

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**AVALIAÇÃO DOS BOLSISTAS DE PRODUTIVIDADE EM
PESQUISA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO
*DATA ENVELOPMENT ANALYSIS***

CARLOS ALBERTO PITTALUGA NIEDERAUER

Florianópolis, dezembro de 1998.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**AVALIAÇÃO DOS BOLSISTAS DE PRODUTIVIDADE EM PESQUISA
DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO
*DATA ENVELOPMENT ANALYSIS***

CARLOS ALBERTO PITTALUGA NIEDERAUER

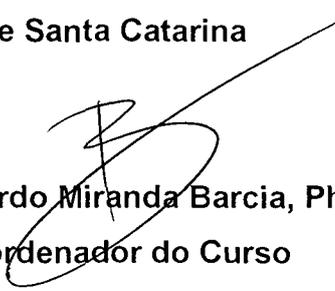
**DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE**

Florianópolis, dezembro de 1998.

**AVALIAÇÃO DOS BOLSISTAS DE PRODUTIVIDADE EM
PESQUISA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO UTILIZANDO
DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

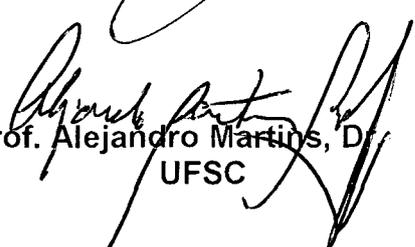
Carlos Alberto Pittaluga Niederauer

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa
de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Santa Catarina**


**Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso**

BANCA EXAMINADORA:


**Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Orientador**


**Prof. Alejandro Martins, Dr.
UFSC**


**Prof. Antônio Galvão Novaes, Dr.
UFSC**


**Prof. Edgar Augusto Lanzer, Ph.D.
UFSC**


**Eng. Gerson Galvão
CNPq**


**Prof. Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr.
UFSC**

Dedico este trabalho aos meus pais, Elda e Adaury, aos meus filhos Mariana e Pedro e a minha esposa, Cristina, que suportou a dolorosa separação de seus familiares para me acompanhar nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Quero deixar aqui registrados meus mais sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, desejo agradecer :

Ao meu orientador, professor Ricardo Miranda Barcia, que com maestria indicou o caminho correto a trilhar.

Ao CNPq, minha instituição, por acreditar e apoiar financeiramente o trabalho e por proporcionar a este seu servidor a chance ímpar de evoluir como ser humano e cidadão.

Ao Superintendente de Planejamento do CNPq, Dr. Gerson Galvão, pela cessão de documentos relevantes para esta Dissertação.

Aos funcionários do CNPq, Celso Machado Cardoso, Wagner de Freitas Gervásio, Elson Lima e Gilza Alvez, por gentilmente dividirem seus afazeres com a busca às informações por mim solicitadas.

Ao professor Lanzer, pelas valiosas sugestões, ao professor Alejandro pela revisão criteriosa, e aos professores Novaes, Aran e Roberto, pela discussão do trabalho.

Aos amigos Jorge e Wesley, pelo apoio e discussões sobre o assunto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativas	2
1.2 A Questão de Pesquisa e o Objetivo do Trabalho	3
1.3 Delimitação do Estudo	3
1.4 Descrição e Organização dos Capítulos	4
CAPÍTULO 2	
A BOLSA DE PRODUTIVIDADE EM PESQUISA	5
2.1 Histórico	5
2.2 A Situação Atual da Bolsa de Produtividade em Pesquisa	6
2.3 Requisitos e Critérios para a Classificação dos Bolsistas	7
2.4 Conclusões	8
CAPÍTULO 3	
AVALIAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA E A DATA ENVELOPMENT ANALYSIS	10
3.1 As Formas Tradicionais de Avaliar Ciência e a Relação com a Bolsa de Produtividade em Pesquisa	10
3.2 A DEA - <i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise por Envoltória de Dados)	12
3.3 Desempenho, Eficiência e Produtividade	17
3.4 Conclusões	18
CAPÍTULO 4	
METODOLOGIA	19
4.1 O <i>Design</i> de Pesquisa	19
4.2 Delimitação do Universo da Pesquisa	20
4.3 A Coleta de Dados	21
4.4 Caracterização da Engenharia de Produção no Âmbito do CNPq	22
4.5 Tratamento dos Dados	25
4.6 A Escolha do Modelo DEA	33
4.7 Conclusões	34

CAPÍTULO 5	
APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	36
5.1 Descrição e Análise dos Resultados	36
5.1.1 Análise da Envoltória	40
5.1.2 Análise dos Multiplicadores	41
5.2 Ajuste do Modelo	43
5.3 Conclusões.....	52
CAPÍTULO 6	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	53
6.1 Conclusões.....	53
6.2 Recomendações	54
ANEXOS	
Anexo I	56
Anexo II	59
Anexo III	62
Anexo IV	64
Anexo V	66
Anexo VI	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – O contexto da pesquisa	4
Figura 3.1 – Comparação entre a DEA, a análise de regressão e o desempenho absoluto (adaptado de Charnes <i>et al.</i> , 1996).....	15
Figura 3.2 – Fluxograma da aplicação de um modelo DEA (adaptado de Golany & Roll, 1989)	16
Figura 4.1 – O <i>Design</i> de Pesquisa.....	19
Figura 4.2 – Informações sobre os bolsistas de Produtividade em Pesquisa	21
Figura 4.3 - Distribuição dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção segundo a categoria/nível da bolsa	24
Figura 4.4 - Tempo transcorrido entre a obtenção dos graus de mestre e doutor (em anos)	27
Figura 4.5 – Fatores de insumo e produto selecionados	32
Figura 5.1 - Índices de produtividade dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa	38
Figura 5.2 - Concentração dos índices de produtividade por categoria/nível dos bolsistas	39
Figura 5.3 - Concentração dos índices de produtividade por categoria/nível da bolsa	46
Figura 5.4 - Concentração dos índices de produtividade por categoria/nível da bolsa	50
Figura 5.5 - Índices de produtividade dos bolsistas selecionados de acordo com suas instituições de vínculo	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Distribuição dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa por Grande Área (situação em 31/12/97)	23
Tabela 4.2 - Engenharias: distribuição das bolsas de Produtividade em Pesquisa (situação em 31/12/97)	23
Tabela 4.3 - Distribuição dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção segundo a instituição de vínculo	25
Tabela 5.1 - Índices de produtividade	37
Tabela 5.2 - Projeções na fronteira de produtividade	40
Tabela 5.3 - Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência	42
Tabela 5.4 - Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência (em porcentagem)	43
Tabela 5.5 - Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência (modelo com a restrição $2 \leq GD/GM \leq 5$, alterações sublinhadas)	44
Tabela 5.6 - Relação entre os modelos original e modificado	45
Tabela 5.7 - Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência (modelo com as restrições $0,5 \leq TD/TM \leq 2$ e $2 \leq GD/GM \leq 5$, alterações sublinhadas)	48
Tabela 5.8 - Relação entre os três modelos	49
Tabela 5.9 - Conceitos dos cursos selecionados de pós-graduação em Eng. de Produção	51

RESUMO

Tanto em Ciência e Tecnologia, como em qualquer outro setor, avaliação é uma atividade essencial, principalmente para políticas de tomada de decisão. No CNPq, onde o sistema de avaliação apresenta deficiências, a questão vem merecendo destaque no processo de planejamento estratégico da instituição. Nesse contexto, ferramentas e métodos que auxiliem os processos decisórios assumem um papel fundamental. O CNPq, em particular, vem se aparelhando para promover a avaliação e acompanhamento (A&A) de seus bolsistas.

A proposta deste trabalho é desenvolver uma metodologia de apoio à avaliação da bolsa de Produtividade em Pesquisa (BPP). A BPP é um dos mais importantes instrumentos de fomento do CNPq. A aplicação da metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA) à BPP objetiva demonstrar a viabilidade do método como instrumento auxiliar no processo decisório da BPP.

Uma avaliação empírica da metodologia foi testada em 61 pesquisadores da Engenharia de Produção. Este processo mediu a produtividade dos BPPs, utilizando dados do currículo padrão do CNPq. O modelo DEA usou retornos constantes de escala com orientação a produto, considerando os indicadores de C&T como produtos e o tempo de formação como insumo. Os resultados foram promissores, sendo possível utilizar a DEA como ferramenta de apoio à tomada de decisão sobre as BPP.

Palavras-chave: Avaliação em C&T, Avaliação de bolsistas de Produtividade em Pesquisa, Data Envelopment Analysis.

ABSTRACT

As in many other areas, the process of evaluating scientific and technological research is essential for establishing public funding policies. In particular, CNPq – the Brazilian National Research Council – aware of drawbacks in its evaluation process, has given high priority to its improvement. This commitment is duly expressed in CNPq’s recent strategic plan. Among other measures, the development of methods and tools to help in the analysis of researchers’ proposals and reports, is of fundamental importance. In particular, the institution is interested in developing more efficient evaluation procedures with regard to the fellowships awarded to researchers.

The purpose of this work is to develop a method to give support to the evaluation process associated with one specific type of CNPq fellowship, named Research Productivity Scholarship (BPP, in Portuguese). The BPP is one of the most important CNPq’s research incentives. The application of Data Envelopment Analysis (DEA) to the evaluation of the BPP fellowships has the objective of showing the possibilities of the method as an auxiliary instrument in the awarding process.

An empirical evaluation of the methodology has been tested on data from 61 researchers working in the Industrial Engineering area. The productivity of such researchers was studied taking data from their standard CNPq curriculum vitae, and confronting the results with BPP awards. The DEA model assumed constant returns to scale, with output orientation. R & D indicators were assumed as outputs, while effective research time, measured since advanced graduation, was taken as input. The results of the analysis appeared to be consistent, letting us to assume that the proposed methodology can be of real help in evaluating BPP fellowships.

Keywords: Evaluation in R & D, Productivity evaluation in research fellowships, Data Envelopment Analysis

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Não é de hoje que ciência e tecnologia (C&T) são reconhecidos como setores estratégicos para o desenvolvimento das nações. Estudos mostram que um número crescente de países vem concentrando esforços cada vez maiores no fomento às atividades de C&T (UNESCO, 1984, NSF, 1994). Portanto, é determinante que os investimentos em C&T sejam crescentes e continuados, tanto por parte do setor público quanto privado (MCT, 1995). No Brasil, os dados mais recentes dão conta que 78% dos dispêndios em C&T originaram-se dos cofres públicos (MCT, 1996). Reconhecida a importância estratégica de C&T, e a ação decisiva do Governo nesse processo, procedimentos de acompanhamento e avaliação (A&A) passam a desempenhar um papel fundamental, até como forma de prestação de contas à sociedade. Atento à questão, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico¹ (CNPq), em seu Planejamento Estratégico Situacional (PES), dá destaque especial ao processo de A&A (CNPq, 1998b). O CNPq, ao identificar que o sistema de A&A vigente não satisfazia as suas necessidades, elegeu como uma das metas do PES a “implantação de um sistema permanente de acompanhamento e avaliação”. Tal meta é considerada essencial para que a instituição promova o crescimento do sistema de C&T com qualidade (CNPq, *op. cit.*). Este trabalho, motivado pela citada meta, aborda o tema “avaliação de bolsistas” em um universo particular, o dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção, que são avaliados pelo desempenho através do método *Data Envelopment Analysis*.

O CNPq caracteriza-se, essencialmente, pela promoção ao desenvolvimento científico e tecnológico. Esta é sua principal função, que em 1997 consumiu cerca de 82% dos recursos do órgão (CNPq, 1998c). Deste montante, apenas 11% foram destinados ao fomento à pesquisa (auxílios), cabendo a significativa parcela de 89% às bolsas (CNPq, 1998a). Embora

¹ O CNPq é uma fundação criada em 1951 e vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT

tal desequilíbrio seja devido a fatores que extrapolam a esfera de atuação do CNPq, como contingenciamentos orçamentários, os dados não deixam de ser relevantes. Por outro lado, observa-se que “os maiores problemas enfrentados pelo sistema de avaliação do CNPq ocorrem na área de bolsas e dizem respeito ao desaparelhamento da agência para realizar o acompanhamento da performance de seus bolsistas” (Guimarães, 1994, p. 70). Ora, se o sistema de bolsas consome quase 90% do orçamento alocado ao desenvolvimento científico e tecnológico, e se há falhas na medição do seu desempenho, o tema “avaliação de bolsistas” passa a ser não só relevante, como também necessário.

1.1 Justificativas

O processo de A&A e a própria avaliação do sistema de bolsas são temas complexos, complexidade esta que ultrapassa o escopo deste trabalho. Contudo, há uma parcela do universo de bolsas que merece destaque: as bolsas de Produtividade em Pesquisa. Esta modalidade, um incentivo direto ao pesquisador, é um dos principais instrumentos do CNPq. O processo decisório que cerca a modalidade possui falhas e requer uma análise mais profunda, tanto que vem sendo revisto (CNPq, 1997b). Por exemplo, a avaliação da bolsa é quase que exclusivamente *ex-ante*, restringindo-se a uma análise superficial feita pelo corpo técnico do CNPq e numa avaliação dos comitês assessores (CAs) com forte enfoque subjetivo. Observa-se, não só na análise desta modalidade, como no sistema de fomento em geral, a ausência de parâmetros, indicadores e critérios bem definidos, não sendo possível avaliar o desempenho e a qualidade dos resultados atingidos (CNPq, 1998b). Estas deficiências na avaliação acabam por comprometer a tomada de decisão e a própria gestão do sistema.

Neste contexto, ferramentas e métodos que auxiliem os procedimentos avaliativos e de tomada de decisão são fundamentais, quer em nível técnico e gerencial, quer em atividades de planejamento. Um método quantitativo que vem sendo frequentemente empregado em ambientes decisórios é a *Data Envelopment Analysis* - DEA, ou Análise por Envoltória de Dados. O método é facilmente aplicável em situações onde existam vários insumos e produtos e cujas importâncias relativas não podem ser definidas (Johnes, 1996, p. 30), como é o caso de organismos públicos. A DEA se constitui em uma alternativa aos métodos tradicionais de avaliação de desempenho, pois não é paramétrica, dispensando o prévio estabelecimento de

uma forma funcional (Charnes *et al.*, 1996). Sua aplicação à avaliação das bolsas de Produtividade em Pesquisa poderá representar, mais que uma alternativa, um avanço para o CNPq e para o próprio sistema nacional de fomento à C&T.

1.2 A Questão de Pesquisa e o Objetivo do Trabalho

Constatada a necessidade e o caráter estratégico dos procedimentos e métodos de A&A, em particular os problemas que envolvem o processo decisório da Bolsa de Produtividade em Pesquisa, surgiu a seguinte questão de pesquisa:

“De que forma é possível contribuir para o processo de avaliação dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq?”

Esta questão, então, remeteu ao objetivo da Dissertação:

“Fornecer ao CNPq uma ferramenta de apoio ao processo de avaliação dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa.”

A expectativa, com o alcance do objetivo traçado, é contribuir para o processo de A&A que o CNPq vem implantando, demonstrando ser possível utilizar a DEA nos processos de análise técnica, julgamento e tomada de decisão sobre as bolsas de Produtividade em Pesquisa.

1.3 Delimitação do Estudo

O estudo focalizou uma área do conhecimento, a Engenharia de Produção. Além disso, somente foram considerados neste trabalho os pesquisadores detentores da Bolsa de Produtividade em Pesquisa em Engenharia de Produção. A análise ainda se limitou aos bolsistas cujo currículo padrão adotado pelo CNPq (Formulário 168/1 - Banco de Currículos) estava disponível. Isto visa a garantir a padronização dos dados. Trata-se, portanto, de uma medição de desempenho baseada em avaliação curricular. Com esta delimitação completa-se o contexto em que pesquisa está inserida, o qual é mostrado na da Figura 1.1.

Ambiente	Ciência e Tecnologia
Tema	Avaliação de bolsistas
Objeto de estudo	Bolsas de Produtividade em Pesquisa do CNPq
Universo	Engenharia de Produção
Avaliação	Curricular, quantitativa
Método de avaliação	<i>Data Envelopment Analysis</i>

Figura 1.1 – O contexto da pesquisa

A metodologia adotada neste estudo poderá ainda ser aplicada na medição do desempenho de outros instrumentos e programas de fomento do CNPq, como por exemplo em avaliações de grupos de pesquisa ou de programas interdisciplinares.

1.4 Descrição e Organização dos Capítulos

Esta Dissertação está organizada em seis capítulos. O primeiro capítulo introduz o tema de pesquisa, mostrando a motivação, a justificativa e o objetivo que conduziram à escolha do assunto. Apresenta, ainda, a delimitação do trabalho, bem como definição de termos e abreviações utilizadas. Em seu Capítulo 2, o trabalho explora em detalhes a Bolsa de Produtividade em Pesquisa. Levanta seu histórico, a situação atual e os requisitos e condições que governam a modalidade. O Capítulo 3 apresenta as formas tradicionais de avaliar ciência e o método *Data Envelopment Analysis*. Já o quarto capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados, bem como o modelo DEA escolhido para análise dos dados.

O trabalho se completa com os capítulos 5 e 6, sendo que o quinto apresenta os resultados alcançados e o sexto as conclusões e recomendações futuras.

Reserva-se o Anexo I para a definição dos termos e siglas utilizados neste trabalho.

CAPÍTULO 2

A BOLSA DE PRODUTIVIDADE EM PESQUISA

No sistema de bolsas do CNPq, um destaque especial cabe à Bolsa de Produtividade em Pesquisa, modalidade cujo propósito é promover o “desenvolvimento de atividades de pesquisa de maneira regular e contínua, possibilitando aos pesquisadores condições e estímulos para o desenvolvimento de projetos individuais ou integrados de pesquisa” (CNPq, 1997b, p. 34). Um breve histórico, a atual situação e perspectivas futuras, além dos requisitos e critérios para a classificação dos bolsistas, são os tópicos que passam a ser discutidos a seguir.

2.1 Histórico

O CNPq, como instituição voltada primordialmente para a promoção da capacidade científica e tecnológica nacional, sempre buscou consolidar a matéria prima essencial a essas atividades, os recursos humanos de alta qualificação. Assim, logo após a fundação da instituição, em 1951, foram criadas as bolsas de estudo e de pesquisa, ambas objetivando incentivar a dedicação exclusiva à pesquisa e estimular o ingresso no ambiente científico e tecnológico (CNPq, 1989). Em relação às bolsas para pesquisa, no princípio não existia nenhuma regulamentação específica, o que só veio a ocorrer a partir de 1955, ano em que se passou à adoção de normas e procedimentos voltados à análise e concessão dos benefícios. Paulatinamente, foram sendo efetuadas modificações no sistema, até como forma de ajuste à evolução dos tempos. Outras transformações ocorreram. Em 1975, foi introduzido um acordo entre o pesquisador detentor da bolsa e o CNPq. No ano seguinte, foram criados níveis hierárquicos, classificando os pesquisadores de acordo com sua qualificação. Passou a vigorar a exigência do título de mestre para concorrer à bolsa (CNPq, *op. cit.*). A classificação, segundo os níveis hierárquicos, vigora até hoje, com algumas pequenas modificações. A alteração mais significativa foi a exclusão do menor nível, destinado a contemplar os pesquisadores portadores unicamente do título de mestre. Com a decisão de permitir que

somente doutores tivessem acesso à bolsa de Produtividade em Pesquisa, a Agência nada mais fez do que reconhecer a elevação da qualificação dos pesquisadores nacionais.

Hoje, o sistema de Bolsas de Produtividade em Pesquisa contempla cerca de 7.400 pesquisadores (CNPq, 1998a), que atuam nos mais diversos centros de pesquisa do Brasil e distribuídos através das várias áreas do conhecimento humano. Em 1997, os dispêndios com a modalidade representaram 20,45% do orçamento de bolsas no país (CNPq, *op. cit*) e seus atuais objetivos não diferem muito daqueles formulados por ocasião de sua criação.

2.2 A Situação Atual da Bolsa de Produtividade em Pesquisa

Dentro dos procedimentos de avaliação e revisão dos principais instrumentos do CNPq, a Bolsa de Produtividade em Pesquisa não poderia estar ausente. Tanto é verdade que foi proposta uma completa avaliação da modalidade. Em vista da importância que o tema suscita, reproduz-se, *ipsis litteris*, o elenco de ações estipuladas (CNPq, 1997b, p. 38):

Configuração do quadro atual de bolsistas, incluindo, entre outros: relação dos pesquisadores, organizada por categorias, instituição, área do conhecimento e região; custo do programa; dados relativos à produção em pesquisa e à formação de novos pesquisadores, com indicadores de produtividade, liderança nos Grupos de Pesquisa (Diretório), nas articulações internacionais da ciência brasileira e nos projetos cooperativos no país, e presença em sociedades científicas, Academia de Ciências, etc.

Análise do processo de seleção e de renovação (sistemática de avaliação, critérios de julgamentos dos CA's, número de pesquisadores avaliados, propostas recomendadas, bolsas implementadas, tempo e forma de permanência no quadro).

Evolução do Programa: gênese e histórico do Programa, evolução do quadro de bolsistas por categorias, por instituição, por área do conhecimento, por região.

Avaliação e Perspectivas: problemas e questões detectados em avaliações anteriores, discutidos pelo CD e pelos CA's; visão crítica do programa atual; relação do programa com as outras ações de fomento do CNPq, com a evolução das áreas de conhecimento e com políticas de Estado; o papel do programa dentro de um Sistema Nacional de Avaliação da Pesquisa; o papel do programa como instrumento de definição de estratégias de P&D no País; perspectivas e propostas para o Programa.

Para esta tarefa, o CNPq buscou consultores externos, ficando patente, mais uma vez, a oportunidade desta pesquisa para apoiar o que o CNPq denominou de "Revisão do Programa de Estímulo ao Pesquisador".

2.3 Requisitos e Critérios para a Classificação dos Bolsistas

A bolsa de Produtividade em Pesquisa tem duração máxima de 24 (vinte e quatro) meses, podendo ser renovada, por igual período, dependendo do desempenho do bolsista no período anterior. De acordo com a norma em vigor (CNPq, 1996), qualquer pesquisador residente no Brasil pode se candidatar ao benefício, desde que possua o título de doutor ou formação equivalente e atenda aos seguintes requisitos:

- ter qualificação, experiência e desempenho destacado em sua área de atuação;
- ter vínculo funcional/empregatício em tempo integral com instituição de ensino e/ou pesquisa; e
- dedicar-se integralmente às atividades de pesquisa ou pesquisa/ensino.

A análise das propostas se dá mediante a apresentação de um projeto de pesquisa e do *curriculum vitae* do candidato. Entretanto, conforme observa Ibañez (1996, p.6), “na concessão dessas bolsas, a análise do currículo tem maior valor que a do próprio projeto de pesquisa”, ou seja, sua concessão está fortemente calcada na produção dos pesquisadores. Para poder discriminar a qualidade dos pesquisadores, o CNPq possui algumas diretrizes gerais para enquadramento dos bolsistas segundo sua senioridade, consonantes com a sua qualificação acadêmica, experiência e produção científica. De acordo com a Instrução de Serviço 002/96 que regulamenta o assunto (CNPq, 1996), os bolsistas são classificados em duas categorias, I e II, subdivididas em três níveis, A, B e C. Os requisitos de enquadramento na categoria I exigem que o pesquisador possua cinco anos, no mínimo, de experiência em atividades de pesquisa, pesquisa/ensino ou correlatas, após a obtenção do título de doutor ou formação equivalente. Para a categoria II são necessários dois anos, no mínimo, da experiência exigida para a categoria I. Conforme sua produção acadêmica e científica, o pesquisador é enquadrado nos três níveis citados anteriormente. O nível mais elevado é o A, sendo C o menor. A classificação IA corresponde àqueles pesquisadores de maior destaque em sua área de atuação e cuja independência e liderança científica são reconhecidas por toda a comunidade. No outro extremo, os pesquisadores que recebem a classificação IIC são os profissionais em início de carreira ou cuja produção científica não lhes permite acessar níveis mais elevados. Para a progressão do pesquisador entre os vários níveis, o CNPq exige uma crescente autonomia e produção científica/tecnológica, sendo necessário haver contínuo incremento de liderança e independência em seu meio de atuação.

Esses critérios estipulados pelo CNPq, como se vê, são genéricos, vez que necessitam atender a todas as áreas do conhecimento. Por isto, geralmente são modificados pelos comitês assessores, que os adaptam às especificidades e características, detalhando e incluindo critérios com níveis diferenciados de rigorismo. O Anexo II traz os valores das bolsas segundo a categoria/nível, bem como os critérios gerais para classificação, enquadramento e progressão dos pesquisadores. A Figura 2.1, a seguir, resume essas condições. Observe-se que, tanto o tempo mínimo de doutorado necessário, quanto o de produção científica, são idênticos para todos os níveis da categoria I. A diferenciação se dá pela independência e liderança científica/tecnológica, assim como a participação na formação de mestres e doutores, quando vinculado a instituições de pós-graduação.

Critérios para classificação	categoria nível	I			II		
		A	B	C	A	B	C
Requisitos		Ser doutor residente no Brasil, possuindo vínculo funcional/empregatício ¹ com instituição de pesquisa e/ou ensino e dedicar-se integralmente à pesquisa ou ensino/pesquisa.					
Tempo mínimo de experiência em pesquisa/ensino (em anos)		5			2		
Tempo de doutorado (em anos)		5	5	5	2	1	-
Tempo mínimo de produção científica (em anos)		7	7	7	4	3	2

¹exceção feita ao pesquisador aposentado

Figura 2.1 – Critérios para classificação dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa

2.4 Conclusões

A bolsa de Produtividade em Pesquisa, tendo quase a mesma idade do CNPq, é seguramente um importante instrumento de incentivo ao pesquisador, servindo de estímulo a sua contínua evolução profissional e podendo contribuir também para sua permanência na carreira acadêmica e científica. Por outro lado, como é investida uma parcela substancial de recursos na modalidade, faz-se necessário sua constante monitoração, através de métodos de avaliação e acompanhamento, o que fica evidente com o destaque dado pelo CNPq ao realizar uma ampla revisão da modalidade. Ainda que existam requisitos e critérios elaborados pela instituição, e pelos próprios comitês assessores, no tocante à análise e julgamento da bolsa, é pertinente a incorporação de metodologias que possam contribuir para uma sistemática de

avaliação mais ampla, eficiente, contínua e com visão estratégica. A questão reside em como fazê-lo. O próximo Capítulo trata das formas de avaliar ciência e de como a *Data Envelopment Analysis* pode contribuir para o assunto em tela.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA E A *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS*

Monitorar a ciência não é uma atividade recente. No século passado já se utilizava registros e bibliografias como meio para avaliar a produção científica (Castro, 1986, p. 193). Contudo, o processo de avaliação como atividade regular é mais recente. Ele surgiu no pós-guerra, quando as agências públicas de fomento ao setor começaram a financiar a pesquisa, através da contratação de projetos. Mas foi somente na década de 60, devido à diminuição de recursos para C&T, que os mecanismos de avaliação de C&T ganharam espaço (Castro, 1986, p. 151). Velho (1985, p. 35) relata que

... tornava-se necessário avaliar e monitorar a atividade científica por pelo menos 3 razões: a) para assegurar que a ciência participasse efetivamente na consecução dos objetivos econômicos e sociais dos diferentes países; b) porque a disponibilidade de recursos para esta atividade é limitada e obviamente compete com os demais setores de investimento público; c) porque o procedimento de deixar a decisão de alocar os recursos para ciência exclusivamente com os próprios participantes dessa atividade deixava muito a desejar.

Assim, “medir ciência” passa a ser uma prática plenamente justificável. As atividades de avaliação e acompanhamento, mais do que essenciais, devem se tornar práticas rotineiras, justificando o investimento do CNPq num sistema permanente de acompanhamento e avaliação.

3.1 As Formas Tradicionais de Avaliar Ciência e a Relação com a Bolsa de Produtividade em Pesquisa

Existem, basicamente, duas maneiras de avaliar ciência, ambas mundialmente utilizadas. A primeira é a consagrada avaliação por pares e a segunda é conhecida como

cientometria. A literatura relata que ambas têm seus prós e contras. Segundo Velho (1989, p. 958) “A cientometria é definida como a área que compreende todos os tipos de análise quantitativa da ciência que se baseiam em fontes de arquivos, sem observação direta da atividade de pesquisa, e que são dirigidas aos produtos ou resultados dos processos científicos.” Veículos como o *Science Citation Index* tornaram possível o avanço da cientometria, proporcionando dados para as medições científicas (Velho, *op. cit.*). Neste ponto, vale observar que a cientometria representa uma segunda avaliação, pois ela trabalha em cima de algo que já foi avaliado; suas fontes de informação são essencialmente artigos e livros publicados em periódicos de divulgação de C&T. A crítica à cientometria, em geral, recai sobre as contagens de publicações, por darem igual peso a contribuições de valores diferentes. Isto fez surgirem controles adicionais, como a contagem de citações que um determinado artigo recebe. Ainda assim, são necessários cuidados adicionais; certos artigos são muito citados por cometerem algum erro sério (Castro, 1986).

O outro modo de medir a ciência, e não imune a críticas, é o meio mais tradicional de avaliação que se conhece, a avaliação por pares. O método é fortemente calcado na reputação adquirida pelo avaliado e no conhecimento dos avaliadores. Contudo, de acordo com Thulstrup (1992, p. 15)

o método tem diversos defeitos. Em primeiro lugar, nem sempre é fácil assegurar uma completa imparcialidade do grupo que avalia [...] Quando o propósito da avaliação é a alocação de recursos, tais casos podem suscitar reclamações de parcialidade; pesquisadores mais velhos são vistos como favorecidos em relação aos novos, os homens em relação às mulheres, os projetos de rotina sobre os não convencionais, etc.

Para Castro (1986, p.153) “a experiência demonstra que este método é simples, barato, suficientemente seguro e aplicável a uma gama bastante ampla de situações.” Porém, alerta que “uma restrição adicional ao método de avaliação por pares é o seu caráter de refletir um conhecimento compartilhado na comunidade científica, onde, como em qualquer outro grupo, circulam mitos e enganos.” Parte desta afirmação – o conhecimento compartilhado - é verdade para o caso do CNPq. A organização dos comitês assessores ainda é predominantemente por área do conhecimento. Dificilmente os CAs são capazes de um “olhar estratégico” e raramente conseguem justificar suas análises em termos de pertinência para o progresso econômico e social do país. É digno de destaque que o atual sistema de análise, feito em sua maioria sobre uma grande quantidade de propostas individuais, é uma atividade

extremamente penosa, tanto para os técnicos do CNPq quanto para os comitês, inviabilizando qualquer análise mais profunda.

No caso da análise das bolsas de Produtividade em Pesquisa, observa-se que coexistem ambas as formas de medição. Os comitês assessores se utilizam de indicadores tradicionais de medição em C&T, como publicações em revistas indexadas ou formação de mestres e doutores, para realizar a análise das propostas apresentadas. O próprio CNPq estimula a utilização de indicadores, pois o modelo de *curriculum vitae* adotado (Formulário 168/1 – Banco de Currículos), possui um campo, o Módulo 9, destinado exclusivamente a quantificar toda a produção científica, tecnológica e artística dos pesquisadores (ver Anexo III). Em outros campos desse Formulário, os pesquisadores detalham a produção mais recente. Esses campos são considerados pelos CAs e alguns, inclusive, elaboram seus próprios critérios, seja atribuindo pesos aos indicadores, seja exigindo um número mínimo de produção de C&T ao longo dos últimos anos ou, até mesmo, combinando ambos. Em todo esse processo, o que chama atenção é que raramente tais critérios ficam explícitos nos pareceres emanados pelos comitês, o que conduz a uma falta de subsídios claros para a tomada de decisão do CNPq.

Como foi observado no Capítulo 1, o CNPq não possui um sistema de avaliação eficiente, quer quantitativo ou qualitativo. Hoje, é possível encontrar vários métodos e ferramentas que a Agência poderia utilizar para promover suas avaliações. Elas vão desde as técnicas tradicionais como a estatística multivariada (Johnson & Wichern, 1982), até outras como a Análise Multicritério de Apoio à Decisão (Triantaphyllou & Sánchez, 1997). Além do que, a tecnologia atual também aponta para que se observe outras técnicas, como aquelas baseada em Inteligência Artificial. A *Data Envelopment Analysis*, por sua vez, apesar de ser um método quantitativo, possui alguns diferenciais, podendo inclusive incorporar fatores qualitativos e permitir a ação do decisor, como fica evidente no item seguinte. Estes aspectos levaram à adoção do método neste estudo.

3.2 A DEA – *Data Envelopment Analysis* (Análise por Envoltória de Dados)

No ambiente econômico, uma medida tradicional de desempenho de unidades organizacionais relaciona a geração de produtos, dado um certo nível de insumo disponível

(Norman & Stoecker, 1991). Basicamente, há dois enfoques para medir o desempenho. O primeiro é paramétrico e requer que se conheça de antemão a forma da função de produção a ser aplicada ou que ela possa ser estimada estatisticamente. Contudo, em muitos casos, principalmente em ambientes que não operam segundo as leis de mercado, não é possível (ou é difícil) estabelecer uma forma funcional. Talvez até não seja correto falar em função de produção. Neste caso, o enfoque não é paramétrico e a forma funcional é obtida empiricamente, através das variáveis disponíveis. (Norman & Stoecker, *op. cit.*). Esta é uma situação típica de setores onde não é possível aplicar os conceitos econômicos de lucratividade, custos ou preços de mercado, tal como ocorre em vários organismos públicos.

A DEA – *Data Envelopment Analysis* (Análise por Envoltória de Dados) se enquadra neste enfoque não paramétrico e, desde seu surgimento, vem sendo utilizada como uma alternativa aos métodos tradicionais de avaliação de desempenho de unidades organizacionais, principalmente onde não é possível contar com informações sobre custos e preços de insumos e produtos. O método foi introduzido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978, 1981) e está baseado nas teorias econômicas de eficiência técnica e fronteira de produção. A DEA expandiu o trabalho clássico de Farrell (1957), generalizando a razão produto/insumo para o caso de múltiplos produtos e insumos. A DEA pode ser definida como um método quantitativo, empírico e não paramétrico, que mede o desempenho relativo de unidades organizacionais semelhantes, gerando um único indicador de desempenho para cada unidade sob avaliação, a partir da razão ponderada entre produtos e insumos. Tecnicamente, a DEA utiliza a otimização de programação matemática linear para construir uma fronteira de produção empírica, ou “superfície envoltória” de máximo desempenho (Ali & Seiford, 1993). Isto permite que se identifiquem unidades-referência, cujos índices de desempenho servem como referencial para as demais unidades, posicionadas sob a superfície envoltória. Portanto, a DEA mede diferenças de desempenho. Uma análise básica do método (CMTE, 1997) conduz a:

- uma superfície envoltória, formada pelas unidades de melhor desempenho (eficientes), que passam a formar o conjunto de referência para as demais unidades;
- uma medida de desempenho, que se traduz na distância de cada unidade à fronteira; e
- projeções das unidades ineficientes na fronteira, compondo metas para essas unidades.

A literatura sobre DEA se refere às unidades organizacionais como DMUs – *decision making units* (unidades tomadoras de decisão). As DMUs podem ser um agrupamento de empresas, departamentos, divisões ou unidades administrativas que têm insumos e produtos comuns e que estão sendo avaliadas pelo desempenho (Norman & Stoecker, 1991). Como a DEA se utiliza da otimização da programação matemática, não é necessário, *a priori*, estipular pesos (ou preços) aos insumos e produtos, o que permite que cada unidade possa ser valorada com o que tem de melhor. Esta característica, aliada ao fato de não ser paramétrica (não exigir uma forma funcional prévia), de lidar com múltiplos insumos e produtos, e de extrair um único indicador de desempenho, proporcionou a rápida disseminação do método, tanto em ambientes públicos como privados.

Para a aplicação do método, algumas hipóteses devem ser satisfeitas (Golany & Roll, 1989, p. 239):

- as unidades sob análise devem ser comparáveis, ou seja, realizar as mesmas tarefas e possuir objetivos semelhantes;
- as unidades devem atuar sob as mesmas “condições de mercado”; e
- os fatores (insumos e produtos) das unidades devem ser os mesmos, exceto em intensidade ou magnitude.

Todavia, apesar de suas características atrativas, o método apresenta algumas limitações, que devem ser consideradas por quem se utiliza da ferramenta (Anderson, 1997):

- por ser uma técnica de ponto extremo, ruídos, tais como erros de medição, podem comprometer a análise;
- como é uma técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas;
- como o método cria um programa linear para cada unidade sob análise, problemas extensos podem levar a um tempo computacional elevado; e
- a DEA estima bem o desempenho “relativo”, mas converge muito vagarosamente para o desempenho “absoluto”.

A Figura 3.1 faz uma comparação entre um método tradicional, a análise de regressão (linha reta), um hipotético desempenho absoluto (linha pontilhada) e o desempenho relativo da DEA (retas unindo os pontos extremos).

Uma observação a ser salientada, é que o método não se presta à elaboração de *rankings* absolutos, posto que o indicador por ele fornecido é relativo, dependendo da medida de desempenho adotada, que por sua vez está intimamente atrelada aos fatores escolhidos para análise, além de seus valores observados.

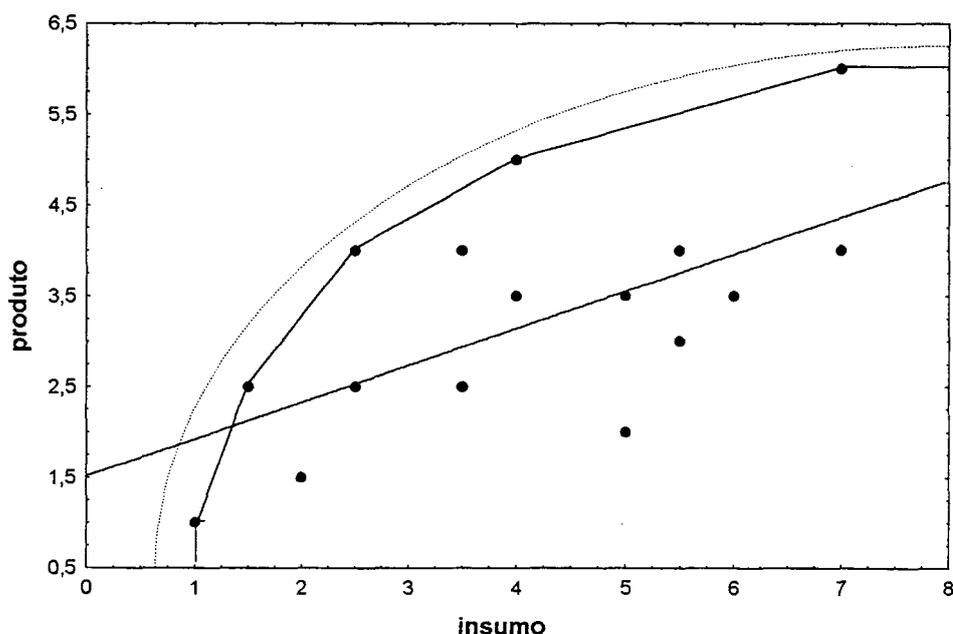


Figura 3.1 – Comparação entre a DEA, a análise de regressão e o desempenho absoluto (adaptado de Charnes *et al.*, 1996).

A literatura registra vários modelos DEA, que permitem diferentes ângulos de análise. Para análise da superfície envoltória, os mais utilizados são aqueles que trabalham com retornos constantes de escala e os que utilizam retornos variáveis de escala. Também há outras variações, que possibilitam outros enfoques. Por exemplo, é possível trabalhar com modelos orientados a insumo ou a produto, com variáveis categóricas ou com dados qualitativos. Os modelos comportam até mesmo julgamento de valor, através da comparação relativa entre os pesos dos insumos ou dos produtos. (Dyson & Thanassoulis, 1988, Ali & Seiford, 1993, Cook *et al.*, 1996). A escolha do modelo a utilizar dependerá dos dados

disponíveis e da sensibilidade do decisor, que deverá ser capaz de escolher aquele que melhor traduza a realidade dos dados em termos de insumos e produtos. O fluxograma da Figura 3.2 resume esquematicamente os passos a serem seguidos para a utilização do método DEA.

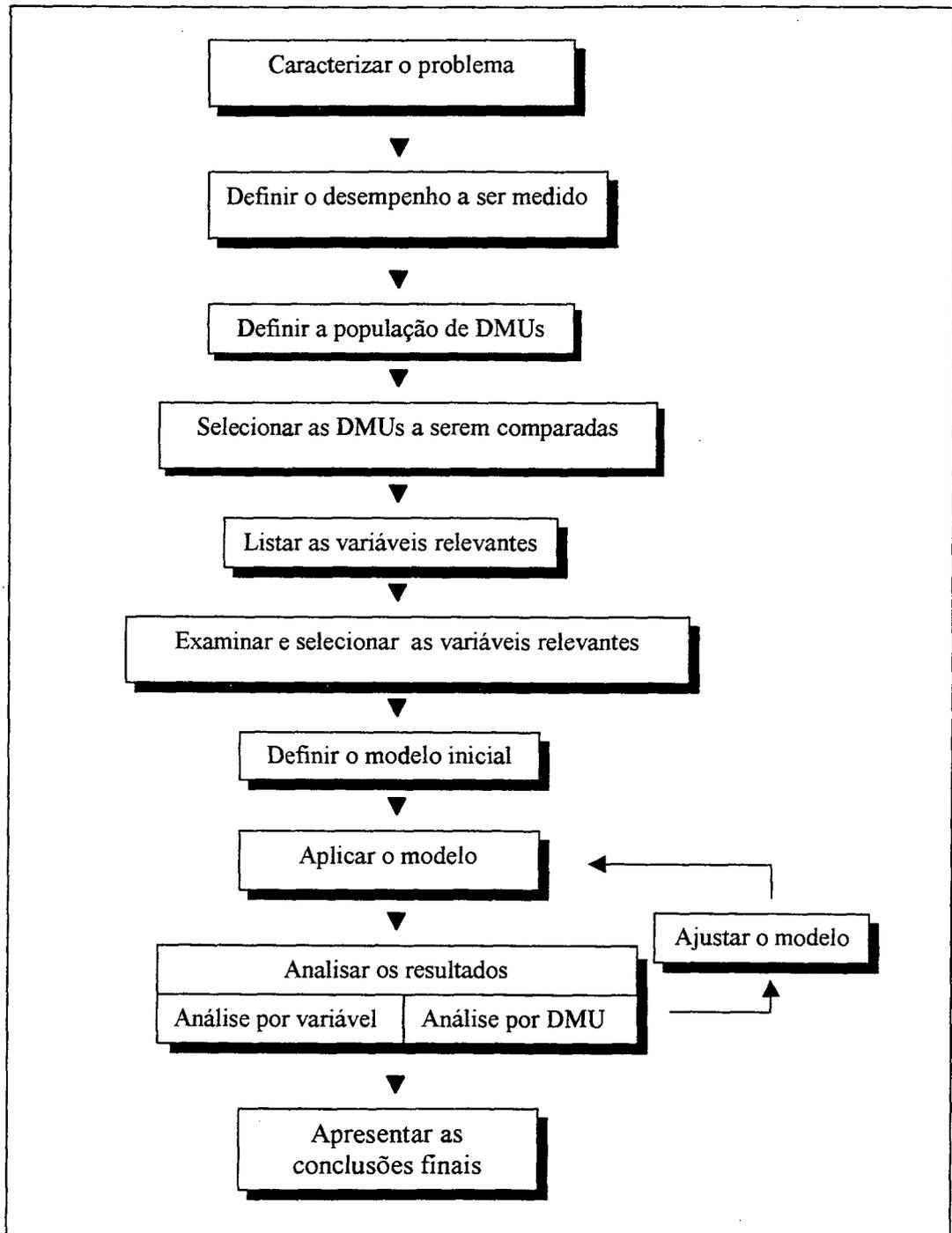


Figura 3.2 – Fluxograma da aplicação de um modelo DEA (adaptado de Golany & Roll, 1989).

3.3 Desempenho, Eficiência e Produtividade.

Tanto a DEA, por ser de origem econômica, quanto os processos de A&A em C&T, por estarem vinculados também a questões econômicas, se utilizam muito dos termos desempenho, eficiência e produtividade. É muito comum eles serem utilizados com o mesmo significado. Em várias publicações sobre DEA, encontra-se, por exemplo, o termo “eficiência produtiva”. Norman & Stoecker (1991, p. 11) citam que “os economistas usam o termo ‘eficiência produtiva’ para descrever quão bem uma unidade organizacional está se saindo na utilização dos recursos para gerar produtos ou resultados”. Todavia, há algumas diferenças conceituais. Nesta Dissertação, adotam-se os conceitos encontrados em Schwartzman (1997, p. 153). Este autor apresenta o termo “desempenho” como algo mais genérico, tratando eficiência e produtividade como indicadores de desempenho. Por entender que são os conceitos que mais se adequam ao estudo proposto, o texto é transcrito na íntegra:

Os principais indicadores de desempenho podem ser classificados em:

1) *Eficiência* - são indicadores que relacionam insumos e produtos. No jargão dos economistas (Blaug, 1968), eficiência refere-se a uma combinação ótima de recursos para produzir um determinado produto, o que quer dizer produzi-lo ao menor custo. [...] Estes indicadores sofrem de diversos problemas e seu uso deve ser feito de forma muito cautelosa [...] não implica necessariamente em menor eficiência gastar mais para produzir um artigo de melhor qualidade. Da mesma forma, não implica em ineficiência gastar-se mais para produzir um formando de melhor qualidade.

2) *Produtividade* - É freqüente confundir-se indicadores de desempenho com indicadores de produtividade, não só do ponto de vista conceitual, como também pelo fato de se os utilizar no lugar dos indicadores de eficiência que são mais difíceis de serem construídos. No entanto, o conceito econômico de produtividade é claro: é uma relação entre insumos e produtos medidos em unidades *físicas*, como por exemplo na relação diplomados/ingressantes [...] As medidas de produtividade, ao compararem produtos e insumos em unidades físicas, não levam em consideração o custo do insumo nem a qualidade do produto.

3) *Eficácia* - mostram até que ponto os objetivos da instituição foram atingidos.

Como os dados utilizados nesta Dissertação são unidades físicas (o tempo de formação e os indicadores de C&T), buscou-se uma medida de produtividade para os bolsistas da Engenharia de Produção.

3.4 Conclusões

O Capítulo mostrou que não há forma única, ou prevalente, de medir ciência. Tanto a cientometria, como a avaliação por pares, carregam deficiências, muito embora sejam bastante utilizadas. No caso do CNPq, a avaliação por pares, apesar das ressalvas, é largamente utilizada. A cientometria entraria como uma parcela menor no processo avaliativo empreendido pelos comitês assessores. Isto, pelo contrário, não exime a instituição de buscar ferramentas que se ajustem e respondam às necessidades de A&A detectadas pelo Planejamento Estratégico Situacional. O CNPq não pode prescindir de mecanismos confiáveis de A&A. A DEA, pelas suas características e atrativos sobre os métodos tradicionais, pode ser uma alternativa real e um avanço tecnológico neste processo. O método, inclusive, pode combinar ambas as formas de avaliação, pois, apesar de ser quantitativo, permite a interferência do decisor. Com a metodologia proposta no Capítulo seguinte, mostra-se como a DEA pode ser usada para proceder a uma avaliação calcada no desempenho dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

Este capítulo é destinado aos procedimentos metodológicos utilizados para avaliar o desempenho dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção. Começa-se apresentando o *Design* da Pesquisa. Segue-se a delimitação do universo de análise e as fases de coleta de dados, a caracterização da Engenharia de Produção e o tratamento dos dados. Por fim, apresenta-se o modelo DEA adotado.

4.1 O *Design* de Pesquisa

O ciclo completo desta Dissertação parte da questão de pesquisa formulada no Capítulo 1, que orienta o procedimento metodológico adotado e cujos resultados devem responder à própria questão de pesquisa. A Figura 4.1 ilustra o *Design* completo.

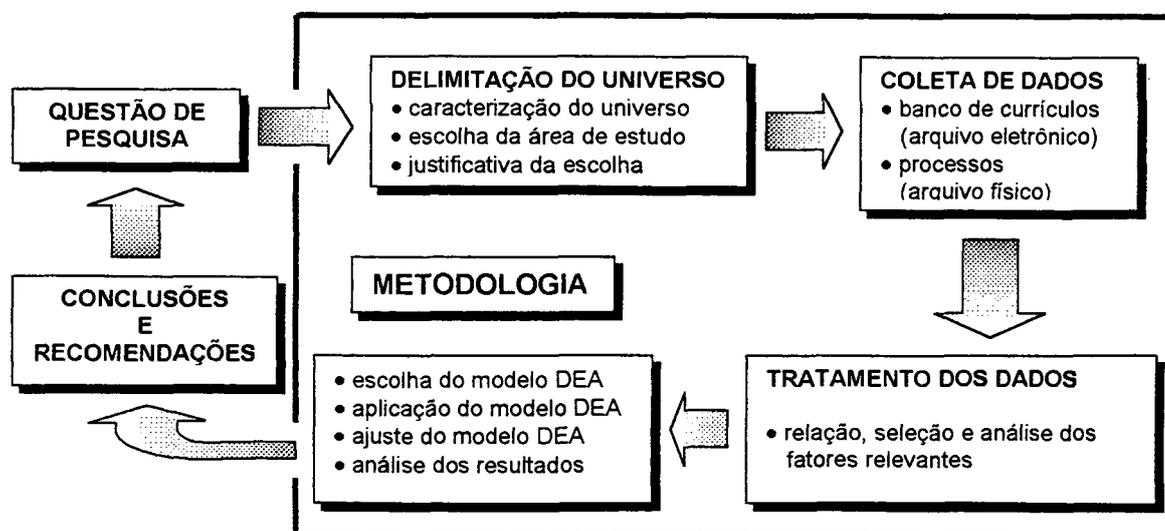


Figura 4.1 – O *Design* de Pesquisa

4.2 Delimitação do Universo da Pesquisa

Basicamente, os bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq são classificados quanto à área de conhecimento do projeto de pesquisa e quanto à categoria/nível atribuída a cada bolsista. Portanto, é possível realizar estudos sob quaisquer das duas óticas. Todavia, como os comitês assessores e o próprio CNPq estão estruturados segundo as áreas do conhecimento, decidiu-se abordar este ângulo. Para tal, escolheu-se como área específica para estudo a Engenharia de Produção, ficando o universo da pesquisa definido como:

“Todos os bolsistas de Produtividade em Pesquisa com bolsa em vigor no mês de outubro de 1997, cuja área do projeto aprovado pelo CNPq seja a Engenharia de Produção e com o Formulário 168/1 – Banco de Currículos disponível.”

As justificativas para esta escolha são:

1. Para a aplicação do modelo, um dos requisitos do método DEA é que as unidades sejam comparáveis. Havendo semelhanças entre elas, as comparações fazem sentido, sendo possível a obtenção de diferenças de desempenho entre as unidades (Gollany & Roll, 1989). Este requisito fica satisfeito com a escolha dos bolsistas pertencendo a uma única área do conhecimento;
2. A escolha de pesquisadores com bolsa em vigor em outubro de 1997 se justifica pelo fato das bolsas iniciarem em dois períodos distintos no ano: março e setembro. Apesar da maioria dos benefícios iniciar nestes meses, ocorrem sempre algumas situações em que, por algum motivo (documentação incompleta, por exemplo), um ou outro beneficiário fica fora da folha de pagamento. A situação só se normaliza nos meses subsequentes (abril ou outubro). A escolha pelo mês de outubro explica-se por ser a relação mais atual existente à época da coleta de dados. A relação dos bolsistas foi obtida diretamente da *home page* do CNPq, através do endereço http://www.cnpq/prossiga/bus_pp.html. A relação manteve-se inalterada até 31 de dezembro de 1997.
3. A restrição de analisar somente os bolsistas com o Formulário CNPq168/1 – Banco de Currículos disponível decorre da necessidade se ter dados padronizados. Tais dados são

encontrados no Módulo 9 do Formulário 168/1 e dizem respeito aos indicadores de C&T. Neste Módulo, está quantificada toda a produção dos pesquisadores (ver Anexo III).

4.3 A Coleta de Dados

O primeiro passo da coleta de dados consistiu em obter e analisar a relação de bolsistas disponibilizada na *home page* do CNPq. Esta relação traz informações sobre o bolsista e seu projeto de pesquisa. Um exemplo é apresentado na Figura 4.2.

Identificação do pesquisador
Nome: Paulo Augusto Valente Ferreira Sexo: Masculino Estado civil: Solteiro(a) Categoria/Nível: 2A Data de Início da Bolsa: 01/04/91 Endereço eletrônico: valente@dt.fee.unicamp.br Home Page pessoal: dt.fee.unicamp.br/~valente
Informações sobre o Projeto/Bolsa
Área: Engenharia de Produção Subárea: Pesquisa Operacional Título do projeto: Análise Multicritério de Sistemas. Palavra(s) chave: Análise Convexa, Controle de Sistemas, Otimização de Sistemas
Instituição onde atua como bolsista
Universidade Estadual de Campinas Sigla: Unicamp Órgão: Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação Unidade: Departamento de Telemática Endereço: Cidade Universitária Zeferino Vaz Bairro: Barão Geraldo Cidade: Campinas UF: SP País: Brasil CEP: 13081-970 DDD: 019 Telefone: 7882138 Ramal : Fax: 391395

Figura 4.2 – Informações sobre os bolsistas de Produtividade em Pesquisa

Na relação disponibilizada nessa *home page* estavam relacionados 85 indivíduos. Porém, dezesseis deles desenvolviam projetos em Planejamento Energético. O fato deste grupo ter sido classificado na Engenharia de Produção se explica porque a área de Planejamento Energético foi criada após a implantação da Tabela de Áreas do Conhecimento. Como a modificação desta Tabela não é trivial, envolvendo as demais agências de fomento do

Via de regra, pela experiência que se tem, é possível extrapolar esta medida (número de bolsas de Produtividade em Pesquisa) para se obter o tamanho aproximado de uma área em termos de benefícios totais recebidos do CNPq. Em 1997, a Engenharia de Produção foi contemplada com 8,1% dos recursos destinados às Engenharias (CNPq, 1998a). Vê-se que este percentual é muito próximo dos 6,8% das bolsas de Produtividade em Pesquisa.

Uma outra visão da área apresenta a distribuição dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção segundo a categoria/nível. O que é possível perceber pela Figura 4.3 é que, apesar de uma concentração maior na categoria II, correspondendo aos bolsistas de menor expressão, não há uma distribuição ideal. Em tal situação, seria de se esperar uma relação inversa entre senioridade e categoria/nível, de sorte que a categoria/nível IA contasse com menos bolsistas e a IIC com o maior número.

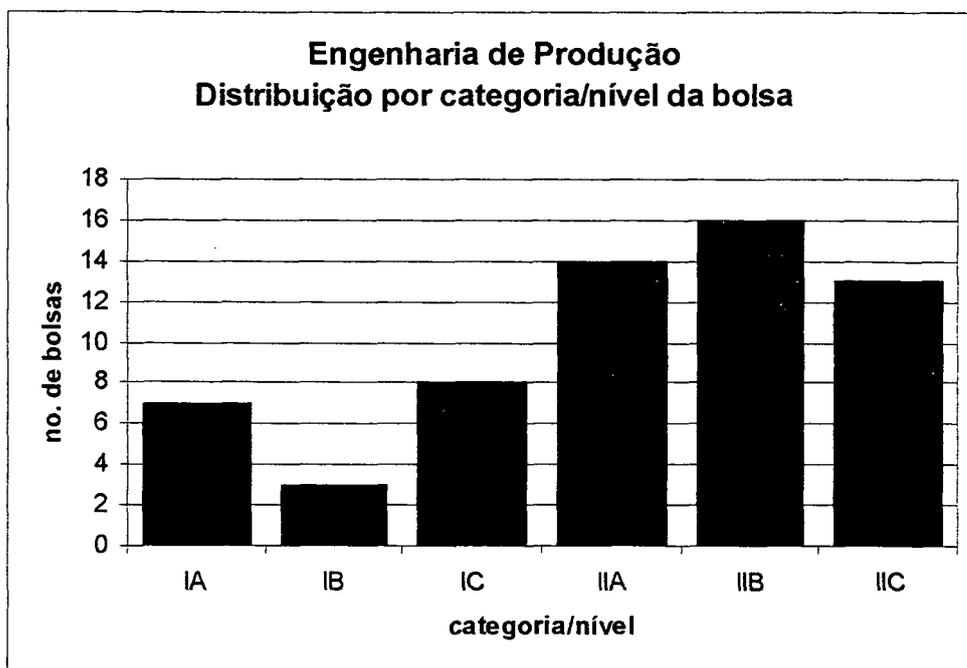


Figura 4.3 – Distribuição dos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção segundo a categoria/nível da bolsa.

Por fim, mostra-se a distribuição dos 61 bolsistas segundo a instituição de vínculo. Ao todo, são dezoito instituições. A Tabela 4.3 revela que a maioria dos bolsistas está concentrada em poucas instituições. A metade está vinculada a três instituições (UFRJ, UFSC e PUC-RJ) e 80% dos bolsistas a oito instituições. Em um nível macro, também encontra-se distribuição semelhante, com poucas instituições detendo a maioria dos recursos do CNPq,

fato já histórico. Em 1997, 50% dos recursos foram destinados a apenas 10 instituições (CNPq, 1998a).

Tabela 4.3 – Distribuição dos bolsistas da Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção segundo a instituição de vínculo.

Instituição	Número de bolsas	%	% acumulado
UFRJ	15	24,6	24,6
UFSC	9	14,8	39,4
PUC-RJ	9	14,8	54,1
USP	5	8,2	62,3
UFSCAR	4	6,6	68,9
UNICAMP	3	4,9	73,8
UFESM	2	3,3	77,1
INPE	2	3,3	80,3
CTI	2	3,3	83,6
UFF	2	3,3	86,9
UFRN	1	1,6	88,5
UFPb	1	1,6	90,2
UFES	1	1,6	91,8
UNESP	1	1,6	93,5
UFPR	1	1,6	95,1
UFRGS	1	1,6	96,7
IME	1	1,6	98,4
UNIMEP	1	1,6	100,0
T O T A L	61	100,0	

Fonte: http://www.cnpq/prossiga/bus_pp.html

4.5 Tratamento dos Dados

O tratamento dos dados se resume na relação, seleção e análise dos fatores relevantes que passarão a fazer parte do modelo DEA escolhido.

Foi visto no Capítulo 2 que a avaliação das Bolsas de Produtividade em Pesquisa, por parte dos comitês assessores, está fortemente baseada nos currículos dos candidatos, cabendo ao projeto de pesquisa um papel secundário. Esta constatação é confirmada quando se verifica os critérios que alguns comitês adotam ao analisar as solicitações desta bolsa. Veja-se o caso das Engenharias: até o final de 1996, dos nove comitês assessores, sete dispunham de critérios por escrito para enquadramento dos candidatos à bolsa em questão¹. Desses, somente dois explicitavam a importância da qualidade e da relevância do projeto de pesquisa para suas análises. Os demais documentos se limitavam à análise curricular, atribuindo pesos aos indicadores da produção científica e tecnológica dos candidatos, além de definirem seus próprios critérios de classificação das bolsas, de acordo com as categorias e níveis fixados pelo CNPq.

A aplicação de critérios quantitativos pelos comitês reforçou a ideia de modelar a análise curricular via a *Data Envelopment Analysis*, extraindo os dados necessários do Formulário 168/1. No presente caso, é razoável supor que os indicadores da produção científica e tecnológica constituam as variáveis de produto, as quais vão sendo geradas ao longo do tempo de atuação do pesquisador. Este tempo de atuação corresponde ao insumo. Para a tarefa de montagem da “matriz insumo-produto”, toda informação necessária está disponível em dois módulos do Formulário 168/1, o Módulo 6 – “Titulação/formação acadêmica” e o Módulo 9 – “Indicadores da Produção Científica, Tecnológica e Artística” (ver Anexo II). Posto isto, é possível definir o que se entende por insumo e produto no âmbito desta Dissertação:

- **Insumos** (variáveis independentes): tempo de formação, em anos. O tempo de formação é dividido aqui em dois períodos: o primeiro compreende o tempo (em anos) transcorrido entre a obtenção do título de mestre e o preenchimento do Formulário 168/1. A este período convencionou-se chamar “Tempo de Mestrado” (TM). Já a segunda variável recebeu o nome “Tempo de Doutorado” (TD) e corresponde ao período compreendido entre a obtenção do título de doutor e a data de preenchimento do Formulário 168/1, também medido em anos. Como o Formulário 168/1 não estipula um limite inferior a partir do qual deva ser informada a produção científica, a suposição que está sendo feita é que toda produção foi realizada após a obtenção do título de mestre. Existe a possibilidade de algum indicador (um artigo por exemplo) ter sido publicado antes da obtenção do

¹ Deixa-se de fazer referência explícita a tais documentos, posto que não foram oficialmente divulgados.

mestrado, porém, assume-se que este fato não seja corriqueiro. Como alternativa, havia ainda algumas outras possibilidades para a data inicial, como por exemplo, o ano de início do doutorado. Esta hipótese foi descartada porque uma análise mais profunda indicou a existência de bolsistas que formaram mestres antes da obtenção de seus doutorados. Além do que, em vários casos, as próprias dissertações de mestrado originam artigos, passíveis de publicação antes do início do doutorado. A divisão do tempo de formação do bolsista em TM e TD busca capturar a influência dessas variáveis sobre a produção total, já que há bolsistas que levaram vários anos entre a obtenção de um título e outro, enquanto outros, um período menor. A Figura 4.4, ao apresentar o tempo transcorrido entre a obtenção dos títulos de mestre e doutor, reforça a escolha da divisão do tempo de formação em duas variáveis. Apesar da variável TM englobar a variável TD, a sobreposição é justificável, pois não é possível saber exatamente a quantidade de indicadores produzidos em cada período. Além do mais, a variável TD busca capturar o ganho marginal adicional, revelando o incremento que o doutorado traz à produtividade dos pesquisadores.

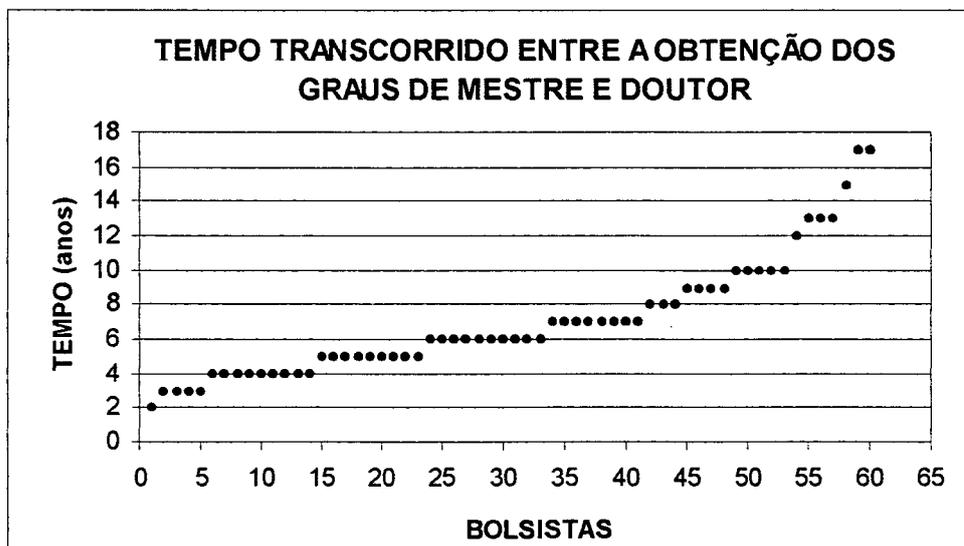


Figura 4.4 – Tempo transcorrido entre a obtenção dos graus de mestre e doutor (em anos)

- **Produtos** (variáveis dependentes): são os indicadores da produção científica e tecnológica informados pelo bolsista no Módulo 9 do Formulário 168/1 (ver Anexo III). A escolha desses indicadores exige uma análise mais profunda, realizada a seguir.

A seleção de fatores para a composição de um modelo pode seguir dois caminhos principais. O primeiro está baseado na experiência, conhecimento e julgamento de especialistas, ao passo que o segundo reside em análise estatística, envolvendo essencialmente

a análise de componentes principais, regressão por partes (*stepwise regression*) ou análise discriminante (Refenes *et al.*, 1995). Nesta Dissertação, optou-se pela primeira alternativa, visto ser o caminho trilhado pelos comitês assessores na elaboração dos seus critérios, conforme fica demonstrado a seguir. Também, não se tem registro do uso de técnicas estatísticas, por parte dos comitês que têm procedimentos escritos, para a escolha de indicadores.

Em uma primeira avaliação do Módulo 9, é possível excluir, sem muito rigorismo, alguns indicadores. São eles:

- 7 – Teses/ dissertações defendidas e aprovadas;
- 9 – Participação em bancas examinadoras;
- 10 – Filmes, vídeos ou audiovisuais de divulgação científica realizados;
- 11 – Filmes, vídeos ou audiovisuais artísticos realizados(exclusivo para a área de artes); e
- 12 – Participação em exposições ou apresentações artísticas (exclusivo para a área de artes).

Desnecessário comentar a exclusão dos indicadores 11 e 12, vez que são destinados à área de Artes. O indicador 10 foi eliminado porque nenhum comitê das Engenharias o utiliza como parâmetro para medir a produtividade dos pesquisadores, muito embora possa haver discordância a respeito, devido às novas formas de ensino que embutem tecnologia sofisticada, demandando pesquisa de ponta para sua execução. Em adição, é extremamente difícil, pela análise das informações prestadas no Formulário 168/1, discernir entre o produto que possui algum impacto científico/tecnológico de um mero produto realizado para divulgar alguma ação do pesquisador, de sua equipe ou instituição, no âmbito das Engenharias. Quanto ao campo 9, a participação em bancas examinadoras poderia ser um indicador relevante, desde que fosse possível quantificar o número de participações em bancas de doutorado e, de preferência, fora da instituição do bolsista, o que seria um reconhecimento da qualidade do pesquisador. Já o campo 7 foi desconsiderado porque não é um produto, e sim um insumo, que está sendo incluído no modelo DEA como as variáveis TM e TD. Não se considera um indicador de produtividade o número de dissertações obtidas pelo pesquisador e sim o que é realizado após a obtenção das mesmas.

Há, ainda, um outro indicador eliminado, o subitem 6.2- Processos, correspondente ao item 6 – Desenvolvimento ou geração de trabalhos com ou sem patente obtida. A exclusão, natural, ocorreu porque nenhum bolsista informou o desenvolvimento de qualquer processo.

Após este ajuste inicial, restaram os seguintes indicadores:

1. Artigos publicados em periódicos científicos especializados nacionais com corpo editorial - AN;
2. Artigos publicados em periódicos científicos especializados estrangeiros com corpo editorial - AE;
3. Artigos de divulgação científica, tecnológica e artística - AD;
4. Comunicações em congressos:
 - 4.1. Trabalhos apresentados - TA;
 - 4.2. Resumos publicados - RP; e
 - 4.3. Trabalhos completos publicados em anais TP;
5. Desenvolvimento ou geração de produtos com ou sem patente obtida - PD;
6. Livros:
 - 6.1. Livros publicados - LV; e
 - 6.2. Capítulos de livros publicados - CL
8. Teses/Dissertações de pós-graduação orientadas e aprovadas:
 - 8.1. Mestrado – GM; e
 - 8.2. Doutorado – GD.

O próximo passo é realizar uma análise mais acurada desses indicadores. Inicialmente, vale uma comparação entre os critérios gerais do CNPq e os adotados pela Engenharia de Produção. Os critérios, reproduzidos a seguir, são recentes e passaram a vigorar a partir do primeiro julgamento de 1997. Desde então, já atingiram 66,7% dos pesquisadores, cujas bolsas tiveram início a partir de agosto de 1996. Por serem recentes, os critérios estão sofrendo ajustes. Acredita-se que eles não se constituem em quesito único para a recomendação da bolsa, em virtude da forte tendência a considerar apenas a disseminação do conhecimento na forma de publicações.

Critérios mínimos para entrar e permanecer no Sistema de Bolsas de Produtividade em Pesquisa

Ter nos últimos 4 (quatro) anos, no mínimo 2 (dois) artigos aceitos e/ou publicados em periódicos indexados e 4 (quatro) artigos e/ou resumos estendidos publicados em anais de congressos nacionais ou internacionais. Para recém-doutores, com até 2 (dois) anos de doutoramento, estas condições mínimas se reduzem para no mínimo 1 (um) artigo aceito e/ou publicado em periódicos indexados e 2 (dois) artigos e/ou resumos estendidos publicados em anais de congressos nacionais ou internacionais.

Por estes critérios, as variáveis de produto estariam restritas apenas aos indicadores de disseminação dos resultados da produção dos pesquisadores em revistas e eventos de cunho científico. Estaria excluída, por exemplo, a formação de recursos humanos de alta qualificação, exatamente um dos objetivos da Bolsa de Produtividade em Pesquisa e que tem inegável importância para o fortalecimento do parque científico e tecnológico brasileiro.

Já o CNPq, em sua Instrução de Serviço 002/96 – IS 2/96 (CNPq, 1996, p. 2), estipula que o pesquisador será enquadrado nos níveis (A, B ou C) “de acordo com a sua produção científica, o número de alunos orientados [sem grifo no original], a participação em eventos científicos e outros aspectos reveladores de sua permanente preocupação com o auto-aperfeiçoamento”. Para o enquadramento nas categorias I e II, a IS 2/96 determina que “a produção científica deverá ser em revistas indexadas [sem grifo no original], com corpo editorial e de ampla circulação” (CNPq, *op. cit.*, p. 3). Tais diretrizes parecem apontar para que se considere não só a produção recente de cada pesquisador, como estipula a Engenharia de Produção, mas toda a carreira acadêmico-científica. Isto reforça a escolha da variável “Tempo de Mestrado” como um dos insumos.

Diante do que acaba de ser exposto, com relação aos critérios, que indicadores escolher para formar as variáveis de produto? Quatro deles, além de expressos na IS 2/96, são indicadores tradicionais utilizados internacionalmente e são de imediato escolhidos:

- Artigos publicados em periódicos científicos especializados nacionais com corpo editorial - AN;
- Artigos publicados em periódicos científicos especializados estrangeiros com corpo editorial - AE;
- Dissertações de mestrado orientadas e aprovadas; e
- Teses de doutorado orientadas e aprovadas.

É de se notar, aqui, uma sutil diferença entre periódico estrangeiro (como estipula o CNPq) e periódico internacional (como consideram os comitês). A outra sutileza está no que requer a IS 2/96 (CNPq, 1996, *op. cit.*) e o que está expresso no Formulário 168/1. Enquanto este último fala em periódicos científicos especializados com corpo editorial, a IS 2/96 aponta revistas indexadas. Possuir corpo editorial não necessariamente implica que um periódico seja indexado, mas o inverso certamente é verdadeiro e se constitui em um indicador de qualidade.

Examinando os documentos dos comitês das Engenharias que possuem seus critérios expressos, verifica-se que todos eles utilizam a produção total e a produção mais recente para montar os *rankings* dos candidatos às bolsas de Produtividade em Pesquisa. A divergência ocorre na discriminação dos indicadores. Há um comitê que divide as publicações em periódicos indexados e não indexados, outros em periódicos nacionais e internacionais. Existe outro que não separa as publicações em eventos, preferindo usar o indicador “artigos completos publicados em anais de congressos”, ao passo que os demais fazem distinção entre congresso nacional e internacional. Porém, nenhum desses comitês utiliza o indicador “Artigos de divulgação científica, tecnológica e artística” entre seus parâmetros. Tão pouco são considerados os indicadores “Trabalhos apresentados em congressos científicos” e “Resumos publicados em congressos científicos”. Já o indicador “Trabalho completo publicado em anais de congressos científicos” integra os critérios de todos os comitês, assim como “Livros publicados”. Em se tratando do indicador Livro, só há um comitê que considera “Capítulo de livro publicado” como indicador, e assim mesmo como complementar, em conjunto com “Desenvolvimento de produtos/processos com ou sem patente obtida”. A desconsideração de artigos de divulgação e geração de produtos e processos deixa evidente que o enfoque dos comitês assessores é fortemente acadêmico, mesmo em se tratando das Engenharias, setor aplicado por natureza.

Os comitês assessores, ao focalizarem e esmiuçarem a produção mais recente dos pesquisadores, estão verificando como tem sido a produtividade desses indivíduos nos últimos tempos. Entretanto, para classificar os bolsistas, os integrantes dos CAs necessitam ter presente toda produção dos pesquisadores, o que somente pode ser feito através dos indicadores do Módulo 9 do Formulário 168/1.

O que fica patente, em conclusão, é que nenhum comitê trata a questão da divulgação científica como dividida em nacional e estrangeira, mas em nacional e internacional. Com

relação ao outro tópico, periódico indexado *versus* periódico com corpo editorial, não há unanimidade.

Diante deste quadro, decidiu-se incluir no modelo DEA apenas mais duas outras variáveis, que participam dos critérios de todos os comitês pesquisados, quais sejam:

- Trabalhos completos publicados em anais - TP; e
- Livros publicados - LV.

Assim, o modelo passa a considerar como fatores dois insumos e seis produtos, conforme mostra a Figura 4.5.

Insumos
<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de Mestrado - TM; e • Tempo de Doutorado - TD.
Produtos (Indicadores de C&T)
<ul style="list-style-type: none"> • Artigos publicados em periódicos científicos especializados nacionais com corpo editorial - AN; • Artigos publicados em periódicos científicos especializados estrangeiros com corpo editorial - AE; • Trabalhos completos publicados em anais - TP; • Livros publicados - LV; • Dissertações de mestrado orientadas e aprovadas - GM; e • Teses de doutorado orientadas e aprovadas - GD.

Figura 4.5 – Fatores de insumo e produto selecionados

A Tabela V.1 do Anexo V mostra que esta escolha é pertinente, pois a porcentagem de bolsistas que possuem pelos menos um produto em cada um dos seis indicadores escolhidos é considerável. Com exceção da formação de doutores (35%) e da publicação de livros (43,3%), os demais indicadores revelam porcentagens acima de 76% (ver última linha da Tabela V.1). O fato de apenas 35% dos bolsistas terem formado doutores não é desprezível, porque, além de haver jovens valores entre o grupo analisado, há outros vinculados a instituições que não

possuem programa de doutorado em Engenharia de Produção. Da mesma forma, não pode ser considerado baixo o índice de 43,3% de bolsistas com livros publicados, dada as dificuldades e desafios para se atingir tal meta.

4.6 A Escolha do Modelo DEA

O modelo escolhido para a análise dos dados tem as seguintes características:

1. **Retornos constantes de escala:** boa parte da literatura sobre DEA, especialmente aquela aplicada à área acadêmica (por exemplo, Bessent *et al.*, 1983, Beasley, 1990, 1995 e Sarrico *et al.*, 1997), utiliza modelos radiais, com retornos constantes de escala (CRS), onde a expansão dos produtos é diretamente proporcional à expansão dos insumos. Nesta pesquisa este é também o procedimento adotado. Comportamentos variáveis, com retornos decrescentes, são empiricamente demonstráveis em ambientes econômicos que operam segundo as leis do mercado. Entretanto, é de se esperar comportamento oposto de pesquisadores, isto é, que a produtividade dos mesmos seja incrementada com o passar dos anos, principalmente após a obtenção do doutorado e para aqueles que detêm bolsas de Produtividade em Pesquisa.
2. **Orientação a produto:** optou-se por um modelo DEA orientado a produto porque não faria sentido reduzir o tempo de formação dos bolsistas. Esta opção indica a produção que poderia ter sido atingida dado o tempo de formação transcorrido.

Para encontrar o ponto projetado, (Y^p, X^p) , utiliza-se um modelo em dois estágios, conforme Ali & Seiford (1993):

Primeiro Estágio

$$\text{CRS}^O(Y_i, X_i): \max_{\phi, \lambda, s, e} \phi$$

$$\begin{aligned} \text{restrito a } Y\lambda - \phi Y_i - s &= 0 \\ X\lambda + e &= X_i \\ \lambda \geq 0, s \geq 0, e &\geq 0 \end{aligned}$$

Segundo Estágio

$$\text{CRS}_E(\phi^j Y_i, X_i): \min_{\lambda, s, e} -(1s - 1e)$$

$$\begin{aligned} \text{restrito a } Y\lambda - \phi^j Y_i - s &= 0 \\ X\lambda + e &= X_i \\ \lambda \geq 0, s \geq 0, e &\geq 0 \end{aligned}$$

(4.1)

Este é o modelo visto pelo ângulo da “envoltória”, onde $Y\lambda$ representa a matriz produto virtual, $X\lambda$ a matriz insumo virtual, Y_i o vetor-produto da unidade (bolsista) sob análise e X_i o

vetor-insumo desse mesmo bolsista. Por sua vez, s e e são os vetores de folga de produto e excesso de insumo, respectivamente. Já ϕ corresponde ao aumento proporcional dos produtos e ϕ^l ao aumento proporcional dos produtos da unidade sob avaliação.

Este modelo não leva diretamente ao ponto projetado. Primeiramente, encontra-se um ponto intermediário $(\phi^l Y_i, X_i)$. Este ponto corresponde a um aumento proporcional dos produtos, até que pelo menos uma das variáveis de folga do vetor s seja reduzida a zero. Então, em uma segunda etapa, são obtidas as projeções subseqüentes na superfície envoltória, correspondendo a aumentos residuais dos produtos. Assim, a diferença total entre a posição real e a posição virtual projetada consiste de duas parcelas: uma referente ao aumento proporcional dos produtos e outra ao aumento residual dos produtos. O aumento proporcional dos produtos, ϕ , não leva em consideração os pesos relativos, nem explica as mudanças residuais. Todavia, pode ser usado como medida de eficiência. Em (4.1), quando ϕ^l for igual a 1 (um), a unidade analisada é considerada eficiente; se o valor for superior a 1 (um), a unidade é ineficiente (Ali & Seiford, *op. cit.*). Para um modelo orientado a produto, o ponto projetado para uma dada unidade é obtido com a resolução do segundo estágio de (4.1). O ponto projetado pode ser expressado como

$$(Y^p, X^p) = ((\phi^l Y_i + s^l), (X_i - e^l)) \quad (4.2)$$

O valor de ϕ^l , que é um número adimensional, foi escolhido como indicador de produtividade. Para aplicação do modelo DEA utilizou-se o software IDEAS[®], versão 5.1. Os resultados alcançados são discutidos no Capítulo seguinte.

4.7 Conclusões

A metodologia traçada foi baseada na maneira de atuar dos comitês assessores e nas normas do CNPq. Por isto, ao invés de lançar mão de métodos estatísticos para a seleção das variáveis, optou-se pelo conhecimento dos especialistas. Teve-se o mesmo cuidado na escolha do modelo DEA, adotando aquele que fosse mais intuitivo e voltado às características da pesquisa. Com relação aos dados, decidiu-se buscar aqueles contidos no *curriculum vitae* padrão do CNPq, porque ele é exigido para qualquer proposta apresentada à instituição e

porque o módulo que quantifica os indicadores de C&T facilita a organização da matriz DEA, devido a padronização dos dados.

O Capítulo 5, na seqüência, apresenta e discute os resultados obtidos com a aplicação do modelo escolhido.

CAPÍTULO 5

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este Capítulo apresenta os resultados obtidos mediante a aplicação do modelo DEA aos dados dos 61 bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção. O primeiro item descreve e analisa os resultados alcançados com o modelo utilizado, enquanto o seguinte apresenta uma versão modificada do modelo, restringindo a flexibilidade dos pesos incorporados às variáveis.

5.1 Descrição e Análise dos Resultados

A aplicação do modelo proposto, abordando a produtividade dos bolsistas através da utilização de retornos constantes de escala com orientação a produto, conduziu aos resultados apresentados na Tabela 5.1. Esta Tabela mantém o mesmo nível de precisão do software IDEAS[®], organizando os bolsistas de acordo com o indicador de produtividade alcançado. A primeira coluna traz o número de ordem de cada bolsista conforme apresentado no Anexo IV. Doravante, os bolsistas serão referenciados apenas pelo número de ordem, em negrito. A segunda coluna mostra a categoria e o nível atribuídos às bolsas de Produtividade em Pesquisa, ao passo que a última coluna apresenta o índice de produtividade. Este índice reflete o aumento proporcional dos indicadores de C&T, o adimensional ϕ do modelo (4.1). Seu valor mede o potencial de melhora de produtividade que poderia ter sido atingido pelos bolsistas, caso eles pudessem alterar sua forma de atuação.

Tabela 5.1 – Índices de produtividade.

N ordem	Bolsa	IP	Ordem	Bolsa	IP	Ordem	Bolsa	IP
▲ 9	IIC	1,00000	27	IIA	1,87013	52	IIB	3,20635
▲ 12	IIA	1,00000	20	IIC	2,03704	10	IIC	3,27273
▲ 29	IA	1,00000	3	IIA	2,10000	44	IIA	3,30000
▲ 35	IC	1,00000	39	IC	2,12401	58	IC	3,61054
▲ 45	IIC	1,00000	43	IC	2,13888	▼ 28	IIA	3,64286
▲ 51	IA	1,00000	4	IIA	2,37037	▼ 59	IIB	3,91111
25	IIB	1,00017	22	IB	2,38226	▼ 40	IIB	4,15225
15	IC	1,03509	32	IIA	2,43520	▼ 13	IIC	4,90331
26	IIA	1,04558	16	IC	2,45787	▼ 42	IIA	4,99552
49	IA	1,06964	48	IA	2,56248	▼ 31	IIC	5,50000
1	IIC	1,10345	57	IIC	2,56358	▼ 18	IIB	5,60582
7	IA	1,16757	38	IIB	2,61013	▼ 11	IIC	6,55421
■ 5	IIB	1,29954	30	IIA	2,62599	▼ 54	IIB	6,70463
56	IB	1,33098	23	IC	2,75481	▼ 33	IIB	8,22836
6	IIC	1,33333	24	IIB	2,83511	▼ 36	IIC	8,25000
14	IA	1,38391	47	IIA	2,85934	▼ 61	IIB	8,27273
46	IIA	1,63350	19	IIB	2,98882	▼ 17	IIB	8,70039
53	IA	1,70204	38	IIB	3,00000	▼ 34	IIC	9,28926
60	IB	1,70573	21	IIA	3,03458	▼ 55	IIB	15,57411
8	IC	1,73731	2	IIC	3,18881	▼ 41	IIC	19,95000
50	IIB	1,83747						

Legenda: Ordem = número de ordem dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa

Bolsa = categoria e nível da bolsa de Produtividade em Pesquisa

IP = índice de produtividade (ϕ^i)

Um bolsista com índice de produtividade igual a 1 é considerado de máximo desempenho relativamente ao grupo analisado, pois sua produtividade não pode ser melhorada considerando os fatores escolhidos para compor o modelo DEA. Assim, os seis primeiros bolsistas (números de ordem 9, 12, 29, 35, 45 e 51), assinalados com o símbolo ▲, são os mais produtivos e servem como referência para os demais. Um índice superior à unidade caracteriza os bolsistas de desempenho inferior ao máximo e reflete o nível de incremento de produtividade que poderia ser atingido. Sob este aspecto, o bolsista 5

(assinalado com ■) poderia aumentar proporcionalmente seus indicadores em 30% (IP = 1,29954). Convém frisar que a organização da Tabela 5.1 não implica em hierarquização. Como já foi comentado no Capítulo precedente, um *ranking* de desempenho em DEA não tem muito significado, pois cada bolsista é avaliado segundo seus aspectos particulares em comparação com pelo menos um dos bolsistas-referência e em função dos fatores escolhidos, bem como do modelo adotado para análise. Qualquer variação nessas características, via de regra, implica em mudanças no desempenho. Contudo, é possível visualizar o resultado graficamente. A Figura 5.1 mostra a variação de produtividade, cuja queda é acentuada apenas para alguns poucos casos, particularmente para os dois últimos bolsistas.

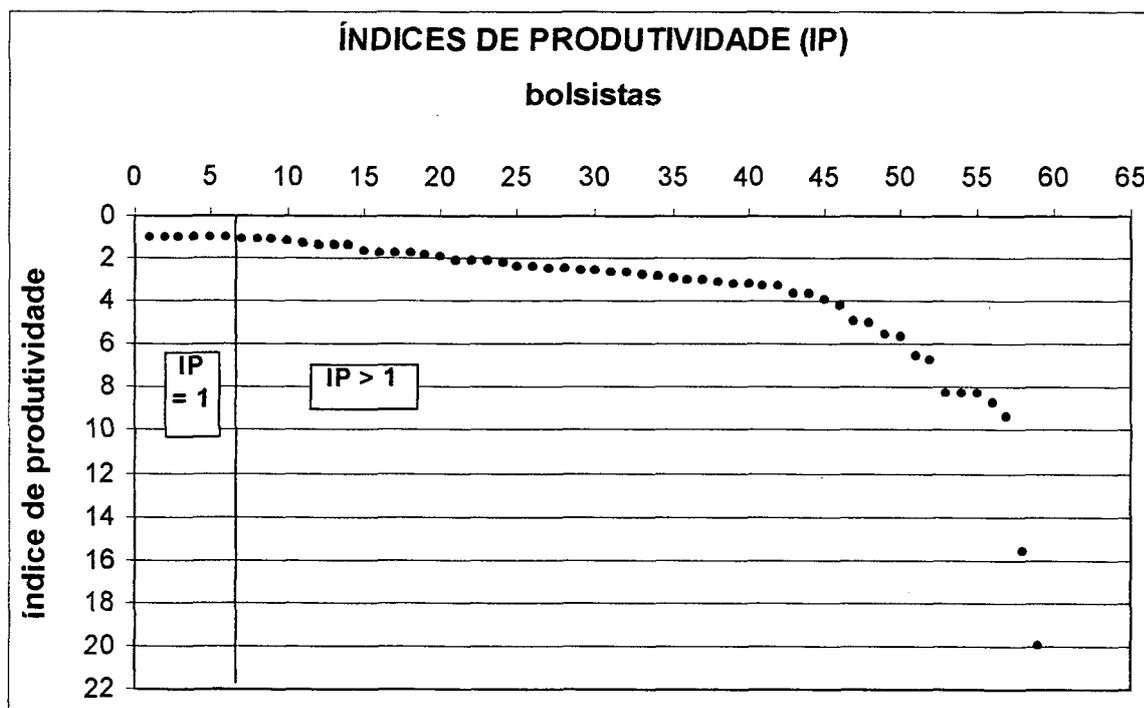


Figura 5.1 – Índices de produtividade dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa.

O grupo de bolsistas-referência corresponde a 9,8% do total. Neste grupo, três são bolsistas da categoria I, podendo ser considerados, pelas normas do CNPq, como pesquisadores experientes. Os demais, pertencem à categoria II, sendo que um deles é bolsista IIA, no limiar entre o que se considera pesquisador experiente. Mas, os dois restantes, são bolsistas classificados na categoria/nível IIC, atribuída a pesquisadores em início de carreira e/ou com produção incipiente. À primeira vista, tal resultado parece incoerente. Uma indagação natural seria saber porque tal bolsista suplantaria outros teoricamente mais experientes e qualificados. Uma primeira resposta está no próprio método DEA, que se traduz em uma combinação ótima entre a utilização de insumos (o tempo de formação) e os produtos

gerados (os indicadores de C&T). A outra explicação é que o método assume que os recursos são uniformes para todos os indivíduos, conforme já visto no Capítulo anterior. Cabe observar que ambos bolsistas já formaram um bom número de mestres para o seu tempo de formação (ver Anexo V).

A Tabela 5.1 revela outro dado interessante: os 16 últimos bolsistas (marcados com ▼) são integrantes da categoria II, demonstrando que o resultado é coerente. Já a Figura 5.2 mostra o índice de produtividade agrupando os pesquisadores de acordo com a categoria e o nível das bolsas. O resultado é que os piores índices atingem os bolsistas da categoria II e os melhores pertencem aos bolsistas da categoria I. Nesta Figura, quanto maior o valor de IP, menor a produtividade. Também por este ângulo, os resultados são consistentes.

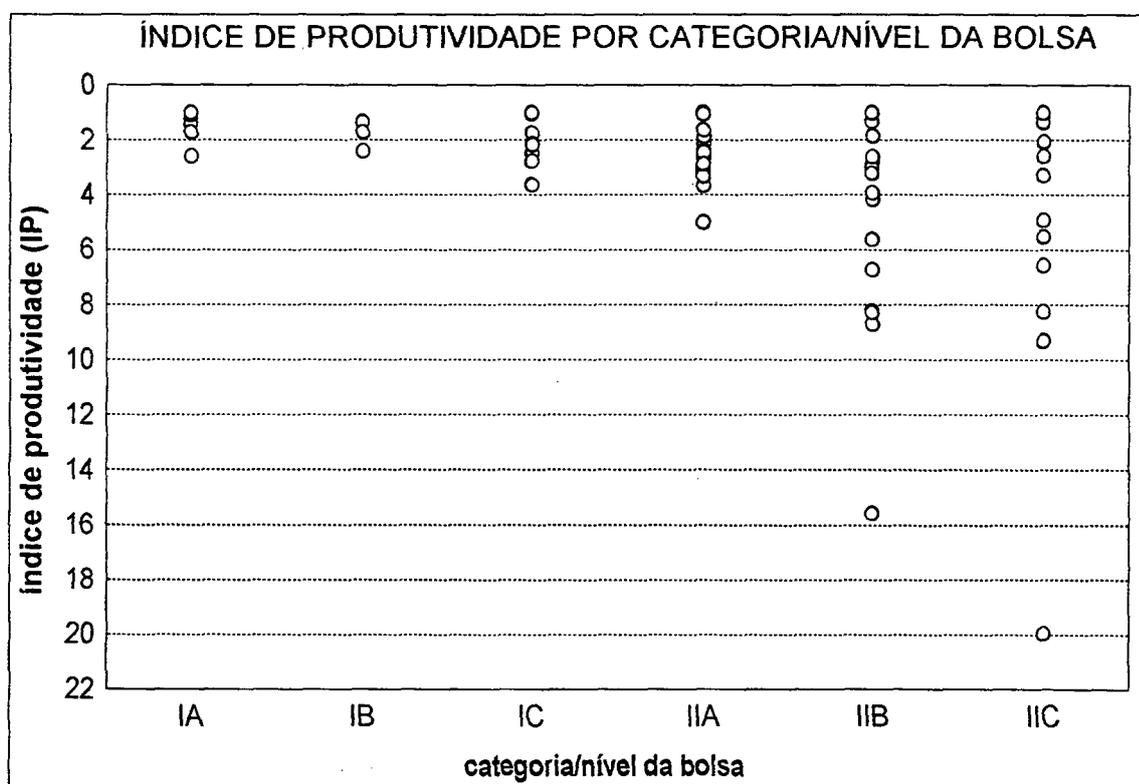


Figura 5.2 – Concentração dos índices de produtividade por categoria/nível da bolsa (Modelo1)

Duas outras análises, mais profundas, ainda podem ser feitas. Do ângulo dos multiplicadores, pode-se analisar a valoração atribuída às variáveis do modelo. Sob o prisma da envoltória, é possível analisar a relação dos bolsistas de máxima produtividade com os demais. A análise começará tratando deste último enfoque.

5.1.1 Análise da Envoltória

A análise dos resultados via o problema da envoltória, permite que se observe o desempenho dos bolsistas-referência, bem como o comportamento dos demais indivíduos. Permite, também, observar a intensidade com que os bolsistas de desempenho máximo são tomados como referência. Os resultados estão apresentados no Anexo VI. A análise sob este aspecto é capaz de mostrar a projeção na fronteira de máxima produtividade de um bolsista que se situa abaixo dela. Esta produtividade virtual seria uma combinação linear de pelo menos um indivíduo integrante da fronteira. Por exemplo, a projeção do bolsista 55 na fronteira pode matematicamente ser expressada como uma combinação linear dos bolsistas que o modelo apontou como referência para ele, os pesquisadores 29 e 35 (ver Anexo VI):

$$(Y_{55}^P, X_{55}^P) = \left(\sum_{j=1}^{61} \lambda_j^{55} Y_j, \sum_{j=1}^{61} \lambda_j^{55} X_j \right) \quad (5.1)$$

onde o vetor λ_j^{55} corresponde aos coeficientes que permitem a combinação linear e define ponto projetado. Neste ponto, Y_{55}^P é o vetor “produto virtual” e X_{55}^P o vetor “insumo virtual”. Para esta situação, o vetor λ_j^{55} é $(0, \dots, \lambda_{29}^{55}, \dots, \lambda_{35}^{55}, \dots, 0)$, ou $(0,03981, 0,68531)$. A Tabela 5.2, a seguir, resume as informações do Anexo VI. Neste anexo são encontrados os coeficientes λ para cada bolsista.

Tabela 5.2 – Projeções na fronteira de produtividade.

	Bolsistas-referência					
	9	12	29	35	45	51
número de vezes tomado como referência	5 (9,1%)	8 (14,5%)	38 (69,1%)	41 (74,5%)	18 (32,7%)	29 (52,7%)
TOTAL ($\Sigma\lambda$)	1,98751	2,60047	6,40110	16,77396	4,26298	17,04354

As informações desta Tabela revelam que os bolsistas 29 e 35 são tomados como referência um número considerável de vezes. Por exemplo, 74,5% daqueles que não atingiram a máxima produtividade se espelham no bolsista 35, ao passo que 69,1% tomam como referência o bolsista 29. Porém, observando a última linha da Tabela 5.2, correspondendo à soma dos coeficientes λ , vê-se que o bolsista 29 não tem uma participação expressiva em termos de meta projetada (apenas 6,4 contra 16,8 do bolsista 35). Já o bolsista 51, que é tomado como referência por 52,7% dos pesquisadores, é quem apresenta o maior valor de $\Sigma\lambda$. O que pode ser concluído é que estes três indivíduos parecem traduzir melhor a semelhança

entre o grupo. Em oposição, encontram-se os bolsistas 9 e 12. Eles são tomados como referência poucas vezes. E, em um nível intermediário, posiciona-se o bolsista 45.

Cruzando essas informações com as da Tabela 5.1, constata-se que os três pesquisadores com maior número de referências (pela ordem 35, 26 e 51) são todos bolsistas da categoria I. Dois deles, 26 e 51, detêm a categoria máxima atribuída a um pesquisador, IA, e o outro está classificado como IC, apontando para mais um resultado relevante. Todavia, esta análise ainda deve levar em conta a organização do grupo através dos problemas dos multiplicadores, os pesos incorporados às variáveis.

5.1.2 Análise dos Multiplicadores

O modelo utilizado impôs uma única restrição: que os pesos incorporados às variáveis fossem pelo menos iguais à unidade. Este limite inferior faz com que nenhum indicador (produto) tenha seu valor reduzido quando da composição da produção virtual. Por outro lado, não foi introduzido nenhum limite superior. A ausência dessa restrição traz a vantagem de permitir que cada bolsista atribua o maior valor possível aos seus fatores, não podendo ser argumentado que a valoração obtida não representou razoavelmente o “valor global” de suas variáveis (Dyson & Thanassoulis, 1988). Contrariamente, ao permitir uma total maleabilidade nos pesos, o modelo pode chegar a resultados destoantes do senso-comum. Uma dada variável pode ser valorada muito acima da expectativa, depondo contra o modelo DEA (Beasley, 1995).

Devido a essas observações, dicotômicas, passa a fazer sentido uma análise de sensibilidade através do problema dos multiplicadores. Especialmente relevante em análises dessa natureza é a observação do comportamento, mais uma vez, dos componentes da fronteira. Nesse sentido, a Tabela 5.3 mostra os pesos que foram atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência, posto que servem como parâmetro para os demais. Qualquer incoerência aqui tem reflexos no resultado final do modelo, podendo conduzir a interpretações incorretas ou decisões equivocadas.

A primeira coluna da Tabela 5.3 relaciona os bolsistas-referência, ao passo que as oito seguintes mostram o peso atribuído a cada variável. Já a última coluna apresenta a

razão entre os pesos para cada mestre (GM) e doutor (GD) formado por este grupo de bolsistas. Esta razão é tomada como exemplo para a análise.

Tabela 5.3 – Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência.

Bolsista	insumos		Indicadores de C&T (produtos)					Razão	
	TM	TD	AN	AE	TP	LV	GM	GD	GD/GM
9	1,00	45,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,50	1,00	0,29
12	7,15	5,52	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,29	9,29
29	6,63	57,21	7,40	1,00	1,00	1,00	6,95	1,00	0,14
35	1,00	45,51	1,00	1,00	1,00	3,84	2,98	1,00	0,33
45	1,00	45,51	1,00	1,00	1,00	3,84	2,98	1,00	0,33
51	1,00	34,68	1,00	1,00	1,00	1,00	5,93	18,35	3,12

O que a análise evidenciou é que há uma valoração excessiva ao indicador GM, quando confrontado com o indicador GD, para quatro dos seis bolsistas (9, 29, 35 e 45). Salienta-se que nenhum dos quatro titulou doutores, daí os pesos atribuídos ao indicador GM serem superiores àqueles anexados ao indicador GD. De qualquer forma, esta é uma informação que não corresponde à lógica. Raciocinando globalmente, seria um contra-senso pensar que o esforço para formar um mestre seja superior àquele empreendido para formar um doutor. Seria difícil imaginar um avaliador atribuindo valor superior ao indicador GM. Não por acaso, os dois bolsistas que fogem à regra (bolsistas 12 e 51) já titularam doutores. Eles estão vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas/UFSC, que conta com cursos de mestrado e doutorado já consolidados, o que não se verifica com os programas de vínculo dos outros quatro bolsistas. O bolsista 9 tem vínculo com o Programa de Engenharia de Produção/PUC-RJ, cujo doutorado é recente. Os bolsistas 29 e 45 estão vinculados ao Programa de Engenharia de Produção/UFF, sem doutorado, caso idêntico do 35, do Mestrado em Engenharia de Produção/UFSM. Mesmo assim, consistente parece ser somente o resultado do bolsista 51, que atribuiu a um doutor um valor três vezes superior a um mestre. Veja que o bolsista 12 apresenta uma razão de 9,3, parecendo ser um tanto exagerada. Talvez, um ou outro doutorando demande um esforço bem superior aos demais, mas é pouco provável que possa constituir uma regra geral, ainda que para o bolsista 12 a orientação de doutores tenha uma alta significância.

Por outro lado, conforme mostra a Tabela 5.4, de positivo fica a constatação que a valoração atribuída à formação de recursos humanos (GM + GD) é expressiva. Em comparação com os demais indicadores, o menor valor é 37,1% (bolsistas 35 e 45) enquanto o maior, 85,8%, cabe ao bolsista 51. Este resultado parece refletir o próprio ambiente dos 61 pesquisadores, pois quase a totalidade deles está vinculada a cursos de pós-graduação. Também faz crer em uma ação do CA-PE coerente com as normas do CNPq, as quais recomendam que os candidatos às bolsas de Produtividade em Pesquisa tenham envolvimento com a formação de recursos humanos de alto nível. Contudo, as razões GD/GM indicam a necessidade de correções no modelo utilizado. Este também parece ser o caso das variáveis TM e TD. Recorda-se que a intenção era capturar a influência de cada uma na composição do modelo. O que pode ser visto é que, à exceção do bolsista 12, todos os demais têm valoração de TD superior à de TM. Para tal situação, a redução da flexibilidade entre os pesos é uma ação possível, podendo conduzir a resultados mais realistas.

Tabela 5.4 – Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência (em porcentagem)

Bolsista	insumos		Indicadores de C&T (produtos)					
	TM	TD	AN	AE	TP	LV	GM	GD
9	2,2	97,8	11,8	11,8	11,8	11,8	41,2	11,8
12	56,7	43,3	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	65,0
29	10,3	89,7	49,9	5,4	5,4	5,4	37,6	5,4
35	2,2	97,8	9,3	9,3	9,3	35,2	27,8	9,3
45	2,2	97,8	9,3	9,3	9,3	35,2	27,8	9,3
51	10,8	89,2	3,5	3,5	3,5	3,5	20,8	65,0

5.2 Ajuste do Modelo

Existem duas maneiras de ajustar o modelo de modo a aperfeiçoá-lo. Uma possibilidade seria reestudar a inclusão, exclusão, agregação ou desmembramento de variáveis (Norman & Stoecker, 1991). A outra maneira é impor restrições aos pesos, sendo esta a alternativa abordada a seguir.

A imposição de restrições adicionais ao modelo, através da redução da flexibilidade dos pesos, traz embutido juízo de valor. Exercer tal julgamento não é simples, requerendo o

conhecimento de especialistas que tenham grande convívio com o assunto em foco. No caso das Engenharias, pode-se verificar como os comitês se comportam em relação ao assunto, analisando os valores que eles atribuem aos indicadores de C&T de seus modelos. Com relação à formação de recursos humanos, cinco comitês estipulam explicitamente tais ponderações, cuja razão GD/GM varia entre 1,7 e 3. Vale registrar que tais ponderações estão inseridas no contexto de todos os indicadores utilizados por cada comitê assessor. Infelizmente, até o término da coleta dos dados, o CA-PE não havia divulgado nenhum estudo nesse sentido, o que levou à busca pela informação nos procedimentos adotados por outros comitês.

Com respeito aos indicadores de publicações (AN, AE e TP), conforme foi visto no Capítulo 4, não há consenso entre os comitês, a não ser que nenhum utiliza a divisão adotada pelo Formulário 168/1, “nacional – estrangeiro”. A análise de alguns indicadores da produção recente dos bolsistas também lança dúvidas quanto à qualidade desta informação, inclusive com respeito ao indicador LV (há apostilas classificadas como livros). Por este motivo, a modificação no modelo DEA será restrita aos indicadores de formação de recursos humanos. Para limite inferior, estipulou-se que o esforço para orientar e titular um doutor deve ser no mínimo o dobro de um mestre, mantendo praticamente o limite mínimo dos comitês. Porém, para limite superior, decidiu-se ser um pouco mais flexível, adotando uma razão igual a 5. Estes limites foram aplicados a todos os 61 bolsistas e os novos resultados, somente para os de máxima produtividade, são mostrados nas Tabelas 5.5 e 5.6.

Tabela 5.5 – Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência (modelo com a restrição $2 \leq \text{GD/GM} \leq 5$, alterações sublinhadas).

Bolsista	TM	TD	AN	AE	TP	LV	GM	GD	GD/GM
9	1,00	45,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,50	<u>7,00</u>	<u>2,00</u>
12	7,15	5,52	1,00	1,00	1,00	1,00	<u>4,65</u>	<u>23,24</u>	<u>5,00</u>
29	6,63	57,21	<u>1,00</u>	1,00	1,00	1,00	<u>1,00</u>	<u>2,00</u>	<u>2,00</u>
35	1,00	45,51	1,00	1,00	1,00	<u>1,00</u>	<u>1,00</u>	<u>2,00</u>	<u>2,00</u>
45	1,00	45,51	1,00	1,00	1,00	<u>4,83</u>	<u>1,00</u>	<u>2,00</u>	<u>2,00</u>
51	1,00	34,68	1,00	1,00	1,00	1,00	5,93	18,35	3,12

Observe-se que a aplicação dessas restrições aponta resultados mais coerentes. A Tabela 5.5 mostra a nova relação entre os pesos dos indicadores de C&T. Os novos limites

impostos para a razão GD/GM levaram os quatro bolsistas que não haviam titulado doutores a se posicionar no limite inferior (2,0), ao passo que o bolsista 12, cuja razão era 9,3, teve seu valor reduzido para o limite superior (5,0). O bolsista 51, que já estava dentro desta faixa, manteve a razão inalterada. Agora, à exceção do indicador LV do bolsista 45, observa-se, que nenhuma outra publicação vale mais que um mestre. Todavia, houve um “engessamento” entre os demais indicadores. É claro que estas relações também podem ser manejadas, a critério do decisor, o que pode ser explorado em trabalhos futuros.

Já a análise da superfície envoltória (Tabela 5.6), mostra modificações mais significativas. Permanecem os mesmos bolsistas como referência para o grupo, mas alterou-se a intensidade e o número de vezes que cada um deles é tomado como referência. Existem agora novas combinações lineares para 30 bolsistas (54,5%). A modificação mais substancial ocorreu com bolsista 12, que somente é tomado como referência por outros dois. Contudo, os três bolsistas da categoria I (29, 35 e 51) ainda continuam a ser as grandes referências. Porém, as semelhanças estão mais próximas dos bolsistas 35 e 51, sendo que a soma dos coeficientes “lambda” reforçou ainda mais a participação do bolsista 35.

Tabela 5.6 – Relação entre os modelos original e modificado.

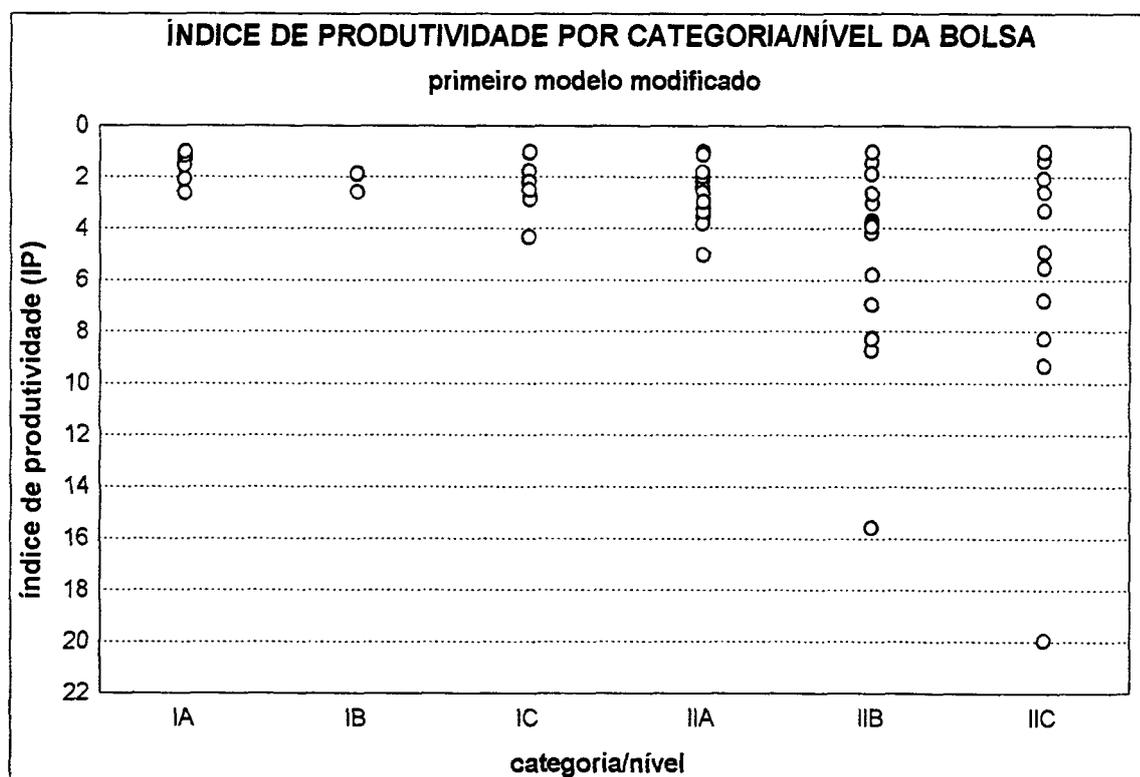
Bolsista	Número de referências		Soma dos coeficientes λ	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
9	5	5	1,98751	1,99261
12	8	2	2,60047	1,01365
29	38	36	6,40110	6,02088
35	41	42	16,77396	17,95250
45	18	18	4,26298	4,57816
51	29	30	17,04354	15,42786

Nota: o Modelo 1 é o modelo original e o Modelo 2 é o modelo modificado

Por outro lado, a queda significativa do bolsista 12 como marco referencial, parece indicar que neste novo contexto sua semelhança com o grupo diminui. Olhando com cuidado seus indicadores, vê-se que ele já formou 30 pessoas (21 mestres e nove doutores), o que não se refletiu nas publicações em periódicos e eventos (são sete AN, e nenhum AE), justamente o oposto da maioria do grupo, cuja tendência em publicar é superior à formação de recursos humanos. Esta questão não tem uma resposta simples e envolve um exame pormenorizado

dos dados. Pode ser, por exemplo, que a peculiaridade da subárea de atuação do bolsista 12 não favoreça a disseminação de seu trabalho em veículos estrangeiros.

No tocante às modificações nos índices de produtividade, constatou-se que houve queda de desempenho em 30 casos. Porém, para 19 bolsistas, a queda foi inferior a 10%. O índice foi mantido em 25 casos, excluído-se os seis bolsistas-referência. Somente para alguns poucos bolsistas a queda de produtividade foi significativa. A Figura 5.3 mostra novamente a distribuição dos índices de produtividade por categoria/nível da Bolsa, servindo para confirmar que as modificações continuam relacionando os piores índices aos bolsistas da categoria II.



da Engenharia de Produção a recomendar bolsas de Produtividade em Pesquisa para pesquisadores com este perfil? Será que os demais candidatos tinham um desempenho ainda inferior? Será que os projetos de pesquisa apresentados eram tão superiores aos demais concorrentes? Ou será que na solicitação deles havia mais detalhes curriculares ausentes do Formulário 168/1? Essas indagações ficam sem resposta. Porém, servem para reforçar a pertinência da DEA como ferramenta complementar de análise e avaliação curricular. Ao apontar com rapidez situações como esta, pode auxiliar o trabalho dos técnicos do CNPq na análise preliminar das propostas. Pode, também, servir como suporte a consultores *ad hoc* e a comitês assessores, alertando para a necessidade de recomendações acompanhadas de justificativas pertinentes em alguns casos flagrantemente discordantes da maioria. Pode ainda apoiar o processo de avaliação de resultados de pesquisadores ou de grupos de pesquisa. Por fim, o método pode servir como suporte à tomada de decisão pelas instâncias superiores do CNPq.

Ainda há outra análise que pode ser realizada. Até aqui, tratou-se somente da avaliação do modelo sob a perspectiva dos produtos, os indicadores de C&T. Porém, nada foi comentado a respeito da relação entre os insumos TM e TD. Voltando à Tabela 5.4, constata-se que, à exceção do bolsista 12, a valoração atribuída à variável TD foi sempre superior. Tal como ocorreu com a razão GD/GM, a relação entre as variáveis de insumo também demandaria um estudo aprofundado para estipular seus limites. Todavia, suponha-se que a valoração do Tempo de Doutorado não supere o dobro da atribuída ao Tempo de Mestrado. Admita-se, também, que a valoração do Tempo de Doutorado não possa ser inferior à metade do peso do Tempo de Mestrado, de sorte que a razão TD/TM se situe entre 0,5 e 2,0. Mesmo que para os recém-doutores TM possa ter um grande significado, no cômputo geral, estes limites parecem razoáveis. Novamente, os limites foram aplicados a todo o grupo de bolsistas.

O resultado desta nova restrição, juntamente com a anterior aplicada à razão GD/GM, é mostrado na Tabela 5.7. Esta Tabela foi ligeiramente modificada em relação às anteriores (tabelas 5.4 e 5.5). Os pesos de cada variável estão entre parênteses, continuando sublinhados aqueles que sofreram alteração em relação aos da Tabela 5.5. Ao lado de cada peso encontra-se o valor da respectiva variável. Destacam-se as seguintes modificações:

1. o bolsista **9** não mais pertence ao grupo de produtividade máxima; esta foi a alteração mais substancial. Recorde-se que sua participação como referência para os demais bolsistas não era significativa;
2. o indicador AN do bolsista **29** continua a ser valorado acima de seus demais indicadores, o que é justificável, pois é seu principal produto, em termos quantitativos, superando de longe os demais. Além disso, são 133 artigos nacionais contra vinte do segundo bolsista em quantidade de AN produzidos, o bolsista **39** (ver Anexo V);
3. os 14 livros do bolsista **45** são valorados um pouco abaixo em relação ao modelo anterior, mas continuam recebendo o maior peso frente aos seus demais indicadores. Este bolsista é com o maior número de livros publicados;
4. os bolsistas **12** e **51**, os únicos que titularam doutores entre os cinco pesquisadores listados na Tabela 5.7, têm a razão GD/GM no limite máximo, 5,0. Note-se que o bolsista **12** já apresentava esta valoração, mas o bolsista **51** teve a valoração do indicador GD incrementada de 3,12 para 5,0; e
5. uma outra constatação, com respeito ao bolsista **12** é que seus três livros passam a ser mais valorados que os indicadores AN, AE e TP, o que não é nenhum contra-senso.

Tabela 5.7 – Pesos atribuídos às variáveis dos bolsistas-referência (modelo com as restrições $0,5 \leq TD/TM \leq 2$ e $2 \leq GD/GM \leq 5$, alterações sublinhadas).

bolsista	Insumos		Indicadores de C&T (produtos)					
	TM	TD	AN	AE	TP	LV	GM	GD
12	<u>(6.46)</u> 16	<u>(12.93)</u> 8	(1,00)7	(1,00)0	(1,00)44	<u>(1.41)</u> 3	<u>(2.29)</u> 21	<u>(11.48)</u> 9
29	<u>(7.04)</u> 26	<u>(14.08)</u> 20	<u>(2.59)</u> 133	(1,00)38	(1,00)50	(1,00)1	(1,00)31	(2,00)0
35	<u>(5.95)</u> 16	<u>(11.91)</u> 3	(1,00)15	(1,00)18	(1,00)88	(1,00)2	(1,00)8	(2,00)0
45	<u>(6.19)</u> 13	<u>(12.37)</u> 3	(1,00)14	(1,00)0	(1,00)40	<u>(3.54)</u> 14	(1,00)14	(2,00)0
51	<u>(6.41)</u> 15	<u>(12.84)</u> 11	(1,00)5	(1,00)8	(1,00)6	(1,00)0	<u>(2.28)</u> 43	<u>(11.38)</u> 7

A Tabela 5.8 mostra a relação entre este novo modelo e os anteriores, confirmando que sobressaem como referência os bolsistas da categoria I: **29**, **35** e **51**, em especial os dois últimos.

Tabela 5.8 – Relação entre os três modelos.

Bolsista	Referência ¹			Soma dos coeficientes λ		
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
9	5	5	-	1,98751	1,99261	-
12	8	2	2	2,60047	1,01365	0,79698
29	38	36	37	6,40110	6,02088	7,82840
35	41	42	42	16,77396	17,95250	21,75045
45	18	18	20	4,26298	4,57816	4,91589
51	29	30	34	17,04354	15,42786	16,88795

¹Referência = número de vezes que o bolsista é tomado como referência

Verificando as modificações ocorridas com o desempenho dos 61 pesquisadores, o que ocorre é uma quase generalizada perda de produtividade. Ou seja, com o aumento do número de restrições, cresce o valor de ϕ . Além dos cinco bolsistas que se mantiveram na fronteira, somente outros oito não apresentaram alterações nos índices. Contudo, as mudanças não foram significativas. No grupo, apenas os bolsistas 17, 41 e 55 apresentaram alterações bruscas. Observe-se que 41 e 55 já apresentavam os piores índices na primeira versão do modelo. Seus índices se alteraram de 19,95000 para 32,24242 (bolsista 41) e de 15,57441 para 17,98020 (bolsista 55). Em resumo, os melhores índices continuam pertencendo à categoria I, conforme pode ser visto pela Figura 5.4. Para uma melhor visualização, exclui-se os três piores resultados (índices de produtividade 14,11946, 17,98020 e 32,24242).

Ainda haveria uma outra alternativa: considerar como insumo apenas o tempo total de titulação, correspondendo ao período entre a obtenção do grau de mestre e o preenchimento do Formulário 168/1. Apesar desta hipótese parecer mais intuitiva, sua aplicação ao modelo escolhido revelou resultados menos promissores que os já obtidos. Por exemplo, aplicando nesta versão a restrição $2 \leq GD/GM \leq 5$, em alguns casos, o indicador TP passou a valer mais que o indicadores GM, AN, AE e LV. Além do mais, o tempo total de titulação não capta a influência adicional do doutorado sobre a produção dos indicadores.

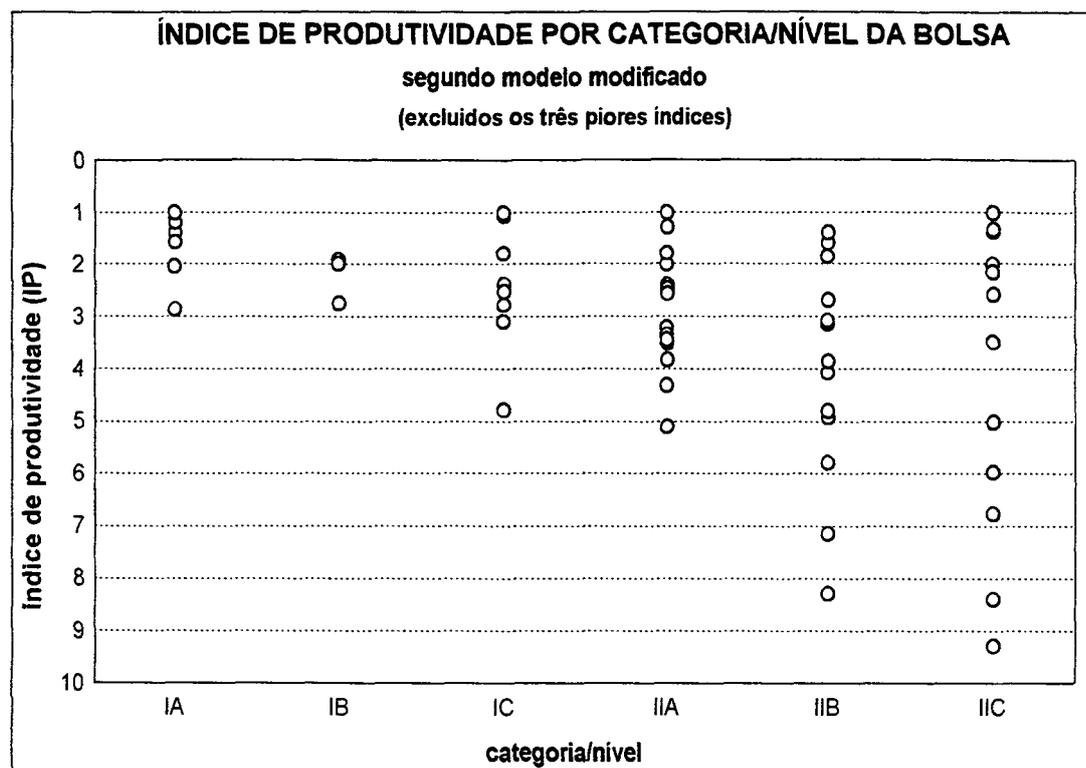


Figura 5.4 – Concentração dos índices de produtividade por categoria/nível da bolsa (Modelo 3).

Uma outra possibilidade que o método permite, neste caso, além da análise por indivíduo, é verificar o comportamento por instituição. Esta possibilidade pode ser particularmente útil, por exemplo, na avaliação de grupos de pesquisa, partindo-se da avaliação de seus integrantes. Como já comentado, a grande maioria dos bolsistas tem vínculo com cursos de pós-graduação. Para esta análise institucional, restringiu-se o universo às instituições com pelo menos quatro bolsistas. A este quesito, atende a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e a Universidade de São Paulo (USP). Todas têm cursos de pós-graduação em Engenharia de Produção. Durante o período em que as bolsas foram concedidas, UFRJ, UFSC e USP já contavam com cursos consolidados de mestrado e doutorado. A PUC/RJ possuía somente o mestrado consolidado, sendo o doutorado um curso novo. Quanto à UFSCar, só contava com o curso de mestrado. A Tabela 5.9 apresenta os conceitos emitidos pela CAPES em 1996 para os cursos citados e a Figura 5.5 a distribuição institucional, segundo o desempenho de seus bolsistas. A UFSC e a UFRJ apresentam vários bolsistas com boa produtividade, cabendo à UFSC o melhor desempenho dentre as instituições selecionadas.

Tabela 5.9 – Conceitos dos cursos selecionados de pós-graduação em Eng. de Produção.

Instituição	Curso	mestrado	doutorado
PUC/RJ	Engenharia de Produção	A	CN
UFRJ	Eng. Prod. (Pesq. Operacional Gerência de Produção)	A	A
UFSC	Engenharia de Produção	A	A
UFSCar	Engenharia de Produção	A	-
USP	Engenharia de Produção	A	A

Fonte: Capes/MEC – Avaliação da Pós-Graduação – 1996.

Legenda: mestrado = conceito do curso de mestrado,
 doutorado = conceito do curso de doutorado
 A = conceito máximo atribuído pela CAPES, CN = curso novo

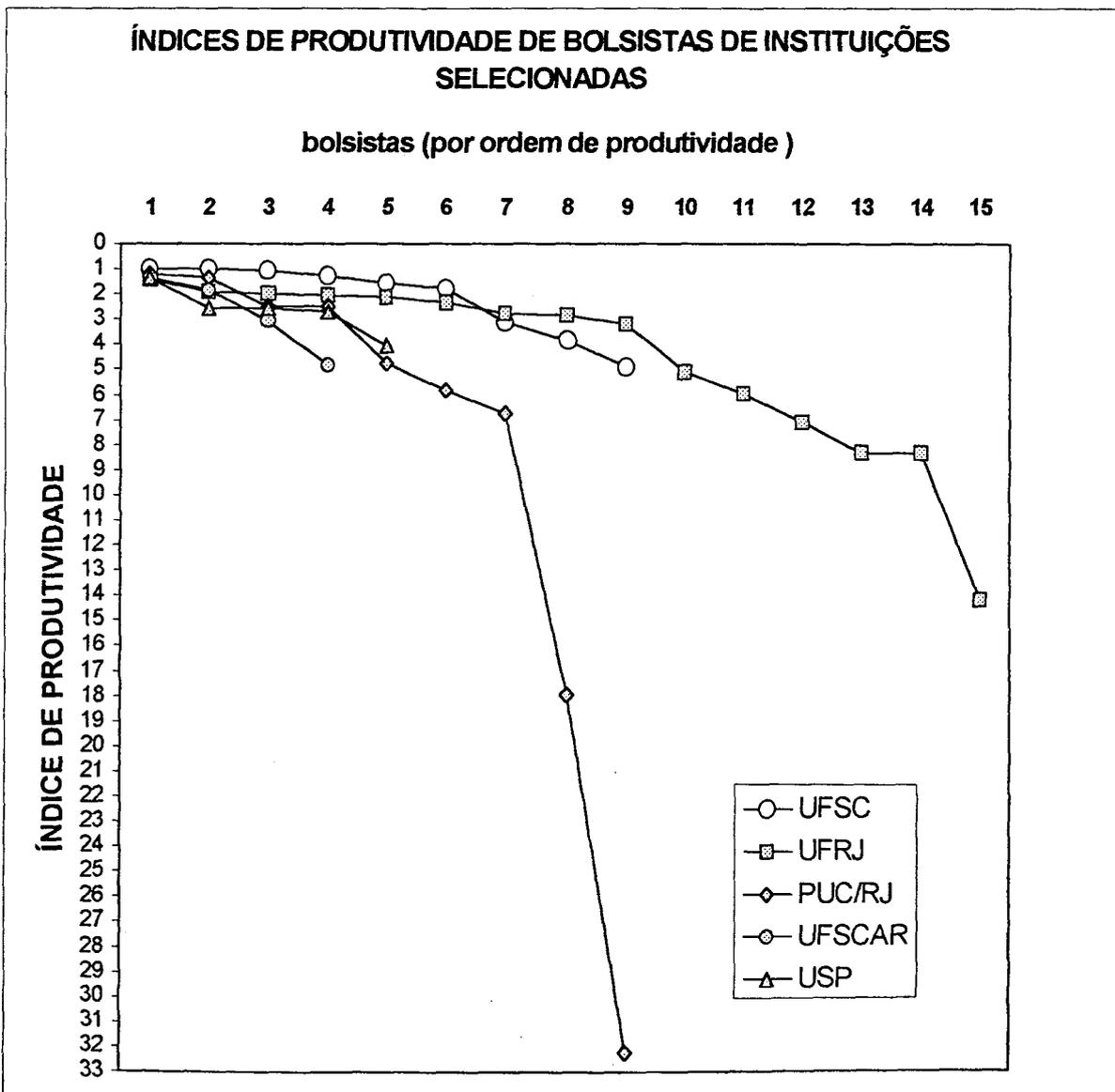


Figura 5.5 – Índices de produtividade de bolsistas selecionados de acordo com suas instituições de vínculo.

5.3 Conclusões

Já em sua aplicação inicial, sem nenhuma restrição, o modelo escolhido levou a resultados promissores, mostrando o potencial da DEA. Esses resultados foram aperfeiçoados com a inserção de restrições, de modo a tornar o modelo mais realista. Isto é um avanço, pois permite a intervenção do decisor no processo. Os algoritmos empregados pelos CAs, que são somas ponderadas, utilizam pesos *a priori*. A DEA, ao contrário, encontra os pesos *a posteriori* dentro dos limites estabelecidos pelo especialista, permitindo visões alternativas a medida que o decisor exerce seu conhecimento.

Os resultados também mostraram que o método permite destacar semelhanças e diferenças, o que pode ser útil em processos avaliativos preliminares, ou mesmo para identificar nichos de pesquisadores. Um outro destaque a fazer é sobre a possibilidade de realizar análises partindo do individual para o coletivo. Isto elimina uma das limitações da DEA, a necessidade que o número DMUs seja pelo menos duas vezes superior ao de variáveis (Golany & Roll, 1989). Assim, é possível comparar pequenos agrupamentos de unidades, partindo-se da análise individual de seus integrantes.

Finalizando, cabe salientar que as possibilidades de análise não se esgotam aqui. Assim com analisou-se os bolsistas referência e os de baixa produtividade, seria possível verificar o comportamento dos pesquisadores marginalmente improdutivos, isto é, aqueles muito próximos à fronteira. Uma análise da produtividade mais recente seria uma outra alternativa. Além do mais, outros modelos poderiam ser testados. Deixa-se essas alternativas como sugestões para futuros trabalhos.

No Capítulo 6, a análise dos resultados é aprofundada através das conclusões e recomendações.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

A *Data Envelopment Analysis* provou sua pertinência e utilidade como uma ferramenta auxiliar no processo avaliativo. A aplicação do modelo escolhido ao grupo selecionado de bolsistas da Engenharia de Produção levou a resultados coerentes, sendo possível vislumbrar sua utilização como um método de apoio à análise das bolsas de Produtividade em Pesquisa. Os técnicos do CNPq podem utilizar a DEA para verificar, por exemplo, o desempenho curricular global dos candidatos a esta modalidade e indicar aos CAs possíveis distorções. Os CAs, por seu turno, podem respaldar melhor seus pareceres. Por outro lado, a DEA pode apontar prováveis inconsistências nas recomendações dos comitês, de modo que seja possível refinar a análise antes da decisão final por parte do CNPq.

Um dos principais dilemas, quando se trabalha sob restrições orçamentárias, é a dificuldade de incluir no sistema de bolsas jovens pesquisadores com potencial destacado. A tendência é perpetuar o sistema com pesquisadores mais experientes e qualificados, tornando a renovação limitadíssima (Ibañez, 1996). O modelo utilizado, ao obter o desempenho como razão entre os indicadores de C&T e o tempo de formação dos pesquisadores, mostrou que este problema pode ser contornado ou pelo menos amenizado.

Por outro lado, a flexibilidade da DEA permite ao decisor explorar várias alternativas, possibilitando que se exerça juízo de valor sobre o objeto avaliado e que se construam vários cenários. Em particular, a possibilidade de manejar a valoração de cada indicador é uma vantagem importante para o decisor, seja ele um consultor *ad hoc*, um membro de comitê assessor ou um técnico do CNPq.

Outra conclusão que se tira da análise dos resultados é a possibilidade de promover avaliações de grupos de pesquisa, partindo-se da avaliação individual. Como no novo modelo que o CNPq vem implantando há uma indicação expressa de fomentar C&T também através de grupos de pesquisa (CNPq, 1997b), julga-se que o método é uma alternativa a ser considerada pela instituição.

Em suma, a DEA provou ser um método que pode efetivamente contribuir para um avanço no processo de A&A do CNPq, não só da Bolsa de Produtividade em Pesquisa, como de outros instrumentos de apoio à C&T, desde que possam ser avaliados pelo desempenho, seguindo critérios quantitativos.

6.2 Recomendações

Recomenda-se a continuidade da pesquisa aplicando o método DEA a:

- outras áreas das Engenharias, a fim de comparar o comportamento das mesmas;
- áreas de perfil distinto, como Letras, Física, Psicologia, na tentativa de estabelecer algum padrão particular a cada área e, se pertinente, adaptar o modelo;
- bolsistas agrupados por grandes áreas do conhecimento (Engenharias, Ciências Exatas e da Terra, por exemplo), objetivando verificar a existência de perfis ou comportamento similares ou não, o que poderia sugerir uma atuação diferenciada quanto à avaliação e à tomada de decisão; e
- categorias/níveis da bolsa, verificando, por exemplo, como se comportam os bolsistas da categoria/nível IA das Engenharias e esses perante os das demais grandes áreas.

Além disso sugere-se aplicar a DEA levando-se em conta a produção científica mais recente (informada nos anexos do Formulário 168/1), em conjunção com os critérios dos comitês. A utilização do modelo à produção mais recente se somaria ao trabalho aqui realizado, sobre a produção global dos pesquisadores. A comparação entre ambos modelos poderia levar a uma avaliação mais precisa, verificando a relação existente entre eles.

Sugere-se, também, uma aplicação a sub variáveis, isto é, considerar como fatores, por exemplo, os periódicos e eventos específicos. A intenção é verificar até que ponto os pesos encontrados pelo DEA se coadunam com aqueles utilizados por alguns comitês assessores.

A união dessas duas últimas sugestões poderia simular os procedimentos de um julgamento. A DEA poderia, ainda, incorporar os critérios dos comitês no tocante à avaliação curricular. Esta sugestão poderia ser particularmente útil no momento em que o CNPq se prepara para alterações tanto na forma como no modo de atuação dos comitês assessores.

Uma outra possibilidade que poderia ser explorada é utilizar outros indicadores. Como foi observado na escolha das variáveis, os documentos dos comitês assessores refletem um viés acadêmico. Mas, porque não incorporar o componente tecnológico em futuras análises? Para as Engenharias, indicadores com produtos ou processos gerados, patentes obtidas, etc. fazem sentido e passam a ser indicadores de qualidade.

Todas essas sugestões se referem a avaliações *ex-ante*. Porém, a avaliação, para ser completa deve, principalmente, verificar o desempenho dos bolsistas após o término do benefício. Assim, sugere-se a aplicação da DEA aos relatórios de atividades dos bolsistas, onde são elencadas as realizações durante a vigência da bolsa.

Recomenda-se, ainda, continuar a pesquisa, aplicando outros modelos DEA aliados a técnicas de Inteligência Artificial, explorando, principalmente, o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil, um fundamental banco de dados sobre a pesquisa de C&T conduzida no país. A união da DEA com a Inteligência Artificial pode resultar em uma importante contribuição aos processos metodológicos de avaliação.

ANEXO I

Definição de Termos e Siglas Utilizados

Os termos utilizados neste trabalho, e considerados essenciais para o entendimento do mesmo, são definidos da seguinte maneira:

Bolsa: pensão gratuita concedida a estudante ou pesquisador para estudo.

Bolsa de Produtividade em Pesquisa: bolsa que estimula o desenvolvimento de atividades de pesquisa de maneira regular e contínua. Contribui para a geração de conhecimentos e para a formação de pessoal qualificado na pós-graduação, visando ao desenvolvimento científico e tecnológico do país. Possibilita a maior integração entre pesquisa, ensino e formação de recursos humanos.

Categoria: classificação atribuída aos bolsistas de Produtividade em Pesquisa segundo sua experiência acadêmica e científica. São duas as categorias: **I**, a mais elevada, e a categoria **II**.

Comitê Assessor: agrupamento de uma ou mais áreas do conhecimento e/ou programas correlatas, constituído por pesquisadores de alto nível da comunidade científica e tecnológica brasileira.

Decision Making Unit (DMU): termo empregado em *Data Envelopment Analysis* para designar as unidades organizacionais que se encontram sob avaliação.

Desempenho: relação entre insumos e produtos.

Eficiência: combinação ótima de recursos para produzir um determinado produto ou a capacidade de obter resultados com um mínimo de custos.

Índice de Produtividade (IP): aumento proporcional máximo de produtos até que pelo menos uma das variáveis de folga de produto seja reduzida a zero. Representa um ponto intermediário entre o produto real e o produto virtual.

Insumo: todo bem, serviço ou recurso que diminui o desempenho de uma entidade quando tiver sua quantidade aumentada, mantidas inalteradas as quantias dos demais fatores.

Nível: enquadramento dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa nas categorias **I** e **II** segundo sua produção acadêmica e científica. São três os níveis: **A**, o mais alto, **B**, o intermediário, e **C**, o inferior. Assim, os bolsistas são classificados em IA, IB, IC, IIA, IIB

e IIC, onde a classificação IA cabe aos pesquisadores *senior* e com qualificação acadêmico-científica inquestionável em seu meio. Já o nível IIC, na outra extremidade, é reservado aos pesquisadores em início de carreira ou com produção incipiente.

Processo: meio físico onde estão arquivados todos os documentos e informações sobre a solicitação, análise e concessão de uma determinada Bolsa de Produtividade em Pesquisa ou qualquer outro benefício concedido pelo CNPq.

Produto: todo bem, serviço ou recurso que aumenta o desempenho de uma entidade quando tiver sua quantidade aumentada, mantidas inalteradas as quantias dos demais fatores.

Produtividade: relação entre insumos e produtos medidos em unidades físicas, não levando em consideração o custo do insumo ou do produto.

Tempo de Doutorado: tempo, em anos, correspondente à diferença entre a data de preenchimento do Formulário 168/1 e o ano de obtenção do doutorado.

Tempo de Mestrado: tempo, em anos, que correspondente à diferença entre a data de preenchimento do Formulário 168/1 e o ano de obtenção do título de mestre.

São as seguintes as siglas utilizadas:

A&A – Acompanhamento e Avaliação

CA – Comitê Assessor

CA-PE – Comitê Assessor de Engenharia de Produção e Transportes e Planejamento Energético (atual CA de Engenharia de Produção e Transportes).

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior

CD – Conselho Deliberativo do CNPq.

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

C&T – Ciência e Tecnologia.

DEA – *Data Envelopment Analysis* (Análise por Envoltória de Dados)

PES - Planejamento Estratégico Situacional

As siglas das instituições dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção são:

CTI – Centro Tecnológico de Informática

IME – Instituto Militar de Engenharia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

PUC – RJ – Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo
UFF - Universidade Federal Fluminense
UFPb - Universidade Federal da Paraíba
UFPR – Universidade Federal do Paraná
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos
UFSM - Universidade Federal de Santa Maria
Unesp – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Unicamp – Universidade Estadual de Campinas
Unimep – Universidade Metodista de Piracicaba
USP – Universidade de São Paulo

ANEXO II**I.1 TABELA PADRÃO PARA AS BOLSAS DE PRODUTIVIDADE
EM PESQUISA RESOLUÇÃO NORMATIVA 019/95**

(valores praticados em 31/12/97)

CATEGORIA	NÍVEL	SPT (%)	VALOR (R\$1,00)
I	A	36	1.140,97
	B	34	1.077,59
	C	32	1.014,20
II	A	29	919,12
	B	28	887,42
	C	26	824,04

SPT = salário do professor titular das universidades federais em regime de dedicação exclusiva (R\$3.169,37 em janeiro/95).

I.2 INSTRUÇÃO DE SERVIÇO IS-002/96 – BOLSAS INDIVIDUAIS NO PAÍS

(itens selecionados)

3. CLASSIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO

O pesquisador será classificado de acordo com sua qualificação acadêmica e/ou experiência e produção científica:

3.1 – Por categoria

Pesquisador I: 05 (cinco) anos, no mínimo, de experiência em atividades de pesquisa, pesquisa/ensino ou correlatas, após a obtenção do título de doutor ou formação equivalente.

Pesquisador II: 02 (dois) anos, no mínimo, de experiência em atividades de pesquisa, pesquisa/ensino ou correlatas e possuir o título de doutor ou formação equivalente.

3.2 – Por nível

Para as categorias I e II, o pesquisador será enquadrado em três diferentes níveis (A, B, ou C), de acordo com a produção científica, o número de alunos orientados, a participação em eventos científicos e outros aspectos reveladores de sua permanente preocupação com o auto-aperfeiçoamento.

4. CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO

4.2 – Categoria II

Nível C: atribuído a pesquisador doutor com produção científica regular há, pelo menos, 2 (dois) anos.

Nível B: atribuído a pesquisador doutor titulado há, no mínimo, 1 (um) ano e que apresente produção científica/tecnológica regular há, pelo menos, 3 (três) anos, É desejável sua participação no processo de formação de mestres, quando vinculado à instituição de ensino pós-graduado.

Nível A: atribuído a pesquisador doutor titulado há, no mínimo, 2 (dois) anos e que apresente produção científica/tecnológica regular há, pelo menos, 4 (quatro) anos. Deverá estar participando do processo de formação de mestres, ou na orientação de dissertações de mestrado quando vinculado à instituição de ensino pós-graduado.

4.3 – Categoria I

Nível C: atribuído a pesquisador doutor titulado há, no mínimo, 5 (cinco) anos, que apresente produção científica/tecnológica regular há, pelo menos, 7 (sete) anos e tenha comprovada independência científica/tecnológica. É desejável sua participação na orientação de teses de doutorado, quando vinculado à instituição de ensino pós-graduado.

Nível B: atribuído a pesquisador doutor titulado há, no mínimo, 5 (cinco) anos, que apresente produção científica/tecnológica regular há, pelo menos, 7 (sete) anos e tenha comprovada independência científica/tecnológica, pela publicação de trabalhos em periódicos renomados. Deverá estar participando do processo de formação de doutores e da orientação de teses de doutorado, quando vinculado à instituição de ensino pós-graduado.

Nível A: atribuído a pesquisador doutor titulado há, no mínimo, 5 (cinco) anos, que apresente produção científica/tecnológica regular há, pelo menos, 7 (sete) anos e tenha comprovada independência e liderança em sua área de atuação, demonstrada pela

publicação de trabalhos em periódicos de reconhecida importância e pela participação na formação de novos doutores e na nucleação de grupos de pesquisa.

4.4 - Para o enquadramento nas categorias mencionadas, a produção científica deverá ser em revistas indexadas, com corpo editorial e de ampla circulação.

4.6 – O desempenho de atividades administrativas constitui uma contribuição relevante, mas, no entanto, não justifica por si só a concessão da bolsa.

5. PROGRESSÃO DO PESQUISADOR

5.1 – A progressão do pesquisador pelos níveis da categoria II deverá refletir uma crescente autonomia e produção científica.

5.2 – A progressão para categoria I pressupõe que o pesquisador já tenha evidenciado claramente sua autonomia científica.

5.3 – A partir da categoria/nível IC, a progressão do pesquisador estará associada a uma produção científica/tecnológica independente e regular, com demonstração de crescente liderança e independência científica.

ANEXO III

Formulário 168/1 – Banco de Currículos
(módulos 6 e 9)

MÓDULO 6 – TITULAÇÃO/FORMAÇÃO ACADÊMICA				
MESTRADO	CODIGO DA SUBÁREA	ESPECIALIDADE		
	ENTIDADE			
	PAIS	INICIO 19	OBTENÇÃO 19	
	NOME COMPLETO DO ORIENTADOR			
	TÍTULO DA DISSERTAÇÃO APROVADA			
	PALAVRA-CHAVE 1.			
	PALAVRA-CHAVE 2.			
	PALAVRA-CHAVE 3.			
DOCTORADO	CODIGO DA SUBÁREA	ESPECIALIDADE		
	ENTIDADE			
	PAIS	INICIO 19	OBTENÇÃO 19	
	NOME COMPLETO DO ORIENTADOR			
	TÍTULO DA TESE APROVADA			
	PALAVRA-CHAVE 1.			
	PALAVRA-CHAVE 2.			
	PALAVRA-CHAVE 3.			

MÓDULO 9 – INDICADORES DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E ARTÍSTICA		Quantidade
1. Artigos publicados em periódicos científicos especializados nacionais com corpo editorial		<input type="text"/>
2. Artigos publicados em periódicos científicos especializados estrangeiros com corpo editorial		<input type="text"/>
3. Artigos de divulgação científica, tecnológica e artística		<input type="text"/>
4. Comunicações em congressos científicos		
4.1 Trabalhos apresentados		<input type="text"/>
4.2 Resumos publicados		<input type="text"/>
4.3 Trabalhos completos publicados em anais		<input type="text"/>
5. Desenvolvimento ou geração de trabalhos com ou sem patente obtida		
5.1 Produtos		<input type="text"/>
5.2 Processos		<input type="text"/>
6. Livros		
6.1 livros publicados		<input type="text"/>
6.2 Capítulos de livros publicados		<input type="text"/>
7. Teses/dissertações de pós-graduação defendidas e aprovadas		
7.1 Mestrado		<input type="text"/>
7.2 Doutorado		<input type="text"/>
8. Teses/dissertações de pós-graduação orientadas e aprovadas		
8.1 Mestrado		<input type="text"/>
8.2 Doutorado		<input type="text"/>
9. Participação em bancas examinadoras		
9.1 Concursos.....		<input type="text"/>
9.2 Pós-graduação		<input type="text"/>
10. Filmes, vídeos ou audiovisuais de divulgação científica realizados		<input type="text"/>
11. Filmes, vídeos ou audiovisuais artísticos realizados		<input type="text"/>
(exclusivo para a área de artes)		
12. Participação em exposições ou apresentações artísticas		<input type="text"/>
(exclusivo para a área de artes)		

Local	/	/	/	Assinatura
_____				_____
Local			Data	Assinatura

ANEXO IV

Tabela IV.1 - Bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção
(posição em 31/12/97)

n ordem /bolsista de Produtividade em Pesquisa	Instituição	Bolsa	Início
1. Adiel Teixeira de Almeida	UFPE	IIC	Ago/96
2. Alberto Gabbay Canen	UFRJ	IIC	Ago/96
3. Ana Célia Cavalcanti Fernandes Campos	UFRN	IIA	Mar/97
4. Anamaria de Moraes	PUC/RJ	IIA	Ago/97
5. Antônio Batocchio	UNICAMP	IIB	Mar/96
6. Antônio Freitas Rentes	USP	IIC	Mar/96
7. Basílio de Bragança Proença	UFRJ	IA	Ago/97
8. Bruno Hartmut Kopittke	UFSC	IC	Mar/96
9. Carlos Patrício Samanez	PUC/RJ	IIC	Mar/96
10. Cosmo Severiano Filho	UFPB	IIC	Ago/97
11. Cristiano Augusto Coelho Fernandes	PUC/RJ	IIC	Mar/97
12. Cristiano José Castro de Almeida Cunha	UFSC	IIA	Ago/96
13. Denis Borenstein	UFRGS	IIC	Ago/97
14. Edgar Augusto Lanzer	UFSC	IA	Mar/97
15. Edson Pacheco Paladini	UFSC	IC	Mar/97
16. Eduardo Saliby	UFRJ	IC	Mar/96
17. Elton Fernandes	UFRJ	IIB	Mar/97
18. Eugênio Kahn Epprecht	PUC/RJ	IIB	Mar/97
19. Felipe Martins Muller	UFSC	IIB	Ago/96
20. Francisco José de Castro Moura Duarte	UFRJ	IIC	Abr/97
21. Gutemberg Hespanha Brasil	UFES	IIA	Mar/97
22. Horácio Hideki Yanasse	INPE	IB	Mar/97
23. Ingeborg Sell	UFSC	IC	Ago/96
24. João Vitor Moccellini	USP	IIB	Mar/97
25. José Carlos de Toledo	UFSCAR	IIB	Ago/97
26. Leila Amaral Gontijo	UFSC	IIA	Mar/97
27. Lídia Micaela Segre	UFRJ	IIA	Mar/97
28. Luiz Antônio Nogueira Lorena	INPE	IIA	Ago/96
29. Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes	UFF	IA	Mar/97
30. Marcius Fabius Henriques de Carvalho	CTI	IIA	Mar/97
31. Marcos do Couto Bezerra Cavalcanti	UFRJ	IIC	Mar/97
32. Marcos Nereu Arenales	USP	IIA	Mar/96
33. Marcos Pereira Estellita Lins	UFRJ	IIB	Mar/97
34. Maria do Socorro Nogueira Rangel	UNESP	IIC	Ago/97
35. Maria Emilia Camargo	UFSC	IC	Ago/96
36. Maria Teresinha Arms Steiner	UFPR	IIC	Ago/96
37. Mário Otávio Batalha	UFSCAR	IIB	Ago/96
38. Mário Sérgio Salerno	USP	IIB	Ago/97
39. Michel Jean-Marie Thiollent	UFRJ	IC	Mar/97
40. Miguel Fiod Neto	UFSC	IIB	Mar/97
41. Mônica Barros	PUC/RJ	IIC	Mar/97
42. Nair Maria Maia Abreu	UFRJ	IIA	Mar/97

Fonte: CNPq/Sistema Banco de Currículos e CNPq/arquivo físico de processos (1997).

Legenda: Bolsa = categoria/nível da Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

Início = mês/ano de início da vigência da Bolsa de Produtividade em Pesquisa .

Tabela IV.1 - Bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção (cont.)
(posição em 31/12/97)

n ordem /bolsista de Produtividade em Pesquisa	Instituição	Bolsa	Início
43. Nélio Domingues Pizzolato	PUC/RJ	IC	Ago/96
44. Oscar Salviano Silva Filho	CTI	IIA	Ago/96
45. Osvaldo Luis Gonçalves Quelhas	UFF	IIC	Mar/96
46. Paulo Afonso Lopes da Silva	IME	IIA	Mar/97
47. Paulo Augusto Valente Ferreira	UNICAMP	IIA	Mar/97
48. Paulo Osvaldo Boaventura Neto	UFRJ	IA	Mar/97
49. Reinaldo Castro Souza	PUC/RJ	IA	Mar/97
50. Reinaldo Morabito Neto	UFSCAR	IIB	Mar/96
51. Ricardo Miranda Barcia	UFSC	IA	Mar/97
52. Robert Wayne Samohyl	UFSC	IIB	Ago/96
53. Roberto Dieguez Galvão	UFRJ	IA	Mar/97
54. Rogério de Aragão Bastos do Valle	UFRJ	IIB	Mar/97
55. Ronaldo Rocha Bastos	PUC/RJ	IIB	Ago/96
56. Saul Fuks	UFRJ	IB	Mar/97
57. Silvio Roberto Ignácio Pires	USP	IIC	Mar/96
58. Tara Keshar Nanda Baidya	PUC/RJ	IC	Ago/96
59. Targino de Araújo Filho	UFSCAR	IIB	Mar/97
60. Vinícius Amaral Armentano	UNICAMP	IB	Mar/97
61. Virgílio José Martins Ferreira Filho	UFRJ	IIB	Mar/97

Fonte: CNPq/Sistema Banco de Currículos e CNPq/arquivo físico de processos (1997)

Legenda: Bolsa = categoria/nível da Bolsa de Produtividade em Pesquisa

Início = mês/ano de início da vigência da Bolsa de Produtividade em Pesquisa

ANEXO V

Tabela V.1 – Indicadores selecionados dos bolsistas da Engenharia de Produção

Bolsista de Produtividade em Pesquisa	TM	TD	AN	AE	TP	LV	GM	GD
1. Adiel Teixeira de Almeida	11	1		4	25	1		
2. Alberto Gabbay Canen	24	19	19	1	11		8	
3. Ana Célia Cavalcanti Fernandes Campos	14	7		1	35		5	
4. Anamaria de Moraes	11	2	2		23			
5. Antônio Batocchio	10	6	8	1	36		3	1
6. Antônio Freitas Rentes	8	2			33		2	
7. Basílio de Bragança Proença	27	21	5	21	27	4	20	4
8. Bruno Hartmut Kopittke	19	12	6	3	36	2	24	4
9. Carlos Patrício Samanez	11	1	6	3	10	2	10	
10. Cosmo Severiano Filho	6	2			10		1	
11. Cristiano Augusto Coelho Fernandes	11	6		2	2		2	
12. Cristiano José Castro de Almeida Cunha	16	8	7		44	3	21	9
13. Denis Borenstein	6	2	2	1	6			
14. Edgar Augusto Lanzer	27	19	16	3	30	4	47	3
15. Edson Pacheco Paladini	18	5	14	12	68	9	12	
16. Eduardo Saliby	20	14	5	6	12	1	18	
17. Elton Fernandes	17	4	3	1	1		1	
18. Eugênio Kahn Epprecht	13	4	3	1	11		2	
19. Felipe Martins Muller	7	4		3	9			
20. Francisco José de Castro Moura Duarte	10	3	1		27		2	
21. Gutemberg Hespanha Brasil	14	7	6	4	11		4	1
22. Horácio Hideki Yanasse	17	13		8	21		6	1
23. Ingeborg Sell	12	6	3	3	20	1	5	
24. João Vitor Moccellini	17	14	1	2	18		2	3
25. José Carlos de Toledo	11	3	19		22	1	2	
26. Leila Amaral Gontijo	14	10	3		65	2	14	
27. Lídia Micaela Segre	24	9	2	6	61	1	16	
28. Luiz Antônio Nogueira Lorena	17	11	1	2	22		6	
29. Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes	26	20	133	38	50	1	31	
30. Marcius Fabius Henriques de Carvalho	20	11	2	6	37			1
31. Marcos do Couto Bezerra Cavalcanti	8	3		1	8			
32. Marcos Nereu Arenales	18	13	2	5	4		19	2
33. Marcos Pereira Estellita Lins	10	4	3		5			
34. Maria do Socorro Nogueira Rangel	8	2		1				
35. Maria Emilia Camargo	16	3	15	18	88	2	8	
36. Maria Teresinha Arms Steiner	9	3	1	1	6			
37. Mário Otávio Batalha	7	3	3	2	7	1		
38. Mário Sérgio Salerno	11	5	10	3	18			
39. Michel Jean-Marie Thiollent	25	21	20	2	28	4	19	3
40. Miguel Fiod Neto	20	3	3	1	21		2	
41. Mônica Barros	10	3	1					
42. Nair Maria Maia Abreu	19	12	9	2	7		6	1
43. Nélio Domingues Pizzolato	25	19	7	8	11	1	28	
44. Oscar Salviano Silva Filho	15	8	4	3	25			
45. Osvaldo Luis Gonçalves Quelhas	13	3	14		40	14	14	
46. Paulo Afonso Lopes da Silva	16	7	3	6	10	3	16	
47. Paulo Augusto Valente Ferreira	11	8	1	4	18		4	
48. Paulo Osvaldo Boaventura Neto	28	26	3	4	22	2	28	4
49. Reinaldo Castro Souza	20	15	8	15	31	2	29	5

Campos em branco significam que nenhum indicador foi gerado

Tabela V.1 – Indicadores selecionados dos bolsistas da Engenharia de Produção (cont.)

Bolsista de Produtividade em Pesquisa	TM	TD	AN	AE	TP	LV	GM	GD
50. Reinaldo Morabito Neto	8	5	8	6	10		3	
51. Ricardo Miranda Barcia	15	11	5	8	6		43	7
52. Robert Wayne Samohyl	23	18	4		3		20	1
53. Roberto Dieguez Galvão	29	19	3	16	21		12	4
54. Rogério de Aragão Bastos do Valle	10	5	3		4	1	2	
55. Ronaldo Rocha Bastos	12	7	1		4			
56. Saul Fuks	25	15	13	6	12	1	8	9
57. Sílvio Roberto Ignacio Pires	8	3	7	2	12	1		
58. Tara Keshar Nanda Baidya	31	14	7	2	6		16	
59. Targino de Araújo Filho	14	2	1		15			
60. Vinicius Amaral Armentano	16	12	4	9	31		10	2
61. Virgílio José Martins Ferreira Filho	7	2	1	1	3			
Bosistas com pelo menos um indicador (%)			51 (85,0)	46 (76,7)	57 (95,0)	26 (43,3)	43 (71,7)	21 (35,0)

Fonte: CNPq/Sistema Banco de Currículos e CNPq/arquivo físico de processos (1997).

Campos em branco significam que nenhum indicador foi gerado

ANEXO VI

Tabela VI.1 – Projeções na fronteira de produtividade.

BOLSISTAS SOB A FRONTEIRA	BOLSISTAS-REFERÊNCIA (valores do coeficiente λ)					
	9	12	29	35	45	51
1				0,29693	0,03640	
2			0,92308			
3				0,78257		0,09859
4				0,58025	0,08642	
5		0,14439	0,02004	0,44805		
6				0,50000		
7			0,50478		0,29754	0,66719
8		0,14319	0,00664	0,11209	0,20102	0,80865
10				0,36780		0,00768
11			0,19891	0,25790		0,11347
13			0,03850	0,31244		
14			0,07538		0,39002	1,33132
15			0,08562	0,50930	0,58654	
16			0,21551		0,16020	0,82164
17	0,27001		0,17670	0,06532		
18			0,04959		0,05855	0,09521
19			0,12474	0,23480		
20				0,62500		
21		0,07114	0,08057	0,35225		0,34207
22			0,33754	0,19495		0,34032
23			0,46457		0,13040	0,19144
24		0,40539		0,00655		0,69382
25	0,29075		0,11250	0,15308		
26				0,63747	0,05830	0,20284
27				1,02671		0,50485
28				0,70976		0,37629
30		0,29178		0,95822		
31				0,50000		
32			0,09382	0,03293		1,00225
33			0,14197	0,38685		
34			0,03306	0,44628		
36				0,56250		
37			0,10448	0,11277	0,19071	
38			0,14535	0,45130		
39		0,38035	0,22997		0,50893	0,42127
40	0,04152			0,98616		
41			0,15000			
42	0,13661	0,33517	0,30361			0,28271
43			0,19640		0,13875	1,20600
44				0,93750		
46			0,01565	0,31645	0,30371	0,43878
47			0,04126	0,48327		0,14633
48					0,36607	1,54941
49			0,26138		0,13414	0,76403
50			0,23140	0,12397		
52			0,04149			1,46142

Tabela VI.1 – Projeções na fronteira de produtividade (continuação).

BOLSISTAS SOB A FRONTEIRA	BOLSISTAS REFERÊNCIA (valores do coeficiente λ)					
	9	12	29	35	45	51
53			0,37251	0,29911		0,97259
54			0,09828		0,47188	0,08736
55			0,03981	0,68531		
56		0,82906	0,05842	0,03352		0,64532
57			0,09376	0,23112	0,14340	
58	1,24862		0,09673			0,98334
59				0,66667		
60			0,19163	0,02317		0,48735
61			0,04545	0,36364		
n de vezes tomado como referência	5 (9,1%)	8 (14,5%)	38 (69,1%)	41 (74,5%)	18 (32,7%)	29 (52,7%)
TOTAL ($\Sigma\lambda$)	1,98751	2,60047	6,40110	16,77396	4,26298	17,04354

Campos em branco correspondem a $\lambda = 0$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, A. I., e SEIFORD, L. M. The mathematical programming approach to efficiency analysis. In: Fried, Lovell & Schmidt (Orgs.). **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University, 1993, p. 120-153.
- ANDERSON, T. **A data envelopment analysis (DEA) home page**. Portland State University. Protland, 1997. url:<http://www.emp.pdx.edu/dea>. 31/dezembro/1997.
- BESSENT, A. M. *et. al.* Evaluation of educational program proposals by means of DEA. **Educational Administration Quarterly**, v. 19, n. 2, p. 82-107, 1983.
- BEASLEY, J. E. Comparing iniversities departments. **Omega**, v. 18, n. 2, p. 171-183, 1990.
- BEASLEY, J. E. Determinig teaching and research efficiencies. **Journal of the Operational Research Society**, v. 46, p. 441-452, 1995.
- CAPES. Avaliação da pós-graduação - 1996: síntese dos resultados. CAPES/DAV. Brasília, 1996
- CASTRO, C. M. A questão da qualidade. In: Simon Schwartzman e Cláudio Moura Castro (Orgs.) **Pesquisa universitária em questão**. São Paulo: Ícone Ed. 1986.
- _____. Há produção científica no Brasil? In: Simom Schwartzman e Cláudio Moura Castro (Orgs.) **Pesquisa universitária em questão**. São Paulo: Ícone Ed. 1986.
- CHARNES, A. COOPER, W. W. e RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 424-444, 1978.

- _____. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. **Management Science**, v. 27, n. 6, p. 668-697, 1981.
- CHARNES, A. *et. al.* **Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications**. Norvell: Kluwer Academic Press, 2 ed. 1996.
- CMTE. **What is DEA?** Performance Analysis Research Program. University of Toronto. Toronto, 1997. url:<http://www.ie.toronto.ca/CMTE/research/dea.html>. 31/dezembro/1997.
- CNPq. **Bolsas de pesquisa. Informe ao Conselho Deliberativo do CNPq**. Brasília, 1989. *mimeo*.
- _____. **Instrução de Serviço 002/96**. Brasília, 1996.
- _____. **O fomento do CNPq nos estados e instituições de pesquisa, 1996**. Brasília, 1997a.
- _____. **Relatório de Atividades 1996**. Brasília, 1997b.
- _____. **Diretório dos grupos de pesquisa no Brasil – versão 3.0**. Brasília, 1997c.
- _____. **O fomento do CNPq nos estados e instituições de pesquisa, 1997**. Brasília, 1998a.
- _____. **Planejamento Estratégico**. Brasília, 1998b. url: <http://www.cnpq.br/pes>. 31/dezembro/1997
- _____. **Relatório de Atividades 1997**. Brasília, 1998c.

- COOK, W. D. *et al.* Data Envelopment Analysis in the presence of both quantitative and qualitative factors. **Journal of Operational Research Society**, v. 47, n. 7, p. 945-953. 1996.
- DYSON, R. G. & THANASSOULIS, E. Reducing weight flexibility in Data Envelopment Analysis. **Journal of Operational Research Society**, v. 39, n. 6, p. 563-576, 1988.
- FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Londres: v. 120, p. 253-290, 1957.
- GOLANY, B. & ROLL, Y. An application procedure for DEA. **Omega**. v.17, n. 3, p. 237-250, 1989.
- GUIMARÃES, R. **Avaliação e fomento de C&T no Brasil: propostas para os anos 90**. Brasília: MCT/CNPq, 1994.
- IBAÑEZ, M. V. **Acompanhamento e avaliação em alguns dos instrumentos de fomento à pesquisa do CNPq**. CNPq, Brasília, 1996. Mimeo.
- 1 CONSULTING, Inc. **IDEAS 5.1 Users Guide**. Amherst, MA. 1995.
- JOHNES, J. Performance assessment in higher education in Britain. **European Journal of Operational Research**. Londres: v. 89, p. 18-33, 1996.
- JOHNSON, R. A. & WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1982.
- MCT. **Relatório de Atividades 1992-94**. Brasília, 1995.
- MCT. **Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia 1990-95**. Brasília, 1996.

- NORMAN, M. & STOECKER, B. **Data envelopment analysis: the assessment of performance**. West Sussex: John Wiley & Sons, 1991.
- NSF - National Science Foundation. **Science and technology pocket data book**. Arlington, VA, 1994.
- REFENES, A. N. *et al.* Neural networks in investment management. *In*: Goonatilake & Treleaven, P. (Org). **Intelligent systems for finance and business**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. p 177-208.
- SEIFORD, L. M. Data envelopment analysis: the evolution of the state-of-art (1978-1995). *In*: **The efficiency measurement research workshop**. Odense University, Dinamarca, 22 à 24 de maio de 1995.
- SCHWARTZMAN, J. Um sistema de indicadores para as universidades brasileiras. *In*: Sguissardi (Org.). **Avaliação universitária em questão**. Campinas: Autores Associados, 1997.
- THULSTROP, E. W. **A qualidade da pesquisa nos países em desenvolvimento**. Trad.: Bergholz, A., Martins, G. PHREE Background Paper Series. The World Bank, 1992.
- TRIANTAPHILLOU, E. & SÁNCHEZ, A. A sensitive analysis approach for some deterministic multi-criteria decision-making methods. **Decision Science**. v. 28, n. 1, p. 151-194, winter 1997.
- UNESCO. **Guía de las estadísticas relativas a la ciencia y la tecnología**. Paris, 1984.
- VELHO, L.M.S. Como Medir Ciência? **Revista Brasileira de Tecnologia**, v.16, n. 1, p. 35-41, 1985.
- _____. Avaliação acadêmica. A hora e a vez do baixo clero. **Ciência e Cultura**, v. 41 n. 10, p. 957-968, 1989.