

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**MENSURAÇÃO E ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DE  
PRODUÇÃO DO SETOR METAL-MECÂNICO DA INDÚSTRIA DE  
CAXIAS DO SUL**

Miguel Antonio da Camara Canto

ORIENTADOR

Prof. Dr. Marcelo Savino Portugal

Porto Alegre, novembro de 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**MENSURAÇÃO E ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DE  
PRODUÇÃO DO SETOR METAL-MECÂNICO DA INDÚSTRIA DE  
CAXIAS DO SUL**

Miguel Antonio da Camara Canto

ORIENTADOR

Prof. Dr. Marcelo Savino Portugal

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como quesito para obtenção do grau de Mestre em Economia, modalidade Profissionalizante, dentro do Curso Interinstitucional UFRGS/UCS.

Porto Alegre, novembro de 2002

**Dedico esta dissertação  
a Tânia, Luíza e Cláudia,  
pelas horas de convívio  
familiar não desfrutadas**

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial expresso minha gratidão:

À Universidade de Caxias do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade ;

Ao Departamento de Ciências Econômicas da Universidade de Caxias do Sul pelas condições e apoio;

Ao Professor Marcelo Savino Portugal pela orientação segura;

Aos professores do Curso de Mestrado em Economia, pela dedicação;

Aos colegas do Curso, pelo convívio;

Ao amigo Enrique de Almeida, pelo companheirismo e

principalmente

À minha esposa Tânia e filhas Luíza e Cláudia, pela compreensão e incentivo;

## RESUMO

O Setor Metal-Mecânico da indústria de Caxias do Sul, a exemplo da indústria nacional, apresentou variações positivas de produtividade da mão-de-obra para todos os seus gêneros produtivos, no período 1995/2000. No entanto, as taxas de crescimento oscilaram significativamente entre os gêneros, indicando a existência de diferenças de desempenho entre eles.

O desempenho das empresas depende da eficiência do emprego da tecnologia de produção e as diferenças podem estar associadas às mudanças organizacionais, decorrentes da reestruturação produtiva motivada pela abertura comercial, e levadas a cabo pela adoção de medidas que busquem a qualificação dos processos produtivos das empresas para aumentar a competitividade nos mercados interno e externo.

Buscou-se, nesse estudo, mensurar a eficiência técnica do setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, analisando a evolução dos seus níveis, no período 1995/2000, e a capacidade das medidas de qualificação adotadas em aumentar a eficiência das empresas.

Para tanto, utilizou-se a técnica da estimação da função de produção de fronteira, a partir da qual se estimaram os níveis de eficiência técnica dos gêneros produtivos do Setor. Além disso, avaliou-se a capacidade das medidas de qualificação em aumentar a probabilidade das empresas obterem eficiência, através da estimação de um modelo probit.

Constatou-se que a eficiência técnica dos gêneros produtivos do Setor é alta e seus níveis se elevaram, significativamente, no período 1995/2000. Ao mesmo tempo, constatou-se que o treinamento de mão-de-obra, a busca de assessoria/consultoria externa, a exigência de certificação de qualidade para fornecedores e a importação de matérias-primas são medidas que aumentam a probabilidade das empresas do Setor se tornarem mais eficientes.

## **ABSTRACT**

Metal mechanic sector in Caxias do Sul's industry, following the example of Brazilian industry as a whole, presented positive variations in its productivity of labor for all its producing genres, during 1995-2000. Therefore, growth indexes have significantly oscillated among these genres, which indicates the existence of differences in their performance. Companies' performance depends on the efficiency of technological use of production and differences may be associated to organizational changes from a productive restructure motivated by commercial opening, and accomplished through the adoption of measures to reach for productive processes qualification in companies to increase competitiveness in both internal and external markets. For this research, it was intended to measure the analysis of the evolution of its levels, during 1995-2000, as well as the capacity of qualification measures adopted to raise companies' efficiency. For so, it was used the technique of production's function estimation in frontier, from which technical efficiency levels of productive genres in the sector were estimated. Besides, the capacity of qualification measures in raising the probability of companies to obtain efficiency was analysed, through the estimation of a probit model. It was found that technical efficiency of productive genres in the sector is high and its levels have increased significantly during 1995-2000. At the same time, it was possible to realize that working training, the search for external consultancy, demanding for quality certification for suppliers and the raw material import process are measures that raise the probability of companies from this sector to become more efficient.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS E FIGURAS.....	9
INTRODUÇÃO.....	11
1 EFICIÊNCIA TÉCNICA: CONCEITUAÇÃO E MENSURAÇÃO.....	16
1.1 Eficiência produtiva.....	16
1.2 Mensuração da eficiência técnica.....	19
1.3 Experiências de mensuração da eficiência técnica.....	22
2 ASPECTOS DA INDÚSTRIA DE CAXIAS DO SUL.....	27
2.1 Uma síntese histórica da formação da indústria de Caxias do Sul.....	27
2.2 Aspectos da evolução recente da estrutura produtiva da indústria de Caxias do Sul.....	32
2.3 Importância e características estruturais do Setor Metal-Mecânico da indústria de Caxias do Sul.....	36
3 MÉTODOS DE ANÁLISE E FONTES DE DADOS.....	41
3.1 Métodos de análise e variáveis analisadas.....	41
3.1.1 Estimação econométrica da função de produção de fronteira.....	41
3.1.2 Avaliação dos fatores determinantes da eficiência técnica.....	44
3.2 Fontes dos dados analisados.....	48
4 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA ADOTADAS PELO SETOR METAL-MECÂNICO DE CAXIAS DO SUL: ANÁLISE DE EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS.....	51
4.1 Qualificação do fator trabalho.....	51
4.2 Qualificação de técnicas produtivas e fontes de insumo.....	53
4.3 Exposição ao ambiente competitivo do mercado externo.....	59
4.4 Uma síntese da análise das evidências empíricas.....	60

5	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	63
5.1	Estimação das funções de produção de fronteira do Setor e seus gêneros produtivos.....	63
5.2	Análise dos níveis de eficiência técnica estimados.....	71
5.3	Avaliação dos efeitos das medidas de eficiência adotadas pelas empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul.....	77
	CONCLUSÃO.....	81
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
	ANEXO – TABELAS.....	88

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

TABELA 1 - Taxas médias de variação da produtividade da mão-de-obra da indústria e Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, 1990-2000.....	13
TABELA 2 - Características da estrutura produtiva de Caxias do Sul, 1932.....	29
TABELA 3 – Composição da atividade industrial de Caxias do Sul, 1948.....	31
TABELA 4 - Estrutura produtiva da indústria de Caxias do Sul, 1980-2000.....	33
TABELA 5 - Comportamento gêneros produtivos da indústria de Caxias do Sul, 1995-2000.....	34
TABELA 6 - Indicadores da importância do Setor Metal-Mecânico da Indústria de transformação de Caxias do Sul, 1980-2000.....	37
TABELA 7 – Índices de concentração do número de empregados e valor adicionado para o Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, 1995 e 2000.....	38
TABELA 8 – Composição da estrutura produtiva do Setor Metal-Mecânico, 1995-2000.....	39
TABELA 9 – Número de estabelecimentos das bases de dados, 1995 e 2000.....	49
TABELA 10 – Composição da amostra de investigação, 2000.....	50
TABELA 11 – Promoção de treinamento para qualificação de mão-de-obra, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa.....	52
TABELA 12 – Pesquisa própria para aperfeiçoar o processo produtivo, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa.....	54
TABELA 13 – Busca de assessoria/consultoria externa para qualificação de aspectos do processo produtivo, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa.....	55
TABELA 14 – Exigência de certificação de qualidade para fornecedores de matéria-prima, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa.....	56
TABELA 15 – Busca de parcerias para desenvolver o processo produtivo, segundo o gênero produtivo e tamanho de empresa.....	57

TABELA 16 – Realização de importação de matéria-prima, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa.....	58
TABELA 17 – Realização de exportação, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa.....	59
TABELA 18 – Realização dos testes de hipóteses para as tabelas de contingências das medidas adotadas e os critérios de classificação.....	61
TABELA 19 – Resultados dos testes de White para as regressões dos gêneros produtivos e Setor, 1995 e 2000.....	64
TABELA 20 – Estimativas das funções de produção de fronteira do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul e seus gêneros produtivos, 1995 e 2000.....	65
TABELA 21 – Resultados das regressões auxiliares para identificação de multicolinearidade nas estimações das funções de fronteira.....	66
TABELA 22 – Resultados dos testes-t e de Wald para as estimações dos modelos com restrições, 1995 e 2000.....	70
TABELA 23 – Estimativas das diferenças dos níveis de eficiência técnica dos gêneros produtivos em relação ao Setor Metal-Mecânico, 1995 e 2000.....	72
TABELA 24 – Estimativas das diferenças dos níveis de eficiência técnica do Setor Metal-Mecânico e seus gêneros produtivos entre 1995 e 2000.....	72
TABELA 25 – Estatísticas descritivas das distribuições de ET do Setor Metal-Mecânico e seus gêneros produtivos, 1995 e 2000.....	73
TABELA 26 – Distribuição das empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul e seus gêneros produtivos, segundo classes de ET, 1995 e 2000.....	75
TABELA 27 – Distribuição do número de empresas da amostra para a estimação do modelo probit, segundo os valores da variável Z.....	78
TABELA 28 – Estimativas do modelo probit para a influência das medidas de qualificação sobre a eficiência das empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul no período 1998/2000.....	79
FIGURA 1 – Combinação de insumos com produção ineficiente.....	16
FIGURA 2 – Eficiência técnica e eficiência alocativa.....	17
FIGURA 3 – Ajustamento da isoquanta da fronteira técnica de produção.....	19
FIGURA 4 – Fronteira de produção para a função de produção média.....	20

## INTRODUÇÃO

A combinação da recessão do período 1988/92 e a abertura comercial, a partir do início dos anos 90, levaram as empresas a reagirem ao aumento da competição, dando início a uma fase de mudanças técnicas e organizacionais.

Por um lado, a liberalização do comércio exterior valeu-se da redução significativa das tarifas nominais dos gêneros industriais, cuja média caiu de 34%, em 1990, para 13,37%, a partir de 1993, conforme apontam Barreto et alii (2002). Por outro, iniciou-se o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, a desregulamentação da economia e a difusão de novas técnicas gerenciais (Bonelli e Fonseca, 1998).

Nesse contexto, a abertura comercial desencadeou, junto a indústria nacional, um esforço para aumentar a eficiência produtiva das empresas, no sentido de proporcionar condições de competitividade para manter as exportações e a participação no mercado interno.

O resultado, conforme Villela e Silva (1994, p. 86), foi uma “criação” de capacidade produtiva, proporcionada pela reorganização de máquinas e equipamentos existentes nas linhas de montagem, que gerou maior eficiência ao setor, com aumentos de produtividade e redução do nível de utilização da capacidade produtiva.

Na verdade, o ganho de eficiência foi resultado de uma mudança estrutural na economia, na medida que a abertura comercial provocou uma ruptura com a política industrial protecionista, baseada na substituição de importações, pela qual eram impostas barreiras aos produtos importados. A mudança na estrutura, com a reorganização produtiva e a incorporação de novas tecnologias, aumentou a competitividade da indústria, pela melhoria dos produtos finais e redução dos seus custos.

Consoante essas mudanças, a produtividade da mão-de-obra da indústria brasileira tem crescido, desde 1990, de forma significativa, conforme estudo de Cacciamali e Bezerra (1997), o qual apurou uma taxa média anual de 8,15%, tendo

a produção industrial crescido 2,38% ao ano, em média, e o pessoal ocupado pela indústria tendo decrescido 4,79% anualmente, em média.

No cenário econômico gaúcho, a indústria de Caxias do Sul destaca-se pela importância dos valores gerados, tanto na economia municipal, como no contexto industrial gaúcho. Segundo o Anuário Estatístico do RS 1998 (FEE, 2000), em 1998 a indústria caxiense participou em 58,13% do valor adicionado municipal e respondeu por 8,11% do valor adicionado pelo setor industrial do Estado.

Na composição produtiva da indústria caxiense, destaca-se o denominado setor Metal-Mecânico<sup>1</sup>, o qual tem sido o impulsionador das atividades secundárias no Município, em função da sua capacidade de geração de emprego e arrecadação de ICMS e das ligações que estabelece com os demais setores produtivos.

Do início do processo de abertura comercial da economia nacional até o final dos anos 90, a indústria de Caxias do Sul, juntamente com o Setor Metal-Mecânico, apresentou dois comportamentos distintos em relação à produtividade da mão-de-obra. Decresceu, entre 1990 e 1995, em função dos resquícios recessivos do final da década de 80 e dos ajustes decorrentes que vigoraram no início da década de 90, e cresceu entre 1995 e 2000, em função das mudanças tecnológico-organizacionais estimuladas pelo ambiente competitivo a que foi exposta a indústria. Tal comportamento é evidenciado pelas taxas de variação da produtividade da mão-de-obra, expostas pela Tabela 1.

Nos dois períodos, o desempenho do Setor Metal-Mecânico superou o da indústria de transformação. Ou seja, no período de decréscimos, o Setor experimentou maior queda de produtividade, enquanto no período de expansão obteve aumento médio superior ao da indústria. Esse fenômeno é natural, na medida que o Setor Metal-Mecânico atua em mercados mais competitivos, tanto interna como externamente.

Por sua vez, o gênero Metalúrgica foi o menos sensível aos movimentos da produtividade da mão-de-obra, diminuindo menos no período de queda e aumentando menos no período de crescimento. Isso reflete sua característica de atender, principalmente, a mercados voltados a bens finais, ou a intermediários.

---

<sup>1</sup>O setor Metal-Mecânico é designado pelo agrupamento dos gêneros Metalurgia, Mecânica, Material Elétrico e de Comunicações e Material de Transporte

**Tabela 1 - Taxas médias anuais de variação da produtividade da mão-de-obra da indústria e Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, 1990-2000**

Especificações	Taxas médias anuais (%)	
	1990-1995	1995-2000
Metalúrgica	-2,80	4,76
Mecânica	-9,48	6,17
Material Elétrico/Comunicações	-15,99	9,85
Material de Transporte	-5,96	14,67
Setor Metal-Mecânico	-8,55	8,86
Indústria de transformação	-8,30	8,68

Fonte: Dados do Anexo A

As oscilações nas variações da produtividade da mão-de-obra apresentadas pelos gêneros produtivos indicam a existência de desempenhos diferenciados entre as empresas do Setor Metal-Mecânico, no período de 1995 a 2000.

Conforme Fried, Lovell e Schmidt (1999), o desempenho de uma empresa depende do estado da tecnologia empregada e do grau de eficiência de sua utilização. Por sua vez, a eficiência caracteriza-se pela diferença entre o produto ótimo que pode ser obtido do emprego de um conjunto de insumos e o produto efetivamente realizado, tendo dois componentes: o técnico, relacionado com a capacidade de evitar perdas, ao produzir tanto quanto os insumos permitem, e o alocativo, relacionado com a capacidade de combinar os insumos em proporções ótimas, dados seus preços.

Assim, é possível considerar que a eficiência produtiva seja uma componente da variação de produtividade, na medida que esta expressa uma relação entre o produto máximo, permitido pela tecnologia utilizada, e a quantidade de insumo empregado, e o nível de eficiência determina da grandeza do numerador da relação. Empresas menos eficientes obtêm menos produto, em relação ao ótimo, e, portanto, têm menor produtividade. Por outro lado, empresas que tenham experimentado aumentos de produtividade não necessariamente tiveram sua eficiência elevada, pois o produto pode ter ficado ainda abaixo do ótimo, embora a relação produto/trabalhador tenha crescido.

Além disso, cabe considerar que os desempenhos refletem a busca em que se envolveram as empresas dos gêneros produtivos por maior poder de competitividade. Nesse sentido, Nunes (1997) destaca que a competitividade se forma em um conjunto de características da empresa, como as de natureza tecnológicas, gerenciais, locacionais, etc., que dependem do ambiente onde está inserida e pelas quais atua nos mercados interno e externo.

Então, as diferenças podem estar associadas ao grau de modernização buscado pelas empresas envolvidas pelo processo de abertura comercial da economia brasileira, por um lado buscando aumentar a participação de seus produtos nos mercados externos e, por outro, buscando incorporar, em seus sistemas produtivos, técnicas gerenciais, tecnologias e materiais importados de melhor qualidade. Ou seja, mudanças organizacionais decorrentes de um processo de reestruturação produtiva.

Nesse contexto, Salerno (1996), apud Nogueira e Rosa (1999), relaciona as seguintes classes de mudanças: (a) mudanças nas relações entre empresas, através de acordos cooperativos, compartilhamento de projetos, desenvolvimento conjunto de produtos e processos, etc.; (b) mudanças na organização geral da empresa, com a redução das estruturas divisionais e funcionais e formação de estruturas mais integradas, voltadas para resultados e menos apoiadas em especialidades; (c) mudanças na organização da produção, pela busca da redução do tempo de atravessamento, aumento do giro do capital e redução de estoques; (d) mudanças na organização do trabalho, pela redução das noções de tarefa e de posto de trabalho, o que leva a junção de atividades de operação, inspeção de qualidade e primeira manutenção e o conseqüente crescimento da comunicação horizontal entre os trabalhadores.

A prática dessas mudanças constitui-se um ajustamento de médio e longo prazo, junto às instituições, na medida que exige a reciclagem da mentalidade dos cargos diretivos e a adoção de medidas que busquem a qualificação do processo produtivo, como assessorias e consultorias externas, prática de pesquisa interna, treinamentos continuados, etc.

Pela grandeza e liderança que exerce setor Metal-Mecânico sobre a indústria caxiense, tanto pelo produto que gera em termos de economia local, como pelo potencial que tem como fornecedor de bens para o MERCOSUL, torna-se importante questionar sobre a evolução dos níveis de eficiência técnica do Setor, bem como a

capacidade das medidas de qualificação adotadas em elevar tal eficiência. A comparação dos níveis de eficiência do Setor pode ser de valiosa contribuição à orientação de medidas gerenciais e tecnológicas para dotar as empresas de maior competitividade nos mercados interno e externo.

Segundo Kalirajan (1982), apud Tupy e Yamaguchi (1998), a medição da eficiência produtiva é útil para fins (i) estratégicos, na busca de maior competitividade, (ii) táticos, ao permitir o controle do desempenho, através dos resultados obtidos, e (iii) de planejamento, pela comparação dos resultados de diferentes combinações de insumos.

Assim, como objetivo geral, este projeto pretende mensurar e analisar a eficiência técnica do setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul. Especificamente pretende-se:

- a) descrever as medidas de qualificação adotadas pelos gêneros produtivos do Setor para elevar a eficiência técnica e a intensidade com que foram adotadas;
- b) estimar funções de produção de fronteira para o Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul e seus gêneros produtivos, nos anos de 1995 e 2000;
- c) estimar e analisar os índices de eficiência técnica do Setor e seus gêneros produtivos em 1995 e 2000;
- d) avaliar a capacidade das medidas de qualificação em elevar a eficiência técnica dos gêneros produtivos do Setor.

Para tanto, apresenta-se, a seguir, no primeiro capítulo, uma breve revisão bibliográfica sobre eficiência técnica, no que se refere à sua conceituação e estudos que se preocuparam com a sua mensuração. Após, no segundo capítulo, são descritos os métodos analíticos e as fontes de dados das variáveis consideradas na estimação das funções de produção de fronteira e análise dos índices de eficiência. No terceiro capítulo, são analisadas as distribuições de freqüências das medidas de qualificação do processo produtivo adotadas pelas empresas do Setor. No quarto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados das estimações das funções de produção de fronteira, da eficiência técnica das empresas e da estimação do modelo que relaciona a eficiência técnica com o emprego de medidas para a qualificação do processo produtivo das empresas.

Finalmente, são apresentadas as possíveis conclusões sobre a medição e análise da eficiência técnica do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul e seus gêneros produtivos.

## 1 EFICIÊNCIA TÉCNICA: CONCEITUAÇÃO E MENSURAÇÃO

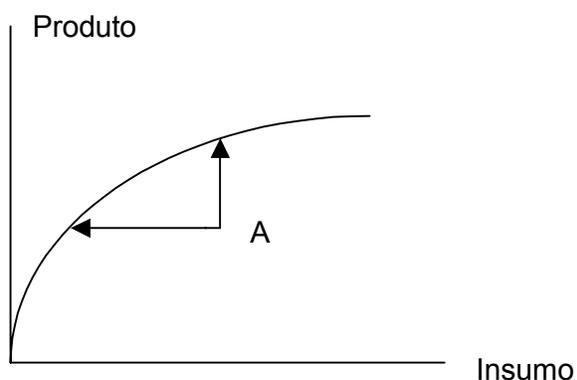
O objetivo desse capítulo é formar a base conceitual que dará sustentação às análises relacionadas com a estimação das funções de produção de fronteira

### 1.1 Eficiência produtiva

As empresas, como unidades produtoras, têm a preocupação constante de avaliar e gerir a eficiência do processo produtivo, caracterizado pela transformação de insumos em produtos, ou serviços.

A transformação é definida por uma função de produção que relaciona as quantidades ótimas de produto, possíveis de serem obtidas de uma determinada combinação de insumos. Assim, considerando o emprego dos insumos capital e trabalho,  $f(t, k)$  representa a função que define as quantidades máximas de produção para determinadas quantidades de  $t$  e  $k$ , caracterizando uma situação de ótimo.

Nesse sentido, e de acordo com Forsund et alii (1980), um processo produtivo, caracterizado por  $(y^*, t^*, k^*)$ , é tecnicamente eficiente se  $y^* = f(t^*, k^*)$  e tecnicamente ineficiente se  $y^* < f(t^*, k^*)$ , cuja representação é dada pela Figura 1<sup>2</sup>.



**Figura 1 – Combinação de insumos com produção ineficiente**

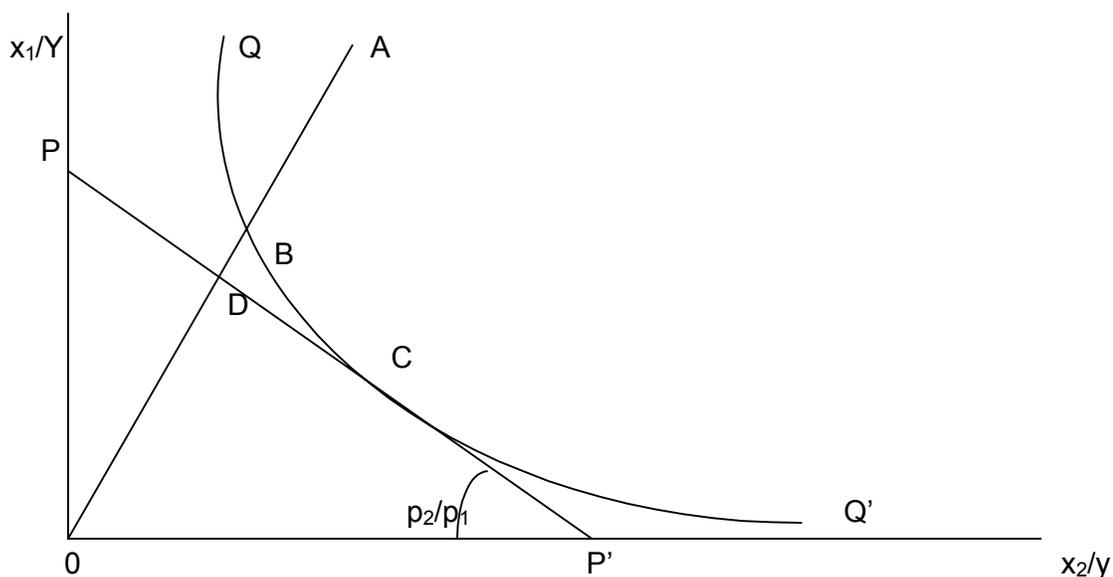
<sup>2</sup> O gráfico está baseado em Pereira et alii (2000).

O ponto A representa uma combinação de insumos que formou uma quantidade de produto abaixo da curva de produção, formada pelas quantidades ótimas. A ineficiência caracteriza-se pela possibilidade de reduzir a quantidade de insumos empregados em excesso e manter o mesmo nível de produto (deslocamento de A para a esquerda), ou aumentar a eficiência da combinação dos insumos e elevar a produção até a curva (deslocamento de A para cima).

Considerando-se que aos insumos  $t$  e  $k$  são designados os preços  $s$  e  $i$ ,  $c(y, s, i)$  é a função custo do processo produtivo e a sua eficiência alocativa é obtida por  $c(y, s, i) = \min [st + ik, \text{s.r. } y = f(t, k)]$ , ou seja, o mínimo custo para um dado nível de produção.

Então, na medida que  $y^* < f(t^*, k^*)$ , dado o excesso no uso de insumos, por unidade de produto,  $st^* + ik^* > c(y^*, s^*, i^*)$ , pois o custo de produção não é mínimo para a produção realizada. A ineficiência técnica levou à ineficiência alocativa, permitindo concluir que a maximização da eficiência técnica é condição para obter-se a máxima eficiência econômica.

A análise da eficiência produtiva teve em Farrell (1957) o desenvolvimento do conceito de “função de fronteira”, a partir do qual é possível comparar os resultados de uma firma em relação à “melhor prática” produtiva realizada pela indústria. A figura 2 distingue as situações de eficiência técnica e eficiência alocativa.



**Figura 2– Eficiência técnica e eficiência alocativa**

Genericamente, uma firma com uma função de produção linear homogênea  $y = f(x_1, x_2)$ , definirá um espaço cartesiano de insumo-produto, no qual a isoquanta unitária  $1 = f(x_1 / y, x_2 / y)$  é formada pelas combinações de  $x_1$  e  $x_2$ , conforme a curva QQ' da figura 2, sendo PP' a linha isocusto. Considerando-se a curva QQ' como a isoquanta representativa da “melhor prática” produtiva, essa passa a ser a função de fronteira tecnológica para a indústria, na medida que nenhuma outra firma terá sua isoquanta abaixo de QQ'. Pela isoquanta QQ', avalia-se a eficiência, ou ineficiência, das firmas A, B, e C.

A firma representada pelo ponto C caracteriza-se pela eficiência técnica e alocativa, pois sua combinação  $(x_1^C / y, x_2^C / y)$  está na “fronteira de produção” e realiza-se ao menor custo. A firma A é ineficiente técnica e alocativamente, pois a combinação  $(x_1^A / y, x_2^A / y)$  caracteriza um excesso de insumos para a produção unitária e, conseqüentemente, o custo é superior a PP'. A firma B é tecnicamente eficiente, mas alocativamente ineficiente, uma vez que sua combinação  $(x_1^B / y, x_2^B / y)$  está na “fronteira de produção”, mas seu custo excede PP'.

A eficiência da firma A pode ser medida pelas razões OB/OA e OD/OB. A razão OB/OA refere-se à eficiência técnica e indica a proporção com que a função de produção praticada pela firma alcança a função da “melhor prática” produtiva, ou seja, a razão entre a combinação de  $x_1$  e  $x_2$  utilizada e aquela necessária para produzir  $y$ . A razão OD/OB refere-se à eficiência alocativa, pois indica a proporção com que a combinação de insumos praticada pela firma aproxima-se da combinação mais adequada, portanto a de menor custo.

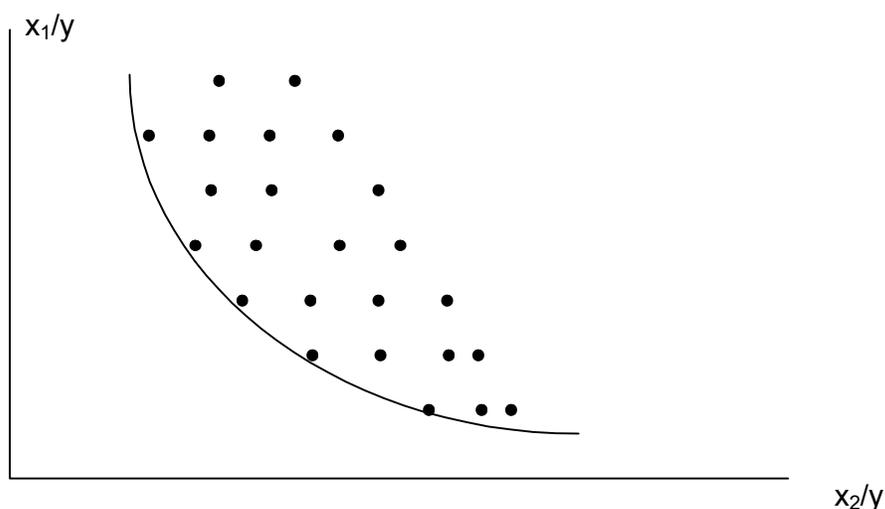
Nesse sentido, a eficiência econômica, ou total, da firma fica decomposta em eficiência técnica e eficiência alocativa, cuja medida é obtida pelo produto de OB/OA\*OD/OB, resultando na razão OD/OA. As eficiências técnica e alocativa variam de zero a um, na medida que a firma aproxima-se, ou distancia-se, das curvas QQ' e PP', respectivamente. Assim, a medida da eficiência produtiva é a razão entre o custo unitário da firma para produzir  $y$  e o custo unitário de produzir com a “melhor prática” produtiva (Tupy e Yamaguchi, 1998).

Conclui-se, conforme Forsund et alii (1980), que a ineficiência técnica é causada pelo uso excessivo de insumos para uma determinada quantidade de produto, enquanto a ineficiência alocativa decorre da adoção de uma combinação inadequada de insumos para obter-se aquele nível de produção.

## 1.2 Mensuração da eficiência técnica

A eficiência técnica consiste na relação entre o produto potencial obtido de uma dada tecnologia empregada e o produto obtido na realidade (Kalirajan, 1990), sendo a estimativa da função de fronteira o método que permite obter-se medidas para comparar a eficiência das firmas, em relação à “melhor prática” produtiva.

Inicialmente, Farrell (1957) estimou a isoquanta unitária para um conjunto de pontos ajustados, representativos das combinações dos insumos  $x_1$  e  $x_2$ , empregadas pelas firmas de uma indústria para produzir uma unidade de produto, conforme a figura 2.3<sup>3</sup>.



**Figura 3. Ajustamento da isoquanta da fronteira técnica de produção**

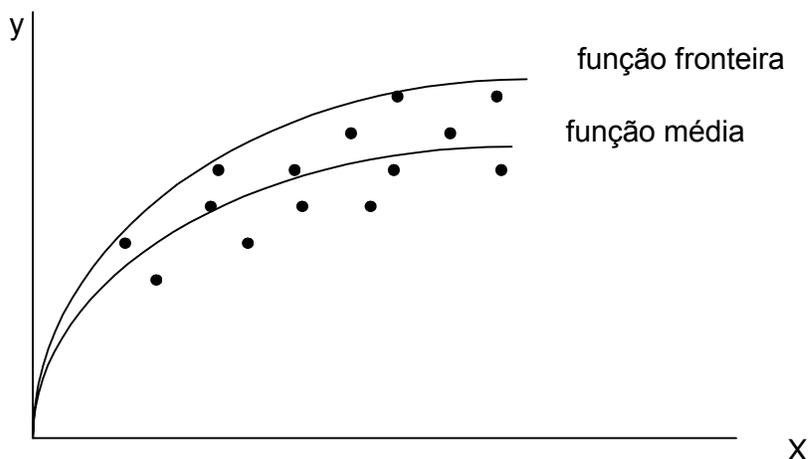
A isoquanta de fronteira é obtida pela média ponderada das combinações de  $x_1$  e  $x_2$  empregadas pelas firmas mais eficientes e foi estimada por programação linear, sendo os pesos determinados de forma a ser alcançada as proporções desejadas dos insumos (Alves, 1988). O tratamento de Farrell tinha a vantagem de não impor uma forma específica para a função de produção, mas tornava-se sensível aos pontos extremos e aos erros de medida (Forsund et alii, 1980). Além disso, o tratamento dado por Farrell implica a necessidade de considerar-se a existência de retornos constantes de escala no processo produtivo.

<sup>3</sup> O gráfico está baseado em Alves (1988).

O método desenvolvido por Farrell implicava na construção da isoquanta de uma fronteira de produção determinística, em torno da qual o desvio da quantidade produzida da firma é atribuído exclusivamente à ineficiência, sem considerar possíveis variações desvinculadas do processo produtivo.

Ainda utilizando programação matemática, Aigner e Chu (1968), além de Forsund e Jansen (1977), apud Lovell (1993), especificaram uma função de produção de fronteira com a forma funcional Cobb-Douglas  $\ln y = \ln f(x) - u$ , sendo  $u \geq 0$ , ou seja, impondo a condição de que todas as observações estivessem sobre, ou abaixo da fronteira. Os parâmetros foram obtidos por programação linear, através da minimização da soma dos valores absolutos dos resíduos com a restrição de que os mesmos fossem não-positivos, ou programação quadrática, através da minimização da soma ao quadrado dos resíduos. Esse método pressupõe que os desvios, em torno da função de produção de fronteira, sejam explicados somente pela ineficiência técnica das firmas e nada se atribuindo aos movimentos aleatórios não vinculados ao processo produtivo. Além disso, a natureza não-paramétrica do método não permite que sejam feitas inferências probabilísticas sobre o comportamento dos parâmetros determinados.

Afriat (1972), desenvolveu a estimação paramétrica da função fronteira, através de método econométrico, ajustando a curva de fronteira para os pontos correspondentes aos desvios positivos máximos obtidos da estimação de uma função de produção média, conforme ilustra a figura 2.4<sup>4</sup>.



**Figura 4. Fronteira de produção para a função de produção média**

<sup>4</sup> Gráfico baseado em Pereira et alii (2000).

O autor considerou as hipóteses de independência dos erros e independência das variáveis explanatórias em relação aos erros, além de uma distribuição beta com dois parâmetros para estes. Utilizou o método de máxima verossimilhança (MV).

Após, Richmond (1974) utilizou o método dos mínimos quadrados ordinários (MQO) para estimar a função fronteira, a partir da forma funcional Cobb-Douglas  $\ln Y = \alpha + \sum \beta \cdot \ln X - U$  e considerou uma distribuição gama para os erros, sendo  $E(u) \neq 0$ , o que produziu estimadores não tendenciosos para  $\beta$  e tendencioso para o intercepto (Braga e Rossi, 1980). Em uma segunda etapa, empregou o método dos mínimos quadrados corrigidos (MQC) para obter a estimação do intercepto, através da correção  $\ln Y = (\alpha - E(u)) + \sum \beta \ln X - (U - E(u))$ . O método permite calcular o nível de (in)eficiência técnica ao nível de firma, a partir da expressão  $ET_i = y_i^o / y_i^f$ , onde  $y_i^o$  é a produção observada da firma  $i$  e  $y_i^f$  é a produção estimada para a fronteira, obtida pelo método MQC. Esse método de mensuração é denominado fronteira de produção estatística determinística e pressupõe, também, que os desvios de produção em torno da fronteira estimada sejam atribuídos, somente, à ineficiência técnica e nada se refere aos desvios aleatórios ao processo produtivo.

Com o objetivo de superar essa limitação, Aigner et alii (1977), conjuntamente a Meeusen e Broeck (1977) e Batese e Corra (1977), apud Silveira (2000) desenvolveram modelos de função de produção de fronteira estocásticos com a forma  $y = f(x, \beta) e^z$ , nos quais os desvios das observações das firmas, em torno da fronteira determinística estimada, são formados por dois componentes mutuamente independentes e aditivos, ou seja,  $z = v + u$ . O componente  $v$  tem comportamento simétrico, ou seja, média  $\mu = 0$  e variância  $\sigma_v^2$ , e absorve os ruídos estatísticos, erros de medição e os efeitos de fenômenos aleatórios ao processo produtivo. O componente  $u$  tem comportamento assimétrico, ou seja média  $\mu > 0$  e variância  $\sigma_u^2$ , e mede os desvios provocados pela ineficiência técnica. Para  $u$ , têm sido consideradas as distribuições meia-normal, truncadas acima de zero, gama e exponencial. A medida de ineficiência de uma firma,  $u_i$ , é obtida por  $Et_i = y_i / [f(x, \beta) + v]$ , e a estimação da função fronteira tem sido realizada pelos métodos MQO e MV.

A estimação da fronteira através de MQO produz um estimador não viesado para  $\beta$  e viesado para o intercepto da função, uma vez que o termo  $u$ , isto é, o efeito

da ineficiência técnica, incorpora-se a ele. Conforme Saheli e Macedo (1998), a correção do viés do intercepto pode ser feita pelo método MQC, com o deslocamento daquele, de forma que os resíduos tenham uma distribuição truncada em zero, e o método dos mínimos quadrados ordinários modificados (MQM), onde se infere o deslocamento do intercepto, com base na hipótese de uma distribuição gama, ou exponencial, para os resíduos.

A evolução desses métodos de mensuração da eficiência técnica produtiva, a partir da abordagem das fronteiras de produção, permite classificar as técnicas em econométricas e de programação matemática, sendo que as primeiras são aplicadas a partir da especificação de formas funcionais para a fronteira de produção enquanto o segundo grupo dispensa a explicitação da forma funcional (Bauer, 1990).

A seguir, são revistos alguns estudos que aplicaram a técnica econométrica para a análise da eficiência produtiva.

### **1.3 Experiências de mensuração da eficiência técnica**

As técnicas de estimação têm sido empregadas para analisar a eficiência de atividades produtivas de forma agregada, nos casos em que a unidade produtora se identifica com municípios, regiões e estados, e de forma desagregada, nos casos em que a unidade produtora se identifica com a empresa.

Tyler (1980) analisou a eficiência técnica de produção dos setores siderúrgico e de plásticos do Brasil, utilizando dados de amostras das empresas de 1971, publicadas pela Revista Visão. Para calcular os índices de eficiência, o autor estimou uma função de produção de Cobb-Douglas, a partir de programação linear e do método dos mínimos quadrados. Foram estimados os índices de eficiência de Farrell e o obtido a partir da função de produção de fronteira não-estocástica (FPFNE), estimada por programação linear, cujos resultados foram, respectivamente, 0,65 e 0,48, para a indústria de plásticos, e 0,57 e 0,62, para a indústria siderúrgica. Esses índices indicam os percentuais médios de produção que as empresas investigadas atingem, em relação aos níveis de produção que podem alcançar (produção potencial), sendo que os resultados obtidos indicavam uma situação de baixa eficiência para os dois setores.

Braga e Rossi (1986) mediram a eficiência técnica da indústria brasileira, com base em dados de 1980 da Receita Federal, a partir dos enfoques da fronteira

determinística e da fronteira estocástica da função de produção. Os índices foram calculados para as firmas e para as 136 indústrias da classificação da Receita Federal. A fronteira estocástica foi estimada por uma função Cobb-Douglas, tendo como variável dependente o valor adicionado e como variáveis independentes o número de empregados, uma medida do nível de qualificação da mão-de-obra e uma medida do fluxo de serviços de capital. Constatou-se um elevado grau de ineficiência entre as indústrias.

Alves (1988) mediu os níveis e determinou as fontes da eficiência técnica da indústria de transformação de Minas Gerais para o ano de 1982, a partir de microdados obtidos dos balanços de uma amostra de 281 indústrias. Inicialmente, o autor construiu duas medidas de eficiência,  $EF_1$  e  $EF_2$ , sendo que a primeira mostrava o produto relativo à quantidade obtida pelo emprego de insumos com a tecnologia de fronteira, ou à redução relativa dos requisitos de insumo, gerada pelas quantidades produzidas com a tecnologia de fronteira e as mesmas proporções de fatores, e a segunda consistia em uma alternativa a  $EF_1$ . Após o cálculo dos índices de eficiência, estimou um modelo econométrico para avaliar as fontes de ineficiência, especificando variáveis relacionadas com o grau de concentração da indústria, nível de concorrência internacional, tamanho das firmas, nacionalidade dos proprietários, diferenças nas características do produto e localização espacial dos estabelecimentos. Os resultados indicavam que, na primeira fronteira eficiente para cada indústria, 36,6% dos estabelecimentos apresentavam eficiência técnica inferior a dois quintos e 61,9% inferior a três quintos, evidenciando uma ineficiência generalizada na indústria do Estado. Por outro lado, a estimação do modelo econométrico mostrou que fatores como concentração da indústria, tamanho da firma e proteção no mercado interno têm influência significativa sobre os índices de (in)eficiência técnica.

Coelli (1996) mediu os níveis e identificou as fontes da ineficiência técnica das unidades que geram eletricidade, a partir do carvão, na Austrália. A produção de eletricidade foi modelada por uma função de produção de fronteira Translog, cujos parâmetros foram estimados por MV, com base em 114 observações anuais de um painel de dados de 13 unidades e 10 anos. A eficiência técnica média foi estimada em 92,5%, variando entre 74,2% e 99,6%. Por sua vez, as diferenças de eficiência técnica entre as unidades geradoras foram, significativamente, influenciadas pela

capacidade geradora da unidade, idade da planta, tamanho da unidade e qualidade do carvão.

Battese et alii (1998) analisaram a eficiência do fator trabalho no setor bancário da Suécia no período 1984-95. Empregaram o modelo de fronteira estocástica, a partir de uma função Translog para a ocupação de trabalho, utilizando dados em painel de 156 bancos, no período de 1984 a 1995. A ineficiência média dos bancos, quanto ao emprego de trabalho, foi estimada em 12% abaixo dos valores da fronteira. Os autores estimaram uma função Translog para a fronteira de produção estocástica, a partir de um painel de dados de 235 firmas industriais dos setores de alimentação, têxtil e metalúrgica, abrangendo o período de 1992 a 1994.

Lundvall e Battese (1998) avaliaram os efeitos do tamanho e idade das firmas sobre a eficiência da indústria manufatureira do Quênia no período 1992-94. Conceitualmente, basearam-se no modelo de crescimento da firma de Jovanovic e testaram, empiricamente, a significância da relação entre os níveis de eficiência das firmas com o tamanho e a idade destas. A evidência dos testes sugeriu que o tamanho da firma tem um efeito positivo e significativo sobre a eficiência nos modelos dos setores têxtil e também no modelo geral, enquanto a idade das firmas não apresentou efeito significativo nos modelos dos setores e no modelo geral.

Saheli e Macedo (1998) estimaram uma função de produção de fronteira para determinar os padrões e determinantes da eficiência técnica das unidades federativas do Brasil. Utilizaram uma função Translog, e o modelo econométrico foi estimado para diferentes formas de comportamento do termo aleatório. Como variável dependente, considerou-se o produto interno bruto das unidades federativas, representando o volume de produção, com dados do período de 1985 a 1994. Como variáveis explanatórias, utilizou-se o trabalho, tendo como fonte de dados arquivos de PNAD e relatórios da RAIS, e o capital, representado pelo consumo de energia elétrica não residencial como proxy. Os resultados indicaram a existência de grandes diferenças de eficiência entre as unidades federativas, cuja causa principal são fatores predeterminados e não aleatórios. Os principais fatores são o capital humano, as economias de aglomeração, a participação do setor secundário na economia local e a abertura comercial na base PNAD.

Duarte e Macedo (2001) estimaram a função de fronteira tecnológica e analisaram a evolução da eficiência técnica da indústria brasileira, no período de 1986 a 1995. Adotaram a especificação funcional Cobb-Douglas para a função de

produção de fronteira estocástica e estimaram os parâmetros desta função e do modelo de ineficiência técnica através do método de máxima verossimilhança, a partir do pressuposto de uma distribuição truncada para a variável ineficiência técnica. Os resultados indicam ter havido uma contração da fronteira tecnológica nos setores Metalúrgica e Mecânica, estabilidade nas fronteiras dos setores Transporte, Química e Têxtil e uma leve expansão nas fronteiras dos setores Elétrica, Vestuário e Produtos Alimentares, sendo que os deslocamentos de fronteira são acompanhados por uma tendência de aumento dos níveis médios de ineficiência técnica nos diversos setores.

Ajibefun et alii (1996) estimaram uma função de produção de fronteira estocástica Translog, com mudanças tecnológicas e efeitos de variação temporal das ineficiências técnicas incorporadas, para analisar a eficiência técnica da indústria de arroz, no Japão, no período de 1984 a 1994. Os dados tiveram a agregação em nível de prefeituras, unidade administrativa básica do País. Os efeitos da ineficiência técnica foram estatisticamente significativos, mas invariantes no tempo. Os índices de ineficiência técnica das unidades produtoras de arroz das prefeituras foram moderadamente altos, com a média estimada em 74,5%. Existiram evidências de mudança tecnológica neutra. Finalmente, os parâmetros estimados para os retornos de escala não foram, significativamente, maiores que a unidade, indicando retornos constantes de escala, no nível médio dos insumos usados pelos produtores.

Vicente (1999) estudou a eficiência na produção agrícola paulista e seus determinantes, cuja análise empírica se baseou na estimação de funções de produção de fronteiras estocásticas, com especificações Cobb-Douglas e Translog. Utilizou dados seccionais dos anos agrícolas 1973/74 e 1988/89. Como variável dependente, utilizou o valor da produção, e as variáveis explicativas foram o capital (terra e outras despesas) e trabalho. Os parâmetros foram estimados a partir de amostras probabilísticas de imóveis rurais e, após a obtenção dos índices de eficiência, procurou explicar as diferenças por meio de modelos de regressão com variáveis independentes representativas de fatores estruturais, conjunturais e de condições ambientais. Constatou-se que os pequenos imóveis rurais apresentavam maiores índices de eficiência geral, e o núcleo de regional mais eficiente transferiu-se de regiões tradicionais para outras que empregavam mais intensamente tecnologias avançadas.

Pereira et alii (2000) estimaram uma função de produção de fronteira determinística para a atividade agrícola dos municípios do Rio Grande do Sul, a partir da forma funcional Cobb-Douglas. O modelo de função de produção explicou o comportamento do valor bruto de produção, a partir do comportamento de sete variáveis explanatórias, observadas em 427 municípios, com base em dados do Censo Agropecuário de 1995/96. Os testes da estimação da função de produção indicaram a existência de retornos constantes de escala. Por sua vez, os resultados da estimação da função de produção de fronteira permitiram classificar os municípios em quatro estratos de eficiência, conforme os índices estimados, sendo que a maioria dos mesmos situou-se nos dois estratos de menor eficiência (0,00-0,25 e 0,25-0,50) .

## **2 ASPECTOS DA INDÚSTRIA DE CAXIAS DO SUL**

O objetivo desse capítulo é fazer uma descrição do ambiente, no qual se insere o Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, a partir da evolução histórica da indústria caxiense, até a análise de sua estrutura atual.

### **2.1 Uma síntese histórica da formação da indústria de Caxias do Sul**

Ao longo de sua história, Caxias do Sul caracterizou-se como um centro industrial de grande importância na economia do Rio Grande do Sul e de expressão nacional.

A formação das atividades econômicas deu-se pela chegada dos colonos italianos, em 1875, os quais se dedicaram, inicialmente, à agricultura. A produção era diversificada e destinava-se à subsistência dos habitantes da Colônia.

O processo de industrialização originou-se das necessidades dos imigrantes em dispor de instrumentos de trabalho para a atividade agrícola. Como as condições de acesso à colônia eram precárias, tornando as viagens a Porto Alegre difíceis, demoradas e perigosas, logo se fez sentir a inexistência de instrumentos de trabalho e consumo junto à população local, obrigando os colonos produzir o que necessitavam. Além disso, conforme Giron (1986), alguns imigrantes trouxeram consigo o “gérmen da Revolução Industrial” desenvolvida na Europa, o que se tornou um incentivo a mais para o início da produção local de bens manufaturados.

A agricultura caxiense desenvolveu-se significativamente, conforme analisou Herédia (1993), tornando-se um centro abastecedor regional com destaque nas culturas da uva, trigo, milho, feijão, frutas, hortaliças, etc.

Apesar das condições precárias ao transporte dos produtos primários, os comerciantes locais conseguiam colocar suas mercadorias em centros maiores como Porto Alegre. Compravam os produtos agrícolas a preços baixos e os comercializavam com margens de lucros significativas.

A acumulação resultante dessas operações, bem como das transações do comércio local de produtos agrícola, proporcionou aos comerciantes de Caxias o capital suficiente para investimentos nas atividades industriais.

Conforme Herédia (1993), as primeiras indústrias a serem desenvolvidas foram a alimentícia (os moinhos e as cantinas) e a extrativa (madeira). Da necessidade de aperfeiçoar a produção agrícola passou-se a produzir artefatos manufaturados que abasteciam os mercados local, das colônias e regional.

Assim, os dados do Recenseamento Municipal de 1899, citados por Giron (1986), indicavam a existência de 204 estabelecimentos industriais, dos quais os ramos de alimentação, vinícola (bebidas) e madeireiro respondiam por mais de 70% do total. A economia da região já tinha no setor industrial o seu principal componente. Cabe ressaltar o destaque da indústria vinícola que, já em 1901, fazia Caxias despontar em exposições industriais. Por sua vez, o aproveitamento da madeira local era um recurso não só da encosta superior do nordeste gaúcho, mas de todo o Estado, sendo que em 1916 a produção madeireira era a segunda riqueza do Rio Grande do Sul, apenas inferior ao charque.

No início do século XX, dois fatores contribuíram para o crescimento industrial de Caxias: a construção da ferrovia, em 1910, que possibilitava a ligação com Porto Alegre, e a instalação de energia elétrica, em 1913, que proporcionou força motriz para os estabelecimentos industriais.

Além dos fatores acima mencionados, a Primeira Grande Guerra também representou um incentivo à industrialização caxiense, como o foi para a brasileira, ao possibilitar que algumas ferrarias existentes se transformassem em oficinas de reposição de peças e dando origem, inclusive, a algumas indústrias modernas (Giron, 1986).

Efetivamente, o Recenseamento Municipal de 1920, citado por Herédia (1993), dava conta de que o número de estabelecimentos industriais do Município totalizava 286, implicando um crescimento de 40,20% em relação aos existentes em 1899. Além disso, a indústria caxiense encontrava-se mais diversificada, pois o ramo metal-mecânico já respondia por, aproximadamente, 24% dos estabelecimentos do setor, enquanto os ramos de alimentação, bebidas e madeireiro tiveram reduzidas suas participações para 46% do total, aproximadamente. Também nos ramos têxtil, vestuário, mobiliário e químico já se encontravam manifestações de industrialização.

A partir de 1930, apresentaram-se os impulsos concretos à industrialização do País, embora, inicialmente, a depressão econômica internacional tenha produzido redução sensível nas atividades do setor externo de nossa economia. Em Caxias do Sul, conforme Herédia (1993), entre 1930 e 1932, o número de estabelecimentos industriais aumentou de 190 para 280, tendo havido, no entanto, uma redução no valor da produção industrial de Rs.35.414:900\$000 para Rs. 29.918:107\$500, como conseqüência da redução do surto industrial no município.

Para manter o nível de renda do setor exportador, o Governo provocou a redução artificial da oferta de café e expandiu o crédito aos produtores. A manutenção do nível de renda, aliada à queda das importações, fez com que a demanda interna incentivasse a indústria nacional a substituir os produtos importados. Em realidade, várias regiões do País já apresentavam um parque industrial modesto e outras, como Caxias, eram formadas por pequenas fábricas, em estágio industrial inicial, ou mesmo pré-industrial. A Tabela 2 demonstra a situação da estrutura produtiva de Caxias do Sul, à época do Recenseamento Industrial de 1932.

**Tabela 2 - Características da estrutura produtiva de Caxias do Sul, 1932**

<b>Indústrias</b>	<b>Nºde estabelecimentos</b>	<b>Nºde operários</b>
Têxtil	7	509
Couros, peles, outras matérias duras do reino animal	7	76
Da madeira	42	169
Metalúrgicas	54	366
Da edificação	1	1
Da cerâmica	21	37
Dos produtos químicos e análogos	6	22
Alimentação	68	243
Do mobiliário e acessórios	15	79
Materiais e objetos de transporte	14	35
Vestuário e tocador	34	79
Relativas às ciências, artes e letras	11	31
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>1647</b>

Fonte: Herédia (1993, p. 49)

A produção de alimentos e vestuário em Caxias do Sul apresentava essa conformação e beneficiou-se com os incentivos à obtenção de equipamentos, criando frigoríficos e expandindo o número de lanifícios e malharias.

Ficam claras a diversificação da pauta de produção e a importância das indústrias Têxtil, de Madeiras, Metalúrgica e Alimentação no que se refere ao número de operários. Quanto ao número de estabelecimentos, é pequena a expressão da indústria Têxtil, o que permite avaliar a grande dimensão dos estabelecimentos dessa atividade.

A partir de 1930, essas indústrias passaram a apresentar um nível organizacional de pequenas empresas, mas sólidas e razoavelmente estruturadas.

Para a indústria do vinho, até então sem muita organização, foi instituído o Instituto do Vinho, que passou a regular a produção vinícola.

Assim, as indústrias de alimentos e vestuário foram os ramos mais incentivados na região até, aproximadamente, 1950, quando, então, a metalurgia e a mecânica começaram a ultrapassá-las. Isso não quer dizer que não foram criadas novas empresas dentro daqueles ramos, após essa data, mas que a indústria metal-mecânica se expandiu mais, seja pelo acúmulo de capital, seja pelo volume de empregos gerados.

Com o desenvolvimento da indústria de bens de consumo duráveis no Brasil, a indústria moveleira caxiense expandiu-se significativamente, levando ao surgimento de empresas fabricantes de casas pré-fabricadas. Por sua vez, a instalação de montadoras de carros no País levou pequenas oficinas a transformarem-se em metalúrgicas. Ao iniciar a década de 50, a indústria caxiense mostrava-se com uma estrutura diversificada, onde se destacavam os ramos de Alimentação, Metalúrgica, Madeira e Têxtil, conforme a Tabela 3, a seguir.

Os quatro ramos representavam, juntos, 56,9% dos estabelecimentos, 62,7% da força motriz instalada, 74,3% dos funcionários empregados e 80,8% do valor da produção gerado pela indústria. O ramo da Alimentação destacava-se pelo valor de sua produção, enquanto o ramo da Metalúrgica destacava-se pelo emprego de força motriz e mão-de-obra. Já o ramo Têxtil se destacava pelo considerável tamanho de seus estabelecimentos, uma vez que estes, em número de 16, empregavam quase os mesmos níveis de força motriz e mão-de-obra que os ramos maiores como Alimentação e Metalúrgica, os quais apresentavam número muito maior de estabelecimentos.

O que se verificou, a partir da década de 50, foi a crescente integração do ramo metalúrgico ao parque industrial, tanto na produção de bens finais ofertados em todo o País, como na produção de bens intermediários que atendiam às indústrias localizadas nos mais diferentes pontos do Brasil. Sua expansão deu-se através da política de crédito às empresas e da organização do setor financeiro, que facilitou o crédito ao consumidor, até então pouco conhecido no Brasil.

**Tabela 3 - Composição da atividade industrial de Caxias do Sul, 1948**

<b>Ramos industriais</b>	<b>Estabelecimentos</b>	<b>Força motriz (em kwh)</b>	<b>Funcionários</b>	<b>Valor da produção (em Cr\$)</b>
Alimentação	88	1.857	1.425	130.744.193
Borracha e couro	35	752	491	13.963.043
Cerâmica e calcário	31	378	329	5.218853
Construção	11	46	186	7.126.852
Eletricidade	12	2.912	75	1.492.914
Madeira	61	588	550	22.648.472
Metalúrgica	70	3.017	1.556	42.258.359
Química	7	402	86	5.639.398
Têxtil	16	2.290	1.131	39.714.115
Vestuário	31	22	204	16.297.808
Diversas	51	84	252	6.138.416
<b>Total</b>	<b>413</b>	<b>12.348</b>	<b>6.275</b>	<b>291.242.423</b>

Fonte: Herédia (1993, p. 51)

Em Caxias, surgiram inúmeras tornearias que passaram a modelagem de peças para fundi-las em metal, o que propiciou a criação de inúmeras empresas fornecedoras de peças em série, ou por encomenda, para servirem de bens intermediários a outras indústrias. Este foi o embrião para a formação da indústria metal-mecânica de Caxias do Sul.

## **2.2 Aspectos da evolução recente da estrutura produtiva da indústria de Caxias do Sul**

Após 1930, realizaram-se transformações estruturais na indústria brasileira, a partir de investimentos públicos para a formação de capital social básico, entre os quais se ressalta a construção da Siderúrgica de Volta Redonda. Os investimentos tornaram a indústria mais integrada e aumentaram sua diversificação. Sua expansão já não dependia, somente, das fases favoráveis do mercado exterior nacional, pois seus níveis de integração proporcionavam a dinâmica necessária para um crescimento sustentado na sua própria estrutura. A partir da década de 50, este setor tornou-se o dinamizador da economia nacional.

Essa fase da industrialização brasileira deu à indústria de Caxias do Sul as condições para a consolidação de um pólo metal-mecânico de importância estadual e nacional. O aporte de capital dos anos 60 financiou investimentos que transformaram algumas empresas caxienses em grandes indústrias, permitindo a adoção de tecnologias avançadas, e proporcionaram o estabelecimento de uma estrutura produtiva diversificada e dinâmica.

A composição da estrutura produtiva recente da indústria de transformação de Caxias do Sul pode ser avaliada pela Tabela 4, a seguir, na qual os percentuais de participação dos gêneros foram calculados em relação ao valor adicionado fiscal da indústria (VAF)<sup>5</sup>, a partir dos censos fiscais da Secretaria Estadual da Fazenda.

As distribuições dos percentuais mostram uma sensível dicotomia na estrutura produtiva, na medida que, ao longo das décadas de 80 e 90, os três maiores gêneros apresentaram, juntos, a participação média de 52,04%, enquanto os dez menores gêneros tiveram, juntos, uma participação média de, apenas, 10,06%.

Nesse contexto, torna-se notável a queda persistente da participação do gênero Madeira que passou de 11,44%, em 1980, para 1,28%, em 2000. Além deste, o gênero Diversas também reduziu, sensivelmente, sua participação de 3,52% para 0,41%. Por outro lado, os gêneros Material de Transporte, Mecânica e Produtos de Matérias Plásticas foram os que mais aumentaram a participação no VAF da indústria de Caxias do Sul, sendo que o primeiro se manteve como o de maior percentual, ao longo do período.

---

<sup>5</sup>O valor adicionado fiscal é a diferença entre o valor das saídas (vendas) e o valor das entradas (compras), cujos dados constam das guias de arrecadação do ICMS das empresas.

**Tabela 4 - Estrutura produtiva da indústria de Caxias do Sul, 1980 a 2000**

Gêneros industriais	Participação percentual no VAF %				
	1980	1985	1990	1995	2000
Minerais Não Metálicos	4,64	5,42	6,42	5,91	7,51
Metalúrgica	14,44	11,79	10,44	16,48	15,79
Mecânica	10,66	17,29	17,09	13,02	16,12
Material Elétrico e de Comunicações	7,80	4,45	9,86	9,17	6,68
Material de Transporte	20,23	22,74	20,71	26,94	25,66
Madeira	11,44	6,43	2,64	1,36	1,28
Mobiliário	3,23	2,99	2,79	3,51	2,13
Papel e Papelão	0,76	1,59	2,94	1,45	1,42
Borracha	0,49	0,67	0,84	0,60	0,75
Couros, Peles e Similares	0,39	0,51	0,40	0,15	0,08
Química	0,81	0,94	0,89	1,17	1,03
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	0,26	0,22	0,48	0,26	0,23
Perfumarias, Sabões e Velas	0,04	0,04	0,01	0,02	0,02
Produtos de Matérias Plásticas	1,67	1,10	1,22	5,10	6,03
Têxtil	4,97	4,76	0,93	2,18	2,54
Vestuários, Art. De Tecidos e Calçados	4,37	5,16	9,66	5,59	5,65
Produtos Alimentares	6,02	5,41	6,02	3,98	4,14
Bebidas	3,96	4,39	2,51	2,25	1,84
Editorial e Gráfica	0,32	0,44	0,98	0,57	0,68
Diversas	3,52	3,66	3,15	0,28	0,41
Três maiores gêneros	46,11	51,82	48,24	56,44	57,58
Dez menores gêneros	11,47	12,16	10,91	8,04	7,74

Fonte: Dados do Anexo A

Constata-se que, no decorrer das décadas de 80 e 90, a indústria de Caxias do Sul apresentou uma tendência de concentrar-se, na medida que em 1980 os três maiores gêneros produtivos respondiam por 46,11% do valor adicionado da indústria e em 2000 passaram a concentrar 57,58%, enquanto os dez menores tiveram sua participação reduzida de 11,47% para 7,74%.

A partir dos anos 90, como a exemplo do contexto nacional, a indústria caxiense submeteu-se à maior competição dos produtos estrangeiros, em função da abertura comercial proporcionada pela política econômica. A exposição à competitividade externa levou os gêneros mais dinâmicos da indústria caxiense a adotarem planos de reestruturação produtiva, com a incorporação de novas tecnologias, implantação de técnicas gerenciais e maior exigência de qualidade dos insumos produtivos.

A performance da indústria caxiense, a partir da segunda metade da década de 90, a partir dos efeitos das medidas de adequação aos novos padrões de competitividade, pode ser avaliada, pela Tabela 5, através das taxas de variação do número de estabelecimentos (NEs), número de empregados (NEm), VAF e produtividade da mão-de-obra ( $PMO=VAF/NE$ ), dos gêneros produtivos.

**Tabela 5 - Comportamento dos gêneros produtivos da indústria de Caxias do Sul, 1995 a 2000**

Gêneros industriais	Variação % anual média			
	Nes	NEm	VAF	PMO
Minerais Não Metálicos	-9,71	0,27	9,73	9,43
Metalúrgica	2,99	-1,03	3,68	4,76
Mecânica	-3,90	2,79	9,13	6,17
Material Elétrico e de Comunicações	-6,28	-10,73	-1,85	9,95
Material de Transporte	-11,92	-3,35	3,56	7,15
Madeira	-7,68	-2,76	3,31	6,24
Mobiliário	-8,68	-9,60	-5,36	4,68
Papel e Papelão	-13,93	1,52	4,11	2,55
Borracha	9,86	1,59	9,50	7,79
Couros, Peles e Similares	-3,38	-0,45	-7,84	-7,42
Química	12,47	2,97	1,92	-1,01
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	8,45	-0,41	1,92	2,34
Perfumarias, Sabões e Velas	-7,79	0,00	1,92	1,92
Produtos de Matérias Plásticas	6,10	5,81	8,13	2,19
Têxtil	15,71	8,80	7,79	-0,93
Vestuários, Artefatos de Tecidos e Calçados	-15,21	-15,59	4,78	24,13
Produtos Alimentares	1,96	-7,49	5,37	13,90
Bebidas	-4,03	-10,09	0,51	11,79
Editorial e Gráfica	5,51	20,51	8,48	-9,98
Diversas	15,66	34,22	12,26	-16,36
Indústria de transformação	-3,26	-2,20	4,57	6,92
Três maiores gêneros	-1,26	-1,25	4,98	6,03
Dez menores gêneros	1,81	2,57	3,75	4,18

Fonte: Dados do Anexo A

No período de 1995 a 2000, a indústria de Caxias do Sul experimentou decréscimos no número de estabelecimentos e número de empregados e acréscimos de valor adicionado e produtividade da mão-de-obra.

Nesse contexto, é importante destacar a heterogeneidade de comportamento entre os gêneros da indústria. Ao mesmo tempo em que os gêneros Borracha, Química, Produtos de Matérias Plásticas, Têxtil, Editorial e Gráfica e Diversas obtiveram acréscimos médios significativos no número de estabelecimentos, número de empregados e valor adicionado, outros como Material Elétrica e de Comunicações, Mobiliário e Couros, Peles e Similares experimentaram quedas significativas nessas variáveis.

Quanto à variação de produtividade, apenas os gêneros Couros, Peles e Similares, Química, Têxtil, Editorial e Gráfica e Diversas tiveram taxas negativas, sendo que, somente, no primeiro caso ocorreu a queda simultânea no valor adicionado e número de empregados. Os decréscimos de estabelecimentos e mão-de-obra, certamente, estão associados aos movimentos de adequação que as empresas efetivaram na busca de ganhos de competitividade. Nesse sentido, as medidas comumente tomadas resultam em fechamento de unidades produtivas menos eficientes e redução dos quadros de trabalhadores.

No entanto, os ajustes na ocupação de mão-de-obra não significaram, apenas, o aumento do desemprego da economia regional, pois as maiores empresas substituíram boa parte da mão-de-obra dispensada, pela contratação de serviços terceirizados. Isso justifica, em parte, as taxas positivas de número de estabelecimentos e número de empregados entre os dez menores gêneros, uma vez que, sendo significativa a integração da indústria caxiense, os gêneros menores têm substancial parcela de sua produção destinada ao suprimento de insumos dos gêneros mais dinâmicos.

O crescimento do valor adicionado da indústria nos maiores gêneros deve-se ao êxito que algumas empresas tiveram no esforço de aumentar suas exportações, na medida que, em 1995, o valor exportado foi de US\$ 268,57 milhões e, para 2000, foi estimado em US\$ 450 milhões pela Câmara de Indústria, Comércio e Serviços de Caxias do Sul, representando um aumento de 67,75% no período 1995 a 2000, com uma taxa média de 10,90% ao ano.

Quanto ao crescimento da produtividade da mão-de-obra, duas posições alternativas são seguidas para explicar o fenômeno, conforme explica Cacciamali e

Bezzerra (1997). Por um lado, estudos argumentam ser os ganhos de produtividade da indústria brasileira, na década de 90, originários das mudanças estruturais no setor e refletem o processo de modernização pelo qual passou, em função da abertura comercial. Por outro lado, outros estudos argumentam que o volume e o crescimento dos investimentos nos anos 90 não foram suficientes para realizar mudanças estruturais generalizadas na indústria, de forma a provocar o aumento de produtividade da indústria, sendo este um movimento conjuntural, decorrente do ajuste recessivo praticado pelas empresas, entre 1990 e 1992.

No caso de Caxias do Sul, pode-se inferir que as variações positivas de produtividade se deveram às inovações tecnológicas e melhoramentos nos métodos de administração buscados para a adequação ao novo padrão de competitividade a que foram expostas as empresas da indústria local, estando esses avanços associados à elevação dos níveis de desemprego na indústria. Além disso, constata-se que foi possível o convívio das performances dos gêneros maiores e menores, sem que o crescimento dos primeiros provocasse a estagnação dos segundos, como já havia sido observado por Breitbach (1997).

### **2.3 Importância e características estruturais do setor Metal-Mecânico da indústria de Caxias do Sul**

O setor Metal-Mecânico, conforme já mencionado, é formado pelos gêneros Metalúrgica, Mecânica, Material Elétrico e de Comunicações e Material de Transporte. A seguir descreve-se, sinteticamente, a pauta de produção desses gêneros, conforme Breitbach (1997).

O gênero Metalúrgica produz bens de consumo final, como cutelaria e utensílios para residências, e bens de consumo intermediário, como estruturas metálicas para construções, peças diversas para veículos e móveis, parafusos, arames e ferramentas gerais. O gênero Mecânica produz bens intermediários, como máquinas, motores e equipamentos para uso em outros gêneros produtivos (plástico, mobiliário, calçados, etc.). O gênero Material Elétrico e de Comunicações produz tanto bens intermediários e bens de consumo final, como motores elétricos, transformadores, termostatos, equipamentos para centrais telefônicas, material de iluminação, aparelhos para comunicação e equipamentos para informática. Por sua vez, o gênero Material de Transporte produz bens intermediários, como

equipamentos para transporte rodoviário de passageiros e carga, tratores e caminhões.

A Tabela 6 expõe a relevância do setor Metal-Mecânica da indústria de Caxias do Sul, uma vez que sua participação na geração do valor adicionado industrial manteve-se, em média, superior a 61%, desde de 1980. Ou seja, o setor Metal-Mecânico tem respondido por mais de 60% do valor adicionado gerado pela indústria caxiense.

**Tabela 6 - Indicadores da importância do Setor Metal-Mecânico da indústria de transformação de Caxias do Sul, 1980 a 2000**

Indicadores do Setor Metal-Mecânico	1980	1985	1990	1995	2000	Média
Participação sobre o VAF da indústria	53,12	56,27	58,11	65,62	72,04	61,03
Participação sobre o NEs da indústria	34,97	33,57	32,33	41,60	44,42	37,37
Participação sobre o NEm da indústria	50,36	52,54	55,21	61,11	63,12	56,46
Relação PMOsetor / PMOindústria	1,06	1,07	1,05	1,07	1,14	1,07
Índice de evolução de Nes	100,00	102,81	182,16	142,89	129,26	131,42
Índice de evolução de Nem	100,00	101,61	120,53	132,51	116,87	114,30
Índice de evolução de VAF	100,00	105,45	91,99	66,90	95,09	91,88

Fonte: Dados do Anexo A

No mesmo período, o Setor foi responsável, em média, por 37,38% do número de estabelecimentos e 56,47% do número de empregados. Isto é, com pouco mais de 1/3 dos estabelecimentos, gerou, no período de 1980 a 2000, mais da metade dos postos de trabalho da indústria.

Quanto à performance, sua produtividade da mão-de-obra manteve-se, em média, 8% acima da produtividade indústria em geral, e os crescimentos do número de estabelecimentos, número de empregados e valor adicionado deram-se com taxas médias anuais de 27,52%, 26,88% e 25,58%, respectivamente, bem mais elevadas que média da indústria de transformação. No entanto, no período 1995-2000, a exemplo da indústria caxiense em geral, as variações do número de estabelecimentos e do número de empregados também foram negativas, na ordem de -1,98% e -2,48%, respectivamente, enquanto o valor adicionado avançou na razão 7,28% ao ano.

Esses indicadores permitem concluir que o setor Metal-Mecânico tem gerado novos empregos, e com ganhos de produtividade, embora com o decréscimo do produto. Além disso, é possível afirmar que têm crescido, constantemente, os investimentos no Setor, pois é significativa a taxa da expansão anual do número de estabelecimentos.

Internamente, o Setor Metal-Mecânico encontrava-se bastante concentrado, conforme indica os índices de concentração<sup>6</sup>. Em 1995, 1/3 da mão-de-obra era empregada pelas quatro maiores empresas, as quais produziam quase 40% do valor adicionado, conforme Tabela 7.

**Tabela 7 – Índices de concentração do número de empregados e valor adicionado para o Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, 1995 e 2000**

Setor e gêneros produtivos	CR4 (%)				CR12 (%)			
	Nem		VAF		Nem		VAF	
	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000
Setor Metal-Mecânico	33,32	28,95	31,53	39,75	51,00	47,36	51,62	57,15
Metalúrgica	39,75	31,63	47,84	43,52	53,00	42,61	61,24	56,74
Mecânica	28,31	35,77	29,36	40,42	57,65	58,67	59,46	66,55
Mat. Elétrico/Comunicações	68,02	52,84	74,96	48,61	80,94	73,44	86,88	76,86
Material de Transporte	69,44	64,00	61,54	73,25	85,21	88,21	86,75	91,32

Fonte: Dados do Anexo A

No caso dos gêneros Material Elétrico/Comunicações e Material de Transportes, a concentração das quatro maiores empresas atingiu a quase 70% da mão-de-obra e pouco mais de 60% do valor adicionado.

Em relação as 12 maiores empresas, também era notável a concentração de 1995, respondendo estas por mais da metade do número de empregados e valor adicionado e, no caso dos gêneros mais concentrados, ultrapassando os 80%.

De 1995 para 2000, a concentração teve uma pequena redução, em relação ao número de empregados, dadas as quedas do CR4 do Setor e dos gêneros Metalúrgica, Material Elétrico/Comunicações e Material de Transporte. No entanto,

<sup>6</sup> Empregou-se os índices de concentração CR4 e CR12 que medem a proporção de número de empregados e valor adicionado que as 4 e 12 maiores empresas detêm em relação ao total do Setor e dos gêneros produtivos.

elevou-se em relação ao valor adicionado, principalmente nos gêneros Mecânica e Material de Transporte. O mesmo movimento ocorreu em relação ao índice de concentração das doze maiores empresas.

No que se refere à distribuição das empresas segundo o tamanho<sup>7</sup>, o setor Metal-Mecânico tem a geração de sua produção concentrada em um número reduzido de grandes empresas, o que denota uma forma oligopolista de estrutura de mercado. Pela Tabela 8, é possível avaliar os graus de concentração da organização do setor Metal-Mecânico, nos contextos de 1995 e 2000.

**Tabela 8 - Composição da estrutura produtiva do Setor Metal-Mecânico, 1995 e 2000**

Setor e gêneros produtivos	Percentual, segundo o tamanho das empresas (%)								
	Pequenas			Médias			Grandes		
	NEs	Nem	VAF	NEs	NEm	VAF	NEs	NEm	VAF
	1995								
Setor Metal-Mecânico	92,55	28,31	31,37	6,07	26,36	26,00	1,39	45,33	42,64
Metalúrgica	95,61	48,62	47,04	3,95	24,71	17,02	0,44	26,67	35,94
Mecânica	92,94	42,48	50,90	7,06	57,52	49,10	0,00	0,00	0,00
Mat. Elétrico/Comunicações	94,51	28,65	21,71	2,20	9,44	9,05	3,30	61,91	69,24
Material de Transporte	81,82	10,50	15,73	13,64	20,02	25,97	4,55	69,49	58,30
	2000								
Setor Metal-Mecânico	94,12	33,38	26,90	4,77	24,91	20,96	1,11	41,72	52,14
Metalúrgica	98,22	65,15	53,58	1,48	11,46	12,34	0,30	23,39	34,07
Mecânica	90,96	36,11	34,73	8,43	45,33	47,99	0,60	18,57	17,28
Mat. Elétrico/Comunicações	96,00	45,92	46,19	2,67	25,35	17,82	1,33	28,72	35,99
Material de Transporte	74,51	8,69	8,38	17,65	21,01	12,85	7,84	70,30	78,77

Fonte: Dados do Anexo A

<sup>7</sup> Para fins de classificação, considerou-se como pequenas as empresas com até 100 empregados, médias aquelas que têm entre 100 e 500 empregados e grandes as que têm mais de 500 empregados.

Observa-se que, em 1995, quase a metade do valor adicionado e de emprego do Setor foi produzida pelas grandes empresas, as quais detinham, somente, 1% do número de estabelecimentos. Isto é, 1% dos estabelecimentos do Setor era responsável por mais de 40% da mão-de-obra empregada e do valor adicionado produzido. Ao mesmo tempo, mais de 94% dos estabelecimentos do Setor eram de pequeno porte, empregavam somente 1/3 da mão-de-obra e produziam pouco mais de 1/4 do valor adicionado.

Nesse contexto, o gênero Material Elétrico e de Comunicações apresentava a maior concentração, pois suas maiores empresas, que totalizavam 3,3% dos estabelecimentos, respondiam por quase 70% do valor adicionado e mais de 60% do emprego. Já no gênero Mecânica a concentração era menor, pois não havia grandes empresas e os estabelecimentos de tamanhos pequeno e médio dividiam a geração de valor adicionado e emprego.

Em 2000, as grandes empresas aumentaram a participação na geração do valor adicionado, passando para mais de 50% do total e, praticamente, mantiveram as participações no número de estabelecimentos e de empregados. Uma das razões para esse aumento foi o surgimento de uma empresa de grande porte no gênero Mecânica, que passou a gerar 18,57% do número de empregados e 17,28% do valor adicionado. Outro motivo para o aumento é o fato de que o aumento das exportações no período (67,75%) está ligado às grandes empresas, as quais possuem estrutura mais adequada para a atuação nos mercados externos.

É importante registrar o surgimento de um novo ramo industrial, ligado ao setor Metal-Mecânico e denominado de Mecatrônica, cujos produtos são aplicados na automação de sistemas produtivos, como máquinas-ferramentas a controle numérico, computadores e robôs industriais. Tal ramo tem recebido apoio institucional, através do projeto do Centro Tecnológico de Mecatrônica, desenvolvido pelo Conselho Regional de Desenvolvimento da Serra, Universidade de Caxias do Sul, Câmara de Indústria, Comércio e Serviços de Caxias e SENAI-RS e busca a fusão das tecnologias mecânica e eletrônica (Breitbach, 1997).

Finalmente, conclui-se que o setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul tem, na diversificação de sua estrutura produtiva e integração entre os gêneros, os elementos indutores das inovações que proporcionam liderança sobre a indústria local e uma boa performance no contexto econômico.

### 3 MÉTODOS DE ANÁLISE E FONTES DE DADOS

No presente capítulo apresentam-se a descrição dos procedimentos analíticos, desenvolvidos para o exame da eficiência técnica do Setor Metal-Mecânico da indústria de Caxias do Sul, a definição das variáveis analisadas e a identificação das fontes dos dados utilizados.

#### 3.1 Métodos de análise e variáveis analisadas

Os procedimentos desenvolvidos para a análise da eficiência técnica do Setor Metal-Mecânico foram (i) a estimação da função de produção do Setor e dos gêneros produtivos; (ii) a estimação da função de produção de fronteira do Setor e dos gêneros produtivos e a mensuração dos índices de eficiência técnica das empresas; (iii) a associação dos níveis de eficiência técnica com os fatores determinantes.

##### 3.1.1. Estimação econométrica da função de produção de fronteira

Como modelo de função de produção, adotou-se a forma funcional Cobb-Douglas<sup>8</sup> expressa como:

$$Y = \beta_0 \cdot T^{\beta_1} \cdot K^{\beta_2}$$

onde:

$Y$  = quantidade de produto

$T$  = quantidade empregada de trabalho

$K$  = quantidade empregada de capital

$\beta_1$  e  $\beta_2$  = parâmetros que indicam as elasticidades de produção do trabalho e capital, respectivamente

$\beta_0$  = constante que indica o nível tecnológico da indústria

---

<sup>8</sup> A descrição das características da função Cobb-Douglas baseou-se em Barbosa (1985), Intriligator (1990) e Klein (1978).

A função Cobb-Douglas tem a forma côncava, pois uma de suas propriedades é a condição  $\beta_1 + \beta_2 = 1$ , sendo  $\beta_1$  e  $\beta_2$  positivos, o que define rendimentos constantes de escala. Ou seja, se  $T$  e  $K$  experimentam, ao mesmo tempo, uma variação de proporção  $\lambda$  então:

$$\beta_0 (\lambda T)^{\beta_1} (\lambda K)^{\beta_2} = \beta_0 \lambda^{\beta_1 + \beta_2} T^{\beta_1} K^{\beta_2} = \lambda^{\beta_1 + \beta_2} Y$$

indicando que a produção variará na mesma proporção  $\lambda$ .

Em relação ao trabalho e ao capital, a função é diferenciável, na forma das expressões:

$$\frac{\partial Y}{\partial T} = \beta_1 \frac{Y}{T} \quad \text{e} \quad \frac{\partial Y}{\partial K} = \beta_2 \frac{Y}{K}$$

as quais definem as produtividades do trabalho e do capital, respectivamente.

Então, como as produtividades médias do trabalho e capital e suas elasticidades de produção são positivas, as produtividades marginais também o são, caracterizando uma função monotônica. Isto é, se  $T^{**} > T^*$  e  $K^{**} > K^*$ , então  $f(T^{**}, K^{**}) > f(T^*, K^*)$ .

Além disso, se  $T' = 0$  e  $K' = 0$ , então  $f(T', K') = 0$ , ou seja, se as quantidades de trabalho e capital forem nulas a quantidade produção também será nula.

Para a estimação dos modelos de função de produção, adotaram-se variáveis existentes nas guias de arrecadação de ICMS, modelo B, preenchidas anualmente pelas empresas contribuintes deste imposto.

Como medida do valor da quantidade produzida pela empresa, utilizou-se a proxy *valor adicionado*, a qual é calculada, anualmente, para fins de apuração do ICMS, através da diferença entre o *valor das saídas* e *valor das entradas* dos estabelecimentos. Nesse sentido, o valor da produção do estabelecimento é medido pelo valor que é acrescentado aos insumos durante o processo produtivo. É importante notar que essa variável constitui-se uma boa medida para o valor da produção, no caso dos setores onde as atividades sejam passíveis de tributação pelo ICMS, com indústria, comércio e agricultura. No caso dos serviços, a medida pelo valor adicionado sub-avalia o valor da produção setorial, tendo em vista que sobre este incide o ISSQN.

A medida do insumo trabalho foi realizada pela proxy *número de empregados*, declarado, anualmente, pelos estabelecimentos industriais.

O insumo capital foi medido pela variável proxy *consumo de energia elétrica*, através da quantidade de *kwh* consumida anualmente, declarada pelos estabelecimentos industriais. Justifica-se esse procedimento uma vez que o consumo de energia elétrica reflete a capacidade instalada da empresa, em termos de força motriz, o que permite pressupor que esta esteja positivamente correlacionada com a dimensão da capacidade de produção instalada.

Por sua vez, utilizou-se o *valor das entradas* anuais dos estabelecimentos como proxy dos insumos intermediários, no qual estão incluídos os valores de matérias-primas, insumos diversos e outras fontes de energia empregadas, excetuando o consumo da energia elétrica.

Assim, nesse estudo, a função Cobb-Douglas assumiu a seguinte especificação econométrica:

$$VA_i = \beta_0 NE_i^{\beta_1} KWH_i^{\beta_2} VE_i^{\beta_3} e^{U_i}$$

cuja linearização foi definida por:

$$\ln VA_i = \beta_0 + \beta_1 \ln NE_i + \beta_2 \ln KWH_i + \beta_3 \ln VE_i + U_i$$

onde:

$VA_i$  = valor adicionado da empresa  $i$

$NE_i$  = número de empregados da empresa  $i$

$KWH_i$  = quantidade de *kwh* consumida pela empresa  $i$

$VE_i$  = valor das entradas (insumos intermediários) da empresa  $i$

$U_i$  = termo aleatório do modelo

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  e  $\beta_3$  = parâmetros a serem estimados pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO).

Diferentemente da função de produção que define as quantidades médias obtidas das diversas combinações de insumos, a função de produção de fronteira deverá designar as quantidades máximas de produto, a serem obtidas das mesmas combinações de insumos. A função fronteira, então, constitui-se uma particularidade da função de produção média, na medida que lhe representa uma situação de ótimo.

Enquanto a estimação da função de produção média parte da minimização do somatório dos quadrados dos erros, sem a imposição de restrições, a função de produção de fronteira é estimada com a restrição de que nenhuma quantidade produzida supere as quantidades situadas na fronteira, ou seja,  $e_i \leq 0$ .

Considerando-se a função de produção especificada nesse estudo:

$$\ln VA_i = \beta_0 + \beta_1 \ln NE_i + \beta_2 \ln KWH_i + \beta_3 \ln VE_i + U_i$$

então,

$$\varepsilon_i = \ln VA_i - (b_0 + b_1 \ln NE_i + b_2 \ln KWH_i + b_3 \ln VE_i)$$

sendo

$b_0, b_1, b_2$  e  $b_3$  os estimadores dos respectivos parâmetros.

A partir daí, a estimação da função fronteira será obtida por:

$$\text{Min. } \sum \varepsilon^2 = \sum [\ln VA_i - b_0 - b_1 \ln NE_i - b_2 \ln KWH_i - b_3 \ln VE_i]^2$$

s.a.  $\ln VA_i \leq (b_0 + b_1 \ln NE_i + b_2 \ln KWH_i + b_3 \ln VE_i)$ , isso é,  $\varepsilon \leq 0$

e  $b_0, b_1, b_2$  e  $b_3 \geq 0$

Pela forma assumida acima,  $E(U) \neq 0$ , o que mantém não-tendenciosas as estimativas das elasticidades de produção, mas torna tendenciosa a estimativa do intercepto da função (Richmond, 1974).

Para solucionar esse problema, além da solução de Richmond já relatada no cap. 2, Green (1998) propôs o emprego do método dos mínimos quadrados ordinários corrigidos (MQOC), pelo qual passa-se a estimar a função:

$$\ln VA_i = (\beta_0 + \max \varepsilon_i) + \beta_1 \ln NE_i + \beta_2 \ln KWH_i + \beta_3 \ln VE_i + (\varepsilon_i - \max \varepsilon_i)$$

obtendo-se as estimativas:

$$b_{0 \text{ MQOC}} = b_{0 \text{ MQO}} + \max \varepsilon_i$$

$$b_{1 \text{ MQOC}} = b_{1 \text{ MQO}} ; b_{2 \text{ MQOC}} = b_{2 \text{ MQO}} ; b_{3 \text{ MQOC}} = b_{3 \text{ MQO}}$$

$$\hat{U}_i = \varepsilon_i - \max \varepsilon_i$$

onde  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

A partir da estimação da função de produção de fronteira, é possível estimar-se a medida de eficiência técnica de cada empresa pela expressão:

$$ET_i = e^{-UMQOC} = Y_{obs} / Y_{MQOC}$$

### 3.1.2. Avaliação dos fatores determinantes da eficiência técnica

Procurou-se analisar, nessa etapa, a capacidade que determinadas medidas, ou práticas, de qualificação do processo produtivo têm em proporcionar maior eficiência técnica às empresas do Setor.

Os índices  $ET_i$  de eficiência técnica estimados pela função fronteira permitem que se atribua a uma empresa  $i$  a condição de eficiente se o  $ET$  se aproximar de 1 e ineficiente em caso contrário. Isto é, a empresa é eficiente se se localizar sobre a fronteira e não eficiente se se localizar abaixo desta.

Considera-se que  $I_i$  seja a propensão de a empresa  $i$  tornar-se eficiente, tendo sua variação definida por  $0 \leq I_i \leq 1$ , e  $I^*$  um limite de  $I_i$  que determina, junto à empresa  $i$ , um esforço de aumentar sua eficiência técnica<sup>9</sup>. Então:

$$ET = 1 \Rightarrow I > I^* \quad e$$

$$ET = 0 \Rightarrow I \leq I^*$$

o que permite considerar:

$$ET_i = f(I_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Por sua vez, a propensão da empresa se tornar eficiente é condicionada pelo conjunto de  $k$  medidas  $W$ , adotadas para qualificar seu processo produtivo. Isto é:

$$p_i = f(W_1, W_2, W_3, \dots, W_k),$$

Então, como  $I_i$  não é observável, é possível designar para a eficiência técnica a função:

$$Z = g(W' \alpha)$$

onde:

$Z$  = vetor  $n \times 1$  do movimento da eficiência técnica das empresas, assumindo valor 1 se  $i$  se tornou eficiente de 1995 a 2000 e 0 em caso contrário;

$W$  = vetor  $k \times 1$  das variáveis que influenciam a eficiência técnica;

$\alpha$  = vetor  $k \times 1$  dos parâmetros a serem estimados

O modelo acima descrito caracteriza-se por ter a variável dependente ( $Z$ ) natureza dicotômica, ou seja, uma regressão com variável dependente dummy<sup>10</sup>.

Atribuindo-se para  $g$  uma função de distribuição normal cumulativa, adotou-se o modelo Probit (ou normit) para explicar a eficiência técnica das empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul.

Conforme Gujarati (2000), pela hipótese de normalidade, a probabilidade de  $ET = 1$ , ou seja, a probabilidade de  $I^*$  ser menor ou igual a  $I$ , é dada pela função normal de densidade cumulativa  $F$ :

<sup>9</sup> Essa abordagem está baseada em Gujarati (2000) e Lima (1996).

<sup>10</sup> Gujarati (2000) descreve os modelos de Probabilidade Linear, Probit, Logit e Tobit para tratar a regressão com variável dependente dummy.

$$Pr(Z = 1) = Pr(I^* \leq I) = F(W' \alpha) = \int_{-\infty}^{W' \alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

onde:

$F$  = a função normal de densidade cumulativa

$e$  = base do logaritmo natural

$\pi$  = constante 3,14

$t$  = variável normal padronizada, isso é,  $t \sim N(0, 1)$

A probabilidade de  $Z = 0$  tende a zero, quando  $I_i$  tender para  $-\infty$ , e, por outro lado, tende a 1, quando  $I_i$  tender para  $+\infty$  (Lima, 1996). Essa característica do modelo Probit garante que as estimativas de  $\alpha$  produzam probabilidades de ET dentro do intervalo 0 a 1.

Como explicam Hill et alli (1999), no modelo Probit, a função de probabilidade de  $Z$  é não linear em relação a  $\alpha$  e a estimação destes parâmetros consiste na obtenção de  $\hat{\alpha}$  ( $k \times 1$ ) que maximize a probabilidade de se obter as observações da amostra, ou seja, verossimilhança de observá-la.

Baseando-se na hipótese de que a abertura comercial vivida pela economia brasileira nos anos 90 levou à reestruturação produtiva da indústria e considerando-se as mudanças organizacionais adotadas pelas empresas, segundo classificação de Salerno (**vide** Introdução), selecionaram-se as variáveis relacionadas abaixo, como medidas de qualificação do processo produtivo, capazes de elevar a eficiência técnica das empresas do Setor Metal Mecânico de Caxias do Sul.

- variáveis relacionadas com qualificação do fator trabalho: existência de treinamento de mão de obra; busca de assessorias para o aperfeiçoamento da organização do trabalho;
- variáveis relacionadas com a qualificação das técnicas produtivas e das fontes de insumos: existência de pesquisa interna, busca de assessorias para o aperfeiçoamento da organização da produção e da organização geral da empresa, formação de parcerias para qualificação do processo produtivo, exigência de certificação de qualidade para fornecedores, utilização de matérias-primas importadas.

Além das práticas classificadas por Salerno, considerou-se, também (a) a exposição da empresa ao mercado externo, pois esta força a assunção de uma mentalidade mais competitiva, por parte das administrações, (b) a experiência acumulada de mercado, pois esta pode proporcionar decisões mais adequadas, (c) o poder de mercado da empresa em adotar tecnologias mais modernas. Para isso, são elencadas as seguintes variáveis:

- variável relacionada com a exposição ao ambiente competitivo: participação das exportações sobre as vendas;
- variável relacionada com a experiência de mercado: idade da empresa;
- variável relacionada com o poder de competitividade: tamanho da empresa.

Os conjuntos de variáveis considerados acima são entendidos como fatores condicionantes da eficiência das empresas e a equação de regressão do modelo Probit, a ser estimada para avaliar o efeito desses sobre a probabilidade da empresa se tornar eficiente foi definida por:

$$Z_i = \alpha_0 + \alpha_1 W_{01i} + \alpha_2 W_{02i} + \alpha_3 W_{03i} + \alpha_4 W_{04i} + \alpha_5 W_{05i} + \alpha_6 W_{06i} + \alpha_7 W_{07i} + \alpha_8 W_{08i} + \alpha_9 W_{09i} + \alpha_{10} W_{10i} + \alpha_{11} W_{11i} + \alpha_{12} W_{12i} + \varepsilon_i$$

onde:

$Z_i$  = condição de eficiência técnica da empresa, com valor 1 se aumentou a eficiência no período 1995-2000 e valor 0 se for não-eficiente

$W_{01i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa busca assessoria externa e valor 0 em caso contrário

$W_{02i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa faz, regularmente pesquisa interna para aperfeiçoar o processo produtivo e valor 0 em caso contrário

$W_{03i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa faz eventualmente pesquisa interna para aperfeiçoar o processo produtivo e valor 0 em caso contrário

$W_{04i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa promove regularmente treinamento da mão-de-obra e valor 0 em caso contrário

$W_{05i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa promove eventualmente treinamento da mão-de-obra e valor 0 em caso contrário

$W_{06i}$  = variável dicotômica com variável 1 se a empresa tem feito parcerias para desenvolver o processo produtivo e valor 0 em caso contrário

$W_{07i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa exige certificação de qualidade para os fornecedores de insumos e valor 0 em caso contrário

$W_{08i}$  = variável dicotômica com variável 1 se a empresa utiliza matéria-prima importada e valor 0 em caso contrário

$W_{09i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa é grande (mais de 500 empregados) e valor 0 em caso contrário

$W_{10i}$  = variável dicotômica com valor 1 se a empresa é média (entre 100 e 500 empregados) e valor 0 em caso contrário

$W_{11i}$  = proporção das exportações sobre as vendas da empresa

$W_{12i}$  = número de anos da empresa, desde a fundação

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{12}$  = parâmetros a serem estimados

$\varepsilon_i$  = termo aleatório

A estimação do modelo foi realizada pelo método da máxima verossimilhança (MV), através do software econométrico Eviews<sup>11</sup>.

A seguir, são descritas as fontes dos dados utilizados nas análises das variáveis empregadas para a estimação das funções de produção e determinação das fontes de eficiência técnica.

### 3.2 Fontes dos dados analisados

Para operacionalizar as variáveis dos modelos de função de produção e função de produção de fronteira, foram utilizados os dados existentes nas guias de arrecadação de ICMS, modelo B, preenchidas anualmente pelas empresas contribuintes deste imposto e mantidas na Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, na forma de um banco de dados. Desse banco, obtiveram-se os dados dos estabelecimentos da indústria de transformação de Caxias do Sul, através de tabulações especiais para evitar a identificação das empresas e manter-se o sigilo fiscal obrigatório.

Os estabelecimentos foram classificados de acordo com o gênero industrial, correspondente à classificação do FIBGE, em nível de agregação de três dígitos.

Após a classificação dos estabelecimentos, formou-se, para os anos de 1995 e 2000, listagens com os dados referentes aos mesmos, as quais formaram conjuntos denominados Base da Indústria de 1995 e de 2000. Dessas bases, eliminaram-se os estabelecimentos que continham insuficiências no preenchimento

<sup>11</sup> Seguiram-se os procedimentos indicados por Eviews 3 - User's Guide (1997)

das guias de ICMS e os que possuíam menos de dois empregados, formando dois novos conjuntos que foram denominados Bases Ajustadas. Finalmente, selecionaram-se, das Bases Ajustadas, as empresas dos gêneros que compõem o Setor Metal-Mecânico, estabelecendo-se as Bases do Setor de 1995 e 2000, com os estabelecimentos cujos dados foram empregados para estimar as funções de produção de fronteira. A Tabela 9 apresenta as dimensões das bases de dados de 1995 e 2000, em relação ao número de estabelecimentos.

**Tabela 9 - Número de estabelecimentos das bases de dados, 1995 e 2000**

Especificações	Número de estabelecimentos	
	1995	2000
Base da Indústria	4124	4690
Base ajustada	1380	1425
Base do Setor	505	654
Base Metalúrgica	214	337
Base Mecânica	132	166
Base Material Elétrico/Comunicações	82	82
Base Material de Transporte	77	69

Fonte dos dados brutos: Banco de dados de guia de ICMS da Prefeitura de Caxias do Sul

Deve-se salientar que a variação do número de estabelecimentos, de 1995 para 2000, se deve, não somente, ao surgimento ou extinção de empresas no mercado, mas também às insuficiências de preenchimento de guias.

O Anexo B expõe as estatísticas descritivas das variáveis empregadas nas estimações das funções de produção de fronteira para os anos de 1995 e 2000.

Para a quantificação das variáveis relacionadas com as medidas de qualificação adotadas, levantaram-se dados junto a uma amostra de empresas dos gêneros do Setor Metal-Mecânico, através da aplicação do questionário exposto no Anexo C. Na construção da amostra de investigação, as empresas existentes na Base do Setor Metal-Mecânico de 2000 foram estratificadas pelos gêneros produtivos e pelo tamanho. Em relação ao tamanho, foram classificadas em pequenas (até 100 empregados), médias (de 100 a 500 empregados) e grandes (acima de 500 empregados). A composição da amostra está caracterizada pela

Tabela 10. As frações de amostra foram determinadas em relação às bases de cada gênero e em relação à Base do Setor.

A amostra de investigação foi composta por 114 empresas, representando 18% das empresas componentes da Base do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul no ano de 2000. Para as empresas grandes, a cobertura da amostra foi de 100% nos quatro gêneros, o mesmo ocorrendo para as empresas médias do gênero Material Elétrico e de Comunicações.

**Tabela 10 - Composição da amostra de investigação, 2000**

Gêneros	Pequenas		Médias		Grandes		Total	
	n	fração de amostra	n	fração de amostra	n	fração de amostra	N	fração de amostra
Metalúrgica	33	0,12	4	0,80	1	1,00	38	0,11
Mecânica	27	0,19	7	0,50	1	1,00	35	0,21
Mat.Elétrico/Comunicações	13	0,50	2	1,00	1	1,00	17	0,55
Material de Transporte	15	0,39	4	0,50	5	1,00	24	0,47
Total	88	0,17	17	0,44	8	1,00	113	0,18

Fonte dos dados brutos: Banco de dados de guias do ICMS da Prefeitura de Caxias do Sul

A designação das empresas para a aplicação dos questionários foi realizada aleatoriamente, pelo sorteio do código das mesmas. A aplicação dos questionários foi feita por entrevistas, efetuadas por alunos-bolsistas, com os gerentes das empresas sorteadas, durante os meses de março e abril de 2002.

A seguir, são apresentadas e analisadas as distribuições de frequência construídas, a partir dos dados levantados junto às empresas.

## **4 MEDIDAS DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA ADOTADAS PELO SETOR METAL-MECÂNICO DE CAXIAS DO SUL: ANÁLISE DAS EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS**

O presente capítulo procura fazer uma avaliação de medidas de eficiência produtiva, adotadas pelas empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, em função das exigências de competitividade experimentadas pela indústria após a abertura da economia brasileira.

As medidas consideradas são aquelas relatadas no capítulo anterior, cuja fundamentação encontra-se em Salerno (apud Nogueira e Rosa, 1999) e que foram adaptadas a este estudo com a seguinte classificação:

- medidas relacionadas com qualificação do fator trabalho;
- medidas relacionadas com a qualificação das técnicas produtivas e das fontes de insumos.

Além dessas medidas, foi investigada, também, a situação das empresas quanto à exposição ao ambiente mais competitivo do mercado externo, a qual se constitui em indutor ao esforço para obtenção de maior eficiência técnica e é representada pela realização de exportações.

Os dados levantados pelos questionários foram organizados de forma a proporcionar resultados, segundo os gêneros produtivos e os tamanhos de empresa, de acordo com a estratificação definida para a amostra de empresas.

A seguir, são apresentadas e analisadas as distribuições de frequências das variáveis pesquisadas em cada classificação.

### **4.1 Qualificação do fator trabalho**

Inegavelmente, a medida mais importante e comum para qualificar o fator trabalho é o treinamento da mão-de-obra, principalmente aquela ligada diretamente à produção.

Conforme a Tabela 11 a seguir, a maioria das empresas, em qualquer dos gêneros produtivos, realiza treinamento da mão-de-obra, seja ocasional ou regularmente. No Setor como um todo, somente 23,68% das empresas não adotam tal procedimento, sendo que no gênero Material Elétrico/Comunicações esse percentual é menor, apenas 11,76%.

**Tabela 11 - Promoção de treinamento para qualificação de mão-de-obra, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa**

Classificações	Não promove	Promove, regularmente		Promove, ocasionalmente	
	%	%	Tempo médio (anos)	%	Tempo médio (anos)
<u>Gêneros produtivos</u>					
Setor Metal-Mecânico	23,68	40,35	10,61	35,96	6,67
Metalúrgica	26,32	31,58	3,95	42,11	5,22
Mecânica	28,57	34,29	12,50	37,14	6,30
Mat. Elétrico/Comunicações	11,76	47,06	13,12	41,18	7,00
Material de Transporte	20,83	58,33	13,46	20,83	11,80
<u>Tamanho de empresa</u>					
Pequenas	29,21	34,34	8,94	40,45	6,73
Médias	5,88	70,59	8,16	23,53	4,00
Grandes	0,00	87,50	21,00	12,50	15,00

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

Nos gêneros Material Elétrico/Comunicações e Material de Transporte o treinamento regular é realizado com maior frequência, ao contrário dos gêneros Metalúrgica e Mecânica. Isso é justificado pois nestes gêneros são utilizadas tecnologias mais modernas, exigindo atualização constante da mão-de-obra. No caso de Material de Transporte essa característica também é explicável pelo tamanho maior que as empresas têm, em relação aos outros gêneros, o que permite maior poder de investimento na qualificação da mão-de-obra.

Nota-se que o tempo médio de adoção do treinamento regular de mão-de-obra no Setor (10,61 anos) coincide com o início do processo de abertura comercial da economia brasileira nos anos 90. Somente no gênero Metalúrgica, como indica o

tempo médio (3,95 anos), a preocupação com o treinamento de mão-de-obra é recente, se considerar as necessidades impostas pela abertura comercial.

Também fica evidenciado que todas as empresas de grande porte realizam treinamento de mão-de-obra, principalmente de forma regular, com um tempo médio de 20 anos, isto é, bem antes da abertura comercial da economia brasileira.

Dentre as empresas de médio e pequeno porte, também é alta a proporção das que praticam o treinamento, mas o tempo médio cai para 8 anos, coincidindo com o início do processo de abertura.

#### **4.2- Qualificação de técnicas produtivas e fontes de insumos**

No que se refere ao processo produtivo, considerou-se a pesquisa própria à busca de assessoria/consultoria externa e à exigência de certificação de qualidade para fornecedores de matérias-primas, como medidas para a qualificação de técnicas produtivas e fontes de insumos.

O levantamento revela, através da Tabela 12 a seguir, que a maioria das empresas desenvolve, regular ou ocasionalmente, pesquisa própria para o aperfeiçoamento do processo produtivo, sendo a análise feita segundo os gêneros produtivos. Nesse caso, o tempo médio da prática de pesquisa regular é maior nos gêneros Material Elétrico/Comunicações e Material de Transporte (12 a 13 anos) e, sensivelmente, menor no gênero Metalúrgica (5 anos).

Isto é, a prática de pesquisa já era uma realidade para o Setor Metal-Mecânico antes da abertura comercial da economia brasileira, principalmente para aqueles dois gêneros, e sentiu-se necessária ao gênero Metalúrgica a partir deste novo contexto econômico.

No caso da análise feita sob a ótica do tamanho, as pequenas empresas, em sua maioria, praticam a pesquisa própria para aperfeiçoamento do processo produtivo em uma intensidade bem inferior as das empresas médias e grandes. Essa situação é esperada, na medida que o menor porte dessas empresas não permite que elas contem com recursos para manter mão-de-obra qualificada para pesquisa em tecnologia. No entanto, há que se considerar a possibilidade dos entrevistados não terem uma percepção correta do significado de “desenvolvimento de pesquisa interna para aperfeiçoamento do processo produtivo” e, neste caso, respondido afirmativamente com relação à prática de atividades que não tenham o

significado estrito de pesquisa. Ou seja, é possível que tenha sido considerado como pesquisa tecnológica atividades sem esta real dimensão, fazendo aumentar a proporção do número de empresas com a sua prática.

**Tabela 12 - Pesquisa própria para aperfeiçoar o processo produtivo, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa**

Classificações	Não desenvolve	Desenvolve, regularmente		Desenvolve, ocasionalmente	
	%	%	Tempo médio (anos)	%	Tempo médio (anos)
<u>Gêneros produtivos</u>					
Setor Metal-Mecânico	38,60	42,11	10,09	19,30	7,86
Metalúrgica	44,74	36,84	5,04	18,42	5,14
Mecânica	54,29	34,29	10,08	11,43	7,75
Mat. Elétrico/Comunicações	23,53	58,82	13,07	17,65	6,00
Material de Transporte	16,67	50,00	12,16	33,33	11,00
<u>Tamanho de empresas</u>					
Pequenas	44,94	41,57	9,28	13,48	5,08
Médias	17,65	35,29	7,83	47,06	12,62
Grandes	12,50	62,50	15,00	25,00	5,50

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

Isso também pode justificar o tempo médio de prática de pesquisa maior entre as empresas pequenas, com relação às empresas médias. No caso das empresas grandes, não é de se esperar esse viés, pois o entendimento do significado de pesquisa em tecnologia é mais preciso, em função de uma cultura empresarial mais desenvolvida presente nesse meio empresarial.

Na medida que as empresas pequenas e médias encontram dificuldades em disponibilizar recursos para desenvolvimento de pesquisa interna, tem crescido a busca de assessoria/consultoria externa de técnicos capacitados para orientar e coordenar programas de qualificação em diversos estágios, ou facetas, da organização das empresas.

A presente pesquisa interessou-se em avaliar a intensidade dessa prática, com relação à busca de qualificação da organização da produção, do trabalho e

aspectos gerais do processo produtivo. A Tabela 13 apresenta os resultados dessa investigação.

Constata-se que, em todos os gêneros produtivos do Setor Metal-Mecânico, a qualificação da organização geral do processo produtivo é o principal objetivo da busca de assessoria/consultoria externa, sendo praticada por mais da metade das empresas. Também é esse o objetivo principal das empresas, considerando-se o corte pelo tamanho.

**Tabela 13 - Busca de assessoria/consultoria externa para qualificação de aspectos do processo produtivo, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa**

Classificações	Assessoria/consultoria para qualificação da organização					
	Da produção		Do trabalho		Geral	
	%	Tempo médio (anos)	%	Tempo médio (anos)	%	Tempo médio (anos)
<u>Gêneros produtivos</u>						
Metal-Mecânico	34,21	3,63	28,95	3,94	57,89	4,27
Metalúrgico	34,21	2,90	23,68	3,85	60,53	4,07
Mecânico	54,29	3,08	54,29	3,15	57,14	2,97
Mat. Elétrico/Comunicações	5,88	10,00	5,88	10,00	52,94	4,72
Material de Transporte	25,00	5,80	16,67	5,75	58,33	6,00
<u>Tamanho de empresas</u>						
Pequenas	29,21	3,64	26,97	4,02	50,56	3,80
Médias	58,82	2,90	29,41	3,00	82,35	3,92
Grandes	37,50	6,00	50,00	4,75	87,50	7,57

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

No entanto, a preocupação com a qualificação da organização da produção é recente, pois, em todos os gêneros e tamanhos, o tempo médio de busca de assessoria/consultoria não atinge 8 anos. Também é baixo o tempo médio de busca de qualificação da organização da produção e do trabalho.

Essa característica permite concluir que a busca de qualificação, principalmente para a organização geral do processo produtivo, através de assessoria/consultoria externa, é uma prática que se tornou importante após a

abertura da economia nacional e, muito provavelmente, depois de se fazerem sentir os efeitos da concorrência acirrada dos bens estrangeiros.

Exceção encontra-se no gênero Material Elétrico/Comunicações, no qual o tempo médio da busca de assessoria/consultoria para organização da produção e do trabalho é de 10 anos, isto é, remonta ao início do processo de abertura comercial.

Também cabe destaque o fato de que, no gênero Mecânico, mais da metade das empresas busca assessoria/consultoria externa para a qualificação da organização dos três aspectos do processo produtivo (produção, trabalho e geral), ao mesmo tempo.

No que se refere ao fornecimento de insumos, vem aumentando, junto às empresas, a importância de se contar com fornecedores que garantam insumos qualificados para o processo produtivo e, daí, a estratégia de exigir-se certificação de qualidade para as matérias-primas e componentes.

Como se comprova pela Tabela 14, em todos os gêneros do Setor Metal-Mecânico é alta a proporção de empresas, em torno de 50%, que faz tal exigência a seus fornecedores, embora o tempo médio desta não ultrapasse 7 anos.

**Tabela 14 - Exigência de certificação de qualidade para fornecedores de matérias-primas, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa**

Classificações	Não exige	Exige	
	%	%	Tempo médio (anos)
<u>Gêneros produtivos</u>			
Metal-Mecânico	46,49	53,51	6,19
Metalúrgica	42,11	57,89	5,33
Mecânica	42,86	57,14	7,07
Mat. Elétrico/Comunicações	52,94	47,06	6,50
Material de Transporte	54,17	45,83	6,00
<u>Tamanhos de empresa</u>			
Pequenas	50,56	49,44	6,75
Médias	35,29	64,71	3,27
Grandes	25,00	75,00	7,50

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

Ou seja, essa estratégia importante para a qualificação da produção é de prática recente no Setor.

As empresas grandes, pelo poder de mercado que exercem sobre seus fornecedores, têm mais facilidades para exigir certificação de qualidade, sendo esse fato confirmado pela elevada proporção (75% das empresas) que faz a exigência e pelo maior tempo médio (7,5 anos). No entanto, é surpreendente o fato de metade das empresas pequenas conseguir fazer tal exigência.

Por outro lado, a busca de parcerias para desenvolver o processo produtivo não tem se constituído uma estratégia muito importante para o Setor, na medida que mais da metade das empresas não a pratica. Conforme a Tabela 15, somente os gêneros Material Elétrico/Comunicações e Material de Transporte apresentam uma proporção elevada (mais de 50%) de empresas buscando parcerias, sendo que estas se concentram, principalmente, entre as empresas grandes.

**Tabela 15 - Busca de parcerias para desenvolver o processo produtivo, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa**

Classificações	Não tem buscado	Busca parcerias nacionais		Busca parcerias estrangeiras		Busca parcerias nacionais e estrangeiras	
	%	%	Tempo médio (anos)	%	Tempo médio (anos)	%	Tempo médio (anos)
<u>Gêneros produtivos</u>							
Metal-Mecânico	54,39	32,46	6,69	6,14	9,42	7,02	8,93
Metalúrgica	57,89	36,84	5,85	2,63	5,00	2,63	5,00
Mecânica	74,29	14,29	12,40	8,57	8,00	2,86	10,00
Mat. Elétrico/Comunicações	35,29	47,06	3,75	11,76	3,50	5,88	10,50
Material de Transporte	33,33	41,67	7,44	4,17	30,00	20,83	9,20
<u>Tamanhos de empresa</u>							
Pequenas	57,30	32,58	7,03	4,49	2,75	5,62	5,40
Médias	58,82	35,29	4,33	5,88	5,00	0,00	0,00
Grandes	12,50	25,00	9,00	25,00	25,00	37,50	14,83

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

Também fica evidente que as parcerias com empresas nacionais são as mais procuradas, em todos os gêneros e portes de empresa.

Embora o gênero Mecânica tenha uma proporção pequena de empresas praticando essa estratégia de qualificação do processo produtivo, é neste que reside o maior tempo médio de busca de parcerias nacionais (mais de 12 anos) e,

juntamente com o Material Elétrico/Comunicações, o maior tempo médio da conjugação de parcerias nacionais e estrangeiras (10 anos). No gênero Material de Transporte está o maior tempo médio de busca de parcerias estrangeiras (30 anos), praticado pelas maiores empresas.

Finalmente, constata-se pela Tabela 16 que a importação de matérias-primas não tem sido uma prática comum entre as empresas do Setor, no sentido de obter maior eficiência produtiva, pois vem sendo realizada por menos de 40% das mesmas e no caso do gênero Mecânica, pouco mais de 25%. Mas, no caso das grandes empresas, a importação é praticada intensamente, atingindo a uma proporção de 87,5% do total destas.

**Tabela 16 - Realização de importação de matéria-prima, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa**

Classificações	Não importa	Importa		
	%	%	Tempo médio (em anos)	% médio sobre total das matérias-primas
<u>Gêneros produtivos</u>				
Metal-Mecânico	60,53	39,47	9,52	24,14
Metalúrgica	65,79	34,21	6,93	24,84
Mecânica	74,29	25,71	11,22	18,38
Mat. Elétrico/Comunicações	35,29	64,71	7,22	40,45
Material de Transporte	50,00	50,00	13,16	12,75
<u>Tamanhos de empresa</u>				
Pequenas	64,04	35,96	7,04	28,96
Médias	64,71	35,29	9,00	12,50
Grandes	12,50	87,50	21,28	12,07

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

Considerando-se que a proporção média da relação do valor das importações sobre o valor total das matérias-primas é baixa, não ultrapassando dentre os gêneros produtivos do Setor os 25%, com exceção do gênero Material Elétrico/Comunicações, pode-se admitir que essas importações devem-se muito mais a necessidade de se dispor de determinados componentes importados, do que,

propriamente, uma medida adotada para aumentar a qualidade do produto final e/ ou aperfeiçoar o processo produtivo.

### 4.3 Exposição ao ambiente competitivo do mercado externo

A realização de exportações pressupõe a assunção de um comportamento competitivo por parte da direção das empresas, o qual é disseminado em todos os níveis da hierarquia administrativa e operacional, e constitui-se numa condição necessária para manter a posição da empresa no mercado externo.

Nesse sentido, justifica-se a análise da situação das empresas do Setor, quanto à exposição ao ambiente competitivo do mercado externo, através da realização de exportações, pois a manutenção destas reflete o efeito conjunto das medidas adotadas para elevar e eficiência geral da empresa. A Tabela 17 expõe a situação encontrada no Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul.

**Tabela 17 - Realização de exportação, segundo gênero produtivo e tamanho de empresa**

Classificações	Não exporta	Exporta		
	%	%	Tempo médio (em anos)	% médio sobre o total da produção
<u>Gêneros produtivos</u>				
Metal-Mecânico	59,65	40,35	6,84	15,33
Metalúrgica	71,05	28,95	4,18	11,18
Mecânica	54,29	45,71	8,68	20,43
Mat. Elétrico/Comunicações	70,59	29,41	5,40	6,60
Material de Transporte	41,67	58,33	7,35	15,88
<u>Tamanhos de empresa</u>				
Pequenas	71,91	28,09	4,84	13,60
Médias	23,53	76,47	6,23	15,23
Grandes	0,00	100,00	14,12	20,92

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

Constata-se que o Setor não está, significativamente, exposto à competitividade do mercado externo, na medida que, em todos os gêneros

produtivos, a maioria das empresas não pratica exportações, com exceção de Material de Transporte, onde a proporção de empresas, com esta prática, supera os 50%. Mesmo nesse caso, a importância das exportações é baixa, pois envolve somente 15,88% da produção.

Pode-se notar, também, que essa prática se concentra nas médias e grandes empresas, nestas últimas com abrangência total. No caso das empresas de pequeno porte, a pequena proporção das exportadoras tem um tempo médio de exportação que não tinge aos 5 anos.

Também é baixo o tempo médio da realização de exportações em todos os gêneros produtivos, o que não permite admitir como consolidada a posição do Setor no mercado externo.

#### 4.4 Uma síntese da análise das evidências empíricas

As análises apresentadas enfocaram o comportamento das medidas de eficiência adotadas, segundo os gêneros produtivos e o tamanho de empresa.

Torna-se necessário, então, avaliar a existência de um condicionamento significativo das características dos gêneros produtivos e dos portes das empresas sobre a intensidade de adoção das medidas de eficiência técnica abordadas.

Para tanto, efetuaram-se testes de contingência<sup>12</sup>, considerando as relações dos gêneros produtivos e tamanhos de empresa com as categorias de adoção das medidas de eficiência, na forma apresentada pelas tabelas anteriores. Foram construídas 16 tabelas de dupla entrada, 8 para relacionar as categorias das medidas de eficiência com os gêneros e 8 para relacionar as categorias com os tamanhos. Em cada tabela foi calculada a estatística  $\chi^2$ , através da expressão:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad \text{onde}$$

$f_o$  = frequência observada para o cruzamento do gênero (ou tamanho)  $r$  com a categoria  $k$  ;

---

<sup>12</sup> Foram construídas tabelas de contingência de dimensão  $r \times k$  ( $r$  gêneros ou tamanhos e  $k$  categorias nas medidas), para cada uma das medidas de eficiência e realizados testes  $\chi^2$ , na forma descrita por Peters e Summers (1978) e Hoffman (1980). As estatísticas  $\chi^2$  foram obtidas pelo software SPSS versão 10.0.

$f_e$  = frequência esperada para o cruzamento do gênero (ou tamanho)  $r$  com a categoria  $k$  ;

grau de liberdade do teste  $gl = (r - 1) * (k - 1)$  ;

e  $f_e = \frac{\sum r_i * \sum k_j}{n}$  , sendo  $i$  e  $j$  as linhas e colunas da tabela, respectivamente.

A Tabela 18 apresenta os resultados dos testes  $\chi^2$  para as tabelas de contingência das medidas abordadas anteriormente e os critérios de classificação (gêneros produtivos e tamanhos de empresa).

**Tabela 18 – Resultados dos testes de hipóteses para as tabelas de contingências das medidas adotadas e os critérios de classificação**

Medidas de eficiência Adotadas	Critérios de classificação para as medidas de eficiência					
	Segundo gêneros produtivos			Segundo tamanhos de empresa		
	$\chi^2$ calc.	$gl=(r-1)(k-1)$	Hipótese Aceita	$\chi^2$ calc.	$Gl=(r-1)(k-1)$	Hipótese aceita
Treinamento de mão-de-obra	6,791	6	H0*	18,243	4	H1*
Pesquisa própria para o aperf. do proc. produtivo	12,448	6	H0*	13,740	4	H1*
Assessoria/consultoria para org. da produção	13,233	3	H1*	5,602	2	H0*
Assessoria/consultoria para org. do trabalho	17,594	3	H1*	1,896	2	H0*
Assessoria/consultoria para org. geral	0,289	3	H0*	9,011	2	H0* H1**
Exigência de certific. de qualidade	1,332	3	H0*	2,935	2	H0*
Realização de parcerias nacionais e estrangeiras	21,851	9	H1*	20,024	6	H1*
Importação de matérias-primas	8,857	3	H0* H1**	8,309	2	H0* H1**

FONTE: Pesquisa direta junto à amostra de empresas do Setor – elaboração própria

(\*) Hipótese aceita com um nível de significância de 1%.

(\*\*) Hipótese aceita com um nível de significância de 5%.

Nos testes, a aceitação da hipótese nula (H0) significa admitir que não existe diferença entre as proporções das categorias distribuídas pelos gêneros (ou

tamanhos). Isso é, em  $H_0$  se testa a independência significativa da forma de adoção da medida, em relação ao gênero e/ou ao tamanho, enquanto que a hipótese alternativa  $H_1$  indica a existência de um condicionamento significativo do gênero e/ou tamanho sobre a forma de adoção das medidas.

Constata-se que as características dos gêneros produtivos exercem condicionamento significativo sobre a busca de assessoria/consultoria para organização da produção e do trabalho, busca de parcerias com empresas nacionais e estrangeiras e importação de matérias-primas, se considerada a significância em um nível de 5%.

No caso das características relacionadas com o tamanho das empresas, o condicionamento significativo dá-se sobre a realização de treinamento da mão-de-obra, pesquisa para o aperfeiçoamento do processo produtivo, busca de parcerias com empresas nacionais e estrangeiras e, também, a busca de assessoria/consultoria para organização geral da empresa e realização importação de matérias-primas, se considerada a significância em um nível de 5%.

Por sua vez, a exigência de certificação de qualidade para fornecimento de insumos não é condicionada, nem pelos gêneros, nem pelos tamanhos de empresa.

Os resultados da estimação do modelo Probit para a relação da eficiência técnica das empresas e as medidas de eficiência adotadas medirão esses condicionamentos.

## 5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos pela aplicação dos métodos de análise descritos no capítulo anterior, em relação aos dados das variáveis pesquisadas. Em conformidade, são discutidos os resultados (i) da estimação da função de produção do Setor Metal-mecânico de Caxias do Sul e seus gêneros produtivos para os anos de 1995 e 2000, (ii) da estimação dos níveis de eficiência técnica de 1995 e 2000, através das funções de fronteira estimadas, e (iii) da estimação do modelo de determinação da eficiência técnica para o Setor.

### 5.1 Estimação das funções de produção de fronteira do Setor e seus gêneros produtivos

Procedeu-se a estimação dos modelos de função de produção, na forma funcional Cobb-Douglas, para os anos de 1995 e 2000, através de MQO. Como foram utilizados dados de cross-section, efetuaram-se testes de White<sup>13</sup> para avaliar a existência de heterocedasticidade nos resíduos. Deve-se considerar que a presença de heterocedasticidade produz estimativa ineficiente para os parâmetros do modelo, embora sejam não viesadas, e variâncias viesadas para estas estimativas, gerando problemas com os testes de hipóteses.

---

<sup>13</sup> Conforme Gujarati (2000), o teste de White consiste na estimação da relação:

$$\hat{\varepsilon}^2 = \alpha_1 + \alpha_2 \ln VE + \alpha_3 \ln KWH + \alpha_4 \ln VE + \alpha_5 \ln VE^2 + \alpha_6 \ln KWH^2 + \alpha_7 \ln VE^2 + \alpha_8 \ln NE \ln KWH \ln VE + v$$

da qual o  $R^2$  obtido, multiplicado pelo tamanho da amostra, tem distribuição qui-quadrado com grau de liberdade igual ao número de regressores menos o intercepto. Isso é,  $(n.R^2) \sim \chi^2_{gl=5}$ .

No teste, a hipótese nula considera a inexistência de relação entre os resíduos do modelo e as variáveis explanatórias, isso é:  $\alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = \alpha_7 = \alpha_8 = 0$ . Se  $(n.R^2)$  é menor que o valor crítico de  $\chi^2_{gl=5}$ , aceita-se a hipótese nula e admi-se a não existência de heterocedasticidade, pois os parâmetros da relação dos resíduos com as variáveis explanatórias não são significativos. Por outro lado, se  $(n.R^2)$  é maior que o valor crítico da distribuição, rejeita-se a hipótese nula e admi-se a existência de heterocedasticidade significativa no modelo.

Os testes foram realizados com o uso do software Eviews, conforme procedimentos descritos por Eviews 3 - User's Guide (1997).

Os testes de White revelaram que o método dos MQO gerou, na metade dos casos, modelos heterocedásticos, uma vez que a hipótese nula, isso é, a de inexistência de relação dos valores ao quadrado dos resíduos com as variáveis explanatórias foi, significativamente, rejeitada, em nível de 5%, conforme demonstra a Tabela 19.

**Tabela 19 - Resultados dos testes de White para as regressões dos gêneros produtivos e Setor – 1995 e 2000**

Regressões	1995		2000	
	n.R <sup>2</sup>	Hipótese nula	n.R <sup>2</sup>	Hipótese nula
Setor	28,026	Rejeitada	36,450	Rejeitada
Metalúrgica	11,335	Rejeitada	16,291	Rejeitada
Mecânica	4,875	Aceita	5,672	Aceita
Mat. Elétrico/Comunicações	14,329	Rejeitada	6,033	Aceita
Material de Transporte	9,527	Aceita	4,216	Aceita

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do autor

Nota-se que existe uma presença significativa de heterocedasticidade nas regressões do Setor, como um todo, do gênero Metalúrgica, em 1995 e 2000, e do gênero Material Elétrico/Comunicações somente em 1995.

A correção da heterocedasticidade<sup>14</sup> gerou desvios-padrão consistentes para as estimativas dos parâmetros obtidos por MQO.

As estimativas das funções de produção, obtidas por MQO, após a correção dos desvios-padrão, estão expostas na Tabela 20, a seguir.

<sup>14</sup> A correção proposta por White, conforme explica Hill, Griffiths e Judge (1999), consiste na obtenção de desvios padrão consistentes para as estimativas dos parâmetros do modelo. Os desvios padrão consistentes são obtidos da matriz de covariância de White, definida por:

$$\Sigma_w = \frac{n}{n-k} (X'X)^{-1} \left( \sum_{i=1}^n u^2 x x' \right) (X'X)^{-1}, \text{ conforme Eviews 3 – User's Guide (1997), sendo:}$$

n = número de observações; k = número de regressores; u = resíduo obtido por MQO. Os desvios padrão consistentes foram obtidos pelo uso do software Eviews.

**Tabela 20 - Estimativas das funções de produção de fronteira do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul e seus gêneros produtivos, 1995 e 2000**

Regressões	Estimador	ln NE	ln KWH	ln VE	Const	N	R <sup>2</sup>	F	DW
1995									
Setor	$\beta$	0,572	0,161	0,306	8,205	505	0,725	439,89	1,83
	$\sigma$	0,097 <sup>1</sup>	0,046 <sup>1</sup>	0,052 <sup>1</sup>	0,499 <sup>1</sup>				
Metalúrgica	$\beta$	0,507	0,115	0,383	7,558	214	0,715	175,83	2,07
	$\sigma$	0,120 <sup>1</sup>	0,005 <sup>1</sup>	0,085 <sup>1</sup>	0,821 <sup>1</sup>				
Mecânica	$\beta$	0,665	0,124	0,252	9,192	132	0,771	143,98	1,89
	$\sigma$	0,119 <sup>1</sup>	0,054 <sup>1</sup>	0,072 <sup>1</sup>	0,837 <sup>1</sup>				
Mat. Elétrico/ Comunicações	$\beta$	0,430	0,235	0,398	5,653	82	0,705	44,45	1,81
	$\sigma$	0,326 <sup>10</sup>	0,116 <sup>10</sup>	0,183 <sup>10</sup>	1,649 <sup>1</sup>				
Material de Transporte	$\beta$	0,841	0,084	0,195	9,131	77	0,791	92,19	1,71
	$\sigma$	0,171 <sup>1</sup>	0,068 <sup>10</sup>	0,116 <sup>5</sup>	1,185 <sup>1</sup>				
2000									
Setor	$\beta$	0,743	0,177	0,101	10,247	654	0,747	641,36	1,81
	$\sigma$	0,055 <sup>1</sup>	0,033 <sup>1</sup>	0,016 <sup>1</sup>	0,288 <sup>1</sup>				
Metalúrgica	$\beta$	0,745	0,175	0,091	9,837	337	0,721	218,74	1,86
	$\sigma$	0,079 <sup>1</sup>	0,047 <sup>1</sup>	0,020 <sup>1</sup>	0,404 <sup>1</sup>				
Mecânica	$\beta$	0,687	0,180	0,077	9,996	166	0,756	167,52	1,82
	$\sigma$	0,085 <sup>1</sup>	0,045 <sup>1</sup>	0,025 <sup>1</sup>	0,355 <sup>1</sup>				
Mat. Elétrico/ Comunicações	$\beta$	0,603	0,120	0,285	8,435	82	0,767	85,62	1,94
	$\sigma$	0,126 <sup>1</sup>	0,100 <sup>10</sup>	0,080 <sup>1</sup>	1,076 <sup>1</sup>				
Material de Transporte	$\beta$	0,550	0,171	0,327	7,813	69	0,846	119,70	1,56
	$\sigma$	0,249 <sup>5</sup>	0,108 <sup>10</sup>	0,139 <sup>5</sup>	1,639 <sup>1</sup>				

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

OBS: 1: significativo a 1%; 5: significativo a 5%; 10: significativo a 10%

Após as estimações dos modelos, preocupou-se com a possibilidade de existência de multicolinearidade entre as variáveis explanatórias. Nesse caso,

adotou-se como procedimento de teste a estimação de regressões auxiliares, pelas quais cada uma das variáveis explanatórias foram relacionadas com as demais, nas formas:

$$\ln NE = \varphi_1 \ln KWH + \varphi_2 \ln VE + e$$

$$\ln KWH = \varphi_1 \ln NE + \varphi_2 \ln VE + e$$

$$\ln VE = \varphi_1 \ln NE + \varphi_2 \ln KWH + e$$

Cada uma dessas regressões foi estimada para o Setor e seus gêneros produtivos, nos casos de 1995 e 2000. Os resultados são expostos pela Tabela 21.

**Tabela 21 – Resultados das regressões auxiliares para identificação de multicolinearidade nas estimações das funções de fronteira**

Regressão auxiliar	Variável explanatória avaliada	1995		2000	
		R <sup>2</sup>	F	R <sup>2</sup>	F
Setor Metal-Mecânico	lnNE	0,443	200,004	0,451	267,991
	lnKWH	0,428	188,544	0,115	33,743
	lnVE	0,280	97,893	0,264	117,361
Metalúrgica	lnNE	0,447	85,796	0,384	104,516
	lnKWH	0,455	88,543	0,618	64,034
	lnVE	0,309	45,551	0,159	331,776
Mecânica	lnNE	0,416	46,431	0,480	75,744
	lnKWH	0,304	28,483	0,028	1,914
	lnVE	0,158	12,221	0,288	33,179
Mat. Elétrico/Comunicações	lnNE	0,396	26,260	0,426	29,709
	lnKWH	0,470	35,537	0,499	39,967
	lnVE	0,108	4,876	0,254	13,654
Material de Transporte	lnNE	0,505	38,392	0,589	48,054
	lnKWH	0,479	34,604	0,727	89,583
	lnVE	0,422	27,458	0,546	40,294

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

Todas as regressões auxiliares sejam significativas ao nível de 5%, com exceção daquelas das variáveis  $\ln VE$ , do gênero Material Elétrico/Comunicações de 1995 e  $\ln KWH$ , do gênero Mecânica de 2000, o que sugere a existência de algum grau de multicolinearidade nas estimações. Em princípio, não é possível avaliar-se se tal fenômeno tem poder de distorcer os efeitos individuais de NE, KWH e VE sobre VA, até porque as estimativas dos coeficientes dessas variáveis se mostraram significativamente diferente de zero, ao mesmo tempo que os  $R^2$  das regressões foram elevados.

Então, valeu-se da regra prática sugerida por Klein (1978), pela qual a multicolinearidade existente é um problema que deve receber tratamento especial se os  $R^2$ s das regressões auxiliares forem maior que os  $R^2$ s das regressões básicas.

Nesse caso, a comparação dos resultados das tabelas 20 e 21 mostra que, em nenhum dos casos, os  $R^2$ s das regressões auxiliares excedem os  $R^2$ s das regressões entre  $\ln VA$  e as variáveis explanatórias  $\ln NE$ ,  $\ln KWH$  e  $\ln VE$ .

Assim, considerou-se os níveis de multicolinearidade existentes suportáveis para os objetivos das estimações. Além disso, uma das alternativas mais utilizadas para enfrentar o problema, o aumento do tamanho amostra de dados, não é possível de ser adotada, tendo em vista que a base utilizada corresponde a população das empresas do Setor.

Passou-se, então, ao exame dos modelos de função de produção de fronteira estimados.

Inicialmente, cabe uma avaliação do ajustamento das funções de produção estimadas para o Setor e gêneros produtivos. Os  $R^2$ s das regressões de 1995 e 2000 indicam que, em todos os casos, o comportamento conjunto dos fatores trabalho (NE), capital (KWH) e insumos intermediários (VE) explica, em mais de 70%, o comportamento da produção do Setor e de seus gêneros. Além disso, todos os coeficientes estimados são significativos ao nível de 5%.

Ao mesmo tempo, as elevadas estatísticas F calculadas indicam que todas as regressões estimadas são significativas ao nível de 1%, ou seja, o efeito conjunto das variáveis explanatórias sobre a produção é bastante significativo.

Assim, dado esse alto poder explicativo dos modelos estimados e a significância de seus coeficientes, pode-se concluir que trabalho, capital e insumos intermediários são fatores importantes à determinação do produto do Setor Metal-

Mecânico e de seus gêneros produtivos, e que nenhuma variável explanatória importante foi desconsiderada na formulação das funções de produção.

Por sua vez, as estatísticas DW calculadas não permitem comprovar a existência significativa (considerando um nível de 5%) de erros correlacionados, o que era esperado na medida que as regressões foram realizadas com dados observados para a 1995 e 2000.

As estimativas das elasticidades de produção do Setor mostram que o fator trabalho é o que provoca maior impacto sobre a produção das empresas, tanto em 1995 como em 2000. Pelos resultados obtidos, em 1995, uma variação de 1% na quantidade empregada de mão-de-obra, mantidos constantes os outros fatores, induzia um aumento de 0,572% na produção setorial. Em 2000, a mesma variação de mão-de-obra passou a provocar uma variação de 0,743% no produto, representando um aumento significativo nessa elasticidade.

A importância do fator trabalho também é observada em todos os gêneros produtivos, tanto em 1995 como em 2000. O caso mais relevante é o do gênero Material de Transporte, em 1995, no qual o impacto do acréscimo de mão-de-obra, mantidos os outros fatores constantes, fazia a produção crescer em 0,841%

Por outro lado, o fator capital (KWH) é o que apresenta a menor elasticidade de produção, fazendo com que, em 1995, a variação de 1% na quantidade de KWH utilizadas produzisse uma variação de 0,161% no produto do Setor, mantidos constantes os demais fatores, enquanto que em 2000 essa variação era de 0,177%.

Já a intensificação de 1% no uso de insumos intermediários, mantidos os outros fatores constantes, fazia a produção do Setor aumentar em 0,306% em 1995, e caiu para 0,101% em 2000.

É importante considerar que a dimensão da elasticidade de produção tem relação com a disponibilidade do fator para o processo produtivo.

Nesse sentido, a importância maior do trabalho indica uma restrição na oferta deste fator em Caxias do Sul, principalmente com referência à mão-de-obra mais qualificada, exigida pela indústria. Quanto ao capital, as reduzidas elasticidades estão relacionadas com sua disponibilidade adequada às necessidades dos gêneros produtivos.

A seguir, testou-se a dimensão dos rendimentos de escala do Setor Metal-Mecânica e seus gêneros, em 1995 e 2000.

Para testar a presença de rendimentos constantes de escala no Setor Metal-Mecânico, impôs-se ao modelo a restrição  $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$ , fazendo com que o mesmo assumisse a forma:

$$\ln VA_i = (\beta_0 + \max \varepsilon_i) + \beta_1 \ln NE_i + \beta_2 \ln KWH_i + (1 - \beta_1 - \beta_2) \ln VE_i + (\varepsilon_i - \max \varepsilon_i)$$

Em relação ao modelo com restrição, procedeu-se um teste-t, a partir da seguinte formulação:

$$\ln VA_i = (\beta_0 + \max \varepsilon_i) + \beta_1 \ln NE_i + \beta_2 \ln KWH_i + \beta_3 \ln VE_i + U_i \pm \ln VE_i \pm \beta_1 \ln VE_i \pm \beta_2 \ln VE_i + (\varepsilon_i - \max \varepsilon_i)$$

$$\ln VA_i - \ln VE_i = (\beta_0 + \max \varepsilon_i) + \beta_1 (\ln NE_i - \ln VE_i) + \beta_2 (\ln KWH_i - \ln VE_i) + (\beta_3 + \beta_2 + \beta_1 - 1) \ln VE_i + (\varepsilon_i - \max \varepsilon_i)$$

Da estimação da equação acima, testou-se a significância do parâmetro  $(\beta_3 + \beta_2 + \beta_1 - 1)$ , sendo que a aceitação da hipótese nula implica em  $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$ , ou seja, existência de rendimentos constantes, enquanto sua rejeição significa  $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 \neq 1$ , portanto, rendimentos de escala diferente de 1 (decrecentes ou crescentes).

Ainda em relação ao modelo com restrição, aplicou-se o teste de Wald<sup>15</sup>, em conformidade com a descrição de Eviews 3 - User's Guide (1997).

Como  $F^*$  tem distribuição F, o teste é feito pela comparação do valor obtido para essa estatística com o valor crítico da distribuição. Se a restrição é válida, a diferença entre as somas dos quadrados dos dois resíduos é pequena, e o valor de  $F^*$  é grande, levando a rejeitar-se a hipótese nula do teste ( $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$ ).

Os resultados dos testes-t e de Wald para os modelos estimados com restrição, bem como a classificação dos rendimentos de escala do Setor e seus gêneros produtivos, em 1995 e 2000, são apresentados na Tabela 21, a seguir.

Como já era esperado, em todos os modelos estimados, as hipóteses aceitas por ambos os testes são iguais.

<sup>15</sup> Para a aplicação do teste de Wald, é construída a estatística:

$$F^* = \frac{(e_r' e_r - e' e) / q}{e' e / (n - k)} = W/q \quad \text{sendo que } F^* \sim F(q, n-k) \text{ e}$$

$e_r$  = vetor de resíduos do modelo com restrição

$e$  = vetor de resíduos do modelo sem restrições

$q$  = número de restrições

$k$  = número de variáveis explanatórias

Constata-se que o Setor Metal-Mecânico tem apresentado rendimentos constantes de escala, o que significa não existir uma influência significativa da alteração da escala de produção sobre os rendimentos dos fatores empregados pelos gêneros produtivos.

No caso do gênero Metalúrgica, a mudança de rendimentos crescentes, em 1995, para constantes, em 2000, sugere que a diminuta desconcentração na produção do VAF em favor das pequenas empresas ocorrida no período, conforme análise do capítulo 3, com perda de produtividade dos fatores empregados.

**Tabela 22 - Resultados dos testes-t e de Wald para as estimações dos modelos com restrições, 1995 e 2000**

	Estimador $\beta_1+\beta_2+\beta_3-1$	Desvio Padrão	F*	gl	Nula	de escala
1995						
Setor	0,055	0,035	2,489	1/564	Aceita	Constantes
Metalúrgica	0,126	0,057	4,746	1/222	Rejeitada	Crescentes
Mecânica	-0,024	0,053	0,207	1/163	Aceita	Constantes
Mat. Elétrico/Comunicações	0,089	0,116	0,588	1/87	Aceita	Constantes
Material de Transporte	0,080	0,116	1,016	1/83	Aceita	Constantes
2000						
Setor	-0,012	0,027	0,001	1/618	Aceita	Constantes
Metalúrgica	-0,017	0,042	0,171	1/309	Aceita	Constantes
Mecânica	-0,093	0,049	3,577	1/155	Aceita	Constantes
Mat. Elétrico/Comunicações	0,110	0,054	10,639	1/79	Rejeitada	Crescentes
Material de Transporte	0,031	0,080	0,157	1/66	Aceita	Constantes

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

Por sua vez, no caso do gênero Material Elétrico/Comunicações a mudança de rendimentos constantes para crescentes, no período 1995/2000, reflete a especialização pela qual passaram as empresas do gênero, em função da incorporação de tecnologias ligadas ao campo da mecatrônica e dos benefícios difundidos pelo desenvolvimento do Centro Tecnológico da Mecatrônica.

## 5.2 Análise dos níveis de eficiência técnica estimados

Nas funções de fronteira, as estimativas dos interceptos indicam os níveis de eficiência técnica do Setor e seus gêneros produtivos.

Nesse sentido, nos anos de 1995 e 2000, todas as estimativas de intercepto são significativas, em nível de 1%, o que permite a análise dos diferenciais de eficiência técnica entre os gêneros produtivos e entre os anos.

Para testar as diferenças de eficiência entre os gêneros produtivos, em cada ano, introduziu-se, no modelo do Setor Metal-Mecânico geral, uma variável dummy, com a finalidade de diferenciar os interceptos dos gêneros produtivos, em relação ao intercepto do caso geral. Assim, para cada ano, foram estimados quatro modelos gerais com a variável dummy, cuja forma é representada pela equação:

$$\ln Y = \beta_0^* + \beta_1 \ln NE + \beta_2 \ln KWH + \beta_3 \ln VE + \beta_4 Z_g + U^*$$

onde:

$\beta_0^* = \beta_0 - \max \varepsilon$  é o intercepto da função fronteira geral

$Z_g = 1$ , se for empresa do gênero  $g$  e  $Z_g = 0$ , em caso contrário

$U^* = \varepsilon - \max \varepsilon$

$g$  = Metalúrgica, Mecânica, Material Elétrico/Comunicações, ou Material de Transporte

A partir do modelo acima, pode-se inferir, para cada gênero produtivo:

$$E(\ln Y | Z = 0, \ln NE, \ln KWH, \ln VE) = \beta_0^* + \beta_1 \ln NE + \beta_2 \ln KWH + \beta_3 \ln VE$$

$$E(\ln Y | Z = 1, \ln NE, \ln KWH, \ln VE) = (\beta_0^* + \beta_g) + \beta_1 \ln NE + \beta_2 \ln KWH + \beta_3 \ln VE$$

sendo  $\beta_g$  é a diferença de nível de eficiência técnica, atribuído ao gênero  $g$  em questão, cujo estimador fica simbolizado por  $b_g$ .

A Tabela 23, a seguir, apresenta os resultados do teste feito, através do modelo com variável dummy, para os anos de 1995 e 2000.

Considerando um nível de 5%, os resultados indicam que houve uma significativa superioridade do nível de eficiência do gênero Mecânica, em relação ao Setor como um todo, tanto em 1995 como em 2000. Em 1995, o gênero Material Elétrico/Comunicações esteve com seu nível de eficiência técnica, significativamente abaixo do Setor, enquanto, em 2000, somente o nível de eficiência do gênero Metalúrgica ficou, significativamente, situado abaixo do Setor. Nos demais casos não ocorreram diferenças significativas nos níveis de eficiência técnica.

**Tabela 23 - Estimativas das diferenças dos níveis de eficiência técnica dos gêneros produtivos em relação ao Setor Metal-Mecânico, 1995 e 2000**

Gênero produtivo	1995		2000	
	$b_g$	$t_c$	$b_g$	$t_c$
Metalúrgica	0,104	1,070	-0,176	-2,364
Mecânica	0,237	2,191	0,196	2,371
Mat. Elétrico/Comunicações	-0,420	-3,244	-0,055	-0,500
Material de Transporte	-0,116	-0,864	0,114	0,932

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

Pelo mesmo tipo de teste, avaliou-se a existência de uma mudança significativa dos níveis de eficiência técnica do Setor e dos gêneros produtivos, entre 1995 e 2000. Nesse caso, foram estimados modelos com todas as observações de NE, KWH e VE de 1995 e 2000, para o Setor e gêneros, com a inclusão da variável Z. Com Z assumindo valor zero para as observações relativas a 1995 e valor 1 para as observações de 2000, infere-se aos modelos com dummy :

$$E(\ln Y | Z = 0, \ln NE, \ln KWH, \ln VE) = \beta_{1995} + \beta_1 \ln NE + \beta_2 \ln KWH + \beta_3 \ln VE$$

$$E(\ln Y | Z = 1, \ln NE, \ln KWH, \ln VE) = (\beta_{1995} + \beta_{2000}) + \beta_1 \ln NE + \beta_2 \ln KWH + \beta_3 \ln VE$$

sendo  $\beta_{1995}$  o intercepto da função fronteira de 1995 e  $\beta_{2000}$  a diferença de nível de eficiência atribuída ao ano de 2000, em relação a 1995, ou seja, a diferença de eficiência técnica entre 1995 e 2000. A Tabela 24 apresenta esses resultados.

**Tabela 24 - Estimativas das diferenças dos níveis de eficiência técnica do Setor Metal-Mecânico e seus gêneros produtivos entre 1995 e 2000**

Gênero produtivo	1995/2000	
	$b_g$	$t_c$
Setor	1,415	23,698
Metalúrgica	0,508	5,805
Mecânica	4,489	43,316
Mat. Elétrico/Comunicações	-0,148	-0,836
Material de Transporte	0,578	3,269

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

Constata-se que, no período 1995/2000, ocorreu um aumento significativo dos níveis de eficiência técnica do Setor Metal-Mecânico como um todo, e dos gêneros Metalúrgica, Mecânica e Material de Transporte. Porém, no gênero Material Elétrico/Comunicações o nível de eficiência manteve-se inalterado. Isto é, de uma forma geral, o Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul conseguiu aumentar, significativamente, seu nível de eficiência técnica entre 1995 e 2000, tendo o gênero Mecânica obtido o maior sucesso nessa evolução..

A partir das estimativas das funções de produção de fronteira, foram obtidos os índices de eficiência técnica (ET) pela relação  $VA_{obs} / VA_{MQOC}$ , cujos resultados estão dispostos em rol e hierarquizados, na Tabela A3 dos Anexos.

A Tabela 25 apresenta estatísticas descritivas das distribuições dos índices ET, segundo os gêneros produtivos, nos anos de 1995 e 2000.

**Tabela 25 - Estatísticas descritivas das distribuições de ET do Setor Metal-Mecânico e seus gêneros produtivos, 1995 e 2000**

Setor e gêneros produtivos	Estatísticas					
	Média	Moda	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	N
	1995					
Setor	0,729	0,809	0,108	0,414	1,000	505
Metalúrgica	0,840	0,835	0,079	0,414	1,000	214
Mecânica	0,670	0,674	0,050	0,440	0,773	132
Mat. Elétrico/Comunicações	0,845	0,876	0,098	0,507	1,000	82
Material de Transporte	0,865	0,864	0,084	0,472	1,000	77
	2000					
Setor	0,824	0,832	0,088	0,440	1,000	654
Metalúrgica	0,819	0,807	0,070	0,487	1,000	337
Mecânica	0,793	0,868	0,124	0,440	1,000	166
Mat. Elétrico/Comunicações	0,886	0,918	0,063	0,661	1,000	82
Material de Transporte	0,853	0,842	0,022	0,800	0,892	69

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

A partir de teste-t para médias, dada uma significância de 5%, constata-se que as estatísticas confirmam o aumento do nível de eficiência técnica do Setor,

identificado nos resultados das estimativas das funções de produção de fronteira, na medida que o ET médio de 2000 é superior ao de 1995. Além disso, o índice mínimo de 0,414, em 1995, passou para 0,449 em 2000.

A significativa evolução do nível de eficiência técnica com que operava o gênero Mecânica fica claramente exposto, na medida em que seu índice médio de ET passou de 0,674 para 0,868 e o índice máximo passou de 0,773 para 1,000.

Por outro lado, no caso dos gêneros Metalúrgica, Material Elétrico/Comunicações e Material de Transporte, os testes de média indicam movimentos diferentes dos obtidos pela estimação dos interceptos das funções fronteiras. No gênero Metalúrgica, a média do índice ET diminuiu significativamente, enquanto o nível de eficiência aumentou. No gênero Material Elétrico/Comunicações, ocorreu um aumento da média de ET, sem ter havido um deslocamento significativo do nível de eficiência, e no gênero Material de Transporte, a média de ET não se alterou, embora tenha havido um acréscimo significativo do nível de eficiência.

A razão dessa divergência é explicada pela diferença entre os movimentos avaliados pelos conceitos de nível de eficiência e índice ET. O nível de eficiência técnica corresponde à dimensão do intercepto da função fronteira, sendo este determinado pelo produto máximo, associado a uma dada combinação de insumos. Ele eleva-se quando a fronteira se desloca para cima, em decorrência do crescimento da eficiência das empresas que estão localizadas na fronteira (as mais eficientes).

Por sua vez, o índice ET mede a relação dos produtos das empresas localizadas abaixo da fronteira com os produtos que estas teriam se estivessem operando com o nível de eficiência da fronteira. Sua variação vai depender dos distanciamentos que os produtos das empresas localizadas abaixo da fronteira terão em relação ao produto formado na fronteira, quando houver uma elevação do nível da eficiência (deslocamento da fronteira). Se as empresas abaixo da fronteira aumentarem seus produtos em uma proporção inferior ao avanço da eficiência das empresas de fronteira, o índice ET médio diminuirá. Contrariamente, se o produto aumentar em uma proporção superior, ET médio aumentará e as empresas aproximar-se-ão da fronteira.

Isso permite inferir que, no gênero Metalúrgica, o deslocamento da fronteira se deu pela elevação da eficiência das empresas mais eficientes, sem que houvesse repercussão junto às demais. No gênero Material Elétrico/Comunicações, algumas

empresas elevaram o produto, para uma dada combinação de insumos, sem que o gênero elevasse seu nível de eficiência. No gênero Material de Transporte, a pequena elevação do nível de eficiência difundiu-se por todas as empresas, fazendo com que o produto aumentasse, entre elas, em uma proporção aproximada.

Esses movimentos podem ser avaliados, também, examinando-se a distribuição do número de empresas, segundo classes de ET. Tendo em vista que o menor índice de ET observado foi 0,40, estabeleceram-se as seguintes classes para as distribuições dessa variável: 0 a 0,50; 0,50 a 0,75; 0,75 a 1,00<sup>16</sup>. A Tabela 26 apresenta os resultados.

**Tabela 26 - Distribuição das empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul e seus gêneros produtivos, segundo classes de ET , 1995 e 2000**

Setor e gêneros produtivos	Classes de ET					
	0,00 – 0,50 Pouco eficientes		0,50 – 0,75 Quase-eficientes		0,75 – 1,00 Eficientes	
	Nº de em- presas	%	Nº de em- presas	%	Nº de em- presas	%
	1995					
Setor	6	1,19	167	33,07	332	65,74
Metalúrgica	2	0,93	21	9,81	191	89,25
Mecânica	3	2,27	129	97,73	-	-
Mat. Elétrico/Comunicações	-	-	3	3,66	79	96,34
Material de Transporte	1	1,30	6	7,79	70	90,91
	2000					
Setor	4	0,61	86	13,15	564	86,24
Metalúrgica	1	0,30	42	12,46	294	87,24
Mecânica	3	1,81	40	24,10	123	74,10
Mat. Elétrico/Comunicações	-	-	3	3,66	79	96,34
Material de Transporte	-	-	-	-	69	100,00

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

Constata-se que no Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, tanto em 1995 como em 2000, mais da metade das empresas tem seu índice situado no intervalo de 0,75 a 1,00, o que caracteriza uma situação de eficiência.

<sup>16</sup> Adotou-se a seguinte classificação de empresas, a partir das distribuições dos índices ET:  
0,00 – 0,50: pouco eficientes  
0,50 – 0,75: quase-eficientes  
0,75 – 1,00: eficientes

De 1995 para 2000, a proporção de empresas eficientes aumentou de 65,74% para 86,24%, significando que mais empresas se aproximaram da fronteira de eficiência.

Essa evolução deu-se de forma muito mais expressiva no gênero Mecânica, no qual inexistiam empresas eficientes em 1995, e passou a ter 74,10% das empresas nessa situação, em 2000. Ao mesmo tempo, a proporção de empresas na condição de pouco eficientes reduziu de 2,27% para 1,81%. Ou seja, as empresas deslocaram-se da condição de pouco eficientes para quase-eficientes e de quase-eficientes para eficientes, configurando um movimento compatível com o aumento do nível de eficiência do gênero e da média do índice de ET.

Também no caso do gênero Material de Transporte, o aumento do nível de eficiência significou a transferência da totalidade das empresas da condição de pouco eficientes e quase-eficientes, que tinham em 1995, para a condição de eficientes, em 2000.

No caso do gênero Metalúrgica, há indicação de uma transferência de empresas da condição de eficiente para a condição de quase-eficiente. Aquelas que tinham, em 1995, o índice de ET próximo ao limite inferior da classe de eficientes passaram para a classe de quase-eficientes, porque seus produtos não aumentaram na mesma proporção do deslocamento do intercepto da função fronteira.

No caso do gênero Material Elétrico/Comunicações, a manutenção das proporções de empresas nas três classes é perfeitamente compatível com a não alteração do nível de eficiência, já identificada.

Finalmente, deve-se ressaltar que a elevação do nível de eficiência do Setor Metal-Mecânico produziu a redução da proporção conjunta de empresas pouco eficientes e quase-eficientes de 34,26% (1,19% + 33,07%) para, somente, 13,76% (0,61% + 13,15%), em 2000.

Em seqüência, avaliou-se a capacidade das medidas de qualificação do processo produtivo, adotadas pelas empresas do Setor Metal-Mecânico, no período de 1995 a 2000, e analisadas no capítulo anterior, em aumentar a probabilidade de as empresas tornarem-se mais eficientes.

### **5.3 Avaliação do efeito das medidas de eficiência adotadas pelas empresas do gênero Metal-Mecânico e dos fatores**

Como já foi considerado, em função da abertura comercial vivida pela economia brasileira, nos anos 90, a indústria foi levada a adotar um conjunto de medidas de natureza técnica e administrativa para qualificar o processo produtivo e obter maior competitividade nos mercados interno e externo. No contexto do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul, a descrição das medidas adotadas foi apresentada pelo capítulo anterior.

Ao mesmo tempo, na segunda seção do presente capítulo, foi observada a expansão dos níveis de eficiência técnica do Setor e de seus gêneros produtivos, através da estimação das funções de produção de fronteira de 1995 e 2000.

Torna-se necessário, portanto, avaliar a capacidade que tais medidas adotadas, e a forma pelas quais foram adotadas, tiveram em influenciar o aumento dos níveis de eficiência técnica. Dessa avaliação será possível inferir sobre a probabilidade da adoção das medidas de qualificação em elevar a eficiência das empresas.

A inferência de tal probabilidade foi obtida pela estimação do modelo Probit, conforme descrito no capítulo dos métodos de análise. Estimou-se a regressão, relacionando a variável dicotômica  $Z$  (1 se aumentou a eficiência e 0 caso contrário) com as variáveis identificadas com as medidas de qualificação ( $W_{01} \dots W_{08}$ ) e com as variáveis identificadas com os fatores condicionantes (tamanho da empresa, exposição da empresa à competitividade do mercado externo e tempo de experiência da empresa no mercado, isso é  $W_{09} \dots W_{12}$ ).

Para a estimação do modelo Probit foram utilizados os dados levantados junto à amostra de empresas do Setor, através do questionário do Anexo 3, e os índices de ET de 1995 e 2000, estimados pelas funções de fronteira do Setor.

Atribuiu-se valor 1 para as empresas que, no período de 1995 a 2000, experimentaram aumentos no índice ET e, ao mesmo tempo, passaram para uma classe de ET superior. A distribuição do número de empresas da amostra entre os valores 0 e 1 da variável  $Z$  fica demonstrada pela Tabela 27.

**Tabela 27 - Distribuição do número de empresas da amostra para a estimação do modelo probit, segundo os valores da variável Z**

Classificação	Número de empresas	%
Z = 0	68	59,65
Z = 1	46	40,35
Total	114	100

Fonte: Dados de pesquisa e estimativas do Autor

Tendo em vista a restrição imposta para a classificação das empresas com a condição de aumento de eficiência, só foi possível obter-se na composição da amostra a proporção de 40,35% de observações  $Z = 1$ .

Os resultados obtidos para a estimação da regressão são apresentados pela Tabela 28, e a interpretação das estatísticas obtidas está baseada na descrição dada por Eviews 3 - User's Guide (1997).

O coeficiente McFadden  $R^2$  constitui-se em um critério de ajustamento do modelo estimado, calculado que é pela razão de verossimilhança como  $(1-I) / I^*$ , onde  $I$  é a função de verossimilhança e  $I^*$  é a função de verossimilhança restringida. Têm o mesmo significado do  $R^2$  dos modelos de regressão linear, sendo que a aproximação do coeficiente a 1 indica um melhor ajustamento. Nesse sentido, o resultado obtido de 0,430 significa um satisfatório ajustamento para o modelo estimado.

A razão de verossimilhança (LR) estimada é calculada pela expressão  $-2*(I^*-I)$ , sendo análoga à estatística-F dos modelos de regressão linear. É aplicada no teste de verossimilhança, pelo qual se aceita, ou se rejeita, a hipótese de que os coeficientes estimados (exceto a constante) sejam nulos e a relação analisada não seja significativa. O valor estimado de 66,181, considerando o grau de liberdade igual a 8, tem um nível de significância muito baixo, o que permite aceitar a existência de uma significativa relação entre  $Z$  e as medidas de qualificação do processo produtivo.

Como no modelo estimado a variável explicada  $Z$  é uma dummy, não se pode interpretar os valores dos coeficientes estimados, mas somente o sinal e a significância dos mesmos.

**Tabela 28 - Estimativas do modelo probit para a influência das medidas de qualificação sobre a eficiência das empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul no período 1995/2000**

Variável explanatória	Coefficiente estimado	Desvio padrão	Estatística-Z
W <sub>1</sub>	1,055 <sup>1</sup>	0,344	3,060
W <sub>2</sub>	0,575	0,406	1,414
W <sub>3</sub>	0,421	0,474	0,887
W <sub>4</sub>	1,960 <sup>1</sup>	0,541	3,621
W <sub>5</sub>	1,136 <sup>5</sup>	0,553	2,052
W <sub>6</sub>	0,160	0,331	0,484
W <sub>7</sub>	0,880 <sup>1</sup>	0,326	2,696
W <sub>08</sub>	0,748 <sup>5</sup>	0,340	2,199
W <sub>09</sub>	7,221	13,313	0,001
W <sub>10</sub>	0,565	0,739	0,765
W <sub>11</sub>	0,046 <sup>5</sup>	0,018	2,517
W <sub>12</sub>	0,133 <sup>1</sup>	0,035	3,729
Constante	-3,240	0,624	-5,186

Tamanho da amostra = 114

McFadden R<sup>2</sup> = 0,430

Razão de verossimilhança (LR) = 66,181

Graus de liberdade = 8

Nível de significância = 2,82E-11

Fonte: Dados de pesquisa – estimações do Autor

1: significativo a 1% ; 5: significativo a 5%

Como o esperado, os coeficientes apresentaram sinal positivo, pois era admitido que todas as variáveis consideradas pudessem exercer influência direta sobre a probabilidade de aumentar a eficiência técnica das empresas do Setor.

Nesse contexto, constata-se que as variáveis W<sub>01</sub>, W<sub>04</sub>, W<sub>5</sub>, W<sub>7</sub> e W<sub>08</sub> têm significativa influência sobre Z. Ou seja, a busca de assessoria/consultoria externa, a realização de treinamento de mão-de-obra, feita de forma contínua ou ocasional, a exigência de certificação de qualidade para fornecedores de matérias-primas e o

emprego de matéria-prima importada no processo produtivo aumentam, consideravelmente, a probabilidade de as empresas tornarem-se eficientes.

No entanto, é surpreendente o resultado que indica não ser significativa para a eficiência do processo produtivo a realização de pesquisa própria, visando ao seu desenvolvimento. Isso reforça a suposição de que as empresas não têm um entendimento claro do que signifique a realização de pesquisa interna para o desenvolvimento do processo produtivo, tendo considerado nas suas respostas a prática de atividades que não tem a profundidade própria de uma pesquisa.

No conjunto dos fatores condicionantes, constituíram-se significativas as influências da exposição ao ambiente competitivo do mercado externo ( $W_{11}$ ) e a experiência acumulada no mercado ( $W_{12}$ ). Ou seja, a competição mais intensa do mercado externa torna a busca por mais eficiência uma preocupação constante no âmbito da organização, ao mesmo tempo em que a experiência acumulada amplia as alternativas de busca do progresso tecnológico. O resultado relacionado ao coeficiente de  $W_{11}$  é condizente com os obtidos pelos estudos de Chen e Tang (1987) e Aw e Hwang (1994), citados por Barreto et alli (2002), nos quais foi constatado que empresas exportadoras tinham nível de eficiência superior aos de empresas voltadas ao mercado doméstico.

Finalmente, constata-se que o tamanho de empresa (pequeno, médio ou grande) não é um fator condicionante da eficiência técnica nos gêneros produtivos do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul.

A seguir, são apresentadas as possíveis conclusões que podem ser extraídas dos resultados analisados presentemente.

## CONCLUSÕES

O Setor Metal-Mecânico representa um importante segmento da indústria da economia municipal. A investigação sobre sua eficiência técnica torna-se importante, no sentido de contribuir com o aumento do produto da indústria regional e da competitividade dos seus gêneros produtivos, em relação aos mercados externos, sobretudo o MERCOSUL.

O presente estudo procurou avaliar se as medidas adotadas, em função da abertura comercial, foram eficazes no sentido de aumentar a eficiência do Setor. Para tanto, teve como objetivo geral mensurar e analisar a eficiência técnica do Setor e seus gêneros produtivos, nos anos de 1995 e 2000, e, especificamente, identificar e mensurar a intensidade das medidas adotadas pelas empresas para a qualificação do processo produtivo, estimar suas funções de produção de fronteira, para os anos de 1995 e 2000, e analisar a evolução dos índices de eficiência estimados pelas funções no período.

As análises dos resultados obtidos permitem concluir que o Setor e seus gêneros vêm atuando com rendimentos constantes de escala e têm no fator trabalho a maior elasticidade de produção, o que significa ser este o mais importante para os processos produtivos.

As empresas do Setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul apresentaram significativa eficiência técnica em seus processos produtivos, na medida que, em todos os gêneros produtivos, a maioria delas se posiciona nas classes mais elevadas do índice ET, tanto em 1995 como em 2000. Dentro desse contexto, sobressaiu-se o gênero Mecânica, cujo nível de eficiência técnica apresentou superioridade significativa em relação ao Setor como um todo. Isto é, as empresas do Setor Metal-Mecânico são eficientes e o gênero Mecânica é o mais eficiente do Setor.

Além disso, o nível de eficiência técnica do Setor e seus gêneros sofreram elevação no período, tendo em vista que as funções de produção de fronteira se deslocaram significativamente para cima. A única exceção foi o gênero Material Elétrico/Comunicações, que manteve seu nível inalterado.

Ao mesmo tempo, a maioria das empresas vem adotando medidas de qualificação do processo produtivo, principalmente aquelas relacionadas com o fator trabalho, como treinamento de mão-de-obra e busca de assessoria/consultoria para organização do trabalho. Também tem sido adotada, de forma intensa, a exigência de certificação para fornecimentos de matérias-primas e a busca de assessoria/consultoria para a organização geral das empresas. Nesse sentido, o tamanho de empresa é um condicionador à adoção de tais medidas.

Apesar da multiplicidade das medidas adotadas pelas empresas do Setor Metal-Mecânico, somente o treinamento da mão-de-obra, a busca de assessoria/consultoria externa, a exigência de certificação de qualidade para fornecedores de matérias-primas e o uso de matérias-primas importadas exercem significativa influência, no sentido de aumentar a probabilidade de as empresas tornarem-se eficientes.

Conclui-se, então, que a eficiência do processo produtivo do Setor Metal-Mecânico é fortemente influenciada pela qualificação da mão-de-obra e das matérias-primas.

Na medida que foi observado ser o fator trabalho o mais importante para o processo produtivo do Setor e que o treinamento de mão-de-obra, conjuntamente com a busca de assessoria/consultoria para a organização do trabalho, foram medidas de qualificação bastante adotadas, reconhece-se como acertada a estratégia adotada pelos empresários do Setor para elevar a eficiência técnica e proporcionar maior competitividade às empresas.

No entanto, como política setorial, indica-se a necessidade de se elevar a qualificação do fator capital para contribuir com o deslocamento da curva de fronteira da eficiência técnica produtiva. Nesse sentido, tornam-se importantes programas que esclareçam a real dimensão da atividade de pesquisa para o aprimoramento dos processos produtivos e promovam parcerias com instituições voltadas ao desenvolvimento tecnológico, como Universidade, Centro Tecnológico de Mecatrônica e SENAI.

Finalmente, devem ser consideradas as limitações impostas ao trabalho. A primeira, diz respeito ao alto nível de agregação da variável valor adicionado, por não haver a possibilidade de se discriminar na base de dados os produtos das empresas e as quantidades de insumos relacionadas com os mesmos. A segunda é o pequeno número de empresas pesquisadas na amostra, tendo em vista que o levantamento mais abrangente, tentado através da aplicação dos questionários via Internet, não foi acolhido pelas mesmas. A terceira diz respeito ao entendimento não preciso que os responsáveis pelas empresas, principalmente as menores, tiveram sobre a realização de pesquisa interna para aperfeiçoamento do processo produtivo, impedindo uma análise mais precisa sobre a adoção desse tipo de medida.

Como contribuição científica, o estudo apresentou um enfoque diferente de abordar-se a questão da eficiência da indústria caxiense, ao tomar como medida a relação do produto obtido com o produto potencial.

Como sugestão, espera-se que este estudo motive outros, na mesma linha de investigação, abrangendo a indústria de transformação e todos os seus gêneros produtivos. Além disso, é importante que se explore os dados dos anos intermediários a 1995 e 2000, de forma a se avaliar o comportamento da produção setorial no interior do período.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRIAT, S.N. (1972). Efficiency estimation of production functions. **International Economic Review**, v. 13, n. 13, p. 568-598, oct.
- AIGNER, D.J. e CHU, S.F (1968). On estimation the industry production function. **American Economic Review**. v. 58, n. 4, p. 826-839.
- AIGNER, D.J., LOVEL, C. e SCHMIDT (1977). P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, vol 6, p. 21-37.
- AJIBEFUN, I.A., BATTESE, G.E. e KADA, R. (1996). **Technical efficiency and technological change in the japanese rice industry: a stochastic frontier analysis**. Armidale: Centre for Efficiency and Productivity Analysis/University of New England. (Working Papers 9/96)
- ALVES, P.S.M. (1988). Mensuração e fontes de eficiência técnica da indústria de transformação: um estudo de caso para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Economia**. v. 42, n. 2, p. 195-214, abr./jun.
- AW, B.Y. e HWANG, A. (1994). **Productivity and the export market: A firm level analysis**. The Pennsylvania State University, mimeo.
- BARBOSA, F.H. (1985). **Microeconomia: Teoria, modelos econométricos e aplicações à economia brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA.
- BARRETO, F.A., MARINHO, E. e OLIVEIRA, T. (2002). Abertura econômica e o desempenho da produtividade da indústria brasileira de 1985/1996: uma abordagem utilizando o índice de Malmquist e a teoria da fronteira estocástica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA 7. Fortaleza: ANPEC, **Anais**.
- BATTESE, G.E. e BROCA, S.S. (1997). Functional forms of stochastic frontier production functions and models for technical inefficiency effects: a comparative study for wheat farmers in Pakistan. **Journal of Productivity Analysis**, n. 8 p. 395-414.
- BATTESE, G.E e CORRA, G.S. (1997). Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia. **Australian Journal of Agricultural Economics**, v. 21, n. 3, p.169-179.

- BATTESE, G.E, HESHMANTI, A e HJALMARSSON, L. (1998). **Efficiency of labor use in the Swedish banking industry: a stochastic frontier approach**. Armidale: Centre for Efficiency and Productivity Analysis/University of New England. (Working Papers 6/98)
- BAUER, P.W. (1990). Recent development in the econometric estimation of frontiers. **Journal of Econometrics**, v. 46, n. 1 e 2, p. 39-56.
- BONELLI, R. e FONSECA, R. (1998). Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 273-314, ago.
- BRAGA, H C. e ROSSI, J. W. (1986). Mensuração da eficiência técnica na indústria brasileira: 1980. **Revista Brasileira de Economia**, v. 40, n. 1, p. 89-118, jan/mar.
- BREITBACH, A. (1997). Mudanças tecnológicas e efeitos territoriais: a Região de Caxias do Sul como objeto de estudo. **Indicadores Econômicos**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 178-201.
- CACCIAMALI, M.C. e BEZERRA, L.L. (1997). Produtividade e emprego industrial no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 77-91, jan/mar.
- CARRERA-FERNANDEZ, J. (1996). Análise de eficiência da indústria petroquímica baiana. **Economia e Empresas**, São Paulo, v. 3, n.2, p. 42-48, abr/jun.
- CHEN, T.J. e TANG, D. (1987). Comparing technical efficiency between import-substituting and export-oriented foreign firms in a developing country. **Journal of Development Economics**, v 26, p. 277-289
- COELLI, T.J. (1996). **Measurement and sources of technical efficiency in Australian coal-fired electricity generation**. Armidale: Centre for Efficiency and Productivity Analysis/University of New England. (Working Papers 1/96)
- EVIIEWS 3 – User’s Guide (1997). **Quantitative Micro Software**.
- FARRELL, M.J. (1957). A measurement of productive efficiency. **Journal of The Royal Statistical Society**. v. 120, parte III, série A, p. 253-281.
- FEE. **Anuário Estatístico do RS, 2001**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística.
- FORSUND, F.R. e JANSEN, E.S. (1977). On estimating average and best practice homothetic production functions via cost functions. **International Economics Review**. v. 18, n. 2, p. 463-476.
- FORSUND, F.R, LOVELL, C.A.K. e SCHMIDT, P.(1980). A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. **Journal of Econometrics**, v. 13, p. 5-25.

- FRIED, H., LOVELL, C.A.K. e SCHMIDT, S. (1993). **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press.
- GIRON, L. S. (1986). Formação econômica regional. **Enfoque**, Bento Gonçalves, v. 14, n.63, p. 3-26.
- GUJARATI, D.N. (2000). **Econometria básica**. São Paulo: Makron Books.
- HERÉDIA, V. B. M. (1993). **Apontamentos para uma história econômica de Caxias do Sul: de colônia a município**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul. (Cadernos de Pesquisa, v. 2, n. 2)
- HILL, R.C., GRIFFITHS, W.E. e JUDGE, G.G. (1999). **Econometria**. São Paulo: Ed: Saraiva.
- HOFFMAN, R. (1980). **Estatística para economistas**. São Paulo: Editora Pioneira.
- INTRILIGATOR, M.D. (1978). **Econometrics models, techniques and applications**. Amsterdam: North-Holland.
- LIMA, R.C. (1996). Modelos de respostas binárias: especificação, estimação e inferência. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 19-25.
- LOVELL, C.A.K. (1993). Production frontiers and productive efficiency. In: FRIED, Harold et alli. (org.) **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, p. 3-67.
- LUNDEVALL, K. e BATTESE, G.E. (1998). **Firm size age and efficiency: evidence from Kenyan Manufacturing firms**. Armidale: Centre for Efficiency and Productivity Analysis/University of New England. (Working Papers 7/98)
- KALIRAJAN, K.P. On measuring yield potencial of the high yielding varieties tecnology at farm level. **Journal Agricultural Economics**, v. 33, p. 227-236.
- KLEIN, L. (1978). **Introdução à econometria**. São Paulo: Ed. Atlas.
- MEEUSEN, W. BROECK, J. (1997). Efficiency estimation for Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, vol. 18, n. 2, p. 435-44, jun.
- NUNES, R. (1997). A noção de competitividade. **Economia e Empresas**, São Paulo, v. 4, n.2, p. 99-101, abr/jun.
- NOGUEIRA, C. A. G. e ROSA, A. L.T. (1999). **Impactos da abertura econômica sobre a indústria brasileira: uma análise regional**. Fortaleza: UFC/CAEN. (Texto para discussão n° 187)

- PEREIRA, A.S., ALVIM, A.M. e WAQUIL, P.D. (2000). Eficiência técnica na atividade agrícola nos municípios do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 3. Porto Alegre: ANPEC SUL. **Anais**.
- PETERS, W. e SUMMERS, G. (1978). **Análise estatística e processo decisório**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas.
- RICHMOND, J. (1974). Estimating the efficiency of production. **International Economic Review**, v. 15, n. 2, p. 515-521, jun.
- ROSSI JÚNIOR, J.L. e FERREIRA, P.C. (1999). **Evolução da produtividade industrial brasileira e abertura comercial**. Rio de Janeiro: IPEA. (Texto para Discussão 651).
- SAHELI, S. e MACEDO, P.B. (1998). Eficiência técnica das unidades federativas brasileiras: padrões e determinantes. **Economia Aplicada**, v. 2, n.4, p. 647-679, out/dez.
- SALERNO, M. (1996). Trabalho e organização na empresa industrial integrada e flexível. In: FERRETTI, Celso et alii. (org.) **Novas tecnologias, trabalho e educação: um debate multidisciplinar**. Petrópolis: Vozes.
- SCHMIDT, P. (1976). On the statistical estimation of parametric frontier production functions. **Review of Economics and Statistics**, v. 48, n. 2, p. 238-239, maio.
- SILVEIRA, J.S.T. (2000). Análise econométrica de eficiência técnica usando regressão canônica na estimação da fronteira estocástica de produção. Florianópolis, PPGE/UFSC. **Tese de Doutorado**.
- TUPY, O. e YAMAGUCHI, L.C.T. (1998). Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, n. 2, p. 39-51.
- TYLER, W.G. (1980). Eficiência técnica na produção: uma análise empírica dos setores siderúrgico e de plásticos no Brasil. **Estudos Econômicos**, v. 10, n. 1, p. 29-53, jan/abr.
- VICENTE, J.R. (1999). Eficiência na produção agrícola paulista e seus determinantes. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 263-287, abr/jun.
- VILLELA, André e SILVA, R. (1994). Ganhos de produtividade: aspectos conceituais e implicações econômicas. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p. 77-98.

## Anexo A

Número de estabelecimentos, número de empregados e valor adicionado dos gêneros industriais de Caxias do Sul, 1980, 1985, 1990, 1995 e 2000

Gêneros industriais	1980			1985			1990			1995			2000		
	Estabelecimentos	Empregados	Valor Adicionado R\$ 1.000	Estabelecimentos	Empregados	Valor Adicionado R\$ 1.000	Estabelecimentos	Empregados	Valor Adicionado R\$ 1.000	Estabelecimentos	Empregados	Valor Adicionado R\$ 1.000	Estabelecimentos	Empregados	Valor Adicionado R\$ 1.000
Minerais Não Metálicos	67	1920	109.901,46	44	1537	127.708,59	67	1803	127.984,20	55	2121	75.779,31	33	222	6.106,92
Metalúrgica	276	5731	341.996,52	259	5687	278.074,51	470	5999	208.084,45	296	7027	211.438,06	343	6673	253.300,92
Mecânica	115	4063	252.474,14	132	5629	407.700,03	222	6434	340.452,94	205	5196	167.052,00	168	5961	258.573,49
Material Elétrico e de Comunicações	33	2853	184.705,62	40	2144	104.985,20	88	3073	196.519,89	112	4398	117.688,74	81	2493	106.733,23
Material de Transporte	75	9044	479.231,83	82	8580	536.207,89	129	10639	412.576,95	100	12121	345.659,23	53	10223	578.008,46
Madeira	112	3709	271.074,10	134	3137	151.713,64	150	2490	52.665,98	88	1181	17.402,97	59	1027	20.480,14
Mobiliário	123	1838	76.421,55	127	1826	70.441,10	220	2161	55.557,93	137	2292	44.970,40	87	1384	34.134,04
Papel e Papelão	23	406	17.953,00	25	504	37.563,84	25	636	58.668,55	36	700	18.635,13	17	755	22.792,68
Borracha	2	248	11.564,32	6	198	15.768,86	8	280	16.740,27	5	317	7.685,38	8	343	12.097,79
Couros, Peles e Similares	22	390	9.299,98	27	327	12.056,70	49	243	7.972,11	19	134	1.981,47	16	131	2.236,39
Química	7	181	19.085,17	12	214	22.208,35	16	236	17.776,17	15	273	14.982,43	27	316	36.092,60
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	3	117	6.146,07	1	99	5.145,95	3	157	9.658,55	2	99	3.284,06	3	97	5.018,00
Perfumarias, Sabões e Velas	4	7	889,56	9	9	1.018,21	19	27	237,66	6	13	307,29	4	13	390,77
Produtos de Matérias Plásticas	24	570	39.464,25	29	583	25.851,48	47	501	24.364,40	61	1515	65.479,32	82	2009	62.889,10
Têxtil	128	3852	117.745,79	140	3018	112.350,13	27	1389	18.480,32	27	1251	28.019,22	56	1907	85.916,32
Vestuários, Artefatos de Tecidos e Calçados	144	2610	103.512,78	189	3220	121.658,71	866	5225	192.480,52	340	2996	71.763,63	149	1284	15.970,97
Produtos Alimentares	96	2464	142.653,55	82	2498	127.603,94	130	2715	119.871,09	98	4099	51.090,76	108	2777	66.365,56
Bebidas	99	757	93.889,33	94	869	103.600,37	96	812	49.993,16	43	662	28.812,22	35	389	29.556,20
Editorial e Gráfica	12	765	7.601,72	19	297	10.433,66	43	424	19.454,48	26	338	7.262,95	34	859	30.241,64
Diversas	62	1547	83.376,31	77	1575	86.213,67	137	2112	62.718,18	43	298	3.646,12	89	1298	34.055,63
Total	1427	43072	2.368.987	1528	41951	2.358.305	2812	47356	1.992.258	1.714	47.031	1.282.941	1452	40161	1.660.961

Fonte dos dados brutos: Secretaria Estadual da Fazenda do RS

OBS: Os valores adicionados foram corrigidos para o ano de 2000, pelo IGP-DI / FGV

## ANEXO B

### Estatísticas básicas das variáveis: número de empregados, quantidade consumida de energia elétrica, valor das entradas e valor adicionado - 1995

Especificações	Variáveis	Estatísticas				
		Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Total
Setor	NE	50,08	206,57	2,00	2950,00	25239,00
	KWH	230683,84	904502,43	18,00	9861317,00	116264656,00
	VE	2408886,10	13152660,59	240,59	218503170,00	1214078596,00
	VA	1618129,16	7172145,77	105,75	114335786,20	815537097,30
Metalúrgica	NE	24,10	46,36	2,00	374,00	5158,00
	KWH	134231,69	394128,44	18,00	2712098,00	28725581,00
	VE	756061,06	2010923,86	543,75	15322812,00	161797067,50
	VA	680828,79	1375951,40	105,75	11491751,98	145697360,40
Mecânica	NE	48,48	174,87	2,00	1843,00	6400,00
	KWH	282519,30	1128620,40	220,00	9193982,00	37292547,00
	VE	2143348,54	11174809,71	240,59	125956349,00	282922006,80
	VA	1749815,56	7161942,71	1299,97	78236924,02	230975653,50
Mat. Elétrico/ Comunicações	NE	53,78	177,01	2,00	1214,00	4410,00
	KWH	263359,12	1333827,24	150,00	9861317,00	21595448,00
	VE	1821219,18	7873429,74	1143,41	63628960,62	149339973,00
	VA	1526789,29	5635964,37	892,60	38100820,49	125196721,60
Material de Transporte	NE	121,99	430,86	2,00	2950,00	9271,00
	KWH	376987,89	919402,84	673,00	5418787,00	28651080,00
	VE	8158151,96	28668094,12	1983,00	218503170,00	620019549,10
	VA	4127202,13	14380140,37	399,95	114335786,20	313667361,80

Fonte dos dados brutos: Banco de dados da Guias de ICMS da Prefeitura de Caxias do Sul

NE: número de empregados

KWH: quantidade de KWH consumida

VE: valor das entradas

VA: valor adicionado

**Estatísticas básicas das variáveis: número de empregados, quantidade consumida de energia elétrica, valor das entradas e valor adicionado - 2000**

Especificações	Variáveis	Estatísticas				
		Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Total
Setor	NE	45,06	193,59	2,00	3190,00	28704,00
	KWH	431524,65	2250220,52	5,00	31080840,00	274881201,00
	VE	3769239,97	26355764,21	110,00	573719308,60	2401005859,30
	VA	2293274,54	12675646,52	165,00	195880297,50	1460815884,36
Metalúrgica	NE	17,92	30,59	2,00	250,00	6003,00
	KWH	155376,05	826890,29	5,00	14445046,00	52050978,00
	VE	933968,21	2797157,67	110,00	32317994,47	312879349,72
	VA	706999,95	1678698,03	165,00	16739013,17	236844984,57
Mecânica	NE	44,43	149,61	2,00	1605,00	6709,00
	KWH	607463,48	2797470,72	260,00	24630698,00	91726985,00
	VE	2353042,68	8555233,71	159,00	95383205,87	355309445,02
	VA	2024148,07	8247457,50	1316,67	93354426,38	305646359,09
Mat. Elétrico/ Comunicações	NE	48,74	160,75	2,00	1153,00	3997,00
	KWH	300792,80	1293457,38	385,00	9010199,00	24665010,00
	VE	2704145,95	9416016,58	150,47	56416869,00	221739967,90
	VA	1744431,32	6304805,28	5249,59	50663775,33	143043367,90
Material de Transporte	NE	173,84	495,28	2,00	3190,00	11995,00
	KWH	1542583,01	4798618,69	750,00	31080840,00	106438228,00
	VE	21899668,07	76238663,20	1613,59	573719308,60	1511077096,66
	VA	11235959,03	34604206,03	10316,85	195880297,50	775281172,80

Fonte dos dados brutos: Banco de dados da Guias de ICMS da Prefeitura de Caxias do Sul

NE: número de empregados

KWH: quantidade de KWH consumida

VE: valor das entradas

VA: valor adicionado

## Anexo C

### Questionário aplicado no levantamento de dados, junto às empresas da amostra

Senhor Empresário,

Sou professor do Departamento de Economia da Universidade de Caxias do Sul e estou desenvolvendo uma pesquisa sobre a eficiência produtiva do setor Metal-Mecânico de Caxias do Sul. Para tanto, necessito levantar algumas informações junto a uma amostra de empresas do Setor.

Devo ressaltar que as análises das informações não serão feitas em nível de empresa, mas para o Setor como um todo. Portanto, as empresas não serão identificadas nas análises e, além disso, todas as informações prestadas serão mantidas em sigilo, sendo manuseadas, somente, pela minha pessoa.

Esta pesquisadora está apta a aplicar o questionário e, após seu preenchimento, deverá encaminhá-lo diretamente à minha pessoa.

Assim, solicito a gentileza de responder as questões abaixo, sendo que quaisquer esclarecimentos podem ser obtidos diretamente junto a minha pessoa, pelo telefone 218-6080, ou junto ao Departamento de Economia da UCS, pelo telefone 212-1133.

Prof. Miguel Antonio da Câmara Canto

---

- 1- Sua empresa desenvolve pesquisa própria para aperfeiçoar o processo produtivo?  
 Sim, regularmente - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos  
 Sim, ocasionalmente - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos                       Não
- 2- Sua empresa promove treinamento da mão-de-obra?  
 Sim, regularmente - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos  
 Sim, ocasionalmente - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos                       Não
- 3- Sua empresa busca assessoria/consultoria externa?  
 Para aperfeiçoamento da organização da produção - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos  
 Para aperfeiçoamento da organização do trabalho - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos  
 Para aperfeiçoamento da organização geral da empresa – Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos
- 4- Sua empresa exige certificação de qualidade para os fornecedores de matérias-primas?  
 Sim - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos     Não
- 5- Sua empresa tem buscado formar parcerias com outras empresas, no sentido de desenvolver o processo produtivo?  
 Sim, com empresas nacionais - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos  
 Sim, com empresas estrangeiras - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ anos                       Não
- 6- Qual o percentual das matérias-primas no processo produtivo da empresa que é importado?  
 \_\_\_\_\_% Há quanto tempo a empresa importa? \_\_\_\_\_ anos  Não importa matéria-prima
- 7- Qual o percentual da produção da empresa que é exportada?  
 \_\_\_\_\_% Há quanto tempo a empresa exporta? \_\_\_\_\_ anos                       Não exporta
- 8- Data de fundação da empresa: \_\_\_\_\_