forma a avaliar a hipótese de uma única fronteira. Nesse estudo será utilizado o teste de Mann e Whitney (1947).

A estatística “U” do teste de Mann e Whitney (1947) foi calculada por:

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R \quad (39)$$

em que n_1 e n_2 são o número de produtores incluídos no primeiro e segundo subconjunto de dados e R é o somatório de todos os *rankings* para os produtores.

4.3.3. Teste para retornos à escala e comparação da eficiência entre dois grupos de firmas

Dados as diversas estimativas de eficiência com pressuposição de retornos constantes e retornos variáveis, Banker (1996) sugere a utilização do teste não paramétrico de duas amostras de Kolmogorov-Smirnov (KOLMOGOROV, 1933; SMIRNOV, 1933) para a determinação de qual modelo melhor se adequa aos dados. Não é feita nenhuma pressuposição quanto à distribuição de probabilidade da ineficiência. As distribuições empíricas de $\hat{F}^c(\hat{\theta}_c)$ e $\hat{F}^v(\hat{\theta}_v)$, para retornos constantes e variáveis, respectivamente, são usadas. O teste de Kolmogorov-Smirnov é dado pela distância máxima vertical entre as distribuições:

$$D = \max \{ \hat{F}^c(\hat{\theta}_c), \hat{F}^v(\hat{\theta}_v) \} \quad (40)$$

O teste tem como hipóteses:

Ho: Ausência de ineficiência de escala (o modelo com a pressuposição de retornos constantes é o mais adequado);

Hi: Presença de ineficiência de escala (o modelo com a pressuposição de retornos variáveis é o mais adequado);

A estatística toma valores entre 0 e 1. Valores próximos de 1 tendem a rejeitar a hipótese nula (BANKER; NATARAJAN, 2004).

Esse mesmo teste pode ser utilizado, como proposto por Banker (1993), para a comparação entre os escores de eficiência entre dois grupos, de forma a avaliar se um grupo é mais eficiente que outro. Esse teste será utilizado para comparar os escores de eficiência no longo prazo entre os produtores dos grupos formados pela análise de agrupamentos.

Para comparar os escores, suponha duas amostras, G_1 e G_2 , sub-amostras de uma amostra considerada grande com N DMUs, com n_1 e n_2 DMUs em cada sub-amostra G_1 e G_2 , respectivamente. O teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov é

dado, então, pela máxima distância vertical entre as distribuições empíricas para o grupo 1 e grupo 2, $\hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j)$ e $\hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$, respectivamente.

O teste possui como hipóteses:

Ho: Não há diferença entre os escores de eficiência entre os dois grupos;

Hi: Há diferença entre os escores de eficiência entre os dois grupos;

Assim como anteriormente, a estatística toma valores entre 0 e 1, sendo que valores próximos a 1 tendem a rejeitar a hipótese nula.

A estatística de Kolmogorov-Smirnov para um lado da distribuição é dada por:

$$D^+ = \max \{ \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) - \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j) \} \quad (41)$$

e

$$D^- = \min \{ \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) - \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j) \} \quad (42)$$

As hipóteses para (40) e (41) são, respectivamente:

$$Ho: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \leq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j) \quad e \quad Hi: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) > \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$$

e

$$Ho: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \geq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j) \quad e \quad Hi: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) < \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$$

Se o D calculado for maior que o D crítico, a hipótese nula deve ser rejeitada, caso contrário, não se deve rejeitar Ho. O valor crítico para grandes amostras pode ser calculado, para o nível de significância a 1% para o teste monocaudal e bicaudal, respectivamente, por (MASSEY, 1952):

$$D = 1,52 \sqrt{\frac{(n_1+n_2)}{n_1 n_2}} \quad (43)$$

e

$$D = 1,63 \sqrt{\frac{(n_1+n_2)}{n_1 n_2}} \quad (44)$$

Destaca-se que testes do tipo Kolmogorov-Smirnov não especificam, propriamente, a natureza da diferença entre os escores de eficiência. As distribuições podem ter a mesma média, mas as variâncias diferentes, uma pode ser assimétrica e outra simétrica, etc. O teste compara a função de distribuição acumulada (fda) entre as

sub-amostras; a estatística de teste é a diferença de maior magnitude entre as duas funções (PETER; SMEETON 2001).

4.4. Regressão Quantílica

Os modelos comumente utilizados na determinação da importância de variáveis exógenas sobre a eficiência são o modelo Tobit ou a Regressão Linear Clássica, que, entretanto, são sensíveis a outliers, uma vez que a matriz de covariância é estimada com a pressuposição de normalidade, que é necessária para a inferência estatística. Esses modelos pressupõem ainda homocedasticidade, ou seja, a variância condicional $Var(y|x)$ é assumida com sendo uma constante σ^2 para todos os valores da covariância e o modelo falha quando a variável resposta é assimétrica (HAO; NAIMAN, 2007). Um modelo robusto a estes inconvenientes, capturando mudanças de localização e inclinação das curvas, é a regressão quantílica introduzida por Koenker e Bassett Júnior (1978), que permite distinguir diferenças de importância e de relação entre as variáveis sobre a mediana e sobre os quantis altos e baixos da variável dependente (HAO; NAIMAN, 2007; CAMERON; TRIVEDI, 2009).

Por meio dos escores de eficiência, foi operacionalizada a regressão quantílica, buscando determinar os efeitos das variáveis relativas ao processo produtivo e das características que os estabelecimentos e os produtores possuem sobre o desempenho ambiental da produção láctea. Isso permite determinar o efeito dessas variáveis sobre as propriedades agropecuárias de maior ou menor desempenho ambiental.

São estimados três modelos, em que foi estudado o relacionamento entre as variáveis exógenas e a eficiência técnica (TE), eficiência econômica (CE) e eficiência ambiental (EE), que pode ser descrita, de forma geral, pelo modelo linear como y_i^* :

$$y_i^* = x_i' \beta + \varepsilon_i \quad (45)$$

ou,

$$Q_\theta(Y_i: X_i) = X_i' \beta_\theta, \theta \in (0,1) \quad (46)$$

em que $Q_\theta (y_i: X_i)$ representa o θ quantil da variável dependente condicional, dado o vetor de regressores. O vetor dos regressores para cada firma, de ordem 14 variáveis por 1, é composto pelas variáveis descritas na Tabela 5.

Tabela 5. Variáveis da regressão quantílica e descrição.

Variável	Descrição
Variáveis Dependentes	
Eficiência técnica (TE)	Estimativa para o desempenho técnico da produção láctea para a propriedade rural estimado por meio da equação (34).
Eficiência Econômica (CE)	Estimativa para o desempenho técnico da produção láctea para a propriedade rural estimado por meio da equação (36).
Eficiência ambiental (EE)	Estimativa para o desempenho ambiental da produção láctea para a propriedade rural estimado por meio da equação (39).
Variáveis Explicativas	
Idade	Idade do produtor em anos.
Idade2	Idade do produtor em anos elevada ao quadrado, buscando captar efeitos não lineares.
Escolaridade	Nível de escolaridade do produtor em anos de estudo.
Experiência	Representado pelos anos em que produz leite.
Principal	Variável binária que assume valor 1 se a atividade láctea é a principal atividade produtiva (considerando a receita total) e 0 caso contrário.
Administrador	Variável binária que assume valor 1 se a propriedade possui administrador contratado e 0 caso contrário.
Distribuição	Razão entre o tempo do proprietário destinado à atividade láctea e o tempo total destinado a todas as atividades desenvolvidas pelo produtor.
Controle	Variável binária que assume valor 1 se o produtor possui algum controle administrativos da atividade e 0 caso contrário.
Treinamento	Variável binária que assume valor 1 se o produtor participou de algum treinamento no último ano e 0 caso contrário.
Raça	Percentual das vacas leiteiras com características raciais de “ 7/8 HZ a Puro Holandês e outras raças europeias.
Variação	Variação da produção média de leite entre a produção das “águas” e da “seca”, como proxy da qualidade da

Variável	Descrição
	alimentação.
Intensidade	Variável calculada pela razão entre o número total de vacas (em lactação e secas) e a área total da propriedade, em hectares, destinada à produção láctea.
Assistência12	Variável binária que recebe valor “1” se o técnico visitou a propriedade de uma a duas vezes no ano, “0” caso contrário.
Assistência36	Variável binária que recebe valor “1” se o técnico visitou a propriedade de três a seis vezes no ano, “0” caso contrário.
Assistência6	Variável binária que recebe valor “1” se o técnico visitou a propriedade mais de seis vezes no ano, “0” caso contrário.
Crédito	Variável binária que recebe valor “1” se o produtor utilizou o crédito rural ou “0” caso contrário.
Prod.vacas	Produção total de litros de leite ao ano, incluindo o leite consumido pela família e pelos animais e laticínios/ Número de vacas lactantes, em cabeças
Prod.trabalho	Receita total com a atividade leiteira / Quantidade de mão-de-obra para o manejo do rebanho, em equivalente dias/homem, sendo 1 dia mulher ou 1 dia criança considerados como equivalentes a 0,8 dia homem.
Estrato1	Variável binária que assume valor 1 se o produtor produz até 50 litros/dia, 0 caso contrário.
Estrato2	Variável binária que assume valor 1 se o produtor produz de 50 a 200 litros/dia, 0 caso contrário.
Estrato3	Variável binária que assume valor 1 se o produtor produz de 200 a 500 litros/dia, 0 caso contrário.
Estrato4	Variável binária que assume valor 1 se o produtor produz de 500 a 1000 litros/dia, 0 caso contrário.
Estrato5	Variável binária que assume valor 1 se o produtor produz mais que 1000 litros/dia, 0 caso contrário.
Sucessão1	Variável binária que assume valor 1 se o produtor acredita que o filho vá continuar na atividade leiteira, 0 caso contrário.

Variável	Descrição
Grupo	Variável binária que assume valor 1 se o produtor está classificado no grupo 1, 0 caso contrário. (Essa variável será utilizada apenas nas regressões de longo prazo).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A regressão quantílica, para o θ -ésimo quantil, $0 < \theta < 1$, é definida como qualquer solução para a minimização do problema (KOENKER; BASSETT, 1978):

$$\min_{b \in \mathcal{R}} n^{-1} \left\{ \sum_{t \in \{t: y_t \geq x_t \beta\}} \theta |y_t - x_t \beta| + \sum_{t \in \{t: y_t < x_t \beta\}} (1 - \theta) |y_t - x_t \beta| \right\} \quad (47)$$

ou na forma da função “check”

$$\min n^{-1} \sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(y_t - x_t \beta) \quad (48)$$

em que ρ é a função “check” definida por:

$$\rho_{\theta}(u) = \begin{cases} \theta u, & u \geq 0 \\ (\theta - 1)u & u < 0 \end{cases} \quad (49)$$

em que a função ρ_{θ} multiplica os resíduos por θ , se eles forem não negativos e por $(\theta - 1)$, caso contrário, para que, dessa forma, sejam tratados assimetricamente.

Para se interpretar os coeficientes da regressão quantílica, devem ser utilizadas as derivadas parciais do quantil condicional para cada regressor específico, ou seja, a mudança marginal no θ -ésimo quantil condicional. A mudança marginal é calculada da forma usual (HAO; NAIMAN, 2007; CAMERON; TRIVEDI, 2009):

$$\frac{dQ_{\theta}(y|x)}{dx_j} = \beta_{qj} \quad (50)$$

Tal procedimento possui vários benefícios quando comparado às regressões lineares “convencionais”, como parâmetros robustos a outliers e à suposição da distribuição dos dados e caracterização mais rica dos dados (CAMERON; TRIVEDI, 2009).

Para se avaliar a diferença estatística entre os coeficientes para cada quantil, foi utilizado o teste de Wald. Sendo estimadas a variância e covariância, pode-se testar a hipótese de igualdade entre pares de coeficientes em cada quantil $\hat{\beta}_i^{(p)}$ e

$\hat{\beta}_i^{(q)}$, correspondendo à mesma variância, mas entre diferentes quantis p e q usando a estatística de Wald (HAO; NAIMAN, 2007):

$$\text{Estatística – Wald } (W) = \frac{(\hat{\beta}_j^{(p)} - \hat{\beta}_j^{(q)})^2}{\hat{\sigma}_{\hat{\beta}_j^{(p)} - \hat{\beta}_j^{(q)}}^2} \quad (51)$$

Sob a hipótese nula, a estatística de Wald segue distribuição χ^2 com q graus de liberdade, sendo q o número de hipóteses testadas conjuntamente ou com distribuição F , em que $F = \frac{1}{q} W$, com q graus de liberdade no numerador e d graus de liberdade no denominador (CAMERON; TRIVEDI, 2009).

Na estimação da regressão quantílica, foi utilizado o pacote *quantreg* para o programa estatístico R, versão 2.11.0. Os parâmetros são estimados por meio do algoritmo de Barrodale e Roberts (1974), descrito em detalhes por Koenker e d'Orey (1987).

As variáveis utilizadas na regressão quantílica (Tabela 5) buscaram captar as relações e efeitos marginais referentes às características dos produtores e das propriedades, de forma a subsidiar decisões quanto às melhores formas de aumentar o desempenho dos produtores técnica, econômica e ambientalmente, distinguindo as respostas daqueles produtores de menor e maior desempenho, captado pelos parâmetros estimados para os quantis inferiores e superiores.

Desta forma, as variáveis “Idade”, “Idade2”, “Escolaridade”, “Experiência” e “Treinamento” buscaram captar efeitos do aprendizado formal ou informal sobre os escores de eficiência, sendo que inicialmente espera-se relacionamento positivo entre essas e os escores de eficiência (TE, CE e EE).

As variáveis explicativas relacionadas à profissionalização do produtor (Administrador e Controle) buscaram captar a importância da profissionalização destes sobre a eficiência, esperando-se um relacionamento positivo para as eficiências técnica, ambiental e econômica, uma vez que a maior profissionalização estaria relacionada à utilização racional dos insumos, buscando evitar desperdícios e consequente redução dos dejetos. A variável “Raça” e “Variação” buscaram captar a especialização do sistema produtivo e o sistema de manejo, esperando-se relação positiva entre essas e a eficiência técnica e econômica, enquanto para a eficiência ambiental espera-se efeito negativo, uma vez que raças com características leiteiras tendem a permanecer no curral, consumir grande quantidade de alimentação e produzir dejetos que se acumulam e apresentam capacidade de poluição ambiental, como destacam Hardoim e Gonçalves (2003). Para a variável “Intensidade”, espera-se

relação positiva com a “TE” e “CE” e negativa com “EE”, uma vez que uma maior intensidade da produção utilizaria, por definição, menos insumos proporcionais ao produto, enquanto teria uma maior produção de dejetos pela intensidade da produção. Ademais, Di e Cameron (2002) destacam que o aumento da intensidade da produção agropecuária está principalmente associado à maior utilização de fertilizantes nitrogenados e resíduos orgânicos, e também elevadas quantidades de nitrogênio.

O aumento da intensidade da produção láctea está relacionado à maior facilidade administrativa do sistema produtivo, segundo Alvares *et al.* (2008) e Cabrera *et al.* (2010). Desta forma a intensidade da produção foi analisada, tomando como *proxy* o número total de vacas por hectare como em Alvares *et al.* (2008).

As variáveis “Variação” e “Raça” foram incluídas como forma de captar a relação entre a capacidade reprodutiva e a relação vacas lactantes/vacas secas, como Roberts e Gomes (2004) propõem como alternativa para a melhoria da eficiência dos produtores.

As variáveis “Treinamento”, “Assistência12”, “Assistência36”, “Assistência6”, “Experiência”, “Escolaridade” e “Administrador” foram incluídas como forma de captar suas relações com a eficiência, esperando-se relação positiva. Dentre as justificativas para essa expectativa, como pontuado por Tauer (1993), está a melhoria da capacidade dos produtores em interpretar as variações do mercado e, desta forma, alocar de melhor maneira os insumos com base nos preços relativos.

Considerando a discussão de Alvares *et al.* (2008) e Cabrera *et al.* (2010), foram incluídas as variáveis “Produtividade das vacas”, “Produtividade da mão-de-obra” e “Lactantes” e “Intensidade”, como estratégia na avaliação da relação entre a intensificação do sistema produtivo e o desempenho dos produtores. Espera-se relação positiva entre essas e todos os escores de eficiência, dado que, como esses autores concluíram, propriedades intensivas produzem mais leite por vaca, por alimento consumido, por hectare, apresentando menor custo médio, e, também, por serem mais fáceis de administrar, como esses autores sugerem. Espera-se relação positiva entre a intensidade dos sistemas e a eficiência ambiental, uma vez que o uso de pastagens, característica predominante no sistema extensivo, possui baixa eficiência de alimentação (DI; CAMERON, 2002; CABRERA *et al.*, 2010).

Foram adicionadas variáveis *dummies* para captar a diferença de eficiência técnica, econômica e ambiental entre os estratos, de forma a captar os dois componentes do custo de produção, que poderiam resultar em custo de produção maior para os pequenos produtores, como tratado por Tauer e Mishra (2006). O primeiro componente, segundo esses autores, refere-se ao custo da tecnologia e das práticas do fazendeiro em fazer uso dessa. Por esse componente, o custo do produtor pode ser maior por existir apenas uma tecnologia adequada aos maiores produtores, e assim há

um superdimensionamento da atividade produtiva, ou seja, poucos insumos são transformados em produto. O segundo componente refere-se à ineficiência econômica dos produtores, ou seja, os produtores não utilizam a relação correta de insumos, dados seus preços relativos. Como forma de captar variações nos escores de eficiência, entre os grupos de produtores, não explicadas pelas variáveis incorporadas na regressão quantílica, foi adicionada uma variável *dummy* referente ao grupo no qual o produtor está inserido.

4.5. Fonte de Dados

Os dados utilizados no estudo são provenientes do “Diagnóstico da Pecuária Leiteira no Estado de Minas Gerais em 2005” (FAEMG, 2006). Esses dados compreendem 1.000 produtores de leite comerciais mineiros, sendo considerados produtores comerciais aqueles no qual a atividade leiteira possuiu maior importância no tempo do proprietário, no mínimo 60%, em média. A amostra, para obter representatividade, foi estratificada segundo dois critérios: quantidade produzida de leite e número de produtores. Inicialmente, a amostra foi dividida em meso/microrregiões homogêneas, de acordo com as quantidades produzidas de leite em 2004. Uma vez que há produção láctea em todas as mesoregiões do estado, o estudo cobriu-as todas. A seguir, os produtores de cada mesoregião foram divididos de acordo com o número em cada estrato de produção, segundo dados do relatório preliminar do Censo da Indústria de Laticínios de Minas Gerais. Pela combinação dos dois critérios de estratificação, por quantidade de leite em cada microrregião e por número de produtores em cada estrato de produção, determinou-se a amostra, sendo 440, 354, 140, 40 e 26 produtores com produção diária de até 50 litros, de 50 a 200 litros, de 200 a 500 litros, de 500 a 1.000 litros e acima de 500 litros, respectivamente, totalizando 1.000 produtores.

Os dados obtidos permitem o estudo detalhado dos produtores rurais, uma vez que foram coletadas informações que podem ser consideradas como que retratando todos os aspectos produtivos da propriedade e dos produtores. A amostra inclui o perfil do produtor, características sócio econômicas, adoção de tecnologias, recursos disponíveis para a atividade, tipo de alimentação, preços recebidos e custo dos insumos, conhecimento do produtor e fonte de informação sobre a atividade, indicadores financeiros, etc. Esses dados permitem, assim, a análise técnica, econômica e ambiental dos produtores, dada a alta capacidade de captar os mais diversos aspectos das propriedades, dos produtores, do rebanho, da terra, etc.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Formação dos Grupos

A análise fatorial foi estimada de forma a obter os escores fatoriais e a partir destes distribuir os produtores rurais em grupos tecnologicamente homogêneos. A amostra total contou com 850 produtores. Foram retiradas aquelas observações referentes a produtores que declararam não possuir vacas leiteiras, área destinada ao rebanho, não utilizar mão-de-obra ou não utilizar concentrados, para o período de análise. Foram aceitos na amostra produtores que não apresentavam área com pastagem, desde que apresentasse área destinada à produção de volumosos para a alimentação no cocho como milho, cana, etc. ou dispendessem recursos na compra de concentrados ou os produzissem na propriedade. Foram aceitos na amostra aqueles produtores que não utilizavam suplementos minerais e que não utilizavam mão-de-obra familiar, desde que utilizavam mão-de-obra contratada, e vice-versa. As estatísticas descritivas para cada variável estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Estimativas descritivas para as variáveis utilizadas na análise multivariada, Minas Gerais, 2005

Variáveis / Estatísticas	Descrição	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Instalação.v	R\$/cabeças	118,83	183,72	0	2.331
Máquinas.v	R\$/cabeças	93,71	194,09	0	2.319,6
Pastagens.a	%	0,82	0,18	0	1
Vacas.p	Cabeças/ha	1,63	4,70	0	120
Cocho.a	%	0,15	0,16	0	1
Vacas.c	Cabeças/ha	9,97	14,35	0	150
Concentrado.v	R\$/cabeças	219,42	208,42	2,18	1.409,2
Minerais.v	R\$/cabeças	33,86	30,25	0	510
Familiar.a	R\$/ha	225,61	418,04	0	7.200
Familiar.v	R\$/cabeças	205,83	180,77	0	2.200
Contratada.a	R\$/ha	71,48	154,76	0	1.800
Contratada.v	R\$/cabeças	74,46	119,85	0	673,55
Variação	%	1,40	0,87	0	19,37

Fonte: Resultados da Pesquisa. Obs.: As letras após o nome das variáveis “v”, “p”, “c” e “a” denotam que o denominador da relação é, respectivamente; número de vacas; área com pastagens da propriedade; área com cana de açúcar, capineira, milho e sorgo para silagem; e área total da propriedade destinada à pecuária de leite.

Desta forma, a análise fatorial foi realizada pelo método dos componentes principais. Observando o critério de Kaiser (1958), em que devem ser mantidas aquelas dimensões ou fatores que representassem pelo menos a informação de variância de uma variável original, ou seja, apresentam raiz característica maior ou igual a 1, foram mantidos os cinco primeiros fatores. Estes fatores explicam conjuntamente aproximadamente 71% da variância total dos dados, que pode ser considerada como satisfatória, segundo Hair *et al.* (2005). As variâncias explicadas por cada autovalor e acumuladas estão apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Fatores extraídos pelo método dos componentes principais.

Fatores	Autovalor	Variância Explicada (%)	Variância Acumulada (%)
F1	2,82	21,71%	21,71%
F2	2,44	18,77%	40,48%
F3	1,60	12,32%	52,80%
F4	1,30	9,99%	62,79%
F5	1,08	8,27%	71,06%

Fonte: Resultados da Pesquisa.

A análise fatorial pressupõe que as variáveis resposta sejam correlacionadas entre si e tal correlação pode ser avaliada por meio do teste de esfericidade de Bartlett (1951). Esse teste, com distribuição qui-quadrado, obteve o valor para χ^2 de 4.136,168 com 78 graus de liberdade, permitindo, desta forma, rejeitar a hipótese nula (H_0 : a matriz de correlação é uma matriz identidade) ao nível de significância de 1%.

Buscando avaliar a adequabilidade dos dados à Análise Fatorial, foi utilizado o critério de Kaiser (1958), que compara as correlações parciais e simples, assumindo valores entre 0 e 1. O valor “0” indica não adequação dos dados ao método e o valor “1” indica perfeita adequação dos dados. O valor estimado para os dados foi de 0,578, indicando adequação regular dos dados ao método. Para analisar a consistência das escalas foi utilizado o teste Alpha de Cronbach (1951). O resultado para o coeficiente Alpha foi de 0,62, indicando confiabilidade satisfatória dos constructos.

A adequação das variáveis ao método pode ser analisada por meio dos valores para a unicidade, apresentadas para cada variável na Tabela 8. Como descrito anteriormente, valores acima de 0,6 podem ser atribuídos a especificidades das variáveis. De maneira geral, as variáveis são bem explicadas pelos fatores. Apenas uma variável apresentou valor maior do que 0,42, sendo portanto que o método e o número de fatores extraídos se adequam às variáveis.

Tabela 8. Cargas fatoriais e cumunalidades obtidas por meio da análise fatorial

Variáveis	Cargas fatoriais					Unicidade
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	
Pastagens	-0,9	-0,12	-0,15	0,02	-0,03	0,16
Vacas.c	-0,5	0,15	0,59	-0,03	-0,14	0,36
Variação	-0,08	-0,03	0,04	0,2	-0,47	0,73
Máquinas.v	-0,05	0	0,05	0,87	-0,07	0,24
Minerais.v	-0,04	0,08	-0,01	0,09	0,76	0,41
Instalação.v	0,01	-0,16	-0,01	0,88	0,08	0,19
Contratada.v	0,05	0,88	-0,1	-0,1	0,12	0,18
Familiar.v	0,13	-0,54	0,17	0,44	0,37	0,33
Familiar.a	0,21	-0,24	0,83	0,12	0,13	0,19
Contratada.a	0,22	0,84	0,08	-0,04	0,05	0,23
Vacas.p	0,26	0,09	0,85	-0,03	-0,07	0,2
Concentrado.v	0,32	0,4	0,04	-0,06	0,56	0,42
Cocho	0,91	0,11	0,17	-0,01	0,03	0,13

Fonte: Resultados da Pesquisa.

As variáveis foram reduzidas aos cinco fatores mantidos na análise fatorial. Aquelas com cargas fatoriais (correlação) maiores que 0,30 foram utilizadas na interpretação dos fatores e estão destacadas em negrito na Tabela 8 (colunas Fator 1

ao Fator 5), seguindo as orientações de Hair *et al.* (2005). Segundo esses autores, esses valores podem ser considerados significativos a 5% para uma amostra com pelo menos 350 observações – a análise fatorial estimada incluiu 850 observações.

Dada a adequação do modelo, os escores fatoriais para os cinco primeiros fatores foram estimados conforme a equação (19). Esses escores foram, então, utilizados como variáveis para a formação dos grupos de produtores, de forma a contornar problemas com multicolinearidade entre variáveis, sendo esses grupos formados via dois estágios. Inicialmente, foi utilizado o método de Wald para o agrupamento das variáveis. Após a estimação, foi utilizado o critério de parada pelo critério de parada – pseudo F – proposto por Calinski e Harabasz (1974). Esse método indicou a formação de 2 agrupamentos de produtores. A partir deste resultado, foi utilizado o método de k-média para se distribuir os produtores entre dois grupos homogêneos tecnologicamente.

As estatísticas descritivas dos escores fatoriais por grupo de produtores são apresentadas na Tabela 9. Observando as estatísticas descritivas para os escores fatoriais por grupo, percebe-se que o primeiro grupo é o mais homogêneo, segundo o desvio padrão para as variáveis, mesmo sendo o maior agrupamento.

Tabela 9. Descrição dos escores fatoriais por grupos de produtores, Minas Gerais, 2005

Variável	Grupo 1				Grupo 2			
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
F1	-0,36	0,49	-2,48	1,30	1,14	1,29	-2,88	5,11
F2	-0,09	0,71	-1,35	4,96	0,28	1,57	-1,81	11,13
F3	-0,18	0,64	-3,93	1,52	0,55	1,57	-16,97	7,48
F4	-0,20	0,73	-1,93	4,58	0,63	1,40	-2,82	6,46
F5	0,08	0,78	-7,92	3,68	-0,26	1,47	-4,32	8,98
Número de produtores	644				206			

Fonte: Resultados da pesquisa.

5.2. Desempenho dos Produtores

Considerando as especificidades tecnológicas de cada grupo, foram estimadas duas curvas “isoquanta”, “isocusto” e “isonutrientes” para os produtores, uma para cada grupo tecnológico. Posteriormente, a diferença estatística, quanto à tecnologia, entre os sistemas foi analisada por meio do procedimento proposto por Marinho e Façanha (2000). Então, o desempenho técnico, econômico e ambiental dos produtores foi avaliado em relação a essas por meio das medidas de eficiência, para os produtores nos respectivos grupos, por meio da Análise Envoltória de Dados. Após determinar e corrigir as ineficiências de curto prazo, dados os sistemas tecnológicos, o desempenho dos produtores foi estimado considerando o longo prazo e a melhor tecnologia.

Desta forma, as próximas subseções apresentam e discutem os resultados de eficiência no curto prazo, que considera as especificidades tecnológicas de cada grupo, comparando o desempenho dos produtores no grupo. A subseção seguinte analisa e discute o desempenho dos produtores no longo prazo.

5.2.1. Desempenho de curto prazo

Dadas as características tecnológicas dos produtores, foram estimadas duas isoquantas e a produção efetiva de cada produtor e, posteriormente, a utilização dos insumos de cada produtor foi comparada à produção potencial e à necessidade de insumos, resultando nos escores de desempenho técnico e econômico para os produtores. As estatísticas descritivas, utilizadas na estimação do desempenho dos produtores, estão apresentadas na Tabela 10, para cada grupo tecnológico.

Observando a tabela, a quantidade média de terra utilizada pelos produtores se destaca. Mesmo dado o elevado preço médio das terras, os produtores de ambos os grupos possuem baixa densidade de vacas por hectare. Esse comportamento pode ser atribuído à utilização da terra como reserva de valor. Destaca-se também que, entre os diferentes grupos, a quantidade relativa utilizada de cada insumo é semelhante. Para cada grupo, o principal insumo utilizado em quantidade é a forragem, seguida do concentrado, mão-de-obra, terra e vacas. Observa-se que os produtores utilizam a forragem como principal alimento para o rebanho, provavelmente pelo menor custo médio, como pode ser observado. Ambientalmente, esse maior uso também é vantajoso, dado que as forragens possuem menor quantidade de nitrogênio por quilo, quando comparado aos concentrados.

Por meio das estatísticas descritivas por grupo de produtores, apresentadas na Tabela 10, pode-se observar que o primeiro grupo possui característica extensiva e especializada para a produção láctea. O segundo grupo apresenta maior caráter intensivo em mão de obra contratada e utilização de concentrados, proporcionalmente.

Tabela 10. Estatísticas descritivas para as variáveis utilizadas, Minas Gerais, 2005

Descrição	Quantidade		Preço		Vetor de Nutrientes	
	Grupo 1					
Insumos	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Terra	58,75	88,43	5.140,0 0	4.503,33		
Mão-de-obra	357,62	351,13	53,09	336,41		
Vacas	32,33	44,00	974,26	403,85		
Fornagem	410.271,30	555.113,80	0,09	0,09	0,04	0,17
Concentrado	6.828,75	13.471,93	134,94	2.503,30	0,05	0,14
Produto						
Receita	59.684,68	154.792,30				
Grupo 2						
Insumos	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Terra	75,16	0,50	6.084,3 2	5.974,91		
Mão-de-obra	565,10	815,57	277,30	1.452,78		
Vacas	47,24	81,09	1.277,3 3	472,11		
Fornagem	590.637,20	984.958,30	0,57	2,49	0,05	0,11
Concentrado	29.416,17	104.941,20	438,76	5.308,12	0,07	0,11
Produto						
Receita	158.443,00	308.102,70				

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: A variável "Terra" está medida em hectares; a "Mão-de-obra" está medida em equivalentes homem, "Vacas" está medida em cabeças; "Fornagem" e "Concentrado" estão medidas em quilos de nitrogênio; e a "Receita" está medida em Reais. Todas as variáveis consideram como período de tempo um ano.

A Tabela 11 permite uma melhor compreensão da natureza de cada grupo quanto à utilização dos insumos. Essa tabela apresenta a representatividade média de cada insumo no produto da pecuária dos produtores para cada grupo. Dadas essas características, esses grupos serão tratados como *extensivo especializado* e *intensivo*

capitalizado, para os grupos 1 e 2, respectivamente. De forma geral, observa-se que os produtores do grupo de maior intensidade produtiva utilizam maiores quantidades de todos os insumos e obtêm maior quantidade produzida, como pode ser analisado pelos dados da Tabela 11

Os produtores do grupo extensivo utilizam menor quantidade absoluta de insumos, e possuem uma menor produção, como observado na Tabela 10. A Tabela 11 confirma a natureza extensiva desse grupo, quando comparado aos produtores do segundo grupo. Os produtores extensivos usam, proporcionalmente à produção, maiores quantidade de terra, vacas, mão-de-obra familiar e forragem e menores quantidades de concentrado, enquanto os produtores intensivos empregam, proporcionalmente à receita, menores quantidades de terra, mão-de-obra familiar, vacas e forragens e maiores quantidades de concentrado e mão de obra contratada.

A robustez desses resultados pode ser verificada comparando com o padrão da produção láctea mineira. Nessa atividade, conforme SEBRAE/FAEMG (1996) e FAEMG (2006), predominam os sistemas extensivos à base de pasto, com pequena produção, produtividade e baixa capitalização, como no primeiro grupo.

Tabela 11. Razão dos insumos sobre o valor da produção

Relação	Grupo 1	Grupo 2
Terra (hectares) /Receita	0,10%	0,05%
Mão-de-obra Familiar (Reais) /Receita	16,30%	7,84%%
Mão-de-obra Contratada (Reais) /Receita	2,67%	8,35%
Vacas (cabeças) /Receita	0,05%	0,03%
Forragem (quilogramas)/Receita	687,40%	372,78%
Concentrado (quilogramas) /Receita	11,44%	18,57%

Fonte: Resultados da Pesquisa.

O desempenho técnico, econômico e ambiental para os produtores foi então estimado considerado duas tecnologias. A diferença estatística quanto à tecnologia de produção, captada por duas fronteiras de produção foi analisada por meio do teste de Mann e Whitney (1947). A estatística calculada para a eficiência técnica, econômica e ambiental foi de 9,89, -5.11 e -6.01, respectivamente. Esses resultados foram significativos ao nível de significância de 1% e indicam a existência de duas tecnologias de produção e a importância de estimar uma fronteira de produção para cada sistema tecnológico, extensivo e intensivo.

Na próxima seção, o desempenho técnico e econômico dos produtores é estimado e, na seção subsequente, o desempenho ambiental dos produtores é estimado e analisado.

5.2.1.1. Desempenho técnico e econômico para a produção láctea mineira

Como forma de analisar, formalmente, o desempenho técnico, os escores de eficiência técnica para os produtores em cada grupo foram estimados. Esses escores estão sumarizados na Tabela 12. Essa tabela também apresenta a dispersão média dos escores dos produtores em relação à eficiência¹⁵.

Tabela 12. Medidas de eficiência e estatísticas descritivas para os produtores de leite de acordo com a escala de produção, Minas Gerais, 2005.

Medidas de eficiência	% Produtores eficientes	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado						
Eficiência técnica (Retornos constantes)	3%	25,6%	24,1%	1,7%	100%	71,57%
Eficiência técnica (Retornos variáveis)	6%	41,4%	25,5%	7,0%	100%	58,05%
Eficiência de escala	3%	58,2%	29,6%	6,5%	100%	47,17%
Grupo 2- Intensivo capitalizado						
Eficiência técnica (Retornos constantes)	6%	50,3%	23,1%	9,4%	100%	54,83%
Eficiência técnica (Retornos variáveis)	8%	60,0%	23,9%	17,5%	100%	46,59%
Eficiência de escala	6%	85,1%	19,0%	9,4%	100%	24,14%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Considerando as estimativas apresentadas na Tabela 12, algumas considerações são necessárias de forma a evitar equívocos na análise: as medidas de eficiência técnica entre os grupos não podem ser diretamente comparadas quanto aos seus valores, uma vez que esses foram estimados considerando diferentes

¹⁵ A dispersão média em relação à eficiência foi calculada por: $Dispersão = \sqrt{(\sum_{i=1}^n (\theta_i - 1)^2 / (n - 1))}$, em que θ_i é o escore de eficiência para o produtor i e “ n ” o número de produtores no grupo. Esse cálculo foi feito para cada grupo separadamente.

isoquantas. Essas estimativas, segundo Gomes *et al.* (2009), devem ser interpretadas quanto à homogeneidade dos grupos, em que os grupos com maiores escores possuem maior homogeneidade.

Considerando a ressalva anterior, os produtores do primeiro grupo apresentam a menor homogeneidade quanto ao desempenho técnico, embora apresentem maior homogeneidade quanto à tecnologia utilizada, como analisado na seção “5.1. Formação dos Grupos”. Assim, há uma maior folga entre a produção realizada, dada a capacidade produtiva da tecnologia empregada, e a produção possível. Desta forma, os produtores do primeiro grupo apresentam maior ineficiência que os produtores do segundo grupo, dada a tecnologia empregada.

As estimativas para os produtores de caráter extensivo e especializado indicam que esses produtores, na média, poderiam reduzir proporcionalmente a quantidade utilizada dos insumos em 74,4% e 58,6%, e manter a quantidade produzida, considerando os modelos com pressuposição de retornos constantes e variáveis, respectivamente. Destaca-se que os produtores extensivos apresentam um maior desvio médio em relação à eficiência, ou seja, para os produtores desse grupo será necessário um maior esforço para que alcancem a eficiência produtiva.

Por seu turno, os produtores com características intensivas e de maior capitalização foram mais homogêneos quanto à ineficiência produtiva, entretanto, a ineficiência técnica estimada também foi substancial. Esses produtores podem reduzir a quantidade utilizada de insumos em até 49,7%, considerando retornos constantes, e ainda manter a quantidade produzida. Destaca-se que, assim como para o primeiro grupo, esses produtores também apresentam ineficiência de escala. Apenas 6% dos produtores são eficientes quando se considera a escala de produção; dessa forma, a ineficiência decorre tanto da má alocação dos insumos, como de escala de produção inadequada, assim como no primeiro conjunto de produtores.

Como forma de analisar a natureza da escala de produção dos produtores, os escores de eficiência dos modelos com pressuposição de retornos variáveis e retornos não crescentes à escala são comparados por meio das regras de decisão, apresentadas na seção “4.3. Análise Envoltória de Dados”. A Tabela 13 apresenta a natureza dos retornos à escala dos produtores.

Examinando os resultados da Tabela 13, percebe-se que os produtores, em sua maioria, estão operando com retornos crescentes à escala, ou seja, os produtores devem aumentar a produção, sendo que o aumento da quantidade de insumos, de forma eficiente, resulta em ganhos de produção e produtividade. Para os produtores com rendimentos decrescentes, esses devem reduzir a escala de produção, ou adotarem novas tecnologias, deslocando a função de produção para cima, como

discutem Ferreira e Gomes (2009). Os produtores com rendimentos constantes à escala são eficientes quanto à escala, uma vez que a escala de produção desses produtores é tal que produzem com máxima produtividade média. Os produtores com rendimentos crescentes possuem a possibilidade de ganhos na produtividade média, à medida que aumentam a produção, enquanto que, para os produtores com rendimentos decrescentes, aumentos na produção reduzem a produtividade média.

Tabela 13. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala

Tipo de Retornos	Número de Produtores	%
Grupo 1 - Extensivo especializado		
Retornos crescentes	612	95%
Retornos decrescentes	10	2%
Retornos constantes	21	3%
Total	643	
Grupo 2- Intensivo capitalizado		
Retornos crescentes	155	75%
Retornos decrescentes	38	18%
Retornos constantes	13	6%
Total	206	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados anteriores indicam a existência de folga substancial entre a quantidade de insumos necessária e efetivamente utilizada pelos produtores com sistema produtivo com características tecnológicas extensivas e de maior especialização para a produção leiteira. Desta forma, ambos os sistemas produtivos apresentam grande potencial de redução da utilização dos insumos. Menores ineficiências foram encontradas por outros autores como Tauer (1993), Tupy e Yamaguchi (2002), Gomes (2005), Gonçalves *et al.* (2008) e Ramilan *et al.* (2011), que analisaram o desempenho técnico e, ou econômico de produtores de leite utilizando a análise envoltória de dados. Desses estudos, apenas Tauer (1993) considerou as limitações sobre os sistemas produtivos no curto prazo, analisando o desempenho de produtores em Nova York. Esse autor obteve eficiência média com pressuposição de retornos variáveis e constantes à escala de 78% e 87%, respectivamente, no curto prazo. Tupy e Yamaguchi, que analisaram o desempenho de produtores fornecedores da Itambé, estimaram escores de eficiência de 83,7%, 71,3% e 85,5% para os modelos de retornos variáveis, constantes e eficiência de escala, sendo que a maioria

dos produtores apresentavam retornos decrescentes à escala. Ramilan *et al.* (2011) encontraram resultados semelhantes para a eficiência técnica com pressuposição de retornos constantes para produtores de leite neozelandeses.

Analisando o desempenho dos produtores de leite majoritariamente mineiros, em 2005, Gomes (2005) obteve estimativas elevadas para a eficiência dos produtores com eficiência média de 85% e 91% com a pressuposição de retornos constantes e variáveis, respectivamente. Gonçalves *et al.* (2008) obteve escores de eficiência médios substancialmente menores, de 15,21%, 17,54% e 31,07% para produtores com produção de até 50 litros/dia, de 50 a 200 litros/dia e acima de 200 litros/dia, com a pressuposição de retornos constantes. Considerando esses mesmos estratos de produção, a eficiência de escala média nesse estudo foi de 57,6%, 59,6% e 74,2%.

De maneira geral, os estudos de maneira geral apontam para necessidade de melhoria do desempenho técnico dos produtores dada a ineficiência desses para diversas regiões ou países. Em todos os estudos, parte dessa ineficiência pode ser explicada pela escala de operação, com os produtores apresentando um escala pequena ou elevada, dada a sua tecnologia. Assim sendo, esses estudos sustentam os comportamentos gerais encontrados para os produtores considerados, dados seus sistemas tecnológicos, sendo a maioria dos produtores ineficientes, com ineficiência explicada pela má alocação dos insumos e da escala de produção.

Dada a disponibilidade do vetor de preços para os insumos, a eficiência econômica e alocativa, para os produtores nos respectivos grupos, podem ser estimadas. Entretanto, de forma a apresentar apenas as estimativas que melhor se ajustem aos dados, quanto à pressuposição de retornos à escala, os escores de eficiência técnica apresentados anteriormente foram utilizados no teste de Kolmogorov-Smirnov, permitindo indicar sob qual pressuposição de retornos à escala a eficiência econômica e alocativa devem ser estimadas.

A estatística estimada para o teste foi igual a $D = 0,3765$ e $D = 0,9369$, para os produtores do primeiro e segundo grupos, respectivamente. O valor crítico, calculado, por meio de (47), foi igual a 0,09 e 0,16, respectivamente. Desta forma, rejeita-se a hipótese nula para ambos os grupos. Isso implica que, estatisticamente, há ineficiência de escala e o melhor modelo é aquele que pressupõe retornos variáveis à escala. Esse resultado estatístico confirma os resultados na Tabela 12, quanto à ineficiência de escala dos produtores. Dados esses resultados, foram estimadas a eficiência econômica e alocativa com a pressuposição de retornos variáveis à escala para ambos os grupos. A Tabela 14 apresenta os respectivos valores médios para os produtores para cada grupo e a “Dispersão” média dos produtores em relação aos produtores eficientes.

Os resultados para os escores de eficiência indicam o grande potencial de redução na quantidade de insumos e custos para os produtores, de ambos os grupos. Os produtores extensivos e intensivos podem reduzir os custos em 84,7% e 65%¹⁶, respectivamente, e manter a quantidade produzida, permitindo o aumento da rentabilidade da produção e melhoria da qualidade de vida da família. A ineficiência econômica origina-se, principalmente, pela ineficiência alocativa, para ambos os grupos. Com a correção da má alocação dos insumos, dados seus preços relativos, o uso desses pode ser reduzido em 61,8% e 41,9%¹⁷, sendo a dispersão média para a eficiência alocativa de 59,59% e 47,19%. Esses valores são próximos e indicam que a interpretação pela média pode ser aceitável.

Tabela 14. Estatísticas descritivas para os escores de eficiência para os produtores por grupos

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado					
Eficiência Econômica	15,3%	14,6%	1,1%	100%	86,01%
Eficiência Técnica	41,4%	25,5%	7,0%	100%	58,05%
Eficiência Alocativa	38,2%	19,8%	2,0%	100%	59,59%
Grupo 2- Intensivo capitalizado					
Eficiência Econômica	35,0%	22,1%	5,5%	100%	68,61%
Eficiência Técnica	60,0%	23,9%	17,5%	100%	46,59%
Eficiência Alocativa	58,1%	21,7%	11,0%	100%	47,19%

Fonte: Resultados da pesquisa

Esse comportamento pode ser explicado pela defasagem entre a decisão do que e como produzir, a efetiva produção e venda e a incerteza do comportamento dos preços. Essa defasagem é particularmente importante para a pecuária de leite, uma vez que a decisão quanto à formação de pastagens, tamanho do rebanho, instalações e outras, deve ser tomada com antecedência. Esse espaço de tempo entre as decisões e a produção, somado à incerteza quanto ao comportamento dos preços dos insumos no momento da produção, comprometem a capacidade dos produtores em determinar as quantidades utilizadas dos insumos, dados seus preços relativos, no

¹⁶ Destaca-se que os valores de 61,8% e 41,9% não devem ser comparados entre os grupos em valores absolutos. Essas medidas de ajuste refletem apenas o percentual possível de ajuste médio por cada grupo de produtores, segundo sua respectiva fronteiras de produção e tecnologia empregada e não necessariamente representam que um grupo é mais eficiente que outro grupo de produtores.

¹⁷ Entretanto, destaca-se que na prática, o correto ajuste no uso dos insumos por parte dos produtores pode não ser possível, dada as limitações de informações que permitiram o correto ajuste dos insumos, dados seus preços, e os custos associados ao acompanhamento constante dos preços e ajustes rotineiros no uso desses insumos.

momento do efetivo uso. Entretanto, como apresentado na Tabela 10 e Tabela 11, os produtores utilizam maiores quantidades dos insumos mais baratos, como forragens, salvo algumas exceções, que pode ser um indicativo de que os produtores consideram apenas os custos unitários dos insumos e desconsideram o ganho unitário sobre a produção associado ao aumento de uma unidade de dado insumo. Isso pode ocasionar à utilização excessiva dos insumos mais baratos e subutilização dos insumos de maior custo. Como forma de analisar essa relação, a Tabela 15 apresenta a variação média para as quantidades dos insumos, de forma que o custo médio seja minimizado, para cada grupo de produtores.

Tabela 15. Variação percentual média das quantidades dos insumos utilizados para a minimização dos custos

Insumo	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Grupo 1 - Extensivo especializado				
Mão-de-obra	89,2%	94,3%	0,0%	886,5%
Terra	11,1%	13,6%	0,6%	102,9%
Vacas	24,0%	18,9%	2,1%	150,0%
Forragem	9,3%	15,9%	0,5%	169,7%
Concentrado	101,9%	214,8%	0,7%	2191,5%
Grupo 2- Intensivo capitalizado				
Mão-de-obra	59,4%	104,6%	0,9%	1228,4%
Terra	32,1%	26,2%	4,1%	115,2%
Vacas	80,5%	120,1%	18,4%	1660,6%
Forragem	34,9%	34,2%	1,1%	294,5%
Concentrado	46,1%	132,9%	0,3%	1164,9%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Por meio da Tabela 11, observou-se que os produtores do primeiro conjunto utilizavam, relativamente ao segundo conjunto de produtores, maiores quantidades de mão-de-obra, terra, trabalho e forragem para cada unidade de receita. Quando esses resultados são confrontados com as reduções médias para cada insumo, minimizando os custos (Tabela 15), nota-se que, com exceção da mão-de-obra, os produtores do primeiro grupo apresentam uma menor necessidade de ajuste desses insumos, proporcionalmente ao segundo grupo. Por outro lado, reflexo da super-utilização dos insumos mais baratos e subutilização dos insumos mais caros, a quantidade fornecida de concentrados ao rebanho deve ser aumentada no primeiro grupo. Desta forma, os produtores extensivos utilizam uma maior quantidade de insumos de menor custo, corroborando a hipótese de falta de recursos para a compra de insumos de maior preço unitário, mas de maior produtividade no sistema produtivo, dada a utilização relativa dos demais insumos.

Os produtores do segundo grupo, considerados intensivos, utilizam uma maior proporção de insumos de maior custo unitário, de forma que esses insumos devem sofrer um maior ajuste proporcional, quando comparados aos demais insumos utilizados por esses produtores. Por exemplo, cada hectare de terra destinado à pecuária de leite possui um custo médio de R\$ 6.084,32 para esses produtores, enquanto a mão-de-obra possui um custo de R\$ 277,30/equivalente homem, (Tabela 10). Entretanto, o uso de mão-de-obra deve ser reduzido, em média, em 40,6%, enquanto a área destinada à pecuária, 67,9%.

A seguir, são apresentados na Tabela 16 os custos de produção, considerando o uso ineficiente e eficiente dos insumos. Ressalta-se que os resultados devem ser utilizados como comparação entre os produtores e não interpretados em valor absoluto, haja vista que foram incluídos como custo o valor das terras e o número de vacas. Por meio dessa tabela, nota-se a melhoria média do desempenho econômico dos produtores, para ambos os grupos, via redução dos custos.

Tabela 16. Médias para custos e produção por custo com ineficiência e correções

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Grupo 1 - Extensivo especializado				
Receita	59.684,7	154.792,3	2.920,0	2.669.750,0
Custo mínimo (ce)	44.099,3	238.711,5	4.346,3	5.678.456,0
Custo “atual” (ca)	322.998,6	459.220,2	8.610,0	5.678.456,0
Diferença (ca-ce)	278.899,2	373.978,1	0,0	3.605.168,0
Receita/Custo Mínimo	1,85	1,19	0,22	8,16
Receita/Custo Atual	0,23	0,20	0,01	2,81
Grupo 2- Intensivo capitalizado				
Receita	158.443,0	308.102,7	2.920,0	3.427.086,0
Custo mínimo (ce)	381.733,8	1.806.577,0	6.604,7	20.900.000,0
Custo “atual” (ca)	895.359,9	3.493.806,0	10.358,8	42.700.000,0
Diferença (ca-ce)	513.626,0	2.761.016,0	0,0	39.000.000,0
Receita/Custo Mínimo	1,17	0,67	0,06	4,71
Receita/Custo Atual	0,36	0,22	0,01	1,21

Fonte: Resultados da Pesquisa.

De forma geral, os produtores intensivos apresentam uma melhor relação benefício/custo quando há ineficiência produtiva. Os produtores extensivos recebem R\$ 0,23 a cada R\$1,00 gasto com insumos, enquanto os produtores intensivos

recebiam R\$ 0,36. Entretanto, ambos os sistemas seriam inviáveis, pelo menos no longo prazo. Com o uso correto dos insumos, ambos os sistemas apresentam maior viabilidade, sendo que a cada R\$ 1,00 dispendido na atividade, segue-se R\$ 1,17 e R\$ 1,85 em receitas para os intensivos e extensivos. O menor retorno para os produtores intensivos, quando os insumos são utilizados de forma eficiente, pode estar relacionado à maior estrutura de custos desses, enquanto que a melhor relação receita/custo para os produtores intensivos, quando há ineficiência, pode estar relacionada à maior facilidade de administração do sistema, como pontuado por Alvarez *et al.* (2008).

Esses resultados indicam e destacam o baixo desempenho econômico dos produtores, independentemente do sistema predominante, bem como a necessidade de ações para a melhoria no uso dos insumos pelos produtores. As restrições de crédito e informação, somadas ao espaço de tempo entre a decisão do que e como produzir e a efetiva produção podem ser fatores explicativos para o baixo desempenho. Entretanto, os fatores relacionados à ineficiência serão tratados mais adiante.

Assim, há um grande potencial para a melhoria da rentabilidade, tanto para os sistemas extensivos como intensivos, sendo que o primeiro apresentou maior capacidade de geração de renda para cada unidade dispendida na produção. Destaca-se também a ineficiência de escala dos produtores, sendo que esses possuem incentivos para aumentos da escala de produção, dado que operam com retornos crescentes à escala.

5.2.1.2. Desempenho ambiental para os produtores de leite em Minas Gerais.

Assim como para o desempenho técnico e econômico da produção láctea mineira, foram estimadas as medidas de eficiência técnica ambiental, considerando as pressuposições de retornos constantes e variáveis. Essas estimativas buscam averiguar a natureza dos retornos à escala dos produtores em relação às emissões de nitrogênio. As estimativas estão apresentadas na Tabela 17.

Assim como destacado anteriormente para as estimativas de desempenho técnico e econômico, os escores para a eficiência técnica ambiental não podem ser comparados entre os grupos em valor absoluto, mas sim em maior ou menor homogeneidade, para escores maiores ou menores, respectivamente.

Dada a consideração anterior, os produtores, sob a perspectiva ambiental, são menos homogêneos que quando analisados do ponto de vista econômico, comparando os resultados da Tabela 17 às estimativas da Tabela 12. Assim, há produtores utilizando grandes quantidades de nitrogênio por unidade de produto e outros produzindo com menores quantidades. Chama a atenção o escore médio para a eficiência de escala dos produtores extensivos, que alcançou 88,9%, ou seja, sob a perspectiva ambiental, os produtores desse grupo estão mais próximos do ponto de produtividade média máxima para a alimentação.

Tabela 17. Medidas de eficiência e estatísticas descritivas para os produtores de leite de acordo com a escala de produção, Minas Gerais, 2005.

Medidas de eficiência	% produtores eficientes	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado						
Eficiência técnica ambiental (Retornos constantes)	0.01	13.7%	16.3%	1.0%	100%	87,89%
Eficiência técnica ambiental (Retornos variáveis)	0.02	15.9%	18.5%	1.2%	100%	86,16%
Eficiência de escala	0.01	88.9%	11.4%	17.0%	100%	15,93%
Grupo 2- Intensivo capitalizado						
Eficiência técnica ambiental (Retornos constantes)	0.02	11.1%	18.0%	0.9%	100%	90,68%
Eficiência técnica ambiental (Retornos variáveis)	0.04	23.0%	23.4%	1.1%	100%	80,43%
Eficiência de escala	0.02	47.9%	32.0%	1.9%	100%	61,13%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Do mesmo modo que anteriormente, os escores para a eficiência técnica foram comparados de forma a determinar a natureza dos retornos à escala dos produtores. A distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala e para cada grupo está apresentada na Tabela 18.

Os resultados apresentados na Tabela 18 destacam a predominância de retornos decrescentes à escala para ambos os sistemas produtivos, comportamento esse contrário ao evidenciado quando se analisa a eficiência sobre o ângulo econômico. Assim, à medida que a quantidade de nitrogênio no sistema fornecida ao rebanho via alimentação aumenta, a produtividade média do nutriente diminui. Esse efeito pode ser consequência da utilização excessiva desses insumos, como pode ser observado na Tabela 11. Esse uso excessivo pode ser reflexo do menor custo unitário para a alimentação, principalmente forragens, quando comparada aos demais insumos, uma vez que a forragem possui custo médio unitário por quilo de apenas R\$ 0,04 e R\$ 0,05, para os produtores do grupo 1 e grupo 2, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 18. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala

Tipo de Retornos	Número de Produtores	%
Grupo 1 - Extensivo especializado		
Retornos Crescentes	210	33%
Retornos Decrescentes	428	66%
Retornos Constantes à Escala	6	1%
Total	644	
Grupo 2- Intensivo capitalizado		
Retornos Crescentes	96	47%
Retornos Decrescentes	106	51%
Retornos Constantes à Escala	4	2%
Total	206	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Dado que a eficiência técnica ambiental (ETE) representa apenas uma parte da (in)eficiência ambiental, a eficiência ambiental e alocativa ambiental foram estimadas. Assim como anteriormente, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para determinar qual pressuposição de retornos à escala melhor se ajusta aos dados. Os valores calculados para a estatística Kolmogorov-Smirnov foram de 0,652 e 0,466 e os valores críticos, ao nível de significância de 1%, foram 0,09 e 0,16, para os grupos 1 e 2, respectivamente. Desta maneira, a hipótese nula deve ser rejeitada e o modelo de eficiência ambiental e eficiência alocativa ambiental foram estimados com a pressuposição de retornos variáveis. As estimativas para ambos os grupos estão apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 Estatísticas descritivas para os escores de eficiência para os produtores por grupos

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Grupo 1 - Extensivo especializado				
Eficiência Ambiental	7,2%	10,2%	0,5%	100%
Eficiência Técnica Ambiental	15,9%	18,5%	1,2%	100%
Eficiência Alocativa Ambiental	58,5%	31,3%	2,8%	100%
Grupo 2- Intensivo capitalizado				
Eficiência Ambiental	14,7%	18,0%	0,5%	100%
Eficiência Técnica Ambiental	23,0%	23,4%	1,1%	100%
Eficiência Alocativa Ambiental	65,5%	30,7%	4,5%	100%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Pelos valores médios apresentados na Tabela 19, observa-se que os produtores do segundo grupo são mais homogêneos¹⁸ que os produtores do primeiro grupo, para todas as estimativas de eficiência. Essa maior homogeneidade pode estar associada ao fato que o número de produtores nesse grupo seja menor que no primeiro grupo. Entretanto, os produtores do primeiro grupo apresentam uma maior possibilidade de redução nas quantidades de nitrogênio fornecidas via alimentação, dada sua tecnologia e a quantidade produzida, do que o segundo grupo.

Os resultados anteriores, estimados para o desempenho econômico e ambiental, podem ser confrontados de forma a analisar se a adequação ambiental dos produtores acarreta ou não custo econômico, e alternativamente, se a melhoria do desempenho econômico resulta em melhora ou não do desempenho ambiental. Para isso, os vetores de nitrogênio e custo são comparados, calculando-se a quantidade de nitrogênio e o custo para as quantidades de forragens e concentrados para os vetores obtidos pela minimização dos custos e minimização dos nutrientes. Os vetores para mão-de-obra, vacas e terra não foram utilizados por não representarem fonte de nitrogênio para os sistemas produtivos, procedimento esse também adotado por Ramilan *et al.* (2011). A Tabela 20 apresenta os valores médios para cada grupo de produtor e para cada propriedade produtiva.

¹⁸ Como destacado anteriormente, os escores de eficiência não podem ser diretamente comparados quando são calculados considerando fronteiras de produção diferentes. Os escores médios devem ser considerados como indicadores de homogeneidade. Maiores escores de eficiência média indicam maior homogeneidade dos produtores daquele grupo.

Tabela 20. Nitrogênio e custo de produção para os modelos de eficiência ambiental e econômica.

Variáveis	Eficiência Econômica	Eficiência Ambiental
Grupo 1 - Extensivo especializado		
Nitrogênio mínimo médio (kg)	1.236,2	803,6
Custo mínimo médio (R\$)	7.875,8	56.7036,4
Grupo 2- Intensivo capitalizado		
Nitrogênio mínimo médio (kg)	5.176,9	3.854,1
Custo mínimo médio (R\$)	248.281,8	425.662,8

Fonte: Resultados da Pesquisa

Os resultados da Tabela 20 indicam a existência de custos econômicos para os produtores com a redução das emissões de nitrogênio ou alternativamente, indicam a existência de custos ambientais quando os custos são minimizados. O movimento do ponto de mínimo custo para o ponto de mínima emissão de nitrogênio elevam os custos em 7.099,7% e 71,4% para os produtores extensivos e intensivos, respectivamente. Essa elevação dos custos pode ser explicada pela estratégia dos produtores em intensificar a alimentação, em detrimento a outros insumos, por esse insumo ter menor custo unitário relativamente aos demais insumos, de maneira geral. Quando a quantidade de emissões de nitrogênio é minimizada, implicitamente esses insumos baratos são substituídos por outros insumos, como terra, trabalho e vacas, mas possuem maiores custos, o que contribui para aumentar o custo de produção.

Observando a Tabela 20, também se destaca o grande acréscimo proporcional dos custos para o sistema extensivo advindo da redução das emissões, quando comparado ao sistema intensivo. Esse comportamento pode estar associado à maior utilização de pastagens e as dificuldades de controle da quantidade ingerida e, ou fornecida aos animais. Acrescenta-se também o estado das pastagens, que muitas vezes estão degradadas, o que implica em maiores áreas com pastagens e maiores emissões. Quando a quantidade de nitrogênio desse sistema é minimizada, a área com pastagens também é reduzida, dada a elevada participação das forragens na alimentação, entretanto, essa fonte de alimentação apresenta o menor custo unitário dentre todos os insumos e esse insumo deve ser substituído por outro de maior custo para que a produção se mantenha no mesmo patamar, elevando os custos.

Os produtores intensivos, por seu turno, tenderiam a fornecer uma alimentação mais balanceada e próxima do menor custo possível, uma vez que a alimentação fornecida por esses apresenta maior custo médio, bem como apresentaria maior facilidade de controle da alimentação. Destaca-se também que, apesar dos produtores do primeiro grupo apresentarem maiores acréscimos percentuais, tanto para as

emissões quanto como para os custos, quando as emissões e os custos não deslocados do ponto de mínimo, esses produtores apresentam, de maneira geral, menores custos e emissões que os produtores intensivos.

Os resultados da Tabela 20 apresentam os custos e emissões com a minimização dos custos e das emissões. Esses valores foram reorganizados de forma a determinar o custo sombra unitário da redução das emissões. Esse resultado, em valores médios, é apresentado na Tabela 21.

Tabela 21. Custos econômicos e ambientais da eficiência econômica e ambiental

Descrição	Unidade	Grupo 1	Grupo 2
Custo de redução do excesso de nutrientes	R\$	559.160,60	177.381,00
Excesso de Nutrientes (N)	kg	432,65	1.322,75
Custo sombra	R\$/kg	1.292,42	134,10
Receita Média	R\$	59.684,68	158.443,00

Fonte: Resultados da Pesquisa.

A Tabela 21 indica o elevado custo médio das reduções de nitrogênio em ambos os sistemas, em valor absoluto e quando comparado às receitas dos produtores com a atividade, bem como os excessos de nutrientes de cada sistema, em valores médios. Por meio desses resultados, o custo associado à redução de um quilo de nitrogênio foi calculado em R\$ 1.292,42 e R\$ 134,10, para os produtores extensivos e intensivos, respectivamente. Por meio desses valores, vários apontamentos podem ser feitos. Os maiores custos de redução do nitrogênio para o sistema extensivo pode ser atribuído à tecnologia de produção, baseada no uso extensivo de pastagens, e conseqüentemente, maiores perdas de nitrogênio, proporcionalmente, e maiores custo, dado que seria necessário que os produtores substituíssem parte das pastagens por outro alimento, mas com maior custo unitário. Primeiramente, os produtores não se sentirão incentivados a reduziram suas emissões por livre arbítrio, uma vez que isso acarreta em maiores custos e menores lucros, o que vai de encontro ao comportamento racional dos produtores de maximização dos lucros. Para que os produtores reduzam as emissões, alguns incentivos devem ser dados, como subsídios por quilograma de emissões de nitrogênio reduzidas, sendo que produtores de caráter extensivo demandariam, em média, R\$ 1.292,42 para se sentirem incentivados a reduzir, enquanto os produtores intensivos necessitarão de apenas R\$ 134,10 por quilo; Desconsiderar os diversos sistemas produtivos levaria a uma situação de perda de bem estar com menor redução das emissões, uma vez que os produtores intensivos poderiam receber mais que o necessário para reduzir,

enquanto produtores extensivos poderiam receber menos que o necessário, desincentivando-os a reduzir suas emissões. Ademais, essas estimativas para os custos de redução das emissões corroboram parte da hipótese de pesquisa, uma vez que eficiência econômica não estaria associada a eficiência ambiental. Esses resultados de curto prazo contrapõem-se àqueles de Piot-Lepetit *et al.* (1997), De Koeijer *et al.* (2002) e Gomes *et al.* (2009).

Os resultados apresentados na Tabela 21 podem ser usados para fazer inferências para todos os produtores mineiros, uma vez que sabemos que a amostra pode ser considerada como representativa da população, e dado que os níveis de eficiência são essencialmente não-correlacionados com o tamanho da fazenda. A amostra efetivamente utilizada compreende 850 produtores, sendo 75,75% e 24,23% apresentam características extensivas e intensivas, respectivamente, e cada produtor extensivo e intensivo apresenta um potencial médio de redução de 432,65 e 1.322,75 quilos de nitrogênio a um custo médio de R\$ 559.160,60 e R\$ 177.381,00, respectivamente. Ademais, segundo IBGE (2010c), o estado de Minas Gerais apresentava 223.073 estabelecimentos produtores de leite em 2006. Desta forma, considerando que 75,75% e 24,23% dos produtores mineiros podem ser classificados como extensivos e intensivos, respectivamente, o potencial total de redução das emissões de nitrogênio para a pecuária mineira seria de 148.720,37 toneladas, sendo 77.209,17 e 71.511,20 provenientes da redução de sistemas extensivos e intensivos, respectivamente. Essa redução apresentaria um custo total de R\$ 109.376,55 milhões, sendo R\$ 99.786,91 milhões e R\$ 9.589,64 milhões para os sistemas extensivos e intensivos, respectivamente. Esse custo deveria ser subsidiado pelo governo, uma vez que a redução das emissões acarretaria em significativa perda de lucratividade e competitividade da produção leiteira estadual.

Resultados semelhantes foram encontrados por Coelli *et al.* (2007) e Ramilan (2008). Esses autores analisaram as emissões de fósforo e nitrogênio da produção suína belga e emissões de nitrogênio provenientes da pecuária leiteira na Nova Zelândia, respectivamente. Os resultados de Coelli *et al.* (2007) indicaram a existência de um custo de 27 Euros para cada quilo de redução de emissões, enquanto os resultados de Ramilan (2008) indicaram a existência do custo de AUD 50,50¹⁹ por quilo de emissão de nitrogênio reduzida. Desta forma, os resultados desse estudo corroboram a existência de custos para a adequação da produção à melhoria do desempenho ambiental, sendo os resultados apresentados maiores aos estudos anteriores.

¹⁹ O Dólar-Australiano (AUD) estava cotado 1,6657 Reais para compra e 1,6669 Reais para venda no dia 21 de agosto de 2011 (BACEN, 2011).

Por fim, salienta-se que a quantidade de nitrogênio a ser reduzida e seu custo associado não consideraram estratégias alternativas de redução, como o tratamento esterco, dada as dificuldades de incorporação ao modelo e falta de dados, que poderiam reduzir os custos associados à melhoria do desempenho ambiental. Assim, estas estimativas de necessidade de redução e seus respectivos custos podem ser interpretados como um limite superior, embora o tratamento do esterco não seja uma prática recorrente na atividade.

5.2.2. Desempenho no longo prazo para os produtores

As estimativas anteriores consideraram que os produtores não poderiam mudar livremente os insumos e as tecnologias utilizadas pelos produtores lácteos, havendo algum tipo de restrição quanto à mudança de todos os fatores de produção e da tecnologia. Essa seção, por seu turno, considera que os produtores podem variar inteiramente seus insumos e tecnologias, o que permite estimar as medidas de eficiência econômica e ambiental no longo prazo.

Após a estimação do desempenho técnico, alocativo, econômico e ambiental para os produtores extensivos e intensivos no curto prazo, suas respectivas fontes de ineficiência econômica e ambiental foram corrigidas considerando a fronteira sob a pressuposição de retornos variáveis. Por meio das quantidades eficientes econômica e ambientalmente de curto prazo, essas mesmas medidas foram estimadas para o longo prazo. A estimação considerou apenas uma fronteira de produção, haja vista que no longo prazo os produtores poderiam adotar a tecnologia mais eficiente no uso dos insumos, tanto econômica como ambientalmente. As estatísticas descritivas para as variáveis utilizadas na determinação do desempenho dos produtores estão descritas na Tabela 22.

As estatísticas descritivas da Tabela 22 podem ser comparadas aos dados iniciais, quando havia ineficiência técnica e econômica de curto prazo nos sistemas extensivos e intensivos, apresentadas na Tabela 10. Apesar da Tabela 10 apresentar os valores por grupos, pode-se perceber a grande redução nas quantidades de insumos para ambos os grupos de produtores. A Tabela 22 também confirma as menores quantidades dos insumos “forragens” e “concentrados” no modelo de eficiência ambiental, quando comparados ao uso desses insumos quando os produtores utilizam o vetor economicamente eficiente.

Tabela 22. Estatísticas descritivas para as variáveis utilizadas

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Produto				
Receita	83.619,06	207.029,10	2.920,00	3.427.086,00
Insumos				
Terra	8,45	50,92	0,5	1.122
Mão-de-obra	162,90	156,24	0	4.260
Vacas	12,79	47,36	2	1.000
FORAGEM.c	74.493,62	458.822,50	1.450,01	9.066.000
Concentrado.c	2.715,44	49.783,22	1	1.345.000
FORAGEM.e	55.308,98	407.595,60	1.450,01	9.066.000
Concentrado.e	2.514,17	46.582,55	5	1.345.000
Preços				
Terra	5.368,86	4.913,58	200	60.000,00
Mão-de-obra	107,43	777,54	0	19.445,00
Vacas	1.047,71	440,71	300	8.000,00
FORAGEM	0,21	1,25	0,002	27,67
Concentrado	208,57	3400,95	0,12	76.000,00
Vetor de Nutrientes				
FORAGEM	0,05	0,16	0,004	2,77
Concentrado	0,06	0,13	0,01	2,45

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota: ^c - insumo minimizado para a quantidade que maximiza a eficiência econômica, no curto prazo; ^e - insumo minimizado para a quantidade que maximiza a eficiência ambiental, no curto prazo.

5.2.2.1. Desempenho técnico e econômico para a produção láctea mineira no longo prazo

Utilizando as variáveis sumarizadas na Tabela 22, foram estimadas as medidas de eficiência técnica sobre a pressuposição de retornos constantes e variáveis, apresentadas na Tabela 23 para cada grupo de produtores considerados anteriormente. Salienta-se que a tabela apresenta os resultados para cada grupo, mas as estimativas foram calculadas considerando apenas uma fronteira de produção. Assim, os escores de eficiência foram calculados conjuntamente. Essa ressalva é válida para todas as tabelas apresentadas posteriormente.

Tabela 23. Medidas de eficiência técnica e estatísticas descritivas para os produtores de leite de acordo com a pressuposição de retornos à escala de produção, Minas Gerais, 2005.

Medidas de eficiência	Produtores eficientes	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado						
Eficiência técnica (Retornos constantes)	1%	91,5%	9,3%	31,1%	100%	12,59%
Eficiência técnica (Retornos variáveis)	99%	99,7%	2,5%	70,2%	100%	2,50%
Eficiência de escala	1%	91,7%	8,9%	31,1%	100%	12,14%
Grupo 2- Intensivo capitalizado						
Eficiência técnica (Retornos constantes)	3%	78,9%	22,4%	11,3%	100%	30,73%
Eficiência técnica (Retornos variáveis)	81%	98,4%	3,8%	82,8%	100%	4,14%
Eficiência de escala	9%	80,0%	22,1%	11,7%	100%	29,74%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados apresentados na Tabela 23 demonstram a substancial melhoria do desempenho dos produtores no longo prazo quando comparado no curto prazo, apesar de poucos produtores serem tecnicamente eficientes (escores de eficiência igual a 1), exceção às estimativas obtidas com pressuposição de retornos variáveis. Os valores mínimos e médios são maiores quando comparados ao desempenho de curto prazo e a dispersão dos produtores da eficiência foi de no máximo 31,41%. O valor da dispersão dos produtores em relação à eficiência foi mais importante para os produtores do primeiro grupo, haja vista que, apesar de os valores médios estarem próximos de 100%, o desvio para os produtores foram de 12,59% e 12,14% para as estimativas com a pressuposição de retornos constantes e economias de escala, respectivamente. Destacam-se os elevados valores para as medidas de eficiência estimadas com a pressuposição de retornos variáveis. Para entender suas causas, deve-se lembrar de que as estimativas sobre a pressuposição de retornos variáveis não consideram a ineficiência de escala. Dada essa relação, pode-se concluir que os produtores apresentam menor uso de insumos em excesso, mas o volume de produção está fora da escala ótima. Esse problema é apresentado por ambos os grupos de produtores. A escala de produção inadequada pode ser resultado do desconhecimento por parte dos produtores do comportamento da produção média, com aumentos ou reduções no volume de produção.

Os resultados obtidos por meio da Tabela 23 indicam a importância da ineficiência da escala para explicar a eficiência técnica, mas não permitem determinar

qual a natureza dos retornos à escala. Para analisar essa questão, os escores de eficiência dos modelos com pressuposição de retornos variáveis e retornos não crescentes à escala são comparados, permitindo determinar a natureza dos retornos. Esse resultado é apresentado na Tabela 24.

Tabela 24. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala

Tipo de Retornos	Número de Produtores	%
Grupo 1 - Extensivo especializado		
Retornos crescentes	660	99.4%
Retornos decrescentes	-	-
Retornos constantes	4	0.6%
Total	664	
Grupo 2- Intensivo capitalizado		
Retornos crescentes	167	90%
Retornos decrescentes	1	1%
Retornos constantes	18	10%
Total	206	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nos resultados apresentados na Tabela 24, predominam sistemas de produção com retornos crescentes à escala para ambos os grupos de produtores, de forma que, dada a tecnologia de produção, os produtores estão operando abaixo da escala ideal. Os produtores devem aumentar a produção a fim de valerem-se dos retornos crescentes à escala, aumentando a produção com quantidades proporcionalmente menores de insumos por produção média.

Objetivando à estimação do desempenho econômico dos produtores, foram estimadas a eficiência econômica e alocativa. Entretanto, dada a possibilidade de estimação dos escores quanto à pressuposição dos retornos à escala, como constantes, variáveis e não crescentes, o teste de Kolmogorov-Smirnov foi efetuado. A estatística para a eficiência técnica com retornos constantes contra retornos variáveis foi estimada em $D = 0,92$. O valor crítico, ao nível de significância de 1%, é de 0,08. Desta forma, a estatística permite rejeitar a hipótese nula (retornos constantes), devendo a eficiência econômica e alocativa serem estimadas com a pressuposição de retornos variáveis.

Interessante destacar que a rejeição da hipótese nula indica a existência de ineficiência de escala. Nesse sentido, estatisticamente, há ineficiência de escala tanto

no curto como no longo prazo, haja vista que o modelo de retornos variáveis foi o mais adequado, para todos os grupos no curto prazo e também no longo prazo. Salienta-se que a ineficiência de escala foi maior, relativamente à eficiência técnica, no curto prazo.

Dada a pressuposição de retornos variáveis à escala, a Tabela 25 apresenta as estimativas de eficiência econômica, alocativa e técnica para os produtores, sendo os valores separados por grupos de produtores.

Tabela 25. Estatísticas descritivas para as medidas de eficiência de longo prazo por grupo, Minas Gerais, 2005.

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado					
Eficiência Econômica	97,7%	7,8%	38,7%	100,0%	8,17%
Eficiência Técnica	99,7%	2,5%	70,2%	100,0%	2,50%
Eficiência Alocativa	97,9%	7,0%	52,6%	100,0%	7,30%
Grupo 2- Intensivo capitalizado					
Eficiência Econômica	70,6%	17,2%	33,0%	100,0%	34,00%
Eficiência Técnica	98,4%	3,8%	82,8%	100,0%	4,14%
Eficiência Alocativa	71,7%	16,9%	33,0%	100,0%	32,93%

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Inicialmente, destaca-se que a eficiência apresentou comportamento consistente no longo prazo, ou seja, para ambos os grupos de produtores os escores foram maiores no longo do que no curto prazo. Pelas estimativas apresentadas na Tabela 25, há pequenas diferenças de desempenho técnico entre os grupos de produtores e grandes variações para as demais medidas de eficiência. O primeiro grupo de produtores apresentou, para todas as estimativas de eficiência, medidas próximas à eficiência (escores de eficiência próximo a 100%). O segundo grupo, por sua vez, apresentou problemas na alocação dos insumos, dados seus preços relativos, o que se reproduziu sobre a eficiência econômica. Assim, os produtores extensivos poderiam reduzir o custo dos insumos em apenas 2,3% para alcançarem a eficiência econômica, enquanto os produtores intensivos deveriam reduzir em 29,4%, sendo a ineficiência alocativa responsável por 28,3%. Portanto, os produtores intensivos apresentam menor capacidade de determinar o comportamento dos preços no longo prazo, o que reduz sua capacidade de alocar a quantidade dos insumos relativamente, considerando os preços relativos desses. Essa menor capacidade pode

estar associada à maior demanda de produtos externos à firma e adquiridos a preços de mercado, que são instáveis, como concentrados, quando comparados aos sistemas extensivos, que utilizam proporcionalmente mais insumos intra firma, como pastagens, silagem, cana de açúcar, que normalmente são produzidas na própria propriedade, conferindo ao produtor maior controle dos custos de produção.

Embora os produtores extensivos apresentem maiores escores de eficiência técnica²⁰, econômica e alocativa que os produtores intensivos, estatisticamente pode não haver diferença significativa. Como forma de averiguar tal questão, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, tanto bicaudal como monocaudal para averiguar se os escores são iguais, e caso contrário, qual seria estatisticamente maior, respectivamente. Os resultados para o teste estão apresentados na Tabela 26.

Por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, se pode rejeitar a hipótese nula de que a distribuição para os escores de eficiência são iguais, tanto técnica, alocativa e econômica, ao nível de significância de 1%. Não se podem rejeitar a hipótese nula de que a distribuição de eficiência, para cada uma das estimativas, do primeiro grupo é não maior do que as estimativas para o segundo grupo. Pela terceira hipótese, se pode rejeitar a hipótese nula de que os escores, para cada uma das estimativas de eficiência, são não menores do que a distribuição dos produtores do grupo 2. Assim, o desempenho técnico, alocativo e econômico para os produtores extensivos é menor quando comparado às respectivas medidas de eficiência para os produtores intensivos, no longo prazo.

Em resumo, no longo prazo, a ineficiência técnica dos produtores pode ser explicada pela escala inadequada de produção, para ambos os grupos. Os produtores deveriam aumentar a escala de produção, uma vez que esses estão produzindo com retornos crescentes à escala, havendo assim, possibilidade de ganhos de produtividade à medida que a produção aumentar. Para a eficiência econômica, por sua vez, há melhoria substancial dessa no longo prazo, sendo que o principal responsável pela ineficiência econômica seria o uso inadequado dos insumos, dados seus preços relativos – ineficiência alocativa. Esta ineficiência alocativa pode ser justificada pela dificuldade dos produtores em prever o comportamento dos preços no longo prazo.

²⁰ Os escores de eficiência foram calculados considerando uma única fronteira.

Tabela 26. Teste Kolmogorov-Smirnov para os escores de eficiência técnica, alocativa e econômica.

Hipótese Nula	"D" calculado	"D" crítico ($\alpha=1\%$)
Eficiência Técnica		
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) = \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \neq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0,1833	0,130
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \leq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) > \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0	0,121
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \geq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) < \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0,183	0,121
Eficiência Alocativa		
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) = \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \neq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0,804	0,130
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \leq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) > \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0,093	0,121
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \geq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) < \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0,804	0,121
Eficiência Econômica		
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) = \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \neq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0,804	0,130
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \leq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) > \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0	0,121
$H_0: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) \geq \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$ e $H_i: \hat{F}^{G_1}(\hat{\theta}_j) < \hat{F}^{G_2}(\hat{\theta}_j)$	0,804	0,121

Fonte: Resultados da Pesquisa

5.2.2.2. Desempenho ambiental para a produção láctea mineira no longo prazo

Assim como anteriormente, foram estimadas as medidas de eficiência técnica ambiental com a pressuposição de retornos variáveis, não crescentes e constantes de forma a averiguar, principalmente, a escala de produção ambiental dos produtores no longo prazo. As estimativas estão apresentadas na Tabela 27. Para a estimação das medidas de eficiência de longo prazo, foram utilizadas as quantidades de insumos ambientalmente eficientes, apresentadas anteriormente na Tabela 22.

Os resultados da Tabela 27 podem ser diretamente comparados, uma vez que foram estimados considerando uma única fronteira de produção. Assim, observa-se que os produtores intensivos apresentam maior eficiência técnica ambiental e de escala que os produtores extensivos. Observa-se que, proporcionalmente, a principal causa do menor desempenho ambiental é o maior uso de insumos do que o efetivamente necessário para os produtores extensivos, enquanto que para os produtores intensivos, a quantidade usada dos insumos pode ser pouco reduzida, 0,4%, havendo maior ineficiência de escala, 13,8%. O comportamento para a eficiência técnica ambiental, considerando a eficiência técnica ambiental com

pressuposição de retornos constantes à escala (pura eficiência) e a eficiência de escala ambiental, foi contrária aos estimados para a eficiência técnica e de escala no longo prazo (Tabela 23). Os produtores extensivos apresentaram maior desempenho técnico e menor desempenho técnico ambiental, enquanto os produtores intensivos apresentaram comportamento contrário. Esse resultado permite indicar que os produtores intensivos são mais competentes na redução das emissões, enquanto que os produtores extensivos são mais competentes na redução na quantidade utilizada dos insumos. Essa relação será melhor analisada quando forem estimadas as medidas de desempenho ambiental e alocativa ambiental.

Tabela 27. Estatísticas descritivas para a eficiência técnica ambiental e eficiência de escala por grupos de produtores, Minas Gerais, 2005.

Medidas de eficiência	Produtores eficientes	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado						
Eficiência técnica ambiental (Retornos constantes)	0,2%	55,5%	13,5%	11,5%	100%	46,51%
Eficiência técnica ambiental (Retornos variáveis)	2,0%	71,1%	14,3%	19,9%	100%	32,27%
Eficiência de escala	0,2%	79,3%	19,2%	21,1%	100%	28,20%
Grupo 2- Intensivo capitalizado						
Eficiência técnica ambiental (Retornos constantes)	23,0%	86,1%	25,5%	1,9%	100%	29,01%
Eficiência técnica ambiental (Retornos variáveis)	99,5%	99,6%	5,5%	20,8%	100%	5,51%
Eficiência de escala	71,8%	86,2%	25,3%	1,9%	100%	28,76%

Resultados da pesquisa.

Entretanto, primeiramente, utilizando as estimativas apresentadas na Tabela 27, assim como anteriormente, a natureza dos retornos à escala da produção foi determinada considerando a perspectiva ambiental. Esses resultados estão apresentados na Tabela 28.

Os resultados expostos na Tabela 28 indicam que os produtores extensivos devem aumentar proporcionalmente o volume de produção para alcançarem o ponto de máxima produção média do nitrogênio, embora uma proporção significativa desses produtores (39,6%) deva reduzir a escala de produção, uma vez que para esses produtores o aumento proporcional da produção de dá com a utilização crescente de fontes de nitrogênio. Os produtores intensivos são predominantemente eficientes quanto à escala, mesmo com uma proporção significativa operando com retornos crescentes à escala. Esses resultados se contrapõem aos estimados para a eficiência técnica, expostos anteriormente na Tabela 24. Os resultados daquela tabela apresentavam que os produtores, de ambos os grupos, operam predominantemente com retornos crescentes à escala, ou seja, da perspectiva técnica os produtores são incentivados a aumentar a produção, enquanto ambientalmente a manter a escala de produção, diminuir ou aumentar. O incentivo para o acréscimo do volume da produção é presente em até 57,2% dos sistemas produtivos, enquanto do ponto de vista técnico, no mínimo 90% dos produtores são incentivados a aumentar a produção. Esses resultados indicam a existência de obstáculos para a melhoria da produção média dos alimentos.

Tabela 28. Distribuição dos produtores quanto aos retornos de escala

Tipo de Retornos	Número de Produtores	%
Grupo 1 - Extensivo especializado		
Retornos crescentes	380	57,2%
Retornos decrescentes	263	39,6%
Retornos constantes (eficiência de escala)	1	0,2%
Total	664	
Grupo 2- Intensivo capitalizado		
Retornos crescentes	56	27,2%
Retornos decrescentes	2	1,0%
Retornos constantes (eficiência de escala)	148	72,8%
Total	206	

Fonte: Resultados da pesquisa.

De forma a analisar a eficiência ambiental mais a fundo, estimou-se a eficiência ambiental e eficiência ambiental alocativa. Os resultados estão apresentados na Tabela 29. Assim como anteriormente, a escolha dos retornos à escala foi feita por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. O valor calculado foi $D=0,6271$ e o valor crítico $0,1305$. Assim, a pressuposição que melhor se adequa aos dados é aquela de retornos variáveis.

Tabela 29. Estatísticas descritivas para as estimativas ambientais de desempenho no longo prazo, Minas Gerais, 2005.

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado					
Eficiência Ambiental	3,7%	6,9%	0,1%	100,0%	96,62%
Eficiência Técnica Ambiental	71,1%	14,3%	19,9%	100,0%	32,27%
Eficiência Alocativa Ambiental	4,9%	7,5%	0,2%	100,0%	95,50%
Grupo 2- Intensivo capitalizado					
Eficiência Ambiental	7,7%	11,7%	0,4%	100,0%	93,07%
Eficiência Técnica Ambiental	99,6%	5,5%	20,8%	100,0%	5,51%
Eficiência Alocativa Ambiental	8,0%	12,9%	0,4%	100,0%	92,90%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados da tabela mostram que os produtores são capazes de alocar eficientemente a alimentação do ponto de vista técnico, mas quando se analisa a capacidade de alocar os insumos, “forragens” e “concentrados”, corretamente, dada sua quantidade de nitrogênio, a eficiência é significativamente pequena, o que reflete sobre a eficiência ambiental. Comportamento semelhante também foi apresentado pelos produtores quando se analisou a eficiência econômica, muito embora os escores de eficiência alocativa sejam menores do que os escores de eficiência técnica (a diferença entre esses era, na média, de no máximo 26,7%). Desta forma, a causa do baixo desempenho ambiental também pode ser atribuída ao desconhecimento da quantidade de nitrogênio presente na alimentação fornecida ao rebanho pelos produtores, informação não usual no pensamento produtivo e que pode também explicar o porquê da eficiência alocativa ser muito maior que a eficiência alocativa ambiental.

Assim como no curto prazo, o custo de redução das emissões pode ser determinado para os produtores leiteiros e os resultados expandidos para a produção mineira, dada a representatividade da amostra. Para tal, considere inicialmente a Tabela 30. Essa tabela apresenta o custo dos alimentos, quando esses minimizam o custo e quando esses minimizam emissões, bem como a quantidade emitida quando as emissões são minimizadas e quando o custo é minimizado.

Tabela 30. Nitrogênio e custo de produção para os modelos de eficiência ambiental e econômica no longo prazo por grupo de produtores, Minas Gerais, 2005

Variáveis	Eficiência Econômica	Eficiência Ambiental
Grupo 1 - Extensivo especializado		
Emissões médias (kg de N)	954,4	442,3
Custo médio (R\$)	62.855,3	75.948,1
Grupo 2- Intensivo capitalizado		
Emissões médias (kg de N)	4.658,7	3.720,9
Custo médio (R\$)	74.408,2	66.917,0

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observando a Tabela 30, é possível perceber que eficiência econômica implica em maior impacto ambiental, quando comparado à eficiência ambiental, uma vez que os produtores extensivos e intensivos emitem 115,78% $((954,4/442,3)-1)$ e 25,20% $((4.658,7/3.720,9)-1)$ a mais quando buscam minimizar seus custos. Entretanto, nessa tabela parece haver uma contradição para o custo médio estimado para os produtores intensivos. O custo mínimo médio (R\$ 74.408,2) é maior do que o custo da produção quando se minimiza os nutrientes (R\$ 66.917,0). Para entender o porquê desse comportamento aparentemente contraditório, alguns pontos devem ser considerados: (i) o custo calculado na tabela considera apenas o custo dos alimentos, uma vez que somente esses insumos apresentam quantidade de nitrogênio como entradas no sistema produtivo; (ii) no cálculo das quantidades de insumos que minimizam o custo total são considerados todos os insumos envolvidos na produção (mão-de-obra, terra e vacas), buscando minimizar o custo total da produção e não somente o custo de alimentação; e (iii) a estimação dos vetores de insumos que minimizam o custo total pressupõem substitubilidade entre todos insumos.

Feitas essas observações, considere a Figura 18. Essa figura representa os alimentos agregadamente no eixo vertical e os demais insumos no eixo horizontal. A minimização dos custos resulta em um ponto tal como “E” para uma produção Y_2 . O modelo de minimização dos nutrientes minimiza apenas o vetor de alimentos de forma que esse pode ser representado por “A”. O custo médio para a alimentação representada nesse ponto é menor do que em E, mas o custo médio total é maior, uma vez que, para a produção se manter constante, o produtor deve usar mais dos demais insumos e há aumento do custo médio de C_2 para C_3 . Outra opção é o produtor reduzir sua produção de Y_2 para Y_1 , com o produtor reduzindo o uso dos demais insumos de d_2 para d_3 de forma a operar com o menor custo mínimo, apresentado pelo ponto E'. Desta forma, a diferença entre o custo médio mínimo e o

custo médio obtido pela minimização dos nutrientes deve ser interpretada em módulo como um custo conservador associado à adequação ambiental pelo produtor rural.

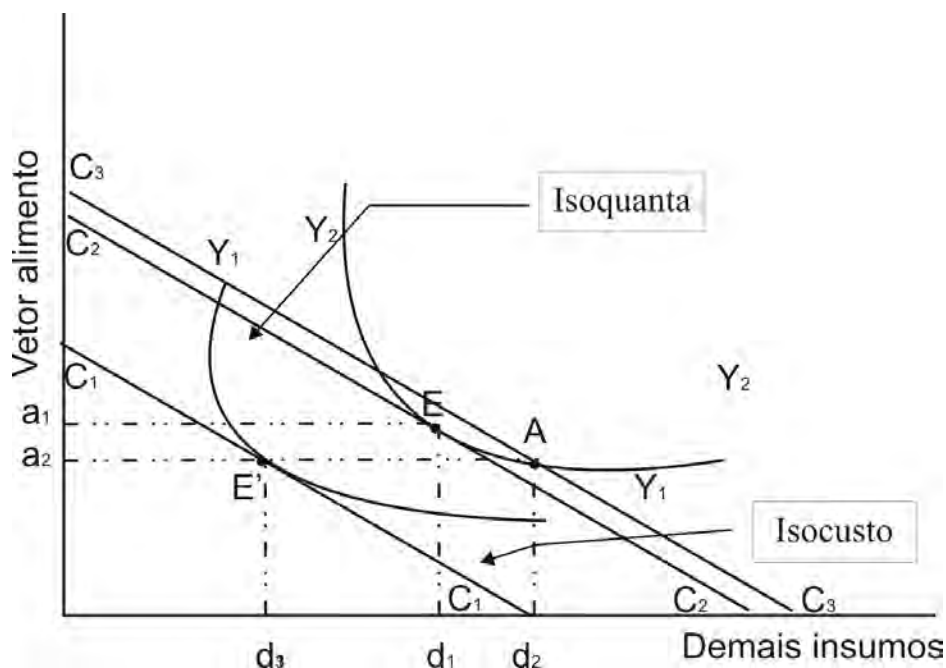


Figura 18. Custo total médio mínimo e custo médio mínimo para um insumo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, quando se minimiza apenas o custo da alimentação, desconsiderando os demais insumos e suas interrelações, o custo médio desses insumos diminui de R\$ 62.855,3 e R\$ 74.408,2 para R\$ 53.749,91 e R\$ 52.518,21, para os grupos de produtores extensivos e intensivos, respectivamente²¹.

Dadas as considerações anteriores, os custos econômicos e ambientais, representado pelas emissões de nitrogênio, são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31. Custos econômicos e ambientais da eficiência econômica e ambiental no longo prazo por grupos de produtores, Minas Gerais, 2005

Descrição	Unidade	Grupo 1	Grupo 2
Custo de redução do excesso de nutrientes	R\$	13.092,8	-7.491,1
Excesso de Nutrientes (N)	kg	512,1	937,8
Custo sombra	R\$/kg	-24,5	-30,3

Fonte: Resultados da pesquisa.

Dadas as considerações anteriores, os custos para os grupos serão interpretados em módulo, de forma que a adequação ambiental acarreta um custo de pelo menos R\$ 13.092,80 e R\$ 7.491,10 para os produtores extensivos e intensivos no

²¹ Para determinar o exato aumento nos custos médios totais é necessário estimar a elasticidade substituição entre os insumos. Essa estimação foge ao escopo desse trabalho.

longo prazo. Assim como calculado no curto prazo, 75,75% e 24,23% dos produtores da amostra apresentam características extensivas e intensivas, respectivamente, o que equivale a 168.978 e 54.095 estabelecimentos mineiros produtores de leite. Ademais, cada produtor extensivo e intensivo possui um potencial médio de redução de 512,1 e 937,8 quilos de nitrogênio, respectivamente. Desta forma, o custo total por sistema de produção foi estimado em R\$ 2.212,393 milhões e R\$ 405,234 milhões, para extensivos e intensivos, advindo de uma redução nas emissões de 86.529,81 e 50.728,36 toneladas de nitrogênio no longo prazo.

Esses resultados demonstram o grande potencial de reduções das emissões, que somadas às reduções de curto prazo, alcançam a quantidade total de 285 milhões de toneladas e o custo de, no mínimo (uma vez que esse custo pode ser considerado conservador, como explicado anteriormente) R\$ 111.183,71 milhões. Como, o valor da produção de leite de vaca em Minas Gerais em 2006 foi R\$ 2.532,881 milhões (IBGE, 2011d), fica claro que para que haja a melhoria da qualidade ambiental via redução das emissões de nitrogênio da pecuária leiteira, é necessário o envolvimento de toda a sociedade, principalmente do governo, no apoio aos produtores, dado os elevados custos econômicos. A existência de custos relacionados à redução das emissões corrobora a hipótese de pesquisa, em que maior eficiência econômica não estaria associada a maior eficiência ambiental, contrapondo-se a Piot-Lepetiti *et al.* (1997), De Koeijer *et al.* (2002) e Gomes *et al.* (2009), mas corroborando a relação encontrada por Coelli *et al.* (2007) e Ramilan (2008).

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Coelli *et al.* (2007) e Ramilan (2008), como descrito nos resultados estimados para o longo prazo. Destaca-se, entretanto, que esses autores, quando analisaram as emissões de fósforo e nitrogênio da produção suína belga e emissões de nitrogênio provenientes da pecuária leiteira na Nova Zelândia, respectivamente, não consideraram as restrições de curto prazo à qual a produção agropecuária está submetida, como mudança na área destinada à produção, nas instalações físicas e tecnologia utilizada.

Resumindo, o desempenho ambiental dos produtores no longo prazo foi superior ao curto prazo, entretanto, há ainda grande espaço para melhoria da eficiência. Para a eficiência técnica ambiental, a principal razão da ineficiência é a escala de produção, sendo que, assim como para a eficiência técnica, os produtores operam com retornos crescentes à escala, embora a proporção de produtores com retornos decrescentes também seja importante. A eficiência ambiental, por sua vez, é baixa, sendo que os produtores poderiam reduzir o uso de nitrogênio na produção láctea em até 96,1% e manter a quantidade produzida. A principal responsável pela ineficiência ambiental é a ineficiência alocativa ambiental, que pode ser explicada pelo

desconhecimento dos produtores quanto à quantidade de nitrogênio presente na alimentação do rebanho. A grande ineficiência ambiental também apresentaria um custo elevado de redução, de R\$ 2.212,393 milhões e R\$ 405,234 milhões, para os sistemas extensivos e intensivos, respectivamente.

5.3. Determinantes do desempenho econômico e ambiental

Esta seção apresenta as relações entre o desempenho econômico e ambiental dos produtores lácteos rurais e as variáveis exógenas ao sistema produtivo, no curto e longo prazo, obtidas por meio de regressões quantílicas para os quantis de 0,25, 0,50 e 0,75. Como a eficiência técnica é uma medida de eficiência usualmente apresentada e analisada na literatura, a eficiência econômica é importante para o produtor e a eficiência ambiental é o foco desse estudo, no corpo desse trabalho foram analisadas apenas a eficiência técnica, econômica e ambiental. As demais regressões seguem em anexo a este trabalho. Esta seção se subdivide em duas sub-seções. A primeira analisa e compara as relações entre variáveis relacionadas às características sociais dos produtores, às características dos sistemas produtivos e institucionais e o desempenho econômico e ambiental no curto prazo. A próxima sub-seção apresenta as relações dessas mesmas variáveis, mas considerando o longo prazo.

5.3.1. Determinantes do desempenho econômico e ambiental dos produtores no curto prazo

5.3.1.1. Determinantes do desempenho técnico no curto prazo dos produtores mineiros, segundo sistema de produção

Inicialmente, estimou-se a relação entre as variáveis relacionadas às características produtivas, sociais e institucionais ao desempenho econômico para cada grupo de produtor por meio da regressão quantílica, para os quantis 0,25, 0,50 e 0,75. As estimativas são apresentadas na Tabela 32. Tais estimativas permitem não somente avaliar a relação entre essas variáveis e a eficiência técnica dos produtores rurais, mas também determinar a variação da importância destas variáveis sobre o desempenho dos produtores para aqueles de maior e de menor desempenho (mais eficientes e menos eficientes).

Esperava-se, inicialmente que as todas variáveis apresentassem sinais positivos e crescentes para os quantis, exceção à variável “variação”, entretanto, as estimativas apresentaram grande proporção de sinais negativos, não significância e

parâmetros estimados menores para os maiores quantis. É interessante notar que os produtores intensivos apresentaram número substancial menor de parâmetros significativos, o que pode indicar que a quantidade de insumos utilizada por esses produtores pode não ser influenciada pelas variáveis incluídas. Nesse contexto, sobressai-se que algumas variáveis não apresentaram relação significativa em ambos os grupos de produtores: idade; idade2; experiência; controle; crédito; e administrador.

A regressão quantílica se mostrou adequada na representação da relação entre as variáveis explicativas e os escores de eficiência técnica para os grupos de produtores, pois a hipótese de igualdade dos parâmetros entre os quantis foi rejeitada pelo teste de Wald. Esse teste foi calculado em $F_{46;1688} = 1,285$ e $F_{46;500} = 1,676$, para os produtores extensivos e intensivos, respectivamente. Essa estatística foi significativa a 10% para ambos os grupos de produtores. Desta forma, há diferença entre os parâmetros estimados para os quantis dos escores de eficiência técnica, o que justifica a utilização desse método como forma de analisar as relações entre as variáveis.

Inicialmente, para auxiliar na interpretação das relações entre as variáveis explicativas e a eficiência técnica, convém destacar, novamente, o significado da eficiência técnica e suas implicações. Um produtor será ineficiente tecnicamente se, na amostra de produtores, houver outro produtor que obtenha uma receita maior (igual) a este, utilizando uma quantidade idêntica (inferior) de insumos. Dada a consideração anterior, o intercepto pode ser interpretado como a função quantílica condicional estimada para a distribuição da eficiência técnica de um produtor que produza até 50 litros por dia, em que a pecuária leiteira é tida como atividade secundária, não possuindo administrador contratado e controles administrativos para a atividade, e que não acredita que o filho deva continuar na atividade leiteira. Esse produtor também não participou de treinamento no último ano, não utilizou do crédito rural, bem como não foi visitado por nenhum técnico no último ano com o intuito de receber auxílio com a produção pecuária.

Dos resultados, as variáveis que captam a importância do conhecimento informal sobre a utilização dos insumos, (idade e experiência), não foram significativas em ambos os sistemas de produção. Essa ausência de relação significativa pode indicar que o conhecimento informal não seria um fator associado à decisão dos produtores quanto à quantidade de insumos selecionada e utilizadas na produção, para ambos os sistemas produtivos.

Tabela 32. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência técnica para os produtores extensivos e intensivos no curto prazo, Minas Gerais, 2005.

Parâmetros / Quantis	Grupo 1			Grupo 2		
	q.25	q.50	q.75	q.25	q.50	q.75
Intercepto	36,39***	48,02***	68,33***	19,24**	9,54	35,24
Idade	-0,22	-0,01	-0,56	-0,16	0,42	0,39
Idade2	1,40e ⁻⁰³	-4,40e ⁻⁰⁴	4,60e ⁻⁰³	0,002	-4,00e ⁻⁰³	-1,00e ⁻⁰²
Escolaridade	-0,62***	-1,1***	-1**	-0,03	0,04	-0,16
Experiência	-3,00e ⁻⁰²	-0,1	1,00e ⁻⁰²	0,04	0,02	0,08
Principal	-1,97***	-2,54	-1,65	-0,32	-3,86	0,44
Distribuição	0,37	-0,57	-0,46	3,98***	9,5**	-5,09
Controle	0,67	1,8	0,78	0,8	-0,44	0,72
Treinamento	-2,02**	-2,34	-7,24**	-2,53	-3,48	-1,63
Assistência12	-3,03***	-8,58***	-7,57**	-1	-5,55	-4,95
Assistência36	-5,28***	-9,04***	-9,1*	-1,22	-8,37**	-8,12
Assistência6	-2,64***	-8,03***	-6,78**	-2,96	-6,28**	-4,18
Crédito	-0,34	-1,03	1,3	-0,62	-0,82	-0,21
Variação	-0,56	-0,5	-0,96	-0,72	3,02	18,97***
Intensidade	0,06	0,56	1,51*	1,26***	1,95***	0,89
Raça	3,99*	2,3	3,47	-1,65	0,19	8,69
Administrador	3,01	5,83	4,14	-0,46	-4,18	0,81
Prod.vacas	0,01***	0,01***	0,01***	0,01***	0,01***	0,01***
Prod.trabalho	1,20e ⁻⁰³ ***	0,01***	0,01***	4e ⁻⁰⁴ ***	0*	-0,00004
Estrato2	-11,7***	-15,38***	-21,42***	-14,31***	-18,49***	-28***
Estrato3	-18,87***	-24,52***	-28,27***	-14,6***	-17,59***	-32,51***
Estrato4	-20,53***	-11,37**	-20,11**	-13,96***	-15,45***	-24,73***
Estrato5	-21,04***	-30,8***	-53,45***	-5,4	-4,47	-6,18
Sucessão1	-5,56***	-3,72**	-3,63	1,12	0,38	-1,78

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

Todavia, como forma de analisar a importância da educação formal, foram incluídas as variáveis “escolaridade” e “treinamento”. Para os produtores intensivos, não houve relações estatisticamente significativas para ambas as variáveis, enquanto que, para os produtores extensivos, a escolaridade foi significativa para todos os produtores e o treinamento, apenas para os produtores da calda superior e inferior. Entretanto, os parâmetros estimados apresentaram relação negativa. Para os produtores de maior eficiência, aqueles produtores que participaram de algum

treinamento exibem escores de eficiência 7,24 pontos percentuais menores que aqueles que não participaram, enquanto que o aumento da escolaridade desses mesmos produtores em um ano de estudo relaciona-se a uma redução da eficiência em 1 ponto percentual (p.p.). Para os produtores da calda inferior, as reduções são menores, de 2,02 e 0,62 p.p., respectivamente. Os sinais dessas variáveis, apesar de serem difíceis de explicar, podem estar refletindo para a educação, a sua baixa qualidade, além do fato de a média de anos de estudo dos produtores ser muito baixa (5 a 6 anos), com pouco efeito sobre seu desempenho. A relação para o treinamento e a eficiência técnica pode ser resultado também da baixa qualidade do treinamento e, também, da demanda por treinamento apenas por produtores de menor eficiência, uma vez que o modelo não permite a análise dos efeitos do treinamento para os períodos subsequentes a esse.

O fato de a pecuária leiteira ser a principal fonte de renda para os produtores foi importante apenas para os produtores extensivos de menor eficiência, entretanto com relação inversa ao esperado, de forma que aqueles produtores extensivos do quantil 0,25 em que a pecuária é a principal fonte de renda possuem um escore de eficiência menor em 1.97 p.p., quando comparado aos produtores que tem a atividade como fonte secundária de renda.

A capacidade gerencial pode ser a explicação para os menores desempenhos para os produtores e também pode explicar a relação negativa entre a eficiência técnica e a variável “principal”, para os produtores mais ineficientes extensivos. Os aspectos gerenciais foram analisados por meio das variáveis “controle” e “administrador”. Entretanto, essas variáveis não foram estatisticamente significativas. Essa predominante ausência de relação significativa entre as variáveis, embora não esperada, demonstra a baixa capacidade, eficácia e eficiência gerencial dos produtores, até mesmo para administradores contratados, de forma que o custo de oportunidade de remunerar um administrador não seria justificado, resultado também encontrado por Tauer (1993).

O tempo do produtor destinado à atividade (distribuição), por sua vez, não apresentou significância estatística para os produtores extensivos, mas foi estatisticamente significativa para os produtores intensivos nos quantis 0,25 e 0,50. Para os produtores extensivos, o aumento do tempo do produtor à atividade não melhoraria sua capacidade de determinar as quantidades ideais de insumos a serem utilizados na produção, enquanto que, para os produtores extensivos, o aumento do tempo do produtor aumenta a eficiência produtiva desses, excetuando os produtores de maior eficiência.

Desta forma, dada a inabilidade dos produtores e administradores em gerenciar a atividade produtiva tecnicamente, o treinamento e a assistência técnica assumem importância fundamental para a viabilização técnica e competitividade dos produtores. O treinamento foi analisado anteriormente e não demonstrou ser capaz de melhorar a eficiência produtiva dos produtores. A assistência técnica foi analisada por meio das variáveis “Assistência12”, “Assistência36” e “Assistência6” descritas na Tabela 5. Essas variáveis foram majoritariamente significativas para os produtores extensivos, enquanto a maior proporção para os produtores intensivos foram não significativas. Entretanto, todos os parâmetros apresentaram relação negativa, para todos os quantis, sendo que o maior efeito negativo sobre a eficiência está relacionado à visita do técnico à propriedade de 3 a 6 vezes ao ano, que compreendeu, aproximadamente 10% dos produtores de ambos os grupos. A relação negativa para o treinamento e assistência técnica pode ser associada à defasagem da resposta da produção a essas, sendo que o produtor procura ajuda técnica quando percebe que seu sistema produtivo está mal dimensionado. Entretanto, FAEMG/SEBRAE (1996) e FAEMG (2006) apontaram a não adequação do treinamento e da assistência técnica às especificidades de cada sistema produtivo, informações defasadas e inadequação às reais necessidades dos produtores, o que pode explicar a relação negativa entre essas variáveis e a eficiência técnica.

A melhoria da eficiência técnica poderia se dar por meio da incorporação de novas tecnologias de maior produtividade ou de maior facilidade operacional. Nesse sentido, o crédito seria teoricamente uma ferramenta importante, financiando essas tecnologias, e a assistência seria importante no auxílio aos produtores com essas novas tecnologias. O crédito rural, por sua vez, não foi significativo para ambos os grupos de produtores em todos os quantis estimados. Esse comportamento pode ser explicado pela má aplicação dos recursos provenientes do crédito rural, como o superdimensionamento dos sistemas produtivos, compra de equipamentos de menor produtividade e inadequados às suas reais necessidades ou até mesmo pela inabilidade dos produtores na sua correta operação, dada sua carência de suporte e acompanhamento adequado (destaca-se que a assistência, como tratada anteriormente, apresentou relação negativa à eficiência técnica). Ademais, uma das razões para esta ausência de relação significativa pode ser a inexistência de linhas de crédito específicas para a pecuária, uma vez que o ciclo produtivo da agricultura é de, no máximo um ano, enquanto o da pecuária dura de quatro a cinco anos.

Como forma de avaliar a relação entre especialização dos produtores para a produção leiteira, foram incluídas as variáveis “raça” e “variação”. Entretanto, a primeira foi significativa apenas para o quantil 0,25 para aqueles produtores

extensivos, enquanto a segunda foi significativa e com sinal contrário ao esperado, apenas para os produtores intensivos do quantil 0,75. Para os produtores extensivos de menor eficiência, o aumento proporcional de vacas especializadas para a produção láctea em 1 p.p. está relacionada a um aumento de 3,99 p.p. da eficiência técnica – a menor especialização do rebanho leiteiro pode ser uma das causas do menor desempenho técnico para essas produtores, enquanto os demais produtores (extensivos e intensivos) não apresentariam problemas quanto à especialização do rebanho. Por sua vez, maiores variações da produção entre os períodos das “águas” e da “seca” aumentariam a eficiência técnica apenas para os produtores intensivos e de maior eficiência em 18,97 p.p., para cada aumento percentual na variação produtiva em 1 p.p. Nesse sentido, a alimentação fornecida e os retornos à escala desses produtores podem apresentar uma relação e explicar parte desse comportamento inesperado e expressivo. Inicialmente, deve ser lembrado que os produtores do segundo grupo operam predominantemente com retornos decrescentes à escala, como apresentado anteriormente na Tabela 18, ou seja, reduzindo a escala de produção, a eficiência deve aumentar via aumento da produtividade média. Considerando que maiores variações da produção estão associadas à menores produções do rebanho, pelo menos na seca, assim, o aumento da variação pode reduzir a produção e aumentar a produção média do rebanho e a eficiência técnica.

A intensidade da produção foi analisada tomando como *proxy* o número total de vacas por hectare. As estimativas apontam que a eficiência técnica é maior para aquelas propriedades mais intensivas. Essa relação já era esperada e foi encontrada também nos estudos de *Alvares et al. (2008)* e *Cabrera et al. (2010)*, para a produção láctea no Norte da Espanha e em Wisconsin, Estados Unidos da América, respectivamente. Entretanto, a intensidade apresentou significância apenas para os produtores de maior desempenho, do grupo extensivo, sendo que não foi significativa para os produtores de maior eficiência intensivos, mas apresentou comportamento crescente quando à sua importância nesse grupo. Desta forma, o aumento unitário dessa variável está associado à elevação da eficiência técnica em 1,51 p.p., para produtores extensivos de maior eficiência e 1,26 p.p. e 1,95 p.p. para os produtores extensivos dos quantis 0,25 e 0,50, respectivamente. Essa ausência de relação para os produtores intensivos de maior eficiência não era esperada, mas demonstra que, para esses produtores, o sistema pode não apresentar problemas quanto à intensidade do processo, sendo portanto insensível a mudanças nessa variável.

A explicação para essa relação, como apontado por *Alvarez et al. (2008)*, é a facilidade de administração do sistema intensivo, uma vez que as propriedades intensivas compram o concentrado e demais alimentos, enquanto os sistemas

extensivos compreendem maior número de atividades, o que aumenta a probabilidade de equívocos técnicos. Somados a esses fatores, os sistemas intensivos propiciam melhor acompanhamento diário do rebanho e, particularmente para Minas Gerais, com seu relevo montanhoso, os animais possuem maior gasto calórico no sistema extensivo. Feitas essas considerações, essa facilidade administrativa pode não existir para os produtores extensivos de menor eficiência, devido à inabilidade dos produtores em incorporar modificações ao sistema produtivo ou por dificuldades operacionais na produção.

A produtividade das vacas e da mão-de-obra apresentaram sinais esperados, de forma que um aumento na produtividade dessas aumenta a eficiência técnica. Entretanto, a natureza do aumento dessas variáveis, apesar de estatisticamente significativo, não são relevantes, uma vez que o aumento na produtividade dessas variáveis está associado a aumentos, de no máximo, 0,01 p.p. para ambas variáveis. Essa relação pode demonstrar que ambos os sistemas produtivos são intensivos no uso da mão-de-obra e o aumento da produtividade dessa não contribuiria significativamente para a produção, enquanto que, para a produtividade das vacas, essa relação próxima de zero pode sinalizar a baixa produtividade potencial do rebanho e que, aumentos da produtividade demandariam maior utilização de outros insumos, como alimentos, de forma que o ganho líquido sobre a eficiência seria pequeno.

Analisando a relação entre a eficiência e a escala de operação, por meio das variáveis “estrato2”, “estrato3”, “estrato4” e “estrato5”, os produtores com produção diária de 50 a 200 litros, 200 a 500 litros, de 500 a 1000 litros e mais de 1000 litros por dia apresentam a eficiência técnica menor do que os produtores que produzem até 50 litros dia, tanto para os produtores extensivos como intensivos. Os parâmetros estimados foram significativos a 1%. Desta forma, os resultados são contrários aos encontrados por Tauer e Mishra (2006). Uma explicação para a queda da eficiência, à medida que a produção aumenta, pode estar associado à forma como aumentos da produção estão sendo alcançados nesses sistemas. Para o sistema extensivo, dado sua natureza, aumentos de produção são normalmente alcançados com o aumento do rebanho, em alguns casos com vacas leiteiras com baixa produtividade, o que pode aumentar o consumo de alimentos, demandar mais mão-de-obra, aumentar a pressão sobre as estruturas produtivas e, portanto, diminuir a eficiência técnica e a produção média total e por vaca. Para o sistema intensivo, aumentos de produção são, em muitas situações, obtidos via aumento de concentrados, mas como visto por meio da Tabela 18 apresentada anteriormente, a alimentação apresenta retornos decrescentes à escala, o que diminuiria a produtividade média e a eficiência desses sistemas.

Por fim, o parâmetro estimado relativo à variável “Sucessão1” foi contrário ao anteriormente esperado, apresentando sinal negativo. Essa variável foi utilizada como *proxy* para a motivação dos produtores na atividade, esperando que produtores motivados apresentassem maior desempenho técnico do que aqueles produtores desmotivados. Assim, esperava-se que as propriedades cujos produtores acreditavam que os filhos continuariam na atividade leiteira tivessem maior eficiência técnica. Essa relação foi observada para os produtores intensivos, mas não foi significativa, enquanto que para os produtores extensivos essa relação foi negativa e significativa para os produtores de menores escores de eficiência técnica.

Essa variável pode estar captando outros efeitos como a falta de oportunidades econômicas de mudança para outras atividades econômicas ou descapitalização do sistema. A baixa capitalização do sistema produtivo e eficiência produtiva podem comprometer a renda da família e a menor renda compromete a qualidade e os anos de estudos dos filhos dos produtores, incapacitando-os a ingressar no ensino superior. Pela falta de oportunidades de maior retorno econômico, os filhos continuaram na atividade leiteira. Esse comportamento pode explicar o motivo da variável ser significativa apenas para os produtores extensivos de menor eficiência técnica, sendo mais importante quanto menor a eficiência, ou seja, para os produtores do quantil 0,25, se o pai acredita que o filho deva continuar na atividade, a eficiência técnica é menor em 5,56 p.p., enquanto que para os produtores medianos a queda associada é de 3,72 p.p. e para os produtores mais eficientes essa relação não é significativa.

Resumindo as relações anteriores apresentadas entre variáveis explicativas e eficiência técnica para ambos os sistemas produtivos, pode-se afirmar que o sistema extensivo mostrou-se sensível a variações das variáveis explicativas, sendo que para os produtores de menor eficiência, ganhos de eficiência podem ser dar principalmente via melhoria da qualidade genética do rebanho e para os produtores mais eficientes, via aumento da intensidade de produção. Para os produtores intensivos, poucas variáveis explicaram, estatisticamente, variações do desempenho dos produtores: a principal variável relacionada ao aumento do desempenho para produtores dos quantis 0,25 e 0,50 o aumento do tempo dedicado à atividade e para os produtores mais eficientes, o aumento da variação da produção entre seca e águas. Para ambos os sistemas de produção, destacam-se os efeitos não-esperados e contrários para a assistência técnica, treinamento, educação, crédito, controle e administrador, principalmente.

5.3.1.2. Determinantes do desempenho econômico no curto prazo dos produtores mineiros, segundo sistema de produção

Analisar a eficiência técnica, apesar de importante, exhibe apenas uma parte da questão. Na realidade, não interessa apenas reduzir a quantidade de insumos, mas também produzir com o menor custo, o que implica em considerar os preços relativos dos insumos. Desta forma, foram estimadas as relações entre as variáveis explicativas, tais quais para a eficiência técnica, e a eficiência econômica, de forma a averiguar se há mudanças nas relações analisadas anteriormente. Os resultados estimados estão apresentados na Tabela 33. Inicialmente, assim como para as relações estimadas para a eficiência técnica, esperavam-se sinais positivos e parâmetros crescentes quanto maior a eficiência econômica, entretanto, poucas variáveis apresentaram comportamento esperado. Para os produtores extensivos, apenas a escolaridade, controle, intensidade, administrador e produtividade da vaca e do trabalho apresentaram comportamento significativo esperado, havendo assim, melhoria nas relações estimadas para esse grupo quanto comparado às estimativas anteriores. As estimativas para os produtores intensivos, por seu turno, não apresentaram melhorias ou mudanças significativas em relação aos extensivos, destacando apenas variações de magnitude dos coeficientes.

Assim como anteriormente, o teste de Wald como forma de averiguar a hipótese de igualdade conjunta dos parâmetros entre os quantis estimados. O valor estimado foi $F_{46,1688} = 3,81$ para o primeiro grupo e $F_{46,500} = 3,02$, ambos significativos a 1%. Assim a hipótese nula de igualdade conjunta para os parâmetros estimados entre os quantis pode ser rejeitada.

Inicialmente, para auxiliar na interpretação das relações entre as variáveis explicativas e a eficiência econômica convém destacar, novamente, o significado da eficiência econômica e suas implicações. Um produtor será ineficiente economicamente se, na amostra de produtores, houver outro produtor que obtenha uma receita maior ou igual a este, com um custo igual ou menor. Destaca-se que a eficiência econômica é composta tanto pela eficiência técnica como pela eficiência alocativa.

O intercepto, como anteriormente, representa a função condicional para a distribuição da eficiência econômica de um produtor com produção diária de até 50 litros, com a pecuária leiteira sendo atividade secundária na geração e renda, sem administrador contratado, que não adota controles administrativos, não acredita que o filho deva continuar na atividade leiteira, não participou de treinamento, não utilizou do crédito rural e não recebeu assistência técnica no último ano.

Tabela 33. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência econômica para os produtores extensivos e intensivos no curto prazo, Minas Gerais, 2005.

Coeficientes / Quantis	Grupo 1			Grupo 2		
	q.25	q.50	q.75	q.25	q.50	q.75
Intercepto	6,02	18,23***	20,52***	1,26	22,58	23,64
Idade	-0,06	-0,35**	-0,22	0,4	-0,18	0,07
Idade2	6,10e ⁻⁰⁴	3,12e ^{-3**}	2,1e ⁻³	-0,005	8,00e-04	0,00
Escolaridade	6,13e ^{-04***}	-0,38***	-0,35**	0,01	-0,21	-0,65*
Experiência	-3,00e ⁻⁰²	-0,07***	-7,00e ⁻⁰²	-0,1	0,13	0,15
Principal	-0,17	-0,56	1,07	-1,19	-1,06	2
Distribuição	0,04	1,52	1,04	8,95*	5,96	2,01
Controle	1,36*	0,23	-1,15	-3,43	-2,2	-2,76
Treinamento	-0,17	-0,73	-1,42	4,73	3,02	1,07
Assistência12	-0,8	-1,74**	-3,79***	-0,36	-7,58**	-8,77**
Assistência36	-2,23*	-2,45**	-3,88**	4,34	-6,89	-0,9
Assistência6	-1,01	-2,99***	-4,01***	-0,07	-6,15**	-4,09
Crédito	0,04	1,03	-0,24	-3,07	1,42	0,03
Variação	0,01	-0,21	-0,29	-0,67	-0,43	6,27**
Intensidade	0,43**	0,31*	0,29	-0,19	0,61	1,05
Raça	-1,08	-1,08	0,07	4,89	5,3	-2,62
Administrador	1,49	4,53***	3,2	1,25	2,81	2,08
Prod.vacas	2,60e ^{-03***}	3,7e ^{-3***}	8,3e ^{-3***}	3e ^{-03***}	5e ^{-03***}	0,01***
Prod.trabalho	1,20e ^{-03***}	1,2e ^{-3***}	2,3e ^{-3***}	7e ^{-04***}	6e ^{-04***}	6e ^{-04***}
Estrato2	-1,58**	-2,03***	-4,99***	-0,69	-5,88	-12,69***
Estrato3	-2,5**	-4,68***	-8,02***	-2,06	-5,87	-12,48**
Estrato4	-2,97	-3,47*	-7,94**	-4,87	-9,55**	-14,92**
Estrato5	-2,99	-6,33*	-13,39**	0,23	-3,39	3,65
Sucessão1	-1,29**	-1,39**	-1,18	0,76	-4,14***	-0,78

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

As variáveis relacionadas ao conhecimento informal (idade e experiência) e sua relação à alocação adequada dos insumos, dados seus preços relativos, apresentaram relação negativa, como anteriormente, mas significativas estatisticamente a pelo menos 5% apenas para alguns quantis. Essa relação negativa pode ser atribuída à captura de outra variável – a depreciação e queda da capacidade produtiva. Desta forma, à medida que os anos de produção láctea aumentam, a

depreciação dos equipamentos aumenta e sua produtividade diminui, e conseqüentemente sua eficiência econômica, uma vez que o produtor deve usar mais de alguns ou todos os insumos para manter a mesma quantidade produzida. Na queda da produtividade, incluem-se o rebanho, que ao envelhecer diminui a capacidade de produção e reprodução, e a depreciação do capital humano, uma vez que o produtor pode conhecer e ser capaz de utilizar apenas tecnologias defasadas ou até mesmo a desconfiança por novas tecnologias e o risco de prejuízo com essas tecnologias.

As variáveis para a educação formal (“escolaridade” e “treinamento”) apresentaram sinais iguais aos anteriores para a eficiência técnica, mas o treinamento não foi importante estatisticamente para explicar a eficiência econômica para os produtores extensivos. Para os produtores extensivos, a escolaridade apresentou efeito significativo negativo para os produtores de maior eficiência, de forma que o aumento na escolaridade em 1 ano reduz a eficiência econômica em 0,35 p.p. Assim, a educação formal não permitiria ao produtor uma melhor decisão quanto à escolha das quantidades relativas de insumos a serem utilizados na produção, dados seus preços.

Os aspectos gerenciais apresentaram mudança de relação para os produtores extensivos. Nesses, a adoção de controle por parte dos produtores de menor eficiência aumenta a eficiência desses em 1,36 p.p. (quantil 0,25), enquanto a adoção de administrador contratado aumenta o desempenho econômico em 4,53 p.p. (quantil 0,50). Assim, o melhor gerenciamento não seria importante para determinar as quantidades dos insumos a serem utilizados do ponto de vista técnico, mas seriam importantes para alguns produtores considerando a perspectiva econômica. Essa relação é compreensível, uma vez que os produtores no dia a dia da atividade podem perceber as quantidades de insumos utilizadas sem um controle rigoroso, mas dificilmente terão essa percepção dos preços dos produtos. O produtor pode se lembrar de quantos funcionários contratou, quantos sacos de ração forneceu ao rebanho, etc., mas dificilmente lembrará o custo de cada um deles, por exemplo. Entretanto, tal qual anteriormente, o custo de oportunidade de remunerar um administrador não seria justificado para dois terços dos produtores.

O tempo do produtor destinado à atividade (distribuição) foi importante, como anteriormente, apenas para os produtores intensivos, embora para apenas os de menor eficiência, ou seja, o aumento percentual do tempo destinado ao produtor para a produção láctea, em detrimento às demais atividades, está associado a um aumento da eficiência de 8,95 p.p. (quantil 0,25). Assim, esse resultado pode indicar que esses sistemas demandam maior atenção do produtor na tomada de decisões, na determinação de tarefas a serem desenvolvidas pelos funcionários, etc.

Assim como anteriormente, as formas de apoio governamental e institucional, captadas pelo treinamento, assistência técnica e crédito rural, estariam sendo ineficazes na melhoria do desempenho dos produtores, apresentando ausência de significância ou relação negativa, muito embora a redução da eficiência econômica para os produtores que receberam esse apoio seja menor do que sobre a eficiência técnica. Assim, é necessária a reformulação dos mecanismos de ação dessas políticas, haja vista que essas apresentam um custo para o governo, mas não estariam gerando benefícios para a sociedade, representando um desperdício de recursos públicos.

Tal qual anteriormente, maiores variações da produção não apresentaram relação significativa para os produtores extensivos, sendo importante apenas para os produtores intensivos de maior eficiência, embora a importância seja menor do ponto de vista econômico do que técnico. A raça do rebanho, relacionada a essa variável não foi significativa para nenhum produtor, ao contrário da eficiência técnica. Essa relação pode ser explicada pelos custos de produção do rebanho de maior especialização, que podem ser maiores, mas com a maior produtividade. Assim, gastar-se-ia mais para produzir mais, e o resultado econômico (custo médio) seria o mesmo que utilizar pouco para produzir pouco com um rebanho de menor especialização.

A intensidade da produção, por sua vez, apresentou comportamento contrário ao anterior. Analisando da perspectiva econômica, o aumento da intensidade traria facilidades administrativas e melhoria de eficiência apenas para os produtores extensivos nos quantis 0,25 e 0,50. Esse resultado pode ser interpretado pelo fato de os produtores extensivos utilizarem grande quantidade de alimentação via forragens e os produtores intensivos, utilizarem maior proporção de alimentação via concentrados, como apresentado anteriormente na Tabela 10. Como analisado anteriormente na seção “5.2.1. *Desempenho de curto prazo*”, os produtores extensivos estariam utilizando, proporcionalmente, mais insumos via forragens e apresentariam produtividade marginal menor que seu preço e, produtividade marginal dos concentrados maior que seus preços, o que implicaria necessidade de maior uso de concentrados e menor uso de forragens na alimentação do rebanho. Uma vez que o aumento da intensidade da produção normalmente implica em maior uso de concentrado, relativamente às forragens, o produtor se aproximaria de relação entre forragens e concentrados ótima, na perspectiva econômica. As relações estimadas para a intensidade da produção e a eficiência técnica e econômica corroboram, assim, a hipótese de pesquisa, no sentido que, maior intensidade produtiva implicaria em maior eficiência técnica e econômica.

A produtividade das vacas e da mão-de-obra apresentam sinais esperados, mas valores muito pequenos, assim como para suas respectivas relações com a eficiência técnica, demonstrando assim que, da perspectiva econômica, o uso desses insumos pouco contribuiria, uma vez que o aumento da produtividade em 1 p.p. estaria associado ao aumento da produção, de no máximo, 0,01 p.p. e 0,008 p.p para os produtores intensivos e extensivos, respectivamente.

Analisando a relação entre a eficiência e a escala de operação, há uma melhoria da relação (os valores negativos se aproximam da zero), muito embora os sinais continuem negativos e significativos. Desta forma, a melhoria na capacidade de alocação dos insumos, relativos aos seus preços, não seria suficiente para compensar a perda de desempenho técnico associada. Assim, sistemas maiores seriam mais fáceis de administrar alocativamente, talvez pela redução dos custos dos insumos pelo aumento do volume das compras, mas não seriam fáceis tecnicamente.

Sintetizando as análises anteriores, há uma menor proporção de variáveis capazes de explicar a variação da eficiência econômica, sendo que poucos apresentaram comportamento esperado, como controle, administrador, intensidade e distribuição. Uma estratégia para a melhoria do desempenho econômico dos produtores extensivos, mais adequadas aos produtores de menor eficiência, seria o aumento da intensidade da produção, enquanto que para os produtores medianos a contratação de um administrador resultaria em ganhos substanciais de eficiência. Para os produtores intensivos, o aumento do tempo dedicado pelo produtor na atividade e aumento da variação da produção, para os de maior e menor desempenho respectivamente, seriam mais importantes.

5.3.1.3. Determinantes do desempenho ambiental no curto prazo dos produtores mineiros, segundo sistema de produção

Anteriormente, algumas variáveis socioeconômicas e institucionais foram analisadas quanto às suas relações ao desempenho técnico e econômico dos produtores leiteiros de Minas Gerais. Entretanto, como Cabrera *et al.* (2010) destaca, com a maior conscientização dos efeitos ambientais da produção leiteira, a gestão ambiental da propriedade será essencial. Dada essa importância crescente, foram analisadas as relações entre as variáveis analisadas anteriormente e a eficiência ambiental de curto prazo para os produtores rurais.

Os resultados para as estimativas para cada grupo de produtores estão apresentados na Tabela 34. Esses resultados foram testados quanto à igualdade conjunta dos parâmetros pelo teste de Wald, como anteriormente. A estatística

calculada foi $F_{92,2798} = 9,87$ para o primeiro grupo e $F_{46,500} = 3,01$ para o segundo grupo, ambas significativas a 1%. Assim a hipótese nula de igualdade conjunta para os parâmetros para os quantis pode ser rejeitada.

De forma geral, quando se compara esses resultados aos anteriores observa-se a menor proporção de parâmetros estatisticamente significativos. Dentre esses, apenas a intensidade, raça, administrador e a produtividade das vacas e do trabalho apresentaram sinal esperado. Para os produtores intensivos, apenas apresentaram sinal esperado idade, treinamento, produtividade das vacas e do trabalho, os estratos 3, 4 e 5 e o intercepto.

Como os demais modelos, deve-se atentar para que intercepto capta os valores condicionais da eficiência ambiental nos diversos quantis para produtores com produção de até 50 litros por dia, com atividade leiteira secundária, que não fazem controle da atividade e não possuem administrador, que não receberam e, ou possuíram acesso a treinamento, ao crédito rural e à assistência técnica.

Dentre as características dos produtores, a idade foi significativa apenas para os produtores intensivos, mas de menor eficiência. O aumento da idade pode estar associado à maior preocupação ambiental desses produtores, mas a relação é pequena, de apenas 0,38 p.p. Supunha-se que a escolaridade apresentasse relação positiva, entretanto os parâmetros significativos indicam que, à medida que os anos de estudo aumentam o desempenho ambiental diminuiu. Essa relação também foi encontrada para o desempenho técnico e econômico, de forma que esse resultado pode refletir o baixo nível de escolaridade dos produtores e qualidade da educação.

Quanto ao apoio governamental e, ou institucional, o treinamento dos produtores, embora não significativo ou negativamente relacionado ao desempenho técnico e econômico dos produtores, apresentou relação positiva com o desempenho ambiental, mas apenas para os produtores intensivos de menor eficiência, que correspondem a apenas 68 produtores (8% dos produtores). A assistência técnica apresentou relação negativa com a eficiência ambiental, como anteriormente, e significativa apenas para os produtores extensivos de maior eficiência. Mais uma vez o crédito rural não apresentou relação com a eficiência ambiental para ambos os grupos de produtores. Esses resultados confirmam a ineficácia desses instrumentos em aumentar o bem estar social, uma vez que não são capazes de melhorar nem o desempenho técnico, nem econômico dos produtores, nem diminuir suas externalidades negativas para o meio ambiente, sendo assim investimentos perdidos e que indicam a necessidade de reformulação desses instrumentos.

A intensidade e aumento da especialização do rebanho indicaram estarem associadas às melhorias à eficiência ambiental da produção, mas apenas para os

produtores extensivos. Relação semelhante foi apresentada para o desempenho técnico e econômico, sendo que a intensidade apresentou associação importante para os produtores intensivos também. A importância ambiental do aumento da intensidade pode estar associada a desperdícios de nitrogênio dos sistemas extensivos, uma vez que após a formação das pastagens, o produtor não pode “armazená-las”. Se a pastagem é utilizada para a produção haverá emissões, mas se não for, também haverá, assim é racional o aumento do número de vacas por hectare para desfrutarem da alimentação, que de outra forma seria “perdida”. Destaca-se que, quanto maior a eficiência ambiental dos produtores, maior a relação entre aumento da intensidade da produção e eficiência ambiental. Para os sistemas intensivos, esperava-se que, pela maior quantidade de cabeças por hectare, a elevação dessa quantidade diminuiria a eficiência ambiental, entretanto a estimativa não apresentou relação significativa, de forma que os sistemas intensivos podem aumentar a intensidade sem comprometer o meio ambiente. Assim, os resultados para a relação entre eficiência e intensidade produtiva suportam a hipótese de pesquisa para ambos os grupos de produtores da perspectiva técnica e econômica, ou seja, maior intensidade produtiva implicaria em maior eficiência técnica e econômica.

A raça do rebanho é importante somente para os extensivos. Esse comportamento pode estar associado à menor especialização do rebanho desses produtores e melhor conversão energética de rebanhos mais especializados na produção, de forma que uma mesma quantidade de vacas seria capaz de produzir uma quantidade maior de leite com aumento proporcionalmente menor na demanda de alimentação. A inexistência de relação dessa variável para os produtores intensivos pode indicar que esses apresentam rebanho com composição racial adequada, do ponto de vista ambiental, bem como técnico e econômico.

A produtividade por vaca e do trabalho apresentaram relação esperada, embora, assim como anteriormente, pouco expressivos. O efeito dessas está associado ao aumento da eficiência ambiental de no máximo 0,003 p.p.

Quanto à escala de operação, as relações estimadas dessa para com a eficiência ambiental apresentaram resultados interessantes. Para os produtores extensivos os resultados aproximadamente reproduziram as relações técnica e econômica. Para os produtores intensivos, por outro lado, o aumento da escala de operação apresenta relação positiva e estatisticamente significativa para os estratos entre 200 a mais de 1000 litros por dia. Assim, a tecnologia empregada pelos produtores intensivos parece mais adequada à melhorias de desempenho ambiental em detrimento do desempenho técnico e econômico. Esse resultado apresenta grande potencial de estratégia para a redução das emissões desses produtores, sendo que os

produtores podem ser compensados pela queda da eficiência econômica e aumento dos custos por meio de subsídios governamentais, como tratado na seção “5.2.1. Desempenho de curto prazo”.

Tabela 34. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência ambiental para os produtores extensivos e intensivos no curto prazo, Minas Gerais, 2005.

Coeficientes / Quantis	Grupo 1			Grupo 2		
	q.25	q.50	q.75	q.25	q.50	q.75
Intercepto	-1,22	0,1	0,16	-11,45**	-14,14**	-7,66
Idade	0,06	0,05	0,12	0,38**	0,35	0,19
Idade2	-6,2 e ⁻⁰⁴	-5,5 e ⁻⁰⁴	-1,1 e ⁻⁰³	-4,00e ^{-03**}	-3e ⁻⁰³	-3e ⁻⁰³
Escolaridade	-0,03	-0,08*	-0,17***	0,05	0,01	-0,04
Experiência	4,7 e ⁻⁰³	0,01	-4,5 e ⁻⁰³	0,04	0,07	0,13
Principal	0,08	-0,17	0,02	-0,79	-0,55	-0,03
Distribuição	0,15	0,41	0,29	0,73	0,26	2,1
Controle	0,08	0,45	0,44	0,76	0,06	-1,1
Treinamento	-0,3	0,21	0,47	2,17***	1,35	2,1
Assistência12	0,07	-0,44	-0,29	-0,64	-0,72	-3,61
Assistência36	0,12	-0,52	-1,83**	-1,98	-2,15	-4,08
Assistência6	0,19	-0,26	-1,53***	-0,52	-0,09	-0,09
Crédito	0,07	-0,16	0,69	0,43	0,86	2,86
Variação	0,01	0,04	0,22	-0,52	-0,02	2,52
Intensidade	0,2***	0,15	0,62***	0,13	0,43	-0,21
Raça	0,45	1,58**	2,83**	-0,34	-1,75	-6,68
Administrador	0,72	0,32	3,12**	-1,4	0,76	2,54
Prod.vacas	1,1 e ^{-03***}	1,6 e ^{-03***}	2,1 e ^{-03***}	1 e ^{-03***}	3 e ^{-03***}	3 e ^{-03***}
Prod.trabalho	1,7 e ^{-04***}	1,3 e ^{-03***}	1,2 e ^{-03***}	9 e ^{-04***}	8 e ^{-04***}	8 e ^{-03***}
Estrato2	-0,3	-0,61*	-1,81***	1,25	2,48*	2,16
Estrato3	-0,41	-0,71	-2,29***	8,03***	7,32***	7,08**
Estrato4	0,01	-0,35	-3,26**	8,26***	9,84***	9,6**
Estrato5	-0,03	-1,38	2,07	1,57	8,2***	40,94***
Sucessão1	-0,05	-0,46	-1,07*	-0,86	-1,65	-0,79

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

As estimativas para a eficiência ambiental indicaram que essa é pouco influenciada pelas variáveis consideradas, sendo que, para os produtores extensivos, as variáveis com maior propensão à redução das emissões seria via aumento da

intensidade e adequação genética do rebanho para a produção leiteira. Para os produtores intensivos, o treinamento foi importante para os produtores de menor eficiência, sendo que aumentos da produção apresentariam grande potencial de redução das emissões, embora o comportamento seja contrário à perspectiva econômica e técnica.

Os principais resultados quanto às relações entre as variáveis associadas às características produtivas, sociais e organizacionais e o desempenho técnico, econômico e ambiental estão apresentados na Tabela 35. De forma geral, a assistência técnica apresentou relação negativa ao desempenho técnico, econômico e ambiental para o primeiro grupo e não apresentou relação significativa para com o escore de eficiência ambiental para os produtores intensivos. Destaca-se também a associação negativa entre escalas de produção maiores e o desempenho dos produtores, exceção à EE no segundo grupo destaca-se. As variáveis associadas à produtividade das vacas, do trabalho apresentaram relação esperada para com todos os escores de eficiência.

Tabela 35. Resumos das relações entre variáveis exógenas e escores de eficiência

Grupo 1 - Extensivos		
Eficiência Técnica (TE)	Eficiência Econômica (CE)	Eficiência Ambiental (EE)
Treinamento (-);	Assistência Técnica (-);	Assistência Técnica (-);
Assistência Técnica (-);	Intensidade (+);	Intensidade (+); Raça (+);
Prod. Vacas (+); Prod. Trabalho (+); Estratos (-)	Administrador (+); Prod. Vacas (+); Prod. Trabalho (+); Estratos (-)	Administrador (+); Prod. Vacas (+); Prod. Trabalho (+); Estratos (-)
Grupo 2 - Intensivos		
Eficiência Técnica (TE)	Eficiência Econômica (CE)	Eficiência Ambiental (EE)
Assistência Técnica (-);	Assistência Técnica (-);	Treinamento (+); Prod.
Intensidade (+); Prod. Vacas (+); Prod. Trabalho (+); Estratos (-)	Prod. Vacas (+); Prod. Trabalho (+); Estratos (-)	Vacas (+); Prod. Trabalho (+); Estratos (+)

Fonte: Resultados da pesquisa.

5.3.2. Determinantes do desempenho econômico e ambiental dos produtores no longo prazo

Anteriormente, foram analisadas as relações entre algumas variáveis socioeconômicas e institucionais e o desempenho técnico, econômico e ambiental dos produtores no curto prazo, quando as tecnologias são fixas. Nessa seção, são analisadas as relações entre o desempenho dos produtores no longo prazo e essas variáveis. Entretanto, são analisadas apenas as relações das variáveis anteriores e a eficiência ambiental de longo prazo, uma vez que as estimativas para a eficiência técnica e econômica para os produtores foram elevadas e próximas a um, havendo baixa variação, como apresentado anteriormente²².

Assim, a Tabela 36 apresenta as estimativas para as regressões quantílicas. Salienta-se que as interpretações são de longo prazo, ou seja, não há insumos fixos, os produtores podem sair e entrar na atividade quando incentivados, ou seja, a relação entre essas variáveis e o desempenho dos produtores aplica-se a todos os insumos utilizados.

De maneira geral, os parâmetros estimados apresentam parâmetros semelhantes aos de curto prazo, embora com relações menores e menor número de estimativas significativas estatisticamente. Essas indicam não haver diferença estatisticamente significativa de eficiência ambiental entre os grupos de produtores de menor e maior eficiência ambiental (variável "Grupo"). Entretanto, para os produtores medianos, a eficiência ambiental é menor em 0,37 p.p. quando esses são extensivos. Dentre as variáveis relacionadas à educação formal e informal, nenhuma foi significativa estatisticamente. Das variáveis que captam o apoio governamental e institucional, como assistência, treinamento e crédito, apenas a assistência foi estatisticamente significativa para os produtores de maiores eficiência, embora com relação negativa. Os produtores desses quantis, que receberam a visita do técnico de 3 a 6 vezes no ano apresentam escores de eficiência menor em 0,79 p.p. O aumento no número de visitas do técnico à propriedade apresenta comportamento semelhante, associado a uma redução da eficiência de 0,65 p.p. As quedas associadas à assistência técnica são pequenas, mas confirmam a relação de curto prazo. Assim, a ação institucional e de apoio governamental deve ser inteiramente repensada, haja vista que os dispêndios nessas políticas não melhoram o desempenho sobre todas as perspectivas analisadas, tanto no curto como no longo prazo.

²² As regressões para as relações entre as variáveis explicativas e a eficiência técnica e econômica estão no apêndice.

As estimativas para as variáveis analisadas apontam o aumento da intensidade da produção, da produtividade das vacas, da produtividade do trabalho e da produção como estratégias possíveis para redução das emissões dos produtores no longo prazo. O aumento da escala apresentou relação semelhante à de curto prazo para os produtores intensivos e, contrária às estimadas para os produtores extensivos.

Tabela 36 Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência ambiental de longo prazo para os produtores leiteiros, Minas Gerais, 2005.

Coeficientes / Quantis	q,25	q,50	q,75
Intercepto	-1,01	-1,67*	-0,35
Idade	0,03	0,05	0,06
Idade2	-3e-04	-5e-04	-5e-04
Escolaridade	-1e-03	-0,02	-0,04
Experiência	5e-03	0,01	0,01
Principal	-0,01	-0,09	0,12
Distribuição	0,07	0,08	0,09
Controle	0,06	0,13	-0,07
Treinamento	0,07	0,26	0,36
Assistência12	0,08	-0,13	-0,28
Assistência36	-0,07	-0,15	-0,79*
Assistência6	0,01	0,04	-0,65**
Crédito	0,15	0,02	-0,04
Variação	0,03	0,04	0,02
Intensidade	0,08	0,14***	0,23***
Raça	0,28	0,34	0,28
Administrador	0,01	0,12	0,32
Prod,vacas	6e-4***	1e-3***	1e-3***
Prod,trabalho	3e-3***	8e-4***	8e-4***
Estrato2	-0,03	-0,28*	-0,55
Estrato3	1,55***	1,44***	1,33
Estrato4	2,54***	2,29***	3,15
Estrato5	1,19***	2,14	7,05***
Sucessão1	0,1	0,01	-0,37
Grupo	-0,16	-0,37**	-0,47

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

Dentre essas variáveis, o aumento da intensidade e da escala de produção são estratégias possíveis, haja vista a maior sensibilidade da eficiência ambiental a essas. Variações da produtividade estão associadas a um ganho da eficiência ambiental de no máximo 0,001 p.p. A intensidade pode ser vantajosa para os produtores também do ponto de vista técnico pela maior facilidade de administração do sistema por meio da redução das operações. Entretanto, no longo prazo, há maior incerteza do comportamento dos preços, e como os produtores demandariam maior quantidade de insumos externos à fazenda, essa pode representar uma estratégia de maior risco para a sustentabilidade econômica da produção. O aumento da escala também pode ser uma boa estratégia, principalmente pelos ganhos de eficiência ambiental, associadas ao aumento da produção serem maiores. O aumento da escala é também interessante da perspectiva econômica, uma vez que a produção láctea apresenta baixa rentabilidade por litro, de forma que aumentos da escala permitiriam o aumento da renda total e até mesmo permitindo que os produtores recebam melhor preço por litro via bonificação por volume de produção.

Desta forma, os resultados de longo prazo confirmam a pequena importância das variáveis para a redução das emissões, embora o aumento da intensidade produtiva e, principalmente, da escala de produção sejam estratégias viáveis. Os resultados confirmam também a ineficácia dos mecanismos governamentais e instrucionais e indicam que no longo prazo, da perspectiva ambiental, ambos os sistemas produtivos são praticamente iguais no que tange à eficiência ambiental, apresentando pequena diferença para os produtores intensivos e extensivos.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

Dada a relevância da produção láctea para o estado de Minas Gerais, sua importância econômica e o potencial de impacto da produção leiteira sobre o meio ambiente e para a saúde humana pela emissão de nitrogênio, foram avaliados os desempenhos técnico, econômico e ambiental da produção, utilizando a Análise Envoltória de Dados e, posteriormente, foram analisadas as relações de variáveis socioeconômicas e institucionais sobre esses desempenhos.

Dadas as especificidades tecnológicas, os produtores foram organizados em grupos homogêneos por meio da Análise Fatorial e de Cluster. Esses procedimentos sinalizaram o agrupamento dos produtores em dois grupos: um grupo para aqueles produtores de caráter extensivo e especializado e um segundo grupo para aquelas propriedades de caráter intensivas e capitalizadas. O primeiro grupo abrangeu 75% dos produtores e o segundo 25%, o que é consistente com a realidade da produção láctea, com predominância de sistemas extensivos.

Com a formação dos grupos homogêneos, pôde-se estimar o desempenho dos produtores no curto prazo, considerando que haveria duas tecnologias predominantes na produção láctea mineira, intensiva e extensiva. O desempenho para ambos os sistemas no curto prazo, foi, na média, baixo. A ineficiência econômica foi de aproximadamente 84% e 65% para os produtores do grupo extensivos e intensivos, respectivamente. Para a eficiência ambiental, a ineficiência média foi de, aproximadamente 93% e 86%, respectivamente. Desses resultados três pontos se destacam: (i) os produtores intensivos apresentaram maior desempenho, seja técnico ou ambiental, no curto prazo, quando comparados aos produtores extensivos; (ii) a ineficiência de escala foi um fator importante para a explicação da ineficiência dos produtores, de ambos os grupos; (iii) a redução das quantidades dos insumos

estimada para alcançar a eficiência ambiental foi maior quando comparada à perspectiva econômica, o que pode indicar um custo econômico relacionado à redução nos insumos, dado pela redução da produção.

Depois de corrigidas as ineficiências produtivas de curto prazo, estimou-se o desempenho dos produtores no longo prazo. Os resultados foram consistentes do ponto de vista microeconômico, uma vez que a eficiência técnica estimada para o longo prazo foi maior do que de curto prazo, resultado da maior flexibilidade dos sistemas em ajustar a utilização dos insumos. Já eficiência alocativa foi menor para o longo prazo, reflexo da incerteza quanto ao comportamento dos preços, o que compromete a capacidade de alocação dos insumos no processo produtivo, dados seus preços relativos. Quanto à escala de produção, 99% e 90% dos produtores extensivos e intensivos, respectivamente, operam com retornos crescentes à escala.

Por meio das correções necessárias ao sistema produtivo do ponto de vista econômico e ambiental, foi possível estimar o custo sombra da redução da poluição ambiental proveniente da redução nas emissões de nitrogênio. O custo da redução, no curto prazo, de cada quilo de nitrogênio, foi estimado em R\$ 1.292,42 e R\$ 134,10, para os produtores extensivos e intensivos. No longo prazo, os respectivos custos de redução das emissões para os produtores de cada grupo foram R\$ 25,60 e R\$ 8,00, para cada quilo de nitrogênio reduzido. O custo total, para a pecuária leiteira mineira, seria de R\$ 111.183,71 milhões. Como, o valor da produção de leite de vaca em Minas Gerais em 2006 foi R\$ 2.532,881 milhões, esse elevado custo aponta para a necessidade de programas de apoio ao produtor, incentivando-o a reduzir suas emissões, haja vista que, se os produtores arcarem com esse custo, não seria viável economicamente a produção de leite no estado de Minas Gerais. A adequação ambiental da produção leiteira, sem o apoio governamental, poderia resultar em saída dos produtores do setor formal ou abandono da atividade, êxodo rural, pressão sobre a infra estrutura nas áreas urbanas e perda de bem estar social da população.

Posteriormente, buscando determinar as variáveis socioeconômicas e institucionais relacionadas a maiores ou menores desempenhos técnico, econômico e ambiental, foram estimadas regressões quantílicas, tanto para o curto como para o longo prazo. No curto prazo, o sistema extensivo apresentou maior sensibilidade às variáveis explicativas, sendo que ganhos de eficiência técnica podem ser dar principalmente via melhoria da qualidade genética do rebanho e aumento da intensidade de produção. Para os produtores intensivos, o aumento do tempo dedicado à atividade e o aumento da variação da produção poderiam ser usadas como estratégias de melhoria do desempenho. Da perspectiva econômica, a melhoria do desempenho dos produtores extensivos poderia se dar via aumento da intensidade da

produção ou contratação de administrador, enquanto que para os produtores intensivos, o aumento do tempo dedicado pelo produtor na atividade e aumento o aumento da intensidade e adequação genética do rebanho para a produção leiteira seriam forma de ação. Da perspectiva ambiental no curto prazo, para os produtores extensivos, as variáveis com maior propensão à redução das emissões seria o aumento da intensidade da produção e adequação genética do rebanho para a produção leiteira. Para os produtores intensivos, o treinamento foi importante para os produtores de menor eficiência, sendo que aumentos da produção apresentariam grande potencial de redução das emissões. No longo prazo, foram analisadas apenas as relações entre as variáveis socioeconômicas e institucionais sobre a eficiência ambiental, dados os elevados escores de eficiência técnica e ambiental e sua baixa viabilidade. De forma geral, o aumento da intensidade e escala de produção seriam estratégias viáveis de redução das emissões.

Nas análises ao longo do estudo, sobressaem-se alguns pontos importantes: (i) a produtividade da mão-de-obra e do trabalho foram significativas e positivas para todas as estimativas, entretanto suas relações não foram significantes, o que pode indicar super-utilização desses insumos; (ii) os mecanismos de ação governamental, como assistência técnica, treinamento e crédito rural não apresentaram relação significativa e, ou positiva para as estimativas, o que indica a necessidade de reformulação da forma de atuação dessas, uma vez que os gastos não estão resultando em benefícios sociais.

De forma geral, o estudo demonstrou a necessidade de consideração das características técnicas dos produtores para a estimativa de seu potencial de melhoria e determinação das correções; indicou para a necessidade de melhoria da eficiência econômica dos produtores para permitir sua viabilização no longo prazo e renda para a família; apontou a baixa eficiência ambiental da produção e demonstrou o alto custo para sua redução e subsídio necessário para cada sistema produtivo mineiro; esboçou a necessidade de reformulação do apoio governamental e instituições de apoio ao produtor; e por fim, expôs possíveis estratégias de melhoria da eficiência técnica, econômica e ambiental, para os diversos níveis de eficiência.

Como pesquisas futuras, sugere-se a análise da elasticidade substituição entre a alimentação e os demais insumos produtivos, de forma a calcular com maior precisão os custos da redução das emissões, haja vista que os custos estimados são conservadores e podem ser maiores. Também é importante incluir novas formas de emissões da pecuária leiteira, como CO₂, fósforo, etc. Entretanto, para incorporar diversas formas de emissões à análise, é necessária a determinação de pesos de equivalência das emissões, ou seja, determinar quantas unidades de CO₂ emitidas

equivalem ao efeito de uma unidade emitida de nitrogênio ou fósforo, por exemplo. Nesse sentido, pesquisas para a minimização do julgamento de valor dessas relações são importantes. Novos estudos também poderiam analisar novas estratégias de redução das emissões, bem como analisar a problemática do crédito rural, da assistência e do treinamento fornecidos aos produtores de forma a propor melhorias ao apoio governamental e ao crédito voltados para a produção láctea.

7. REFERÊNCIAS

ALBERGONI ,L. PELAEZ, V. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? **Revista de Economia**, v. 33, n. 1, p. 31-53, 2007.

ALVAREZ, A.; DEL CORRAL,J.; SOLÍS,D.; PÉREZ, J.A. Does Intensification Improve the Economic Efficiency of Dairy Farms? **Journal of Dairy Science**. v. 98, n.9, p. 3693-3798, 2008.

ALVES, E. Características do desenvolvimento da agricultura brasileira. In: GOMES, A.T.; LEITE, J.L.B., CARNEIRO, A.V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA/ CNPGL, 2001. p.11-31.

ALVIM, M.I.S.A.; OLIVEIRA JUNIOR, L.B. Análise da competitividade da produção de soja no sistema de plantio direto no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.43, n.3, p. 505-528, 2005.

ALVIM, R.S.; LUCCHI, B.B. e MARTINS, M.C. Cenário para o agronegócio do leite no Brasil - A visão do setor primário. In: In: VILELA, D.; FERNANDES, E.L; NOGUEIRA, E.; CARVALHO, G.R.; VERNEQUE, R.S.; MARTINS, C.E. e ZOCCAL, R. Fórum das Américas: Leite e Derivados. **Anais... 7º Congresso Internacional do Leite**. Embrapa Gado de leite, Juiz de Fora, MG, 2009. 245-264 p.

AZEVEDO; P.F.; POLITI, R.B.; Concorrência e estratégias de precificação no sistema agroindustrial do leite. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 46, n. 3, p. 767-802, 2008.

BACEN – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxas de Câmbio - Cotações de fechamento do Dólar-Australiano**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpsq.asp?id=txcotacao>>. Acesso em: 21 ago. 2011.

BANKER, R.D. Hypothesis tests using data envelopment analysis. **The Journal of Productivity Analysis**, v. 7, n.2-3, p. 139-159, 1996.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BANKER, R.D.; NATARAJAN, R.. Statistical tests based on dea efficiency scores. In: COOPER, W.; SEIFORD, L.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Kluwer Academic Publishers, Inc., New York, Chapter. 11, p. 265–298, 2004.

BARRODALE, I.; ROBERTS, F. D. K.. Solution of an overdetermined system of equations in the L_1 norm. **Communications of the Association for Computing Machinery**, v.17, n. 6, p. 319-320, 1974.

BARROS, G.S.C. Mudanças estruturais na cadeia do leite: Reflexo sobre os preços. **Revista de Política Agrícola**, v. 13, n.3, p 38-51, 2004.

BARROS, C.S.R.; SIMÃO FILHO, P. Perspectivas para o agronegócio do leite- a visão da indústria. In: VILELA, D et. al . Fórum das Américas: Leite e Derivados. **Anais...** 7º Congresso Internacional do Leite. Embrapa Gado de leite, Juiz de Fora, MG, 2009.

BARUA, A.; BROCKETT, P.L.; COOPER, W.W.; DENG, H.; PANKER, B.R.; RUEFLI, T.W.; WHINSTON, A. DEA evaluations of long- and short-run efficiencies of digital vs. physical product “dot com” companies. **Socio-Economic Planning Sciences**. v 38, n. 4, p. 233-253, 2004.

BATALHA, M.O.; SCARPELLI, M. Gestão do Agronegócio: aspectos conceituais. In: BATALHA, M.O. **Gestão do Agronegócio: textos selecionados**. São Carlos: UFSCAR, 2005.

BARTLETT, M.S. The effect of standardization on a X^2 approximation in factor analysis. **Biometrika** v. 38, n 3-4, p. 337–344, 1951.

BICHO ON LINE. **Derrubando o custo de produção de silagem**. Disponível em <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/ps0018.htm>>. Acesso em 10 mar 2011.

BINGER, B.R; HOFFMAN, E. **Microeconomics with calculus**. 2nd edition. United States of America: Addison Wesley Longman, 1998, 633p.

BINSWANGER, H.C. Fazendo a sustentabilidade funcionar. In: CAVALCANTI, C. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 3^a ed. São Paulo: Cortez, 1997. p. 41-55 .

BLANCARD, S.; BOUSSEMARY, J.; BRIEC, W.; KERSTENS, K. Short- and long-run credit constraints in french agriculture: a directional distance function framework using expenditure-constrained profit functions. **American Journal of Agricultural Economics**, n. 88, v. 2, p. 351-364, 2006.

BOAVIDA, M.J.L. Problemas de qualidade da água: eutroficação e poluição. **Biologias**, n. 1, vol. 11, p. 1-9, 2001.

BODDEY, R.M.; MACEDON, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C.; REZENDE, C.P.; CANTARUTTI, R.B.; PEREIRA, J.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, n. 2, p. 389-403, 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Intercâmbio Comercial do Agronegócio: Principais mercados de destino**. Brasília:

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Assessoria de Comunicação Social, 2010, 443 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - COORDENAÇÃO GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DO CLIMA. **Comunicação nacional inicial do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília: SEPED, 2004. 274p.

BRAZ, S.P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CANTARUTTI, R.B.; REGAZZI, A.J.; MARTINS, C.E.; FONSECA, D.M.; BARBOSA, R.A. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 858-865, 2002 (suplemento).

CABRERA, V.E.; SOLÍS, D. CORRAL, J. Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin. **Journal of Dairy Science**, v 93, n. 1, p. 387-393, 2010.

CALINSKI, T.; HARABASZ, J. A dendrite method for cluster analysis. **Communications in Statistics**. v. 3, n.1, p. 1-27, 1974.

CAMERON, A.C; TRIVEDI,P.K. **Microeconometrics using Stata**. Stata Press, 2009, 692 p.

CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CARVALHO, G.R.; HOTT, M.C. **Análise da concentração e geografia da produção de leite no Brasil**. Revista de Política Agrícola, v. 46, n. 2, p. 82-97, 2007.

CASTELLANOS BONILLA, A.L. **Balço de nitrogênio em microbacias pareadas (Floresta vs. Pastagem) no Estado de Rondônia**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestre em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CASTRO, E.R.; TEIXEIRA, E.C.; FIGUEIREDO, A.M.; SANTOS, M.L.; Teoria de custos. In: SANTOS, M.L.; LÍRIO, V.S.; VIEIRA, W.C. **Microeconomia aplicada**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009. p. 271-316.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Boletim do Leite**. v. 10, n. 106, 2003a. 4p.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Boletim do Leite**. v. 10, n. 111, 2003b. 4p.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Boletim do Leite**. Ano 14, nº 171, 2008. 8p.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Série de Preços - Leite**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/leite/serie_precos_leite.xls>. Acesso em: 13 jun. 2011.

CHAPIN III, F.S.; MATSON, F.S.; MOONEY, H.A. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. New York: Springer, 2002. 436p.

COELLI, T.; LAUWERS, L.; HUYLENBROECK, G.V. **Formulation of technical, economics and environmental efficiency measures that is consistent with the materials balance condition**. Working Paper – School of Economics. Queensland, Universidade de Queensland, n.5, 2005b

COELLI, T.; LAUWERS, L.; HUYLENBROECK, G.V. Environmental efficiency measurement and the materials balance condition. **Journal of Productivity Analysis**, v. 28, n.1-2, p. 3 – 12, 2007.

COELLI, T.J., RAO, D.S.P., O'DONNELL, C.J., BATTESE, G.E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. New York: Springer, 2nd Edition, 2005a, 350 p.

COMMON, M.; PERRINGS, C. Towards an ecological economics of sustainability. **Ecological Economics**, v. 6, n. 1, p. 7- 34, 1992.

CRONBACH, L.J. Coeficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, n. 3, p. 297 – 334, 1951

CRUZ, A.L. **Composição do agronegócio no estado de Minas Gerais**. 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DEBERTIN, D.L. **Agricultural production economics**. New York: Macmillan Publishing Company, 1986, 366p.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, v.19, n. 3, p. 273-292, 1951.

DE KOEIJER, T.J.; WOSSINK, G.A.A.; STRUIK, P.C.; RENKEMA, J.A. Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers. **Journal of Environmental Management**, v. 66, n. 1, p. 9-17, 2002.

DI, H.J.; CAMERON, K.C. Calculating nitrogen leaching losses and critical nitrogen application rates in dairy pasture systems using a semi-empirical model. **New Zealand Journal of Agricultural Research**. v. 43, n.1, p. 139 - 147, 2000.

DI, H.J.; CAMERON, K.C. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 46, n. 3, p. 237-256, 2002.

EMBRAPA. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. In: **Gado de Corte Divulga**, n. 23, 1997. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD23.html>>. Acesso em: 10 mar 2011.

EMBRAPA. Ureia na alimentação de vacas leiteiras. **Documentos**. n. 186, 2007, 33p.

FAEMG - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006.156p.

FAEG - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DE GOIÁS. Diagnóstico da cadeia produtiva do leite de Goiás: relatório de pesquisa. Goiânia: FAEG. 2009. 64p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Livestock and fish primary equivalent. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/610/default.aspx>>. Acesso em 30 jun. 2011.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C.A.K. **Production Frontiers**. Cambridge: Cambridge University, 1994, 316 p.

FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FÁVERO, L.P.; BELFIORE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Editora Campus, 2009. 544p.

FERREIRA, A.H. **Eficiência de sistemas de produção de leite: uma aplicação da análise envoltória de dados na tomada de decisão**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, C.M.C.; GOMES, A.P. **Introdução à análise envoltória de dados: Teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 2009, 389 p.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Preços do Milho**. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

FISHER, M. J.; RAO, I.M.; THOMAS, R.J. Nutrient cycling in tropical pastures, with special reference the neotropical savannas. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, Winnipeg/ Saskatoo, 1997. **Proceedings...** Winnipeg/ Saskatoo: Association management centre, 1997. p.371-382.

FONSECA, L.F.L e SANTOS, M.V. A nova geografia do leite no Brasil. In: FERNANDES, E.N; MARTINS, P.C.; MOREIRA, M.S.P. e ARCURI, P.B. **Novos Desafios da produção de leite do Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. 210 p.

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

GOMES, A. P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão-de-obra e capital**. 1999. 161f. Tese (Doutorando) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B.S.; MANGABEIRA, J.A.C. Estudo da sustentabilidade agrícola em um município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, v. 29, n. 1, p. 23-42, 2009.

GOMES, S.T. Evolução recente e perspectivas da produção de leite no Brasil. In: GOMES, A.T.; LEITE, J.L.B., CARNEIRO, A.V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA/ CNPGL, 2001. p. 207-240.

GOMES, S.T. **O Leite do safrista**. Disponível em: <http://www.ufv.br/der/docentes/stg/stg_artigos/stg_artigos.htm>. Acesso em: 27 set 2007a.

GOMES, S.T. **Preço do Leite e Resposta na Produção**. 2007. 1 p. Disponível em: <http://www.ufv.br/der/docentes/stg/stg_artigos/stg_artigos.htm>. Acesso em: 27 set 2007b.

GOMES, A. T.; ALVES, E.R.A; GOMES, A.L.; ZOCCAL, E. Mercado de leite: Uma análise dos preços recebidos pelos produtores nos últimos anos. **Revista de Política Agrícola**, v. 13, n.3, p 5-12, 2004.

GONÇALVES, R.M.L.; VIEIRA, W.C.; LIMA, J.E.; GOMES, S.T. Analysis of technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. **Revista de Economia Aplicada, São Paulo**, SP, v. 12, n. 2, p. 321-335, 2008.

GRAHAM, M. Developing a social perspective to farm performance analysis. **Ecological Economics**, v. 68, n. 8-9, p. 2390 – 2398, 2009.

GROSSKOPF, S.; HAYES, K.J.; TAYLOR, L.L.; WEBER, W.L. Anticipating the consequences of school reform: A new use of DEA. **Management Science**. v. 45, n. 4, p. 608-620, 1999.

HAO, L.; NAIMAN, D.Q. **Quantile Regression**. Sage Publications, Inc.2007, 125p.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. Análise Multivariada de Dados. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.

HARDOIM, P.C.; GONCALVES, A.D.M.A. Avaliação do potencial do emprego do biogás nos equipamentos utilizados em sistemas de produção de leite. In ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3, 2000, Campinas, SP. **Anais...** [online]. 2003. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000002200000100053&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 5 set. 2010.

HELFAND, M.S.; LEVINE, E.S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural Economics**, v. 31, n.2-3, p. 241–249, 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário - Tabela 1032: Pessoal ocupado e Média de pessoal ocupado em estabelecimentos agropecuários, - série histórica (1920/2006)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1032&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 19 ago. 2010a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 837 - Número de estabelecimentos agropecuários e Área dos estabelecimentos por grupos de atividade econômica, condição produtor em relação às terras, tipo de prática agrícola e grupos de área total**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=837&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 26 ago. 2010b.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 933 - Produção e Venda de leite de vaca no ano nos estabelecimentos agropecuários, por condição do produtor em relação às terras, grupos de área total e grupos de cabeças de bovinos**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default.asp?z=p&o=2>>. Acesso em: 31 mai. 2011d.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 932 - Produção de leite de vaca no ano nos estabelecimentos agropecuários por condição do produtor em relação às terras, grupos de cabeças, grupos de atividade econômica e grupos de área de pastagem**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=932&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 29 ago. 2010c.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 74 - Produção de origem animal por tipo de produto.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 13 jun. 2011a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Pecuária Municipal.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 13 jun. 2011b.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Trimestral do Leite.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 13 jun. 2011c.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caracterização socioeconômica da atividade leiteira no Paraná: sumário executivo** Curitiba: IPARDES, 2009. 29p.

ITAMBÉ. **Linha bovinos de leite.** Disponível em: <<http://www.itambe.com/Cmi/Pagina.aspx?1042>> Acesso em: 13 mai 2011.

JANK, M.S; GALAN, V.B. **Competitividade do Sistema Agroindustrial do Leite.** In: Competitividade no Agribusiness Brasileiro. São Paulo, USP, 1998. Disponível em: <<http://www.pensa.org.br>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

JANK, M. S.; FARINA, E. M. M. Q.; GALAN, V. B. **O agribusiness do leite no Brasil.** São Paulo: Milkbizz, 1999. 108 p.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika.** v. 23, n.3, p. 187-200, 1958.

KAO, C. Short-run and long-run efficiency measures for multiplant firms. **Annals of Operations Research,** v 97, n. 1-4, p. 379-388, 2000.

KIRCHOF, B. **Alimentação da vaca leiteira: tabelas de necessidades do rebanho, tabelas de nutrientes dos alimentos, exemplo de calculo, doenças metabólicas, alimentos.** Guiabá: Agropecuária, 1997. 111p.

KOENKER, R.; BASSETT JÚNIOR, G. Regression Quantile. **Econometrica,** v. 46, n. 1, p. 33-50, 1978.

KOENKER, R.W.; D'OREY. Computing regression quantiles. **Applied Statistics,** v. 36, n. 3, p. 383 -393, 1987.

KOENKER, R. **Quantile Regression (Package 'quantreg').** Disponível em <<http://cran.r-project.org/web/packages/quantreg/quantreg.pdf>> Acesso em 30 jul. 2011.

KOLMOGOROV, A. N. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. **Giornale dell' Istituto Italiano,** v. 4, p. 83-91, 1933

KOOPMANS T. **Activity analysis of production and allocation.** John Wiley & Sons, New York. 1951.

KUMBHAKAR, S.C.; LOVELL, C.A.K. Stochastic frontier analysis. United Kingdom: Cambridge, 2000. 333 p.

LEFTWICH, R.H. **O sistema de preços e a alocação de recursos.** São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1976, 399p.

LEITE BRASIL – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE LEITE. **Maiores Empresas de Laticínios – Brasil – 2007.** Disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/DOWNLOAD/maiores2007.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2011a.

LEITE BRASIL – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE LEITE. **Maiores Empresas de Laticínios – Brasil – 2008.** Disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/DOWNLOAD/maiores2008.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2011b.

LEITE BRASIL – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE LEITE. **Maiores Empresas de Laticínios – Brasil – 2009.** Disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/DOWNLOAD/maiores%20laticinios%202009.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2011c.

LEITE BRASIL – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE LEITE. **Maiores Empresas de Laticínios – Brasil - 2010.** Disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/DOWNLOAD/maiores%20laticinios%202010%20vers%C3%A3o%20final.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2011d.

LIMA, M.A.; PESSOA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. **Emissões de metano da pecuária.** Brasília: Embrapa Meio Ambiente, 2006, 76p.

LINS, M.P.E.; MOREIRA, M.C.B. Implementação com seleção de variáveis em modelos DEA. In: LINS, M.P.E.; MEZA, L.A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do apoio à decisão.** Rio de Janeiro, 2000. p. 37 - 52.

LOPES, B.A. **O Capim-Elefante.** Disponível em: <<http://www.forragicultura.com.br/arquivos/capimelefanteBruna.pdf>>. Acesso em: 10 mar 2011.

LOPES, M.A.; LIMA, A.L.R.; CARVALHO, F.M.; REIS, R.P.; SANTOS, I.C.; SARAIVA, F.H. Efeito do tipo de mão-de-obra nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): Um estudo multi casos. **Revista Ceres**, v. 54, n. 312, p. 172-181, 2007.

LOPES, M.A.; LIMA, A.L.R.; CARVALHO, F.M.; REIS, R.P.; SANTOS, I.C.; SARAIVA, F.H. Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n.5, p. 1177 - 1189, 2004

LOPÉZ, R. Environmental externalities in traditional agriculture and the impact of trade liberalization: the case of Ghana. **Journal of Development Economics**, v. 53, n.1, p.17-39, 1997.

MANN, H.B; WHITNEY, D.R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 18, n. 1, p.50–60, 1947.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 51, 18 de setembro de 2002. Aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Refrigerado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 set. 2002. Seção 1, p. 13.

- MARINHO, A.; FAÇANHA, L.O. Hospitais universitários: Avaliação comparativa de eficiência técnica. **Economia Aplicada**, v. 4, n. 20, p. 315-349, 2000.
- MASSEY, F.J. Distribution table for the deviation between two sample cumulatives. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 23, n. 3, p. 435-441, 1952.
- MARTINS, M.C. Competitividade da cadeia produtiva do leite no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 13, n.3, p 38-51, 2004.
- MILKPOINT. **Produtividade por vaca – Países selecionados**. 2009 Disponível em <http://www.milkpoint.com.br/estatisticas/Produtividade_Vaca.htm>. Acesso em: 20 nov. 2009.
- MILKPOINT. **Maiores Empresas de Laticínios – Brasil – 2004**. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/mn/girolacteo/fotos/gi_110505.htm>. Acesso em: 13 jun. 2011a.
- MILKPOINT. **Maiores Empresas de Laticínios – Brasil – 2006**. Disponível em: <<http://wm.agripoint.com.br/imagens/banco/MilkPoint/Relacao%20dos%20maiores%20laticinios%20de%202006.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2011b.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada - Uma abordagem multivariada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 295p.
- NOGUEIRA, M.A. **Eficiência técnica na agropecuária das microrregiões brasileiras**. 2005. 105 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- NOGUEIRA, M.P. **2002, um ano marcado pelas especulações**. 2002. 2p. Disponível em: < <http://www.milkpoint.com.br/2002-um-ano-marcado-pelas-especulacoes>>. Acesso em: 28 nov. 2009.
- NOGUEIRA, M.P. **Terminando 2004 com o pé esquerdo**. 2004b. 4p. Disponível em: < http://www.milkpoint.com.br/terminando-2004-com-o-pe-esquerdo_noticia_>. Acesso em: 28 nov. 2009
- NEWAY, W.K., WEST, K.D.. A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistente covariance matrix. **Econometrica** , v. 55, n. 3, p. 703 - 708, 1987.
- OLIVEIRA, G.L.; VIEIRA, W.C.; Rentabilidade e risco de sistemas alternativos de produção de leite em pequenas propriedades da microrregião de Viçosa, MG. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 8, n. 3, p. 393-404, 2006.
- OLIVEIRA, L.L.S.; PORTO JÚNIOR, S.S. O desenvolvimento sustentável e a contribuição dos recursos naturais para o crescimento econômico. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 38, n. 1, p. 103-119, 2007.
- PETER, S.; SMEETON, N.C. Applied nonparametric statistical methods. Flórida: IE - CRC Press, 2001. 530p.
- PIOT-LEPETIT, I. VERMERSCH, D.; WEAVER, R. Agriculture's environmental externalities: DEA evidence for French agriculture. **Applied Economics**, v. 29, n. 3, p.331-338, 1997.

PUNJ, G.; STEWART, D.W. Cluster analysis in marketing research: review and suggestions for application. **Journal of Marketing Research**, v. 20, n. 2, p. 134-148, 1983.

RACHWAL MFG; DEDECEK RA. Influência da aeração e da disponibilidade hídrica em Cambissolos e Latossolos com diferentes níveis de erosão sobre a produtividade e a qualidade da cultura da batata. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 20, n. 1, p. 485-491, 1996.

RAMILAN, T. **Improving water quality through environmental policies and farm management: an environmental economics analysis of dairy farming in Karapiro Catchment**. 2008. 249f. Tese (Doctor of Philosophy on Economics) - University of Waikato, New Zealand.

RAMILAN, T.; SCRIMGEOUR, F.; MARSH, D. Analysis of environmental and economic efficiency using a farm population micro-simulation model. **Mathematics and Computers Simulation**.v.81, n. 7, p.1344-1352, 2011.

REINHARD, S.; LOVELL, C.A.K.; THIJSSSEN, G. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: An application to Dutch dairy farms. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 81, n. 1, p. 44-60, 1999.

REINHARD, S.; LOVELL, C.A.K.; THIJSSSEN, G. Environmental efficiency with multiple environmental detrimental variables; estimated with SFA and DEA. **European Journal of Operation Research**, v. 121, n. 2, p. 287-303, 2000.

REIS JÚNIOR, F.B.; TEIXEIRA, K.R.S.; REIS , V.M. Fixação biológica de nitrogênio associada a pastagens de braquiária e outras gramíneas forrageiras. **Documentos**, n. 52, 2002. 27 p.

ROBERTS, D.B.; GOMES, A.P. Eficiência da pequena produção de leite no estado de Rondônia. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 42, 2004. **Anais...** [online]. 2011. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/07O070.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

RODRIGUES, A.M.; CECATO, U.; FUKUMOTO, N.M.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G.T.; BARBERO, L.M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 990-997, 2008.

SABOURIN, E.; Multifuncionalidade da agricultura e manejo de recursos naturais: alternativas a partir do caso do semiárido brasileiro. **Tempo da Ciência**, v.15, n. 29, p. 9-27, 2008.

SANTOS, M.V. **A melhoria da qualidade do leite e a IN 51**. Disponível em <<http://www.milkpoint.com.br/artigos-tecnicos/qualidade-do-leite/a-melhoria-da-qualidade-do-leite-e-a-in-51-71764n.aspx>>. Acesso em 17 may 2011.

SEBRAE-MG. **Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: SEBRAE-MG / FAEMG, 1996. 102 p.

SILVA, R.G.; CAMERON, K.C.; DI, H.J.; JORGENSEN, E.E.A. Lysimeter study to investigate the effect of dairy effluent and urea on cattle urine N losses, plant uptake and soil retention. **Water, Air, and Soil Pollution**. v.164, n. 1-4, p. 57-78, 2005.

SIQUEIRA, K.B.; KILMER, R.L.; CAMPOS, A.C. The dynamics of farm milk price formation in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 1, p. 63-84, 2010.

SINGH, R.B. Environmental consequences of agricultural development: a case study from the Green Revolution state of Haryana, India. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 1-3, n. 82 p. 97–103, 2000.

SMIRNOV, N. V. Estimate of deviation between empirical distribution functions in two independent samples. **Bulletin Moscow University**, v. 2, p. 3-16, 1933.

SOARES FILHO, C. V. Tratamento físico-mecânico, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais....** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 79-118.

SOARES, W.L; FREITAS, E.A.V.; COUTINHO, J.A.G. Trabalho rural e saúde: intoxicação por agrotóxicos no município de Teresópolis – RJ. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 4, p.685-701, 2005.

STATA CORP. **Stata multivariate statistics, reference manual, release 11**. Stata Press Publication: Texas, 2009. 687p.

TAUER, W.L.; MISHRA, A.K. Can the small dairy farm remain competitive in US agriculture? **Food Policy**, v. 31, n.5, p 458-468, 2006

TAUER L.W, Short-run and long-run efficiencies of New York dairy farms. **Agricultural and Resource Economics Review**, v. 22, n. 1, p.1-9, 1993.

TORESAN, L. **Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em <<http://www.eps.ufsc.br/teses98/toresan/>>. Acesso em 19 ago. 2010.

TOYOSHIMA, S.; SANTOS, A.; FORTUNATO, W. Aglomerações produtivas e desempenho sócio – econômico dos municípios de Minas Gerais. In: FONTES, R.; FONTES, M.; **Crescimento e desigualdade regional em Minas Gerais**. Viçosa: Folha de Viçosa, 2005. p. 61-84.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L.C.T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, n. 2, p. 39 – 51, 1998.

UN COMTRADE - UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE. **Basic Selection**. Disponível em: <<http://comtrade.un.org/db/dqBasicQuery.aspx>>. Acesso em: 6 jul. 2011.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Cow's Milk Production and Consumption: Summary For Selected Countries**. Disponível em <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 5 may 2011a.

USDA - UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **GAIN Report – Brazil: Dairy and Products, Annual, 2011**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov> >. Acesso em: 23 mai. 2011b.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Dairy, Milk, Fluid**. Disponível em: < <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 13 jun. 2011c.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Dairy: world markets and trade.** Jul. 2011. Disponível em <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>>. Acesso em 4 ago 2011d.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L.; AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R. CAPELLE, E.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos - **CQBAL 3.0**. Disponível em <<http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/index.php>>. Acesso em 10 mar 2011.

VITOUSEK, P.M.; NAYLOR, R.; CREWS, T.; DAVID, M.B.; DRINKWATER, L.E.; HOLLAND, E.; JOHNES, P.J.; KATZENBERG, J.; SANCHEZ, P.A.; TOWNSEND, A.R.; ZHANG, F.S. Nutrient imbalances in agricultural development. **Science**, v. 324, n. 5934, p. 1519-1520, 2009.

WILSON, P.W. **Package "FEAR"**. Disponível em: <<http://www.clemson.edu/economics/faculty/wilson/Software/FEAR/FEAR-1.13/FEAR-manual.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2010a.

WILSON, P.W. **The FEAR 1.13 package**. Disponível em: <<http://www.clemson.edu/economics/faculty/wilson/Software/FEAR/FEAR-1.13/FEAR.zip>>. Acesso em: 15 jul. 2010b.

WOLF SEEDS. **Gramíneas - Capim Gordura**. Disponível em: <http://www.wolfseeds.com/pt_BR/produtos-e-servicos/semente/id/55>. Acesso em: 10 mar 2011

YAMAGUCHI, L.C.T.; MARTINS, P.C.; CARNEIRO, A.V. Produção de leite no Brasil nas três últimas décadas. In: GOMES, A.T.; LEITE, J.L.B., CARNEIRO, A.V.O. **Agronegócio do Leite no Brasil**. Embrapa Gado de Leite: Juiz de Fora, 2001, 33-48p.

ZILBERMAN, D. Agriculture and the environment: an economic perspective with implications for nutrition. **Food Policy**, v. 24, n. 2-3, p. 211–229, 1999.

APÉNDICE

APÊNDICE A1

Comandos Utilizados para a Análise Multivariada – Stata

*Análise Fatorial

*A estimação da análise fatorial pode ser feita por meio da Análise dos componentes principais (pcf) ou por meio do método de máximaverossimilhança

*Entretanto o método de máximaverossimilhança necessita que as variáveis tenham distribuição normal

*Testando a distribuição das variáveis.

```
mvtest normality instalacaovacas- variacao vacacocho cochoarea, stats(all)
```

*Of the four multivariate normality tests, only the Doornik–Hansen test rejects the null hypothesis of multivariate normality, p-value of 0.0000.

*Supondo que as variáveis não tenham distribuição normal

*Devemos usar o procedimento de componentes principais
factor instalacaovacas- variacao vacacocho cochoarea, pcf

*Testando o número ideal de fatores por meio de AIC e BIC
estat factors

*Nesta situação foram escolhidos 5 fatores

```
predict f1 f2 f3 f4 f5
```

*Testando a adequação do modelo

```
factortest instalacaovacas- variacao vacacocho cochoarea
```

Análise de cluster em dois estágios.

*Análise de cluster utilizando os escores fatoriais estimados não rotacionados - f1 f2 f3 f4 f5
cluster wardslinkage f1 f2 f3 f4 f5, measure(L2) name(wald)

*Determinando o número ideal de clusters

```
cluster stop wald, rule(calinski)
```

```
cluster stop wald, rule(duda)
```

*Calinski–Harabasz pseudo-F => Maiores valores:

*Duda–Hart $Je(2)/Je(1)$ => Maiores valores:

*Duda–Hart pseudo-T => Menores valores:

*Determinado o número de clusters

**Nesta situação foi determinado que 2 clusters seria o ideal

```
cluster kmeans f1 f2 f3 f4 f5, k(2) measure(L2) name(kmean22) start(krandom)
```

APÊNDICE A2

Rotinas do R – Cálculo dos Escores de Eficiência

Abaixo são apresentadas as rotinas utilizadas para a estimação dos escores de eficiência. Os comandos são apresentados e comentados apenas para as estimativas de curto prazo para o grupo 1, haja visto que as demais são semelhantes. Onde houver rotinas não apresentadas anteriormente, estas serão descritas.

```
#####CURTO PRAZO - GRUPO 1#####
#Carregando o pacote necessário para a estimação dos escores de eficiência
library(FEAR)
# Importando os dados
# A base de dados deve estar em formato .csv.; as casas decimais devem estar definidas por "."
e o separador de milhar por "," e os valores devem estar em formatação "geral". "grupo1" será o
nome do banco de dados no R.
grupo1 <- read.csv
("C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/group1/group1.csv",
header=TRUE, sep=";")
##Criando as matrizes de dados para a estimação dos escores, uma vez que:
# a matrix "x" é de ordem p × nr, em que "x" é a matriz de observações para os p insumos e nr
firmas.
# a matrix "y" é uma matriz de ordem q produtos por nr firmas
#o vetor "price" é um vetor de ordem p insumos e o número de firmas nr.
#Então, inicialmente são importados os dados..
input.prices1=matrix (c(grupo1$p.terra, grupo1$p.vacas, grupo1$p.forragem,
grupo1$p.concentado ),nrow=644,ncol=4)
x1=matrix(c(grupo1$q.terra,grupo1$q.vacas,grupo1$q.forragem,
grupo1$q.concentado),nrow=644,ncol=4)
y1=matrix(c(grupo1$receita),nrow=644,ncol=1)
#mas como descrita a ordem das matrizes, essas devem ser transpostas.
input.prices11 <-t(input.prices1)
x11 <- t(x1)
y11 <- t(y1)
#As medidas de eficiência foram estimadas com a pressuposição insumo (ORIENTATION = 1).
#Para retornos variáveis, RTS = 1; para retornos não crescentes, RTS = 2; e para retornos
constantes, , RTS = 3.
#Estimando a eficiência técnica com retornos variáveis, salvando na memória do programa como
o objeto t1vrs e salvando em uma planilha t1vrs.csv no caminho especificado
t1vrs <- (dea(XOBS=x11,YOBS=y11, RTS = 1, ORIENTATION = 1))
```

```

write.table(t1vrs,                                     file =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/t1vrs.csv", sep =
";",row.names = FALSE)
#Estimando a eficiência técnica com retornos não crescentes, salvando na memória do programa
como o objeto t1non e salvando em uma planilha t1non.csv no caminho especificado
t1non <- (dea(XOBS=x11,YOBS=y11, RTS = 2, ORIENTATION = 1))
write.table(t1non,                                     file =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/t1non.csv", sep =
";",row.names = FALSE)
#Estimando a eficiência técnica com retornos variáveis, salvando na memória do programa como
o objeto t1crs e salvando em uma planilha t1crs.csv no caminho especificado
t1crs <- (dea(XOBS=x11,YOBS=y11, RTS = 1, ORIENTATION = 1))
write.table(t1crs,                                     file =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/t1crs.csv", sep =
";",row.names = FALSE)
#Testando qual pressuposição quanto aos retornos à escala se ajustam melhor aos dados,
utilizando o teste para duas amostras de Kolmogorov-Smirnov.
ks.test(t1crs, t1vrs)
# p-value < 0.1 não permite aceitar a hipótese nula, o que implica que a estimação mais
adequada é aquela com pressuposição de retornos variáveis à escala. Estimar com a
pressuposição de retornos constantes caso contrário.
#Estimando as quantidades de insumos de menor custo com a pressuposição de retornos
variáveis à escala, salvando as estimativas no objeto "c1vrs" e exportando as estimativas para o
arquivo "c1vrs.csv" no caminho especificado.
c1vrs <- (cost.min(XREF=x11,YREF=y11,XPRICE=input.prices11, YOBS= y11, RTS = 1, errchk =
TRUE))
write.table(c1vrs,                                     file =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/c1vrs.csv", sep =
";",row.names = FALSE)
#O arquivo exportado apresenta 5 linhas (insumos) e 644 colunas (produtores)
#Para calcular as medidas de eficiência econômica ou custo utilize a equação (8).
#A eficiência alocativa deve ser calculada manualmente conforme equação (9)
#-----
#Estimando os escores de eficiência ambiental
#Criando a nova matrix de insumos e preços com apenas forragens e concentrado
x1e=matrix(c(grupo1$q.forragem, grupo1$q.concentrado),nrow=644,ncol=2)
x11e <- t(x1e)
input.prices1e=matrix (c(grupo1$a.forragem, grupo1$a.concentrado),nrow=644,ncol=2)
input.prices11e <- t(input.prices1e)
#Estimando a eficiência técnica ambiental, salvando os escores de eficiência em objetos e
exportando as medidas em formato .csv para o destina especificado.

```

```

tee1vrs <- (dea(XOBS=x11e,YOBS=y11, RTS = 1, ORIENTATION = 1))
write.table(tee1vrs,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tee1vrs.csv",    sep    =
";",row.names = FALSE)
#Estimando a eficiência técnica ambiental
tee1non <- (dea(XOBS=x11e,YOBS=y11, RTS = 2, ORIENTATION = 1))
write.table(tee1non,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tee1non.csv",    sep    =
";",row.names = FALSE)
tee1crs <- (dea(XOBS=x11e,YOBS=y11, RTS = 3, ORIENTATION = 1))
write.table(tee1crs,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tee1crs.csv",    sep    =
";",row.names = FALSE)
#Testando qual pressuposição quanto aos retornos à escala se ajustam melhor aos dados,
utilizando o teste para duas amostras de Kolmogorov-Smirnov.
ks.test(tee1crs, tee1vrs)
# p-value < 0.1 não permite aceitar a hipótese nula, o que implica que a estimação mais
adequada é aquela com pressuposição de retornos variáveis à escala. Estimar com a
pressuposição de retornos constantes caso contrário.
##Estimando o modelo DEA "ambiental" com pressuposição de retornos variáveis à escala
(RTS=1), salvando as quantidades que minimizam o custo total no objeto "ee1" e exportando
para formato .csv (Excel) no caminho especificado.
ee1 <- (cost.min(XREF=x11e,YREF=y11,XPRICE=input.prices11e, RTS = 1, errchk = TRUE))
write.table(ee1,                                    file                                    =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/ee1vrs.csv",    sep    =
";",row.names = FALSE)
#O arquivo exportado apresenta 2 linhas (insumos) e 644 colunas (produtores)
#Para calcular manualmente as medidas de eficiência ambiental utilize a equação (17). Utilize o
Excel.
#A eficiência alocativa deve ser calculada manualmente conforme equação (19). Utilize o Excel.
#####CURTO PRAZO - GRUPO 2#####
library(FEAR)
grupo2                                             <-                                             read.csv
("C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/group2.csv",  header=TRUE,
sep=";",)
input.prices2=matrix      (c(grupo2$p.terra,      grupo2$p.vacas,      grupo2$p.forragem,
grupo2$p.concentado ),nrow=206,ncol=4)
x2=matrix(c(grupo2$q.terra,grupo2$q.vacas,grupo2$q.forragem,
grupo2$q.concentado),nrow=206,ncol=4)
y2=matrix(c(grupo2$receita),nrow=206,ncol=1)
input.prices22 <-t(input.prices2)

```

```

x22 <- t(x2)
y22 <- t(y2)
t2vrs <- (dea(XOBS=x22,YOBS=y22, RTS = 1, ORIENTATION = 1))
write.table(t2vrs,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/t2vrs.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
t2non <- (dea(XOBS=x22,YOBS=y22, RTS = 2, ORIENTATION = 1))
write.table(t2non,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/t2non.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
t2crs <- (dea(XOBS=x22,YOBS=y22, RTS = 3, ORIENTATION = 1))
write.table(t2crs,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/t2crs.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
ks.test(t2crs, t2vrs)
c2vrs <- (cost.min(XREF=x22,YREF=y22,XPRICE=input.prices22, RTS = 1, errchk = TRUE))
write.table(c2vrs,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/c2vrs.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
#O arquivo exportado apresenta 2 linhas (insumos) e 206 colunas (produtores)
#Para calcular manualmente as medidas de eficiência ambiental utilize a equação (8). Utilize o
Excel.
#A eficiência alocativa deve ser calculada manualmente conforme equação (9). Utilize o Excel.
#-----
#Eficiência Ambiental
x2e=matrix(c(grupo2$q.forragem, grupo2$q.concentrado),nrow=206,ncol=2)
x22e <- t(x2e)
input.prices2e=matrix (c(grupo2$a.forragem, grupo2$a.concentrado),nrow=206,ncol=2)
input.prices22e <- t(input.prices2e)
tee2vrs <- (dea(XOBS=x22e,YOBS=y22, RTS = 1, ORIENTATION = 1))
write.table(tee2vrs,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tee2vrs.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
tee2non <- (dea(XOBS=x22e,YOBS=y22, RTS = 2, ORIENTATION = 1))
write.table(tee2non,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tee2non.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
tee2crs <- (dea(XOBS=x22e,YOBS=y22, RTS = 3, ORIENTATION = 1))
write.table(tee2crs,                                file                                =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tee2crs.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)

```

```

ks.test(tee2crs, tee2vrs)
ee2 <- (cost.min(XREF=x22e,YREF=y22,XPRICE=input.prices22e, RTS = 1, errchk = TRUE))
##Exportando a matrix de dados para um arquivo de nome "ee2" para
write.table(ee2, file = "C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/ee2.csv",
sep = ";",row.names = FALSE)
#O arquivo exportado apresenta 2 linhas (insumos) e 206 colunas (produtores)
#Para calcular manualmente as medidas de eficiência ambiental utilize a equação (17). Utilize o
Excel.
#A eficiência alocativa deve ser calculada manualmente conforme equação (19). Utilize o Excel.
#####LONGO PRAZO#####
#Carregando os pacotes necessários
library(FEAR)
## Importando os dados. Lembrando que as quantidades utilizadas de insumos devem ser
aquelas obtidas pela minimização de custos para cada produtor. Esse valores são agrupados em
uma única planilha, que deve conter os respectivos preços dos insumos.
long <- read.csv ("C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/long.csv",
header=TRUE, sep=";")
##Criando as matrizes de dados
input.pricesl=matrix          (c(long$p.terra,long$p.vacas,long$p.forragem,long$p.concentrado
),nrow=850,ncol=4)
xl=matrix(c(long$q.terra.c,long$q.vacas.c,long$q.forragem.c,long$q.concentrado.c),nrow=850,ncol=4)
yl=matrix(c(long$receita),nrow=850,ncol=1)
#Transpondo as matrizes para adequarem ao modelo.
input.pricesll <-t(input.pricesl)
xll <- t(xl)
yll <- t(yl)
tlvrs <- (dea(XOBS=xll,YOBS=yll, RTS = 1, ORIENTATION = 1))
write.table(tlvrs,          file          =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tlvrs.csv", sep = ";",row.names
= FALSE)
tlnon <- (dea(XOBS=xll,YOBS=yll, RTS = 2, ORIENTATION = 1))
write.table(tlnon,          file          =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tlnon.csv",          sep          =
";",row.names = FALSE)
tlcrs <- (dea(XOBS=xll,YOBS=yll, RTS = 3, ORIENTATION = 1))
write.table(tlcrs,          file          =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/tlcrs.csv", sep = ";",row.names
= FALSE)
ks.test(tlcrs, tlvrs)
clvrs <- (cost.min(XREF=xll,YREF=yll,XPRICE=input.pricesll, YOBS= yll, RTS = 1, errchk =
TRUE))

```

```

write.table(clvrs,                                     file                                     =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/clvrs.csv", sep = ";",row.names
= FALSE)
#-----
# Eficiência Ambiental
xle=matrix(c(long$q.forragem.e, long$q.concentrado.e),nrow=850,ncol=2)
xlle <- t(xle)
input.pricesle=matrix (c(long$a.forragem, long$a.concentrado),nrow=850,ncol=2)
input.priceslle <- t(input.pricesle)
teelvrs <- (dea(XOBS=xlle,YOBS=yll, RTS = 1, ORIENTATION = 1))
write.table(teelvrs,                                     file                                     =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/teelvrs.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
teelnon <- (dea(XOBS=xlle,YOBS=yll, RTS = 2, ORIENTATION = 1))
write.table(teelnon,                                     file                                     =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/teelnon.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
teelcrs <- (dea(XOBS=xlle,YOBS=yll, RTS = 3, ORIENTATION = 1))
write.table(teelcrs,                                     file                                     =
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/teelcrs.csv",      sep      =
";",row.names = FALSE)
ks.test(teelcrs, teelvrs)
eel <- (cost.min(XREF=xlle,YREF=yll,XPRICE=input.priceslle, RTS = 1, errchk = TRUE))
##Exportando a matrix de dados para um arquivo de nome "eel"
write.table(eel, file = "C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/DEA/R/eel.csv",
sep = ";",row.names = FALSE)

```

APÊNDICE A3

Rotinas do R - Regressão Quantílica

Abaixo são apresentadas as rotinas utilizadas para a estimação dos parâmetros das variáveis explicativas para o curto prazo e longo prazo. Os comandos são apresentados e comentados apenas para as estimativas de curto prazo para o grupo 1, haja visto que as demais rotinas são semelhantes. Salienta-se que os nomes dos objetos, das variáveis, etc. podem ser modificados. Maiores detalhes quanto a descrição das funções, sintaxe das rotinas, etc. podem ser obtidos em Koenker (2011).

```
#PRODUTORES EXTENSIVOS – GRUPO 1
```

```
#Carregando o pacote para a estimação da regressão quantílica.
```

```
library(quantreg)
```

```
#É necessário que o pacote já esteja instalado anteriormente. Se este não está instalado feche o programa, salve os resultados e execute o R como administrador (para Windows Vista e Seven).
```

```
#Digite:
```

```
install.packages("quantreg")
```

```
#Será requerida a escolha de um "CRAN mirror", escolha qualquer dentre os disponíveis e OK
```

```
#Carregando os dados. O nome do banco de dados no programa será "exog1"
```

```
exog1 <- read.csv
```

```
("C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/group1.csv",
```

```
header=TRUE, sep=";")
```

```
#Eficiência Técnica como variável dependente
```

```
r.pte <- pte~ idade+ idade2+ escolaridade+ experiencia+ principal+ distribuicao+ controle+  
treinamento+assistencia+credito+ variacao+ intensidade+ raca+ administrador+ prod.vacas+  
prod.trabalho+ extrato2 + extrato3 +extrato4 + extrato5 + sucesso1
```

```
#Estimando os parâmetros e salvando os parâmetros nos objetos. Os parâmetros foram  
estimados para os quantis 0,25 (tau=0.25); 0,50 (tau=0.50); e 0,75 (tau=0.75), respectivamente  
regressões quantílicas, utilizadas posteriormente na obtenção dos erros padrões e das tabelas  
anova
```

```
r.pte25 <- rq(r.pte, tau = 0.25, method="br", data=exog1)
```

```
r.pte5 <- rq(r.pte, tau = 0.50, method="br", data=exog1)
```

```
r.pte75 <- rq(r.pte, tau = 0.75, method="br", data=exog1)
```

```
#Calculando os erros padrões para os parâmetros com a pressuposição de distribuição idêntica e  
independente para os resíduos. Os arquivos com parâmetros serão exportados sem o nome  
desses. O intercepto será o primeiro parâmetro e os demais seguiram a ordem dada para a  
estimação. Para que os nomes dos parâmetros sejam salvos retire "$coefficient", mas os  
arquivos não serão salvos com formatação adequada.
```

```
pte25 <- summary.rq(r.pte25, se="iid")$coefficient
```

```

pte5 <- summary.rq(r.pte5, se="iid")$coefficient
pte75 <- summary.rq(r.pte75, se="iid")$coefficient
#Exportando os parâmetros, erros padrões, estatística t calculada para cada parâmetro e p valor
para planilha do Excel.
capture.output(pte25,file=
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pte25.csv")
capture.output(pte5,
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pte5.csv")
capture.output(pte75,file=
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pte75.csv")
#Testando a hipótese de igualdade dos coeficientes estimados entre os quantis, utilizando o teste
de Wald
anovapte1 <- anova.rq(r.pte25,r.pte5,r.pte75, test = "Wald", joint=FALSE)
#Exportando a estatística para o arquivo anovapte1.csv
capture.output(anovapte1,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapte1.csv")
#Testando a hipótese de igualdade conjunta dos coeficientes estimados utilizando o teste de
Wald
anovapte1j <- anova.rq(r.pte1,r.pte25,r.pte5,r.pte75, r.pte9, test = "Wald", joint=TRUE)
#Exportando a estatística para o arquivo anovapte1j.csv
capture.output(anovapte1j,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapte1j.txt")
##### EFICIÊNCIA ECONÔMICA #####
r.pce <- pce~ idade+ idade2+ escolaridade+ experiencia+ principal+ distribuicao+ controle+
treinamento+assistencia+credito+ variacao+ intensidade+ raca+ administrador+ prod.vacas+
prod.trabalho+ extrato2 + extrato3 +extrato4 + extrato5 + sucessao1
r.pce25 <- rq(r.pce,tau = 0.25, method="br", data=exog1)
r.pce5 <- rq(r.pce,tau = 0.50, method="br", data=exog1)
r.pce75 <- rq(r.pce,tau = 0.75, method="br", data=exog1)
pce25 <- summary.rq(r.pce25, se="iid")$coefficient
pce5 <- summary.rq(r.pce5, se="iid")$coefficient
pce75 <- summary.rq(r.pce75, se="iid")$coefficient
capture.output(pce25,file=
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pce25.csv")
capture.output(pce5,
file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pce5.csv")
capture.output(pce75,file=
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pce75.csv")
anovapce1 <- anova.rq(r.pce25,r.pce5,r.pce75,test = "Wald", joint=FALSE)
capture.output(anovapce1,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapce1.csv")

```

```

anovapce1j <- anova.rq(r.pce25,r.pce5,r.pce75, test = "Wald", joint=TRUE)
capture.output(anovapce1j,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapce1j.txt")
##### EFICIÊNCIA ALOCATIVA #####
r.pae <- pae~ idade+ idade2+ escolaridade+ experiencia+ principal+ distribuicao+ controle+ treinamento+assistencia+credito+ variacao+ intensidade+ raca+ administrador+ prod.vacas+ prod.trabalho+ extrato2 + extrato3 +extrato4 + extrato5 + sucesso1
r.pae25 <- rq(r.pae,tau = 0.25, method="br", data=exog1)
r.pae5 <- rq(r.pae,tau = 0.50, method="br", data=exog1)
r.pae75 <- rq(r.pae,tau = 0.75, method="br", data=exog1)
pae25 <- summary.rq(r.pae25, se="iid")$coefficient
pae5 <- summary.rq(r.pae5, se="iid")$coefficient
pae75 <- summary.rq(r.pae75, se="iid")$coefficient
capture.output(pae25,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pae25.csv")
capture.output(pae5,
file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pae5.csv")
capture.output(pae75,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pae75.csv")
anovapae1 <- anova.rq(r.pae25,r.pae5,r.pae75, test = "Wald", joint=FALSE)
capture.output(anovapae1,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapae1.csv")
anovapae1j <- anova.rq(.pae25,r.pae5,r.pae75, test = "Wald", joint=TRUE)
capture.output(anovapae1j,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapae1j.txt")
##### EFICIÊNCIA TÉCNICA AMBIENTAL #####
r.ptea <- ptea~ idade+ idade2+ escolaridade+ experiencia+ principal+ distribuicao+ controle+ treinamento+assistencia+credito+ variacao+ intensidade+ raca+ administrador+ prod.vacas+ prod.trabalho+ extrato2 + extrato3 +extrato4 + extrato5 + sucesso1
r.ptea25 <- rq(r.ptea,tau = 0.25, method="br", data=exog1)
r.ptea5 <- rq(r.ptea,tau = 0.50, method="br", data=exog1)
r.ptea75 <- rq(r.ptea,tau = 0.75, method="br", data=exog1)
ptea25 <- summary.rq(r.ptea25, se="iid")$coefficient
ptea5 <- summary.rq(r.ptea5, se="iid")$coefficient
ptea75 <- summary.rq(r.ptea75, se="iid")$coefficient
capture.output(ptea25,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/ptea25.csv")
capture.output(ptea5,
file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/ptea5.csv")
capture.output(ptea75,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/ptea75.csv")

```

```

anovaptea1 <- anova.rq(r.ptea1,r.ptea25,r.ptea5,r.ptea75, r.ptea9, test = "Wald", joint=FALSE)
capture.output(anovaptea1,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quant
ílica/R/anovaptea1.csv")
anovaptea1j <- anova.rq(r.ptea1,r.ptea25,r.ptea5,r.ptea75, r.ptea9, test = "Wald", joint=TRUE)
capture.output(anovaptea1j,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Qua
ntílica/R/anovaptea1j.txt")
##### EFICIÊNCIA AMBIENTAL #####
r.pee <- pee~ idade+ idade2+ escolaridade+ experiencia+ principal+ distribuicao+ controle+
treinamento+assistencia+credito+ variacao+ intensidade+ raca+ administrador+ prod.vacas+
prod.trabalho+ extrato2 + extrato3 +extrato4 + extrato5 + sucesso1
r.pee25 <- rq(r.pee,tau = 0.25, method="br", data=exog1)
r.pee5 <- rq(r.pee,tau = 0.50, method="br", data=exog1)
r.pee75 <- rq(r.pee,tau = 0.75, method="br", data=exog1)
pee25 <- summary.rq(r.pee25, se="iid")$coefficient
pee5 <- summary.rq(r.pee5, se="iid")$coefficient
pee75 <- summary.rq(r.pee75, se="iid")$coefficient
capture.output(pee25,file=
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pee25.csv")
capture.output(pee5,
file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pee5.csv")
capture.output(pee75,file=
"C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/pee75.csv")
anovapee1 <- anova.rq(r.pee25,r.pee5,r.pee75, test = "Wald", joint=FALSE)
capture.output(anovapee1,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantí
lica/R/anovapee1.csv")
anovapee1j <- anova.rq(r.pee1,r.pee25,r.pee5,r.pee75, r.pee9, test = "Wald", joint=TRUE)
capture.output(anovapee1j,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantí
lica/R/anovapee1j.txt")
##### EFICIÊNCIA AMBIENTAL ALOCATIVA #####
r.peae <- peae~ idade+ idade2+ escolaridade+ experiencia+ principal+ distribuicao+ controle+
treinamento+assistencia+credito+ variacao+ intensidade+ raca+ administrador+ prod.vacas+
prod.trabalho+ extrato2 + extrato3 +extrato4 + extrato5 + sucesso1
r.peae25 <- rq(r.peae,tau = 0.25, method="br", data=exog1)
r.peae5 <- rq(r.peae,tau = 0.50, method="br", data=exog1)
r.peae75 <- rq(r.peae,tau = 0.75, method="br", data=exog1)
peae25 <- summary.rq(r.peae25, se="iid")$coefficient
peae5 <- summary.rq(r.peae5, se="iid")$coefficient
peae75 <- summary.rq(r.peae75, se="iid")$coefficient
capture.output(peae25,
file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/peae25.csv")

```

```

capture.output(peae5,
file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/peae5.csv")
capture.output(peae75,
file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/peae75.csv")
#-----
anovapeae1 <- anova.rq(r.peae1,r.peae25,r.peae5,r.peae75, r.peae9, test = "Wald", joint=FALSE)
capture.output(anovapeae1,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapeae1.csv")
anovapeae1j <- anova.rq(r.peae1,r.peae25,r.peae5,r.peae75, r.peae9, test = "Wald", joint=TRUE)
capture.output(anovapeae1j,file="C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/anovapeae1j.txt")
#-----
#ESTIMATIVAS PARA OS PRODUTORES INTENSIVOS – GRUPO 2
#Carregando os dados
exog2 <- read.csv
("C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/group2.csv",
header=TRUE, sep=";")
#As rotinas são exatamente como anteriores. Deve ser dada atenção para mudar onde está
“exog1” para “exog2” (ou qualquer outro nome que tenha sido dado aos dados anteriormente) e
renomear todos os objetos para que os anteriores não sejam substituídos (normalmente os
objetos a serem nomeados estão antes de “<-“)
#-----
#ESTIMATIVAS PARA O LONGO PRAZO
long <- read.csv
("C:/Users/Samuel/Documents/DISSERTAÇÃO/Estimativas/Quantílica/R/long.csv",
header=TRUE, sep=";")
#As rotinas são exatamente como anteriores. Deve ser dada atenção para mudar onde está
“exog1” para “long” (ou qualquer outro nome que tenha sido dado aos dados anteriormente) e
renomear todos os objetos para que os anteriores não sejam substituídos (normalmente os
objetos a serem nomeados estão antes de “<-“)

```

APÊNDICE A4
Estimativas para as Regressões Quantílicas

A4.1. Estimativas para as regressões quantílicas no curto prazo

Esta seção apresenta as estimativas das regressões quantílicas para a eficiência alocativa, técnica ambiental e alocativa ambiental.

Tabela 37. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência alocativa para os produtores extensivos e intensivos, Minas Gerais, 2005.

Coeficientes / Quantis	Grupo 1			Grupo 2		
	q.25	q.50	q.75	q.25	q.50	q.75
Intercepto	10,2	34,72***	45,36	18,53	28,85	51,89***
Idade	-0,04	-0,79	-0,53	1,41	1,72***	1,93***
Idade2	0,001	0,01	0,004	-0,01*	-0,02***	-0,02***
Escolaridade	0,02	0,04	-0,45	0,56	-0,35	-0,55
Experiência	-0,18***	-0,11	-0,1	-0,2	0,13	-0,03
Principal	1,32	2,39	5,91	-5,75	0,03	3,09
Distribuição	5,84*	4,71	1,55	15,26**	2,27	-12,03**
Controle	1,58	0,77	1,85	-10,91**	-6,36*	-7,7**
Treinamento	-0,31	0,88	1,73	9,67**	5,38	15,55***
Assistência12	0,1	1,54	0,39	-2,57	1,66	-5,27
Assistência36	0,6	-2,44	2,25	-7,4	0,31	-3,32
Assistência6	-0,14	-1,5	-3,92	-10,86**	-2,15	3,42
Crédito	1,13	0,48	-1,34	-1,88	3,97	3,58
Variação	1,07	0,25	0,34	-6,62*	0,16	4,01
Intensidade	0,25	-0,02	-0,08	1,5	1,16	-0,69
Raça	-2,12	1,8	-0,09	2,5	3,91	-2,87
Administrador	-3,92	4,88	14,3	6,56	9,81	-5,28
Prod.vacas	0,003***	0,005***	0,005***	-4,7e ⁻⁴ ***	-0,0005	-0,0003
Prod.trabalho	-0,003***	0,0004***	-0,00005	0,0005**	0,0004*	0,0009***
Estrato2	6,14***	3,71	5,37	0,92	2,97	-0,72
Estrato3	11,68***	13,36	22,52***	7,12	-1,7	-7,67
Estrato4	3,4	10,08	16,95*	-4,03	-5,5	-12,71**
Estrato5	28,08***	28,18**	56,46***	-3,4	-3,7	-26,38***
Sucessão1	-0,91	1,2	-1,38	-3,38	-10,51***	-5,7*

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

Tabela 38. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência técnica ambiental para os produtores extensivos e intensivos, Minas Gerais, 2005

/Coeficiente	Grupo 1			Grupo 2		
	q.25	q.50	q.75	q.25	q.50	q.75
Intercepto	2.99	15.53***	20.03	-4.39	-14.16*	10.32
Idade	-0.01	-0.25	-0.06	0.12	0.41	0.04
Idade2	-1.30e ⁻⁰⁵	2.40e ⁻⁰³	-3.20 ^{E-04}	-0.002	-5.e ⁻⁰³	-3e ⁻⁰³
Escolaridade	-0.14**	-0.28***	-0.53	-0.07	-0.09	-0.29
Experiência	0.00	-0.03	7e ⁻⁰²	-0.03	0.09	0.26***
Principal	0.09	-0.78	-1.18	-2.63	-0.73	-3.97
Distribuição	0.42	0.62	4.68	2.14	1	3.21
Controle	0.7	0.09	0.76	-1.17	0.86	1.53
Treinamento	-0.06	0.55	2.01	2.99	3.45**	-0.56
Assistência12	-0.21	-3.03***	-6.76**	-1.86	-3.08	-13.54***
Assistência36	-1.36	-6.28***	-12.17***	-0.28	-6.68***	-10.99***
Assistência6	-0.07	-3.89***	-9.76***	0.03	-3.4**	-5.82**
Crédito	0.23	0.67	-0.66	-2.72	-0.72	2.6
Varição	0.03	0.12	-0.01	2.58	3.2***	4.28**
Intensidade	0.06	0.25	0.88	-0.22	0.02	-0.39
Raça	0.55	0.59	3.27	-4.67	-4.83*	-6.8*
Administrador	2.7*	6.14***	2.5	0.66	0.72	4.41
Prod.vacas	1.3e ^{-03***}	1.8e ^{-03***}	3.2e ^{-03***}	3e ^{-03***}	4e ^{-03***}	0.01***
Prod.trabalho	7e ⁻⁵	1.2e ^{-03***}	1e ⁻⁴	8e ^{-04***}	7e ^{-04***}	2e ^{-04***}
Estrato2	-0.31	-0.45	-2.53	-0.82	1.06	-6.81***
Estrato3	-0.69	-1.86*	0.83	4.44	4.42**	-4.24
Estrato4	1.63	3.32*	4.52	4.63	8***	-1.14
Estrato5	0.48	2.82	76.65***	7.11*	12.23***	46.92***
Sucessão1	-0.39	-1.18**	-1.07	2.67	-1.02	-2.56

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

Tabela 39. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência alocativa ambiental para os produtores extensivos e intensivos, Minas Gerais, 2005

/Coeficiente	Grupo 1			Grupo 2		
	q.25	q.50	q.75	q.25	q.50	q.75
Intercepto	-10,89	-4,74	62,41***	10,13	58,61**	111,64***
Idade	1,06	0,98	0,47	0,37	-1,01	-2,43***
Idade2	-1,0e ⁻⁰²	-1e ⁻⁰²	-1e ⁻⁰²	-0,01	1e ⁻⁰²	0,03***
Escolaridade	0,42	0,86	0,24	1,04*	0,74*	0,47*
Experiência	7,7e ⁻⁰⁴	-0,03	9e ⁻⁰²	0,1	0,13	0,13
Principal	0,003	7,34	5,33***	-4,99	3,68	3,62
Distribuição	-1,43	1,97	-6,06	12,42	-6,28	-3,88
Controle	-0,56	-2,7	-2,12	-8,24	-5,91	-4,28
Treinamento	1,46	1,72	1,68	-2,04	0,22	4,28
Assistência12	9,78***	15,93**	3,24	-2,47	-4,42	-9,51***
Assistência36	25,49***	33,9***	10,33**	-0,98	9,73	5,56
Assistência6	8,33***	15,28**	5,42***	-1,24	6,96	8,53***
Crédito	-1,31	-2,04	-0,36	13,58**	13,75***	5,69**
Variação	1,35	0,4	0,48	-7,12	-6,02	-4,21*
Intensidade	0,49	1,59	1,26	0,28	-0,14	-1,16*
Raça	-0,43	5,13	-0,13	0,91	4,69	7,04
Administrador	-2,11	-8,81	-14,04	-15,13	-16,2	-21,67***
Prod.vacas	3,9e ^{-3***}	0,01**	0,002,6e ^{-3*}	2e ⁻⁰³	-8e ⁻⁰⁴	-0,003***
Prod.trabalho	7,9e ^{-4*}	-1e ⁻⁰⁴	-2e ⁻⁰⁴	4e ⁻⁰⁴	4e ^{-4*}	3e ^{-4*}
Estrato2	-5,5*	-9,19	-0,2	29,51***	39,76***	40,18***
Estrato3	-10,82***	-3,73	1,3	54,26***	49,52***	48,63***
Estrato4	-16,32**	0,42	0,67	48,82***	48,37***	49,93***
Estrato5	-26,98*	-4,79	2,68	41,01***	32,36***	34,97***
Sucessão1	-2,04	1,41	4,27	-7,81	-7,76**	-4,71*

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

A4.3. Estimativas para as regressões quantílicas no longo prazo

As estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência técnica, alocativa e econômica não foram apresentadas por não ser possível estima-lás, dado o elevado percentual de produtores eficientes, com eficiência igual a 1. As estimativas para a eficiência técnica ambiental e alocativa ambiental estão apresentadas Tabela 40 e Tabela 41, respectivamente.

Tabela 40. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência técnica ambiental para os produtores lácteos, Minas Gerais, 2005

Parâmetros/Quantis	q.25	q.50	q.75
Intercepto	98,25***	99,89***	101,24***
Idade	0	-0,09	-0,08
Idade2	0	0	0
Escolaridade	0,03	0,07	0,02
Experiência	0,01	0,02	0
Principal	-0,46	-0,51	-0,23
Distribuição	0,18	0,39	-0,5
Controle	0,51*	0,3	-0,06
Treinamento	-0,47	-0,22	0,15
Assistência12	0,27	0,06	0,25
Assistência36	0,89**	0,53	0,84
Assistência6	0,15	0,39	0,32
Crédito	-0,55**	-0,56	-0,33
Variação	0,27*	0,29	0,26
Intensidade	0,04	0,1	-0,04
Raça	-2,05***	-2,40***	-1,50**
Administrador	-0,01	0,89	-0,04
Prod.vacas	0	0	0
Prod.trabalho	0	0	0,00**
Estrato2	-2,50***	-0,06	0,53
Estrato3	3,10***	16,61***	14,41***
Estrato4	1,72***	2,18**	20,66***
Estrato5	0,99	0,6	1,38
Sucessão1	0,42*	0,75**	0,67**
Grupo	-34,74***	-32,34***	-25,23***

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.

Tabela 41. Estimativas para as regressões quantílicas para a eficiência alocativa ambiental para os produtores lácteos, Minas Gerais, 2005

Parâmetros/Quantis	q.25	q.50	q.75
Intercepto	-1,95**	-2,56**	1,4
Idade	0,04	0,06	-0,02
Idade2	0	0	0
Escolaridade	-0,01	-0,04	-0,17***
Experiência	0,01	0,01	0,02
Principal	-0,01	0,02	-1,32**
Distribuição	0,11	0,16	1,58*
Controle	0,16	0,37*	-0,08
Treinamento	0,02	0,28	1,28**
Assistência12	0,12	-0,02	-1,42**
Assistência36	-0,14	-0,21	-2,19***
Assistência6	0,04	0,05	-2,47***
Crédito	0,17	-0,13	-0,48
Varição	0,05	0,05	2,32***
Intensidade	0,18***	0,19***	0,38***
Raça	0,39	0,42	-1,4
Administrador	0,08	-0,06	4,43***
Prod.vacas	0,00***	0,00***	0,00***
Prod.trabalho	0,00***	0,00***	0,00***
Estrato2	-0,01	-0,14	-2,17***
Estrato3	1,32***	1,33***	-2,96***
Estrato4	1,95***	2,02***	-0,34
Estrato5	0,75	1,82***	12,20***
Sucessão1	0,04	-0,12	-0,6
Grupo	0,43***	0,65***	1,73***

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: *** Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; e * Significativo a 10%.