

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**Avaliação de Desempenho dos Departamentos
Acadêmicos da UFSCar Utilizando Análise de
Envoltória de Dados-AED”**

Autora:

Giovana Troya Marques Panepucci

Orientador:

Prof. Dr. Néocles Alves Pereira

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de São
Carlos para a obtenção do título
de Mestre em Engenharia de
Produção, área de Gerenciamento
da Produção Industrial.**

**São Carlos
2003**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

P191ad

Panepucci, Giovana Troya Marques.
Avaliação de desempenho dos departamentos
acadêmicos da UFSCar utilizando análise de envoltória de
dados-AED / Giovana Troya Marques Panepucci. -- São
Carlos : UFSCar, 2003.

130 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2003.

1. Eficiência. 2. Desempenho organizacional. 3. AED
(análise envoltória de dados) I. Título.

CDD: 658.515 (20ª)

À toda a minha família, principalmente ao meu marido Rodrigo e ao meu filhotinho Enzo por serem a razão da minha vida.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Néocles Alves Pereira, pela orientação, discussões frutíferas e amizade.

À Universidade Federal de São Carlos e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela oportunidade da realização do trabalho.

Aos Profs. Dra. Alice Helena Campos Pierson, Dr. Targino de Araújo Filho e Dr. João Vitor Moccellin pelas sugestões e pela participação na banca examinatória.

À Biblioteca Comunitária, Secretaria Geral de Planejamento e Pró-Reitorias de Extensão, Ensino e Pesquisa, pelo auxílio na coleta dos dados necessários para esse trabalho.

Aos meus verdadeiros amigos, que sempre torceram pela minha felicidade e realização profissional.

Aos meus pais de sangue e aos meus pais adotivos (sogrinhos), por me darem sempre muito amor, carinho e compreensão nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos, cunhadas, cunhados e sobrinhos pelas risadas e momentos de total felicidade.

Ao meu eterno amor, Rodrigo, por simplesmente existir e me fazer tão feliz, além de ter me dado o maior presente do mundo, o nosso Enzo.

À Deus, por ter me dado tanta felicidade.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO DA PESQUISA	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
1.3 DELIMITAÇÕES DO ESCOPO DA PESQUISA	14
2 O MÉTODO ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS.....	15
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 CONCEITO BÁSICO DE AED.....	15
2.2.1 Produtividade e Eficiência	15
2.3 MODELOS DE ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS.....	21
2.3.1 Modelo Seminal de Charnes, Cooper e Rhodes.....	21
2.3.2 Modelo CCR Básico	26
2.3.2 Modelo BCC Básico	30
2.4 PASSOS PARA A APLICAÇÃO DE AED.....	32
2.5 ILUSTRAÇÃO DO USO DE ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS.....	33
2.5.1 Introdução	33
2.5.2 Tópicos analíticos.....	34
2.5.3 Um modelo simples de eficiência de dois fatores.....	38
2.5.3 Adicionando mais um fator.....	41
2.5.4 Possível contribuição da AED a um Planejamento Estratégico.....	45
2.6 SOFTWARES PARA A ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS	49
3 APLICAÇÕES DE AED.....	52
3.1 APLICAÇÕES GERAIS.....	52
3.2 APLICAÇÃO DA AED NA EDUCAÇÃO.....	54
3.2.1 Aplicações em Departamentos Acadêmicos do Ensino Superior	56
3.2.1.1 Universidade de New Brunswick–Canada (Arcelus e Coleman, 1997).....	56
3.2.1.2 Universidade de Ben-Gurion-Israel (Sinuany-Stern, Mehrez e Barboy, 1994).....	58
3.2.1.3 Universidades da Inglaterra (Beasley, 1990)	61
3.2.1.4 Universidade Federal de Santa Catarina (Lopes, 1998)	62
3.2.1.5 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Bandeira, 2001).....	64
3.2.2 Comparação Entre os Casos	65
3.2.2.1 Modelo.....	65
3.2.2.2 Indicadores.....	66
3.2.2.3 Departamentos e Áreas	68
3.2.2.4 Restrições.....	69
3.2.2.5 Agrupamento de Indicadores	70
3.2.3 Indissociabilidade do ensino, pesquisa e extensão.....	71
4 MODELO DE ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA A UFSCAR.....	73
4.1 INTRODUÇÃO.....	73
4.2 INDICADORES	74
4.2.1- Indicadores de Recursos	75
4.2.2- Indicadores de Resultados	76

4.2.2.1- Indicadores de Produtividade de Ensino (2)	76
4.2.2.2- Indicadores de Produtividade de Pesquisa (2)	77
4.2.2.3- Indicadores de Produtividade de Extensão (3).....	78
4.3 <i>MODELO DE AED UTILIZADO</i>	78
<u>4.3.1 Software utilizado : “Efficiency Measurement System”-EMS.....</u>	<u>79</u>
4.4 ABORDAGENS PARA A AVALIAÇÃO CRUZADA ENTRE DEPARTAMENTOS	80
<u>4.4.1 Classificação Geral.....</u>	<u>80</u>
<u>4.4.2 Classificação Geral por Tipo de Indicadores.....</u>	<u>80</u>
<u>4.4.3 Classificação por Areas.....</u>	<u>81</u>
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
5.1 INTRODUÇÃO.....	83
5.2 ANÁLISE DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA	83
<u>5.2.1 Classificação Geral e por Tipo de Indicadores.....</u>	<u>84</u>
1) Escore de Eficiência Geral (considerando todos os indicadores).....	86
2) Ensino.....	87
3) Pesquisa	88
4) Extensão	89
5.2.1.1 Peculiaridades Centro Especificas	91
<u>5.2.2 Classificação por Areas.....</u>	<u>93</u>
5.3 AVALIAÇÃO DO RETORNO DE ESCALA NA EFICIÊNCIA.....	96
5.4 METAS DE EFICIÊNCIA	97
5.5 ESTUDO DE CASO – DCSO	103
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
8 ANEXOS	115
ANEXO 1	115
ANEXO 2	116
ANEXO 3	117
APÊNDICE	122
ANÁLISE DESCRITIVA DOS INDICADORES.....	122
<u>1- Indicadores de Recursos</u>	<u>122</u>
1.1- Correlação com os Indicadores de Resultados.....	125
<u>2- Indicadores de Produtividade de Ensino</u>	<u>126</u>
2.1- Correlação com outros Indicadores	128
<u>3- Indicadores de Produtividade de Pesquisa</u>	<u>128</u>
3.1- Correlação com outros Indicadores	129
<u>4- Indicadores de Produtividade de Extensão.....</u>	<u>130</u>
4.1- Correlação com outros Indicadores	130

Lista de Figuras

Figura 2.1 O conceito de produtividade de Knight (Beckenkamp, 2002).....	16
Figura 2.2. Modelo DEA Seminal (Beckenkamp, 2002).....	22
Figura 2.3. Modelo DEA Seminal, orientado para aumento de produção (Beckenkamp, 2002)..	23
Figura 2.4. Modelo DEA Seminal, orientado para contração de recursos (Beckenkamp, 2002).	23
Figura 2.5 O Modelo CCR Básico (Beckenkamp, 2002).....	27
Figura 2.6 O Modelo CCR Básico orientado para contração do consumo (Beckenkamp, 2002).	28
Figura 2.7 O Modelo CCR Básico orientado para aumento da produção (Beckenkamp, 2002)..	28
Figura 2.8 O Modelo BCC Básico orientado para contração de consumo (Beckenkamp, 2002).	31
Figura 2.9 O Modelo BCC Básico orientado para aumento da produção (Beckenkamp, 2002)..	32
Figura 2.10- Fronteira de Eficiência. Adaptada de Stoker e Norman, 1991.	40
Figura2.11 - Análise da fronteira. Adaptada de Stoker e Norman, 1991.	42
Figura 2.12- Cálculo da eficiência de L_{27} . Adaptado de Stoker e Norman, 1991.	45
Figura 5.1. Distribuição por departamento do escore de eficiência geral.....	87
Figura 5.2. Distribuição por departamento do escore de eficiência em ensino.	88
Figura 5.3. Distribuição por departamento do escore de eficiência em pesquisa.	89
Figura 5.4. Distribuição por departamento do escore de eficiência em extensão.	91
Figura 5.5. Participação do fenômeno de retorno variável de escala no escore de eficiência dos departamentos acadêmicos.	97
Figura 2.12- Cálculo da eficiência de L_{27} . Adaptado de Stoker e Norman, 1991.	117
Figura 1 A. Distribuição por departamento do indicador de recurso <i>DTE</i>	123
Figura 1 B. Distribuição por departamento do indicador de recurso IndTitDoc (Índice de Titulação dos Docentes).	124
Figura 2 A. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de ensino <i>VolTrab</i> (Volume de trabalho em Graduação).....	127
Figura 2 B. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de ensino <i>Graduados</i> (Número de equivalentes diplomados pelo departamento nos cursos de graduação).	127
Figura 3 A. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de pesquisa <i>ProdIntel</i> (Produção Intelectual)	129
Figura 3 B. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de pesquisa <i>PosGrad</i> (Número de equivalentes dissertações e teses defendidas no período).....	129
Figura 4 A. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de extensão <i>ConsAss</i> (Número de consultorias e assessorias prestadas).....	131
Figura 4 B. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de extensão <i>CursExt</i> (Número de cursos extensão ministrados)	131
Figura 4 C. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de extensão <i>ProConv</i> (Projetos de pesquisa e extensão, convênios)	131

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Fatores das lojas. Adaptado de Stoker e Norman, 1991	35
Tabela 2.2. Indicadores de desempenho. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.....	37
Tabela 2.3. Primeira Medida de Eficiência. Adaptada de Stoker e Norman, 1991.....	39
Tabela 2.4-Correlação de todos os fatores com a primeira medida de eficiência. Adaptada de Stoker e Norman, 1991.	41
Tabela 2.5-Segunda Medida de Eficiência. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.....	43
Tabela 2.6-Segunda correlação. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.....	44
Tabela 2.7- Características dos softwares.....	51
Tabela 2.8 -Referência dos softwares.....	51
Tabela 3.1- Comparação geral entre os modelos e número de recursos e resultados utilizados.65 (*)Agregador ordenado ponderado. (**)Número de departamentos comparados de química e física, respectivamente. (***) Separados em quatro grupos.....	65
Tabela 5.1. Classificação de eficiência geral e por tipo de indicadores. Os centros estão destacados. O * representa a ausência de produção.....	85
Tabela 5.2. Análise descritiva dos escores da AED, geral e por grupo de indicadores.	86
Tabela 5.3. Média dos escores da AED por centro, em função do grupo de indicadores.....	91
Tabela 5.4. Comparação dos escores obtidos para os departamentos ineficientes na análise por centros.....	95
Tabela 5.5. Metas para os indicadores.....	98
Tabela 5.6. Escores e valores atuais dos indicadores para os departamentos ineficientes.	99
Tabela 5.7. Tabela de “slacks” dos indicadores dos departamentos ineficientes.....	100
Tabela 5.8. Metas de Correção em termos absolutos e porcentagens.	102
Tabela 5.9. Estabelecimento das metas de produção para o DCSo.	104
Tabela 1 A. Análise descritiva do indicador de recursos DTE (Docentes Tempo Exclusivo), geral e por centro.	123
Tabela 1 B. Análise descritiva do indicador de recursos IndTitDoc (Índice de Titulação dos Docentes), geral e por centro.....	124
Tabela 2 A. Análise descritiva do indicadores de produtividade de ensino VolTrab	126
Tabela 2 B. Análise descritiva do indicadores de produtividade de ensino <i>Graduados</i>	127
Tabela 3 A. Análise descritiva do indicadore de produtividade de pesquisa <i>ProdIntel</i>	128
Tabela 3 B. Análise descritiva do indicadore de produtividade de pesquisa <i>PosGrad</i>	128
Tabela 4 A. Análise descritiva dos indicadores de produtividade de extensão <i>ConsAss</i>	130
Tabela 4 B. Análise descritiva dos indicadores de produtividade de extensão <i>CursExt</i>	130
Tabela 4 C. Análise descritiva dos indicadores de produtividade de extensão <i>ProConv</i>	130

Resumo

Há muito tempo existe uma necessidade em avaliar o desempenho nas instituições públicas ou privadas. O objetivo deste trabalho, é a avaliação de eficiência de departamentos de uma universidade pública. Ao contrário da maioria das universidades privadas, a universidade pública não foca apenas no ensino como única produção. Somado a isto, a universidade produz conhecimento como um todo, na forma de pesquisa (com o desenvolvimento de novas tecnologias) e atividades de extensão.

A diversidade de produção destas universidades exigem o uso de ferramentas matemáticas, capazes de quantificar a eficiência produtiva dos departamentos que a constituem, de forma a auxiliar na detecção de deficiências específicas para o estabelecimento de metas. A Análise de Envoltória de Dados (AED) é uma ferramenta proposta neste trabalho, para avaliar a eficiência dos departamentos da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.

Para a aplicação da AED, vários indicadores de produção foram gerados a partir de dados referentes ao ano de 2001. Uma classificação geral de todos os trinta departamentos da UFSCar, em relação a sete indicadores de produção nas áreas de ensino, pesquisa e extensão, e dois indicadores de recursos foi obtido. Somado a isto, classificações individuais foram obtidas considerando uma área por vez, ou considerando conjuntos de departamentos relacionados pertencendo a um mesmo centro.

A ausência de dados completos e precisos foi um fator limitante na análise, impedindo em alguns casos, a obtenção de um panorama realista a respeito da eficiência. Desta forma, os resultados apresentados aqui, devem ser vistos com cautela, devendo ser utilizado apenas como referência no entendimento das dificuldades associadas à complexa tarefa de avaliação de eficiência e determinação de metas.

Abstract

The need to access public or private institutions has long existed. Of our interest, is the measure of efficiency among different departments of a public university. Unlike most private universities; a public university does not focus on teaching, as it's only output. Together with this, public universities produce knowledge as a whole, in the form of research (with the development of new technologies) and extension activities.

The diverse character of production demands mathematical methods to quantify efficiency, point out deficiencies related to specific output (or input) measures and provide targets. Data Envelopment Analysis (DEA) is proposed to access the efficiency of the departments of the "Universidade Federal de São Carlos – UFSCar".

To apply DEA, many production indicators were generated from data available from the year 2001. A general efficiency classification of all thirteen departments of "UFSCar" in relation to seven measures of production in the fields of teaching, research and extension activities, and two measures of resources was obtained. In addition, individual classifications were obtained by considering a field at a time or considering related sets of departments belonging to a given center.

The incompleteness of precise data was a limiting factor in this analysis, hampering, in some cases, the obtainment of a realistic image of efficiency. In this way, the results showed here, must be seen with caution, a must be used only as a reference on the understanding of the difficulties associated with the complex task of efficiency assessment and target establishment.

1 Introdução

1.1 *Objetivo da Pesquisa*

As pressões econômicas impostas sobre organizações governamentais, vêm conduzindo, nos últimos anos, ao desenvolvimento de metodologias para avaliação da *performance* das mesmas. Isso decorre do fato que tais serviços, geralmente, não estão submetidos a um julgamento pelas regras de mercado, as quais determinam a extinção de empresas menos produtivas através de falências e insolvências (Lopes, 1995).

Essa avaliação de *performance* (ou desempenho) deve ser vista como uma oportunidade para a melhoria do ensino superior e dessa forma fortalecer as relações entre as universidades e o serviço público em geral com a comunidade.

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o desempenho dos departamentos acadêmicos da UFSCar, uma Instituição Federal de Ensino Superior – IFES, utilizando o procedimento denominado Análise de Envoltória de Dados-AED.

Essa avaliação tem como objetivo específico, obter informações úteis que possam sinalizar problemas existentes, além de propor metas para auxiliar o processo de tomada de decisão referente ao aumento de eficiência.

1.2 Justificativa

Segundo Lopes (1995), no Brasil, a imprensa tem frequentemente atacado a quantidade de recursos dispendidos pelo Governo Federal no ensino de terceiro grau em relação aos recursos dispendidos aos ensinos fundamental e médio. No entanto, a imprensa não divulga que pela Constituição Federal a educação de ensino básico é responsabilidade dos governos estaduais e municipais enquanto que a educação superior é de responsabilidade do Governo Federal.

No país, grande parte da discussão sobre avaliação da performance nos serviços públicos tem sido dirigida às Universidades Federais. Embora, exista hoje no Brasil, alguns processos de avaliação externa já implementados e de ampla aceitação na comunidade universitária, tais como: Programa de Avaliação da Pós-graduação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –CAPES, Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras-PAIUB e o “Exame Nacional de Cursos”– implantado pelo Ministério da Educação e Cultura – MEC, nota-se a ausência de modelos de avaliação interna nas instituições de ensino superior (Lopes, 1995).

Esses processos de avaliação citados acima vem sistematicamente avaliando cursos, faculdades, institutos, escolas e programas de pós-graduação. Porém, o Decreto-Lei número 252, de 28/02/67, em seu artigo 2, estabeleceu os departamentos como a menor fração da estrutura universitária para todos os efeitos da organização administrativa e didático-científico e de distribuição de pessoal (MEC, 1975). Desde então, os cursos, institutos, escolas, faculdades e

programa de pós graduação são providos de serviços pelos departamentos, estes sim os verdadeiros executores (Bandeira, 2001). É por esse motivo que surge o interesse em avaliar departamentos acadêmicos de uma universidade.

Apesar dessa tarefa ser um tanto quanto complexa, é muito importante ver se os departamentos, que possuem diferentes áreas, vêm desempenhando suas funções de forma eficiente.

Devido a essa complexidade em comparar departamentos com características distintas, é necessário testar novas técnicas que permitem esse tipo de comparação.

Em 1978, Charnes, Cooper e Rhodes deram os primeiros passos para uma alternativa de solução desse problema. Desenvolveram uma técnica de avaliação de produtividade que pode se utilizar quantos resultados e recursos forem necessários. E a essa nova metodologia foi dado o nome de “*Data Envelopment Analysis-DEA*” ou Análise de Envoltória de Dados-AED.

De uma maneira geral, na AED os resultados e recursos são representados por uma única expressão matemática, dando pesos aos diversos componentes. Conhecidos os pesos dos resultados e recursos, pode-se então calcular a eficiência, medida pela relação entre os resultados e recursos, ambos agregados através dos pesos (Novaes e Borges, 2000).

Em outras palavras, para o caso do trabalho proposto, dados os recursos que possuem e resultados que produziram, pode-se identificar que departamentos necessitam de maior atenção quanto a seu desempenho comparados a outros departamentos. Ou seja, departamentos que se encontram

menos eficientes podem estabelecer metas, baseadas em uma fronteira de eficiência gerada por todos os departamentos da universidade, para atingir eficiência.

Dessa maneira, a partir da eficiência de uma determinada unidade pode-se compará-la com outras unidades e assim estabelecer metas e auxílio nas tomadas de decisão.

1.3 Delimitações do Escopo da Pesquisa

Na gestão de uma universidade, é possível utilizar a ferramenta AED tanto em setores acadêmicos quanto em setores administrativos. Porém, a pesquisa estará voltada e centralizada nas informações que se referem à parte acadêmica da UFSCar, envolvendo as áreas de ensino, pesquisa e extensão.

Portanto, esta pesquisa, na sua parte prática, estará limitada aos dados disponíveis à época do estudo, com o objetivo de avaliar o desempenho dos departamentos acadêmicos da Universidade Federal de São Carlos.

2 O método Análise de Envoltória de Dados

2.1 Introdução

O uso de comparações de resultados é extremamente presente em nossa sociedade. O objetivo dessas comparações nada mais é do que a melhoria na tomada de decisões, aumentando a eficiência das atividades realizadas pelas unidades que estão sendo comparadas. Entretanto a tarefa de comparar torna-se difícil quando temos múltiplos resultados e/ou recursos.

Devido a essa dificuldade, é necessário testar novos métodos que permitam tal comparação.

O objetivo desse capítulo é apresentar o conceito básico do método AED, assim como seus vários modelos.

2.2 Conceito Básico de AED

2.2.1 Produtividade e Eficiência

É de grande interesse medir eficiência e produtividade, pois elas indicam o desempenho e o sucesso de cada unidade produtiva.

Quando se tem um único recurso para gerar um único resultado, a produtividade de uma unidade pode ser calculada pela razão $P=y/x$, onde x é a quantidade consumida de recurso e y é a quantidade gerada pelo resultado. Porém, quando existe a necessidade de se calcular a produtividade de unidades organizacionais, sejam elas privadas ou públicas, no qual utilizam múltiplos

recursos para produzirem múltiplos resultados, a razão da produtividade é da forma exposta na Figura 2.1. Essa razão de medida de produtividade é computada segundo o conceito de Knight (apud Beckenkamp, 2002), na qual os multiplicados $\mu_p > 0$, para $p=1, \dots, P$, e $v_i > 0$, para $i=1, \dots, I$, refletem respectivamente, as utilidades (ou pesos) dos P resultados e I recursos consumidos, e as variáveis $y_p \geq 0$ e $x_i \geq 0$ expressam as respectivas quantidades dos resultados e recursos consumidos.

$$PR = \frac{\sum_{p=1}^P \mu_p y_p}{\sum_{i=1}^I v_i x_i}$$

$y_p \geq 0$ quantidade gerada do produto p $\sum y_p > 0$
 $x_i \geq 0$ quantidade consumida do insumo i $\sum x_i > 0$
 $\mu_p > 0$ utilidade do produto p na composição do produto virtual
 $v_i > 0$ utilidade do insumo i na composição do insumo virtual

Figura 2.1 O conceito de produtividade de Knight (Beckenkamp, 2002).

Já a eficiência de uma unidade produtiva é avaliada pela comparação entre a produtividade observada e a produtividade máxima que poderia ser alcançada. Essa comparação pode ser vista quantitativamente de três formas: a razão entre o resultado agregado observado pelo máximo resultado agregado atingível com os recursos; a razão entre o mínimo recurso agregado requerido pelo recurso agregado observado empregado para produzir os resultados observados; ou alguma combinação dos dois (Moita, 2002).

Uma das dificuldades para o cálculo da produtividade é a definição dos (preços) agregados aos recursos e resultados. Uma das maneiras de contornar essa dificuldade é a utilização da Análise de Envoltória de Dados -AED.

Na AED, cada unidade recebe o nome de UTD (Unidades Tomadoras de Decisão), sendo que estas podem ser departamentos, empresas, organizações e até mesmo pessoas físicas. Essas UTD's devem desempenhar as mesmas funções usando um mesmo conjunto de recursos para gerar um mesmo conjunto de resultados, diferentes apenas em intensidades.

Considere, agora, PR (Figura 2.1) a produtividade executada pela UTD⁰. Segundo o conceito de Koopmans (1951), a UTD⁰ é tecnicamente eficiente se: **1)** o aumento em qualquer resultado requer redução de pelo menos outro resultado ou decréscimo no de pelo menos um recurso, e, **2)** uma redução em qualquer recurso requer aumento de pelo menos outro recurso ou redução de pelo menos um resultado

Como na prática esse conceito de eficiência técnica de Koopmans é muito rigoroso, Farrell em 1957 contornou esse problema considerando que: **1)** a UTD⁰ é eficiente na produção, quando ela não tiver condições técnicas de aumentar equiproporcionalmente as quantidades geradas dos resultados e continuar consumindo as mesmas quantidades de recursos. **2)** a UTD⁰ é eficiente no consumo, quando ela não tiver condições técnicas de reduzir equiproporcionalmente as quantidades consumidas dos recursos e continuar gerando as mesmas quantidades de resultados.

A AED, desenvolvida por Charnes et al (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978), é uma operacionalização da medida de eficiência técnica de Farrell (Farrell, 1957) através da Programação Linear.

A AED permite a medida de eficiências técnicas relativas de unidades organizacionais, utilizando múltiplos resultados e recursos. Os recursos e resultados nessa técnica podem ser ou não reduzidos a valores monetários (Bandeira, 2001). Esse é um dos motivos da AED se tornar muito apropriada a área de educação.

Para se utilizar da técnica de AED, existe um ponto de grande importância. As UTDs a serem analisadas devem selecionar os recursos e resultados mais apropriados ao contexto da avaliação. Ou seja, para que essa avaliação seja bastante significativa, todos os resultados e recursos devem ser introduzidos, desde que sejam relevantes.

AED é um método não-paramétrico, já que ao invés de se basear em comparações entre uma eficiência em questão e uma eficiência média inespecífica (determinada estatisticamente ou deterministicamente), ela se utiliza de comparações plausíveis, comparando a eficiência em questão com a eficiência tangível de unidades existentes.

Na AED, os componentes resultados e recursos recebem pesos e são representados por uma única expressão matemática, nas quais esses pesos são escolhidos com o intuito de maximizar o valor dessa expressão. Ou seja, conhecidos os pesos dos resultados e recursos, pode-se então calcular a produtividade, em uma única expressão matemática, que é medida pela relação

entre os resultados e recursos agregados através dos seus respectivos pesos (Novaes e Borges, 2000).

A escolha dos pesos é de fundamental importância, embora não seja nada fácil. Por exemplo, dadas UTD 1, UTD 2....UTD n unidades a serem avaliadas. Suponhamos que a UTD1 escolha os pesos respectivos à seus recursos e resultados, de forma a tornar máxima sua eficiência relativa E_1 . Isso requer muitos cuidados, pois estes mesmos pesos serão aplicados aos recursos e resultados das demais UTDs participantes. Dessa forma, duas coisas podem acontecer:

(1) ao aplicar os pesos da UTD 1 nos recursos e resultados da genérica UTD n, a eficiência da UTD 1 relativo à UTD n pode piorar;

(2) alternativamente, ao aplicar os pesos da UTD 1 nos recursos e resultados da genérica UTD n, a eficiência da UTD 1 relativo à UTD n pode ser melhor.

Na primeira hipótese, a UTD 1 vai tentar mudar a composição de seus pesos de forma a vencer a UTD n. Ou seja, a UTD 1 vai escolher novos pesos procurando obter uma eficiência maior do que a da UTD n. Mas ao fazer isso, pode acontecer de uma terceira UTD, com esses novos pesos, conseguir uma eficiência maior. Desta maneira, é possível que a UTD 1 não consiga obter a eficiência máxima igual a 1, pois qualquer que seja sua escolha de pesos, haverá outra (ou outras) que conseguirá um arranjo melhor. Neste caso, a UTD 1 não é eficiente. Já na segunda hipótese, se a UTD 1 conseguir achar uma combinação de pesos tal que, aplicados às demais UTDs, levem a valores de E

menores do que 1, ela será considerada eficiente, com $E_1 = 1$ (Novaes e Borges, 2000).

O estabelecimento dos pesos no contexto da AED pode ser modelado como um problema de Programação Linear - PL. Havendo n UTDs no conjunto analisado, a AED resolve n problemas separados de Programação Linear. Cada problema corresponde ao enfoque segundo uma das UTDs. Ou seja, para cada UTD várias combinações de pesos são associadas aos seus resultados e recursos até que se consiga o valor máximo possível (≤ 1) dessa expressão matemática, desde que esses mesmos pesos aplicados às expressões matemáticas das outras UTDs seja ≤ 1 .

Pode ocorrer de a UTD 1 não conseguir ser eficiente nem quando escolhe seus pesos, nem quando utiliza os pesos da demais UTDs, denominada então, de ineficiente. E existem aquelas UTDs que vencem com os seus próprios pesos e conseguem vencer muitas outras UTDs com seus respectivos pesos. Essas são denominadas eficientes e serão as UTDs referências para as demais.

AED permite construir fronteiras empíricas para a observação de um conjunto de UTDs, avaliando os seus desempenhos individualmente e com isso determinando as UTDs referências (*benchmarks*).

Em termos gerais, utilizando a AED pode-se definir a posição relativa de uma dada unidade em relação à fronteira de melhor *performance*, estabelecida matematicamente pela razão da soma balanceada dos resultados sobre a soma

balanceada dos recursos. Portanto, eficiências técnicas relativas podem ser determinadas e metas para UTDs ineficientes podem ser traçadas.

A enorme capacidade de comparação entre inúmeras UTDs, com o uso de múltiplos resultados e recursos torna a AED uma poderosa ferramenta na análise de diferentes problemas tanto nas áreas públicas como privadas. Em ambos os casos, diversos parâmetros podem ser usados como dados de resultados e recursos. Além disso, a AED pode ser usada para a comparação de unidades pertencentes a um mesmo grupo, visando uma melhoria interna.

Desta maneira AED não somente suplementa métodos de avaliação de desempenho mas também possibilita uma melhor visualização de quão bem uma organização está realmente se saindo.

2.3 Modelos de Análise de Envoltória de Dados

2.3.1 Modelo Seminal de Charnes, Cooper e Rhodes

O primeiro modelo construído em 1978 por Charnes et al teve como finalidade avaliar um programa do governo americano para melhorar o desempenho escolar de crianças de classes sociais menos favorecidas. Esse modelo foi chamado de DEA Seminal, e está descrito na Figura 2.2.

$$\begin{array}{l}
\Omega_0 = \max_{\mu_p, v_i} \frac{\sum_{p=1}^P \mu_p y_{p0}}{\sum_{i=1}^I v_i x_{i0}} \quad \text{sujeito a} \\
\\
\frac{\sum_{p=1}^P \mu_p y_{pn}}{\sum_{i=1}^I v_i x_{in}} \leq 1; \quad n = 1, \dots, N \\
\\
v_i \geq 0; \quad i = 1, \dots, I \\
\mu_p \geq 0; \quad p = 1, \dots, P
\end{array}$$

Figura 2.2. Modelo DEA Seminal (Beckenkamp, 2002).

Esse modelo avalia a eficiência técnica das UTD's, exibindo retornos constantes de escala, construída a partir das produtividades das n UTD's. A eficiência é obtida escolhendo-se multiplicadores (ou pesos) μ_p e v_i que maximizem a produtividade desse plano, que é calculada pela razão $\sum \mu_p y_{p0} / \sum v_i x_{i0}$. Porém, há uma restrição quanto a escolha desses multiplicadores. A razão de todas as UTD's, aplicadas aos mesmos multiplicadores escolhidos, não deve ultrapassar o valor 1.

Como o Modelo DEA seminal é um problema de programação matemática, ele pode ser transformado em dois problemas de programação linear diferentes. Um deles, maximiza o resultado virtual $\sum \mu_p y_{p0}$, mantendo constante o recurso virtual $\sum v_i x_{i0}$ e o outro problema, minimiza o recurso virtual $\sum v_i x_{i0}$, mantendo constante o resultado virtual $\sum \mu_p y_{p0}$. Alternativamente, para cada um desses modelos existe o seu dual. Esses modelos duais caracterizam a Forma do Envolvimento e podem ser vistos nas Figuras 2.3 e 2.4.

FORMA DOS MULTIPLICADORES	FORMA DO ENVELOPAMENTO
$H_0 = \min \sum v_i x_{i0}$	$\lambda^* = \max \lambda$
<i>sujeito a</i>	<i>sujeito a</i>
$\sum \mu_p y_{p0} = 1$	$\lambda y_{p0} - \sum y_{pn} z_n \leq 0, p = 1, \dots, P$
$\sum v_i x_{in} - \sum \mu_p y_{pn} \geq 0, n = 1, \dots, N$	$\sum x_{in} z_n \leq x_{i0}, i = 1, \dots, I$
$\mu_p \geq 0, p = 1, \dots, P$	$\lambda \in R,$
$v_i \geq 0, i = 1, \dots, I$	$z_n \geq 0, n = 1, \dots, N$

Figura 2.3. Modelo DEA Seminal, orientado para aumento de produção (Beckenkamp, 2002).

FORMA DOS MULTIPLICADORES	FORMA DO ENVELOPAMENTO
$h_0 = \max \sum \mu_p y_{p0}$	$\theta^* = \min \theta$
<i>sujeito a</i>	<i>sujeito a</i>
$\sum v_i x_{i0} = 1$	$\sum y_{pn} z_n \geq y_{p0}, p = 1, \dots, P$
$-\sum v_i x_{in} + \sum \mu_p y_{pn} \leq 0, n = 1, \dots, N$	$\theta x_{i0} - \sum x_{in} z_n \geq 0, i = 1, \dots, I$
$\mu_p \geq 0, p = 1, \dots, P$	$\theta \in R;$
$v_i \geq 0, i = 1, \dots, I$	$z_n \geq 0, n = 1, \dots, N$

Figura 2.4. Modelo DEA Seminal, orientado para contração de recursos (Beckenkamp, 2002).

Nessas figuras, o valor ótimo ocorre quando $h_0 = \theta^* = 1$ e $H_0 = \lambda^* = 1$. No primeiro caso, quando $h_0 = \theta^* = 1$, significa que nenhuma redução de recursos é possível mantendo-se os mesmos resultados, ou seja, representa a maior redução possível de recursos para gerar o resultado observado. Já no segundo caso, quando $H_0 = \lambda^* = 1$, significa que não se pode aumentar os resultados observados, sem aumentar os recursos, ou seja, representa a máxima expansão equiproporcional possível dos resultados, mantendo-se constante os recursos utilizados. Portanto, essa UTD é considerada como eficiente, segundo Farrell.

Por outro lado, quando $H_0 = \lambda^* > 1$, significa que os resultados podem ser aumentados de Y para $Y \lambda^*$ (considerando Y o resultado atual observado), mantendo-se constante os recursos utilizados. Da mesma forma, quando $h_0 = \theta^* < 1$, significa que os recursos atuais observados podem ser reduzidos de X para $X \theta^*$ (considerando X o recursos atual observado), mantendo-se constante os resultados. Nesses casos, a UTD seria considerada ineficiente segundo Farrell.

Desta forma, em resumo, uma meta para UTD's ineficientes é $[X\theta^*, Y]$ ou $[X, Y\lambda^*]$, se o objetivo for reduzir os recursos ou aumentar os resultados, respectivamente. No entanto, de acordo com Koopmans, uma UTD tida como eficiente por esses modelos, poderia apresentar excesso de determinados recursos ou déficit para determinados resultados (também chamados de "slacks").

Como já foi dito antes, a escolha dos pesos (multiplicadores) μ_p e ν_l , assim como sua flexibilidade, é uma das principais características da AED. Porém, esse excesso de flexibilidade no Modelo CCR Seminal pode gerar resultados, muitas vezes, não reais. Por exemplo, os multiplicadores podem assumir valores iguais a zero, implicando que os recursos ou resultados associados a esses multiplicadores se tornem irrelevantes, contrariando a hipótese de, no Modelo CCR Seminal, todos os resultados e recursos serem relevantes.

Com o intuito de contornar isso, Charnes, Cooper e Rhodes (1979) implementaram o Modelo CCR Seminal exigindo que seus multiplicadores

fossem positivos. A esse modelo foi dado o nome de CCR Básico. Com o mesmo intuito, Banker, Charnes e Cooper (1984), elaboraram um modelo que além de exigir que seus multiplicadores sejam positivos, admitem retornos variáveis de escala. A esse modelo foi da o nome de BCC Básico.

2.3.2 Modelo CCR Básico

Charnes, Cooper e Rhodes em 1979 implementaram o Modelo CCR Seminal impondo algumas restrições. Essas restrições foram impostas para assegurar que todos os multiplicadores fossem positivos. A Figura 2.5 descreve tais restrições, $\mu_p \geq \varepsilon$ e $v_i \geq \varepsilon$, $\varepsilon > 0$ não-arquimediano.

Assim como o Modelo CCR Seminal, o Modelo CCR Básico pode ser transformado em dois modelos alternativos. Esses modelos estão descritos nas Figuras 2.6 e 2.7, representando, respectivamente, o Modelo CCR Básico orientado para contração de recurso e o Modelo CCR Básico orientado para a expansão dos resultados. Como reflexos dessas restrições, aparecem na Forma do Envolvimento (Forma Dual) as variáveis s_i^- , para $i=1,2,3,\dots,I$, e s_p^+ , para $p=1,2,3,\dots,P$, representando, respectivamente, os *slacks* para recurso e resultados.

$$\Omega_0 = \max_{\mu_p, v_i} \frac{\sum_{p=1}^P \mu_p y_{p0}}{\sum_{i=1}^I v_i x_{i0}}$$

sujeito a

$$\frac{\sum_{p=1}^P \mu_p y_{pn}}{\sum_{i=1}^I v_i x_{in}} \leq 1; \quad n = 1, \dots, N$$

$$v_i \geq \varepsilon; \quad i = 1, \dots, I$$

$$\mu_p \geq \varepsilon; \quad p = 1, \dots, P$$

$\varepsilon > 0$, não arquimediano

Figura 2.5 O Modelo CCR Básico (Beckenkamp, 2002).

FORMA DOS MULTIPLICADORES	FORMA DO ENVELOPAMENTO
$C_0 = \max \sum \mu_p y_{p0}$ <p><i>sujeito a</i></p>	$E^* = \min \theta - \varepsilon (\sum s_p^+ + \sum s_i^-)$ <p><i>sujeito a</i></p>
$\sum v_i x_{i0} = 1$	$\sum y_{pn} z_n - s_p^+ = y_{p0}, \quad p = 1, \dots, P$
$- \sum v_i x_{in} + \sum \mu_p y_{pn} \leq 0, \quad n = 1, \dots, N$	$\theta x_{i0} - \sum x_{in} z_n - s_i^- = 0, \quad i = 1, \dots, I$
$- \mu_p \leq -\varepsilon, \quad p = 1, \dots, P$	$\theta \in R;$
$- v_i \leq -\varepsilon, \quad i = 1, \dots, I$	$z_n \geq 0, \quad n = 1, \dots, N$
$\varepsilon > 0, \text{ não arquimediano}$	$s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, I$
	$s_p^+ \geq 0, \quad p = 1, \dots, P;$
	$\varepsilon > 0, \text{ não arquimediano}$

Figura 2.6 O Modelo CCR Básico orientado para contração do consumo (Beckenkamp, 2002).

FORMA DO MULTIPLICADORES	FORMA DO ENVELOPAMENTO
$B_0 = \min \sum v_i x_{i0}$ <p><i>sujeito a</i></p>	$F^* = \max \lambda + \varepsilon (\sum s_p^+ + \sum s_i^-)$ <p><i>sujeito a</i></p>
$\sum \mu_p y_{p0} = 1$	$\lambda y_{p0} - \sum y_{pn} z_n + s_p^+ = 0, \quad p = 1, \dots, P$
$\sum v_i x_{in} - \sum \mu_p y_{pn} \geq 0, \quad n = 1, \dots, N$	$\sum x_{in} z_n + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, \dots, I$
$\mu_p \geq \varepsilon, \quad p = 1, \dots, P$	$\lambda \in R;$
$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, \dots, I$	$z_n \geq 0, \quad n = 1, \dots, N$
$\varepsilon > 0, \text{ não arquimediano}$	$s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, I$
	$s_p^+ \geq 0, \quad p = 1, \dots, P;$
	$\varepsilon > 0, \text{ não arquimediano}$

Figura 2.7 O Modelo CCR Básico orientado para aumento da produção (Beckenkamp, 2002).

Nesses modelos, as restrições $\mu_p \geq \varepsilon$ e $v_i \geq \varepsilon$ e suas variáveis duais $s_i^- \geq 0$ e $s_p^+ \geq 0$ garantem que a UTD é eficiente somente quando $C_0^* = E^* = 1$ ou quando $B_0^* = F^* = 1$. No modelo CCR Básico orientado para a contração de consumo, a condição ($C_0^* = E^* = 1$), ocorre apenas quando $\theta^* = 1$, $s_i^- = 0$, para $i = 1, 2, 3, \dots, I$ e $s_p^+ = 0$, para $p = 1, 2, \dots, P$, condições estas que tornam a UTD eficiente de acordo com Koopmans. De forma similar, a condição seguinte $B_0^* = F^* = 1$, ocorre no Modelo CCR Básico orientado para o aumento dos resultados somente quando $\lambda^* = 1$, $s_i^- = 0$, para $i = 1, 2, 3, \dots, I$ e $s_p^+ = 0$, para $p = 1, 2, \dots, P$, condições estas que tornam a UTD eficiente de acordo com Koopmans. Desta forma os multiplicadores ótimos calculados pelo Modelo Básico de CCR são características dos planos eficientes de acordo com Koopmans. Desta maneira, a meta eficiente para a UTD⁰ é $[\theta^* X^0 - s_i^-, Y^0 + s_p^+]$ ou $[X^0 - s_i^-, \lambda^* Y^0 + s_p^+]$, respectivamente, quando se deseja diminuir o consumo ou quando se deseja aumentar os resultados.

O valor de ε deve ser suficientemente pequeno para que os problemas lineares de envelopamento possam ser resolvidos em duas fases. A primeira fase determina a maior contração radial de consumo ou a maior expansão radial dos resultados, isto é, um deslocamento proporcional na direção da fronteira. Já a segunda fase são determinados os *slacks* máximos deslocando o plano radial até a fronteira de eficiência (Moita, 2002).

O z_k representa a intensidade ótima das combinações ($\sum \mu_p y_{p0}$ e $\sum v_i x_{i0}$) das n UTD's.. Como a única restrição dos valores de Z_k é de serem todos positivos ou iguais a zero, pressupõe-se a hipótese de retorno constante à

escala de produção, pois é permitido no modelo quaisquer expansões ou contrações viáveis nos planos observados (Moita, 2002).

2.3.2 Modelo BCC Básico

Generalizando a formulação CCR para permitir trabalhar com tecnologias que exibam retornos variáveis de escala de produção, Banker, Charnes e Cooper (1984) desenvolveram o Modelo BCC Básico. Esse modelo permite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção. Esse modelo pode ser visto nas Figuras 2.8 (orientado a contração de consumo) e 2.9 (orientado para aumento de resultados).

Nesses modelos, existe uma restrição adicional da tecnologia ser convexa ($\sum z_n = 1$) imposta na Forma do envelopamento do Modelo BCC Básico. Essa restrição (convexidade) reflete uma variável dual associada M que caracteriza a propriedade da fronteira de eficiência ser localmente crescente ($M^* > 0$), constante ($M^* = 0$) ou decrescente ($M^* < 0$) na vizinhança da solução eficiente, ou seja, admitindo retornos variáveis de escala. Portanto, quando essa restrição é imposta, não existe a possibilidade de se expandir ou contrair os planos de operação das UTD's até a origem.

Se essa condição da convexidade não existisse os Modelos CCR e BCC Básicos seriam iguais. O fato da existência de mais uma restrição (convexidade) faz com que o Modelo BCC Básico seja mais restrito do que o Modelo CCR Básico. Isso significa que o valor ótimo do Modelo BCC seja maior ou igual ao valor ótimo do Modelo CCR, quando há orientação para a contração de consumo, e da mesma forma, o valor ótimo do Modelo BCC seja menor ou

igual ao valor ótimo do modelo CCR, quando orientado para o aumento dos resultados. É importante destacar, que os valores dos Modelos CCR e BCC serão iguais somente quando a restrição de convexidade for inoperante.

FORMA DO MULTIPLICADORES	FORMA DO ENVELOPAMENTO
$B_0 = \min \sum v_i x_{i0} + M$	$F^* = \max \lambda + \varepsilon (\sum s_p^+ + \sum s_i^-)$
<i>sujeito a</i>	<i>sujeito a</i>
$\sum \mu_p y_{p0} = 1$	$\lambda y_{p0} - \sum y_{pn} z_n + s_p^+ = 0, \quad p = 1, \dots, P$
$\sum v_i x_{in} - \sum \mu_p y_{pn} + M \geq 0, \quad n = 1, \dots, N$	$\sum x_{in} z_n + s_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, \dots, I$
$\mu_p \geq \varepsilon, \quad p = 1, \dots, P$	$\sum_{n=1}^N z_n = 1 \quad z_n \geq 0, \quad n = 1, \dots, N$
$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, \dots, I$	$\lambda \in R;$
$\varepsilon > 0, \text{ não arquimediano}$	$s_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, I$
M	$s_p^+ \geq 0, \quad p = 1, \dots, P;$
	$\varepsilon > 0, \text{ não arquimediano}$

Figura 2.8 O Modelo BCC Básico orientado para contração de consumo (Beckenkamp, 2002).

FORMA DOS MULTIPLICADORES	FORMA DO ENVELOPAMENTO
$C_0 = \max \sum \mu_p y_{p0} + M$	$E^* = \min \theta - \varepsilon (\sum s_p^+ + \sum s_i^-)$
<i>sujeito a</i>	<i>sujeito a</i>
$\sum v_i x_{i0} = 1$	$\sum y_{pn} z_n - s_p^+ = y_{p0}, p = 1, \dots, P$
$-\sum v_i x_{in} + \sum \mu_p y_{pn} + M \leq 0, n = 1, \dots, N$	$\theta x_{i0} - \sum x_{in} z_n - s_i^- = 0, i = 1, \dots, I$
$-\mu_p \leq -\varepsilon, p = 1, \dots, P$	$\sum_{n=1}^N z_n = 1 \quad z_n \geq 0, n = 1, \dots, N$
$-v_i \leq -\varepsilon, i = 1, \dots, I$	$\theta \in R;$
$\varepsilon > 0, \text{n\~{a}o arquimediano}$	$s_i^- \geq 0, i = 1, \dots, I$
M	$s_p^+ \geq 0, p = 1, \dots, P;$
	$\varepsilon > 0, \text{n\~{a}o arquimediano}$

Figura 2.9 O Modelo BCC Bsico orientado para aumento da producao (Beckenkamp, 2002).

2.4 Passos para a aplicacao de AED

A seguir, ser mostrado o exemplo de um estudo de caso de uma rede de loja. Para que esse exemplo tenha uma melhor visualizacao, sero listados abaixo os passos da AED.

1. identificacao pelas UTDs dos fatores que influenciam no desempenho
2. geracao pelas gerncias das UTDs de uma lista de indicadores (L.I.) a partir dos fatores identificados em (1)
3. selecao do melhor indicador da L.I.
4. Aplicacao da AED nesse melhor indicador da L.I.
5. Se os fatores de (1) j foram percorridos, v para 6, caso contrrio inclua o mais correlacionado e volte para o passo 4

6. Relatório com a posição de cada UTD em relação às melhores UTDs, indicando o quanto (metas) cada UTD deve melhorar em determinados fatores (passo 1) para se igualar às melhores UTDs

Uma observação importante é que a correlação estatística é uma alternativa para a escolha de qual indicador se deve colocar primeiro na análise, podendo se utilizar de outro tipo de critério. Uma possibilidade é a de se agregar todos os indicadores ao mesmo tempo utilizando a Programação Linear- PL, que será exposta mais adiante. Utilizando a PL, existem duas alternativas de escolha; uma é a redução de custo mantendo-se constante a produção e a outra é a ampliação da produção mantendo-se constante os recursos.

Uma outra observação bastante importante é que cabe ao analista de operações das UTD's observar que ações alternativas devem ser indicadas para que as metas sejam atingidas.

2.5 Ilustração do uso de Análise de Envoltória de Dados

2.5.1 Introdução

O objetivo desse exemplo é ilustrar o problema na análise de múltiplos resultados e recursos para a obtenção de uma classificação única de eficiência. Primeiramente, esta análise será ilustrada de forma gráfica, para então ser generalizada algebricamente, de maneira a obtermos o modelo de Programação Linear, utilizado na AED.

O exemplo a seguir é uma generalização de um estudo realizado numa rede de lojas de uma Companhia Britânica (Norman e Stoker, 1991).

2.5.2 Tópicos analíticos

Um tipo de enquete foi feita pelo administrador senior dessa companhia, de maneira que todos os gerentes dessas 46 lojas determinassem quais os fatores (ou variáveis) que mais influenciavam nos seus desempenhos, já que o sucesso da aplicação do modelo AED depende fundamentalmente da escolha adequada de seus fatores, cuidando-se para que essa escolha não seja induzida pelos interesses e pontos de vista de quem está aplicando a técnica. Dessa forma, os gerentes dessas 45 lojas determinaram 19 fatores, que correspondem a recursos e resultados de cada loja, que mais influenciam nos seus desempenhos. Pode-se notar que esse procedimento é o primeiro passo para aplicação de AED (item 2.4).

Na Tabela 2.1 temos os dados de cada loja com relação a estes 19 fatores.

Tabela 2.1. Fatores das lojas. Adaptado de Stoker e Norman, 1991

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}	D_{19}
L_1	194.1	29.63	223.73	71.62	101.25	295.35	220.39	432.24	145.37	798	140.65	17.63	468.66	34	2	126	225677	11	660
L_2	119.65	24.04	143.69	35.96	60	179.65	105.12	561.9	179.92	846.93	88.41	10.44	497.39	169.89	2	278	235391	12	462
L_3	154.21	24.61	178.82	12.89	37.5	191.71	124.58	771.14	150.17	1045.89	166.95	15.96	614.23	239.94	1	144	200020	9	599
L_4	95.72	17.32	113.04	65.18	82.5	178.22	99.62	418.43	93.06	611.11	91.33	14.94	358.89	73.99	1	90	333524	9	646
L_5	140.92	30.82	171.74	29.18	60	200.92	177.24	386.07	115.2	678.51	133.02	19.6	398.48	79.11	1	126	213974	13	549
L_6	167.51	30.8	198.3	152.96	183.75	351.26	142.13	760.78	147.21	1050.12	183.12	17.44	616.72	82.14	2	152	253383	7	618
L_7	58.5	12.06	70.56	6.69	18.75	77.25	49.91	117.17	20.45	187.53	55.9	29.81	110.14	0.15	2	44	63460	5	563
L_8	385.54	46.95	432.49	114.3	161.25	546.79	275.59	1780.02	534.54	2590.15	271.21	10.47	1521.15	522.21	1	600	90353	12	545
L_9	77.11	15.38	92.48	40.88	56.25	133.36	30.46	231.1	59.93	321.49	79.97	24.88	188.8	-0.68	1	90	67719	8	439
L_{10}	154.21	28.02	183.23	65.73	93.75	247.96	214.89	358.15	151.86	724.89	137.34	18.95	425.72	51.21	2	98	211669	16	588
L_{11}	167.51	21.44	188.95	31.06	52.5	220.01	39.76	834.45	231.67	1105.88	134.48	12.16	649.47	236.41	1	314	157084	18	541
L_{12}	156.87	23.62	180.49	17.63	41.25	198.12	118.87	578.46	114.21	811.54	115.92	14.28	476.61	136.81	2	170	267773	9	604
L_{13}	335.02	46.63	381.65	80.87	127.5	462.52	544.62	1327.12	144.25	2015.99	291.85	14.48	1183.96	369.51	1	162	279657	12	581
L_{14}	79.77	13.7	93.46	12.55	26.25	106.02	92.64	229.41	80.65	402.7	95.2	23.64	236.5	60.19	2	72	104454	9	603
L_{15}	178.14	37.47	215.61	63.78	101.25	279	145.94	880.28	342.5	1368.71	154.46	11.28	803.82	285.49	2	296	385321	25	505
L_{16}	148.9	20.31	169.21	118.44	138.75	287.65	106.18	278.41	116.05	-500.63	80.88	16.15	294.01	-81.03	2	90	81814	9	533
L_{17}	42.54	12.37	54.91	17.63	30	72.54	47.8	157.22	0.42	205.44	52.38	25.5	120.65	12.25	2	90	56661	5	724
L_{18}	164.85	26.98	191.83	63.02	90	254.85	127.96	380.07	79.38	587.42	106.4	18.11	344.98	-12.41	1	116	123923	13	614
L_{19}	122.31	23.54	145.85	298.96	322.5	444.81	135.36	493.16	121.4	749.92	117.57	15.68	440.42	-135.3	1	214	147296	7	672
L_{20}	148.9	29.9	178.8	112.6	142.5	291.4	198.81	973.34	276.08	1448.24	154.5	10.67	850.53	306.31	2	260	435035	29	476
L_{21}	55.84	14.19	70.03	30.81	45	100.84	58.38	129.45	53.16	310.98	72.34	23.26	182.63	27.51	1	62	31387	5	521
L_{22}	90.4	18.39	108.8	15.36	33.75	124.15	143.19	247.18	72.9	463.26	102.31	22.09	272.07	67.04	1	98	189002	11	566
L_{23}	77.11	17.15	94.25	12.85	30	107.11	67.05	256.55	39.06	362.66	79.16	21.83	212.98	42.57	1	80	32476	4	641
L_{24}	109.01	19.26	128.27	21.99	41.25	150.26	109.77	292.72	110.97	513.46	97.65	19.02	301.55	61.65	2	90	160040	10	512
L_{25}	109.01	21.83	130.84	30.67	52.5	161.51	183.59	312.46	94.19	590.24	128.77	21.82	346.64	82.09	1	72	174646	4	526
L_{26}	356.29	45.72	402.01	160.53	205.25	562.54	358.5	537.15	239.99	1135.64	193.29	17.02	666.94	-93.85	1	90	92375	11	354
L_{27}	382.88	23.23	406.11	70.52	93.75	476.63	346.44	1195.77	271.01	1813.22	242.55	13.38	1064.88	271.72	1	170	210568	15	575
L_{28}	148.9	19.98	168.88	36.27	56.25	205.15	133.25	796.81	132.12	1062.17	198.09	18.65	623.8	233.23	2	162	126483	5	606
L_{29}	183.46	31.58	215.05	133.42	165	348.46	306.47	543.64	173.43	1023.54	181.46	17.73	601.11	73.97	2	126	456681	10	595
L_{30}	252.59	31.73	284.32	35.77	67.5	320.09	270.3	641.7	262.12	1174.13	189.95	16.18	689.55	164.49	1	144	180034	12	540
L_{31}	268.55	26.72	295.27	46.28	75	343.55	211.72	1717.62	233.92	2163.26	255.53	11.81	1270.45	549.27	1	188	125878	11	571
L_{32}	138.26	18.14	156.4	26.86	45	183.26	171.95	754.72	10.43	937.1	122.47	13.07	550.35	203.5	1	278	62916	5	508
L_{33}	74.45	15.03	89.48	11.22	26.25	100.7	46.53	302.1	91.93	440.56	70.74	16.06	258.74	81.13	1	134	20000	7	571
L_{34}	191.44	27.64	219.08	58.61	86.25	277.69	204.74	946.62	195.85	1347.21	161.32	11.97	791.2	278.33	1	340	123856	7	569
L_{35}	111.67	19.63	131.3	36.62	56.25	167.92	139.17	337.28	94.89	571.34	84.37	14.77	335.54	67.88	1	108	125878	11	599
L_{36}	119.65	11.45	131.09	14.81	26.25	145.9	90.52	464.11	69.37	624.01	99.55	15.95	366.47	111.64	1	224	51616	6	691
L_{37}	199.42	29.52	228.93	37.98	67.5	266.92	235.19	757.47	280.45	1273.11	138.48	10.88	747.68	258.52	2	456	90353	12	598
L_{38}	223.35	29.12	252.46	42.13	71.25	294.6	8.88	1110.26	333.19	1452.33	166.57	11.47	852.93	304.8	1	242	146214	19	515
L_{39}	71.79	11.31	83.1	22.44	33.75	105.54	105.75	330.65	0.99	473.39	80.54	18.41	256.87	74.98	2	134	31004	2	609
L_{40}	329.7	44.08	373.78	188.42	232.5	562.2	284.68	1023.68	294.55	1602.92	173.55	10.83	941.37	99.35	1	358	421344	30	529
L_{41}	71.79	12.62	84.41	17.38	30	101.79	66.62	287.58	30.17	384.37	92.09	23.96	225.74	56.85	1	72	74370	5	501
L_{42}	63.81	9.97	73.78	23.78	33.75	97.56	56.89	255.36	0.99	313.24	57.86	18.47	183.96	31.71	1	108	28519	4	655
L_{43}	172.83	28.62	201.44	20.13	48.75	221.58	167.3	673.36	150.73	991.39	152.47	15.38	582.23	187.58	1	162	188687	11	533
L_{45}	236.64	34.35	270.99	55.65	90	326.64	37.65	1352.99	133.53	1524.17	170.6	11.19	895.12	302.41	1	162	244938	12	465
L_{46}	148.9	26.37	175.27	22.38	48.75	197.65	33.42	388.53	145.23	567.18	95.25	16.79	333.1	36.44	1	80	104528	13	604

A partir desses fatores, considerando o julgamento dos gerentes dessas lojas, foi gerada uma lista de indicadores de eficiência, mostrando as diferentes visões de desempenho. Pode-se notar que esse procedimento é o segundo passo para aplicação de AED (item 2.4).

Na Tabela 2.2 são mostradas as diferentes classificações de indicadores de eficiência.

Tabela 2.2. Indicadores de desempenho. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.

	Rank	D14	Rank	D14/ D16	Rank	D14/ D17	Rank	D14/ D17/D18	Rank	D14/ D6	D10	Rank	D10/ D16	Rank	D10/ D17	Rank	D10/ D18	Rank	D10/ D6
L31	1	549.27	1	2.92	2	4.36	2	48	1	1.6	2163.26	3	11.51	3	17.19	2	189.04	1	6.3
L18	2	522.21	13	0.87	1	5.78	1	69.36	11	0.96	2590.15	32	4.32	1	28.67	1	344.01	11	4.74
L13	3	369.51	2	2.28	12	1.32	11	15.86	16	0.8	2015.99	2	12.44	16	7.21	12	86.51	16	4.36
L20	4	306.31	8	1.18	24	0.7	7	20.42	6	1.05	1448.24	20	5.57	38	3.33	10	96.54	6	4.97
L38	5	304.8	7	1.26	9	2.08	3	39.61	7	1.03	1452.33	17	6	12	9.93	3	188.72	7	4.93
L44	6	302.41	3	1.87	15	1.23	13	14.82	13	0.93	1524.17	5	9.41	19	6.22	15	74.67	13	4.67
L15	7	285.49	12	0.96	22	0.74	9	18.52	8	1.02	1368.71	29	4.62	34	3.55	11	88.8	8	4.9
L34	8	278.33	16	0.82	7	2.25	12	15.73	9	1	1347.21	34	3.96	11	10.88	14	76.14	9	4.85
L27	9	271.72	5	1.6	14	1.29	8	19.36	20	0.57	1813.22	4	10.67	14	8.61	7	129.17	20	3.8
L37	10	258.52	28	0.57	5	2.86	4	34.33	10	0.97	1273.11	43	2.79	6	14.09	4	169.09	10	4.77
L3	11	239.94	4	1.67	16	1.2	17	10.8	2	1.25	1045.89	10	7.26	23	5.23	25	47.06	2	5.46
L11	12	236.41	19	0.75	11	1.5	6	27.09	5	1.07	1105.88	36	3.52	17	7.04	8	126.72	5	5.03
L28	13	233.23	6	1.44	10	1.84	18	9.22	3	1.14	1062.17	14	6.56	15	8.4	29	41.99	3	5.18
L32	14	203.5	20	0.73	4	3.23	10	16.17	4	1.11	937.1	38	3.37	4	14.89	16	74.47	4	5.11
L43	15	187.58	9	1.16	18	0.99	16	10.94	14	0.85	991.39	16	6.12	22	5.25	20	57.8	14	4.47
L2	16	169.89	25	0.61	23	0.72	19	8.66	12	0.95	846.93	41	3.05	33	3.6	28	43.18	12	4.71
L30	17	164.49	10	1.14	19	0.91	15	10.96	24	0.51	1174.13	7	8.15	18	6.52	13	78.26	24	3.67
L12	18	136.81	17	0.8	27	0.51	26	4.6	19	0.69	811.54	27	4.77	41	3.03	38	27.28	19	4.1
L36	19	111.64	33	0.5	8	2.16	14	12.98	17	0.77	624.01	44	2.79	8	12.09	17	72.54	17	4.28
L40	20	99.35	37	0.28	35	0.24	20	7.07	37	0.18	1602.92	31	4.48	31	3.8	9	114.13	37	2.85
L6	21	82.14	30	0.54	33	0.32	34	2.27	33	0.23	1050.12	12	6.91	29	4.14	36	29.01	33	2.99
L25	22	82.09	11	1.14	28	0.47	36	1.88	25	0.51	590.24	6	8.2	37	3.38	45	13.52	25	3.65
L33	23	81.13	26	0.61	3	4.06	5	28.4	15	0.81	440.56	39	3.29	2	22.03	5	154.2	15	4.38
L5	24	79.11	24	0.63	30	0.37	25	4.81	30	0.39	678.51	22	5.38	40	3.17	30	41.22	30	3.38
L39	25	74.98	29	0.56	6	2.42	24	4.84	18	0.71	437.39	40	3.26	5	14.11	37	28.21	18	4.14
L4	26	73.99	15	0.82	36	0.22	35	2	26	0.42	611.11	13	6.79	45	1.83	43	16.49	26	3.43
L29	27	73.97	27	0.59	38	0.16	38	1.62	34	0.21	1023.54	8	8.12	44	2.24	41	22.41	34	2.94
L35	29	67.88	23	0.63	26	0.54	21	5.93	28	0.4	571.34	24	5.29	28	4.54	23	49.93	28	3.4
L22	28	67.04	22	0.68	31	0.35	30	3.9	23	0.54	463.26	28	4.73	43	2.45	39	26.96	23	3.73
L24	30	61.65	21	0.68	29	0.39	32	3.85	27	0.41	513.46	18	5.71	39	3.21	35	32.08	27	3.42
L14	31	60.19	14	0.84	25	0.58	23	5.19	21	0.57	402.7	19	5.59	30	3.86	34	34.7	21	3.8
L41	32	56.85	18	0.79	21	0.76	33	3.82	22	0.56	384.37	23	5.34	24	5.17	40	25.84	22	3.78
L10	33	51.21	32	0.52	34	0.24	31	3.87	35	0.21	724.89	9	7.4	36	3.42	22	54.79	35	2.92
L23	34	42.57	31	0.53	13	1.31	22	5.24	29	0.4	362.66	30	4.53	9	11.17	26	44.67	29	3.39
L45	35	36.44	34	0.46	32	0.35	27	4.53	36	0.18	567.18	11	7.09	21	5.43	18	70.54	36	2.87
L1	36	34	38	0.27	39	0.15	37	1.66	39	0.12	798	15	6.33	35	3.54	31	38.9	39	2.7
L24	37	31.71	36	0.29	17	1.11	28	4.45	31	0.33	313.24	42	2.9	10	10.98	27	43.93	31	3.21
L21	38	27.51	35	0.44	20	0.88	29	4.38	32	0.27	310.98	26	5.02	13	9.91	24	49.54	32	3.08
L17	39	12.25	39	0.14	37	0.22	39	1.08	38	0.17	2095.44	45	2.28	32	3.63	42	18.13	38	2.83
L7	40	0.15	40	0	40	0	40	0.01	40	0	187.53	33	4.26	42	2.96	44	14.78	40	2.43
L9	41	-0.68	41	-0.01	41	-0.01	41	-0.08	41	-0.01	321.49	35	3.57	26	4.75	32	37.98	41	2.41
L18	42	-12.41	42	-0.11	42	-0.1	42	-1.3	42	-0.05	587.42	25	5.06	27	4.74	19	61.62	42	2.3
L16	43	-81.03	44	-0.9	44	-0.99	44	-8.91	44	-0.28	500.63	21	5.56	20	6.12	21	55.07	44	1.74
L26	44	-93.85	45	-1.02	45	-1.02	45	-11.18	43	-0.17	1135.64	1	12.62	7	12.29	6	135.23	43	2.02
L19	45	-135.3	43	-0.63	43	-0.92	43	-6.43	45	-0.3	749.92	37	3.5	25	5.09	33	35.64	45	1.69

2.5.3 Um modelo simples de eficiência de dois fatores

Um dos indicadores de eficiência nesse estudo de caso, segundo os analistas, de maior interesse é a razão: $\frac{D_{10}}{D_6}$. Para efeito de ilustração D_{10} poderia ser faturamento total e D_6 custo total. Dessa maneira, o passo 3 (item 2.4) para aplicação de AED é obedecido.

A loja L_{31} nesse indicador foi a mais eficiente, e relacionando a razão das outras lojas com a razão de L_{31} se obtém uma medida de eficiência com o valor máximo igual a 1. Como mostra a seguir:

$$\text{medida de eficiência} = \frac{D_{10}/D_6 \text{ de qualquer uma das lojas}}{D_{10}/D_6 \text{ da } L_{31}} \quad (2.1)$$

Essa medida de eficiência é mostrada na Tabela 2.3. Nota-se aqui que o passo 4 foi obedecido.

Tabela 2.3. Primeira Medida de Eficiência. Adaptada de Stoker e Norman, 1991.

Lojas	classificação	D_{10}/D_6	eficiência	Lojas	Classificação	D_{10}/D_6	eficiência
L31	1	6.3	1	L30	24	3.67	0.58254
L31	2	5.46	0.866667	L25	25	3.65	0.579365
L28	3	5.18	0.822222	L4	26	3.43	0.544444
L32	4	5.11	0.811111	L24	27	3.42	0.542857
L11	5	5.03	0.798413	L23	29	3.39	0.538095
L20	6	4.97	0.788889	L35	28	3.4	0.539683
L38	7	4.93	0.78254	L5	30	3.38	0.536508
L15	8	4.9	0.777778	L42	31	3.21	0.509524
L34	9	4.85	0.769841	L21	32	3.08	0.488889
L37	10	4.77	0.757143	L6	33	2.99	0.474603
L8	11	4.74	0.752381	L29	34	2.94	0.466667
L2	12	4.71	0.747619	L10	35	2.92	0.463492
L44	13	4.67	0.74127	L45	36	2.87	0.455556
L43	14	4.47	0.709524	L40	37	2.85	0.452381
L33	15	4.38	0.695238	L17	38	2.83	0.449206
L13	16	4.36	0.692063	L1	39	2.7	0.428571
L36	17	4.28	0.679365	L7	40	2.43	0.385714
L39	18	4.14	0.657143	L9	41	2.41	0.38254
L12	19	4.1	0.650794	L18	42	2.3	0.365079
L27	20	3.8	0.603175	L26	43	2.02	0.320635
L14	21	3.8	0.603175	L16	44	1.74	0.27619
L41	22	3.78	0.6	L19	45	1.69	0.268254
L22	23	3.73	0.592063				

Pela Figura 2.10 verifica-se o indicador de eficiência (D_{10}/D_6), onde L_{31} é a mais eficiente. Qualquer loja que estiver contida na reta que une L_{31} à origem tem a mesma eficiência que L_{31} (usando a equação (2.1) comprova-se). Essa linha é tomada como fronteira de eficiência, portanto todas as lojas que estiverem abaixo dessa linha são menos eficientes.

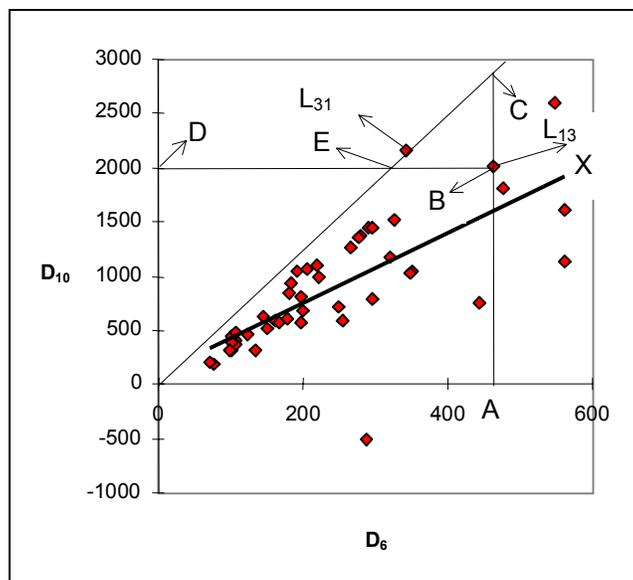


Figura 2.10- Fronteira de Eficiência. Adaptada de Stoker e Norman, 1991.

A medida de eficiência pode ser notada geometricamente. Por exemplo, a medida de eficiência da loja L_{13} é dada pelas razões AB/AC , DE/DB ou OE/OC , onde C e E representam as metas de L_{13} relativas a L_{31} , que até o momento é a que tem as melhores práticas. Ou seja, L_{13} pode aumentar D_{10} até a fronteira de eficiência (C) sem ter que aumentar D_6 (A), ou pode diminuir D_6 até a fronteira de eficiência (E) sem ter que diminuir D_{10} . Uma terceira opção é uma combinação dessas duas últimas, aumentar D_{10} e diminuir D_6 ao mesmo tempo.

Até este momento, 2 dos 19 fatores iniciais estão sendo usados na análise. O próximo passo (quinto passo para a aplicação de AED) é agregar na análise um outro fator selecionado entre os restantes. O procedimento a seguir é uma alternativa para isso, ou seja pode-se usar de outro critério que não a correlação.

Fazendo a correlação estatística dos 19 fatores com esse indicador de eficiência (D_{10}/D_6) e uma análise qualitativa adicional, consegue-se identificar

qual dos 19 fatores é o que mais influencia nessa eficiência. Essa correlação estatística está mostrada na Tabela 2.4.

Tabela 2.4-Correlação de todos os fatores com a primeira medida de eficiência. Adaptada de Stoker e Norman, 1991.

Fator	Primeira Correlação
D14	0.86002
D8	0.61688
D12	-0.53137
D10	0.52867
D13	0.52867
D16	0.49182
D11	0.40681
D4	-0.39918
D5	-0.34921
D9	0.34264
D1	0.1865
D3	0.17996
D18	0.16306
D19	-0.11465
D17	0.09529
D2	0.09423
D15	-0.08051
D6	-0.04119
D7	0.03733

A correlação estatística foi feita para ver que fatores mais influenciam nessa medida de eficiência. Entretanto, não se deve somente concluir que o fato da alta correlação signifique que esse fator é realmente o que mais influencia na medida de eficiência. Com isso, segundo os analistas, o fator que mais influencia de forma causal lógica nessa eficiência é o D_{12} .

2.2.3 Adicionando mais um fator

Portanto a análise da eficiência dessas lojas será feita agora utilizando 2 resultados distintos (D_{10} e D_{12}) que são produzidos por um único recurso (D_6). Isto pode ser mostrado na Figura 2.11.

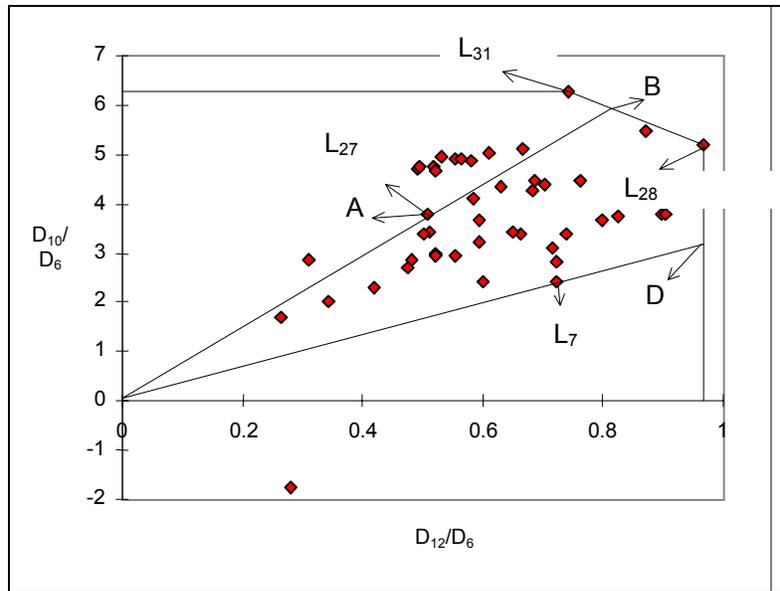


Figura 2.11 - Análise da fronteira. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.

Agora, existem duas lojas tomadas como referências, a L_{31} que é eficiente com relação ao indicador D_{10}/D_6 , e L_{28} que é eficiente com relação ao indicador D_{12}/D_6 .

A linha reta que liga L_{31} a L_{28} e as linhas horizontal e vertical, tem melhor performance do que qualquer ponto dentro dessa região, ou seja, essas linhas determinam a fronteira de eficiência. Tendo agora essa fronteira, podemos estabelecer metas a cumprir. Por exemplo, a loja L_{27} , que se aumentar os resultados na mesma proporção (reta OA) até B, terá sua meta de eficiência determinada por duas lojas (L_{31} e L_{28}). Então dependendo do seu objetivo (se é aumentar D_{12} ou D_{10}), sua meta é estabelecida. Já a loja L_9 tem como meta somente a loja L_{28} , pois já tem o menor D_6 . Entretanto seu D_{10} ainda pode ser melhorado.

Pela Figura 2.11 pode-se determinar a Tabela 2.5, que mostra a relação da segunda medida de eficiência. Ou seja, nessa segunda medida L_{31} e L_{28} são

tomadas como as de eficiência máxima igual a 1, e as demais, como por exemplo L₂₇ pela razão OA/OB (isso será discutido na próxima seção, pois necessita de um conhecimento matemático).

Tabela 2.5-Segunda Medida de Eficiência. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.

Lojas	Segunda Medida de Eficiência	Primeira Medida de Eficiência	Lojas	Segunda Medida de Eficiência	Primeira Medida de Eficiência
L28	1	0.822222	L17	0.748	0.449206
L31	1	1	L44	0.743	0.74127
L3	0.98	0.866667	L21	0.743	0.488889
L41	0.937	0.6	L12	0.701	0.650794
L14	0.93	0.603175	L5	0.686	0.536508
L22	0.853	0.592063	L24	0.673	0.542857
L32	0.844	0.811111	L30	0.663	0.58254
L25	0.826	0.579365	L27	0.634	0.603175
L11	0.807	0.798413	L9	0.621	0.38254
L39	0.796	0.657143	L42	0.617	0.509524
L20	0.792	0.788889	L4	0.598	0.544444
L43	0.791	0.709524	L35	0.591	0.539683
L33	0.788	0.695238	L10	0.574	0.463492
L38	0.784	0.78254	L6	0.559	0.474603
L15	0.779	0.777778	L29	0.554	0.466667
L34	0.774	0.769841	L45	0.528	0.455556
L36	0.768	0.679365	L1	0.508	0.428571
L23	0.765	0.538095	L40	0.454	0.452381
L37	0.76	0.757143	L18	0.439	0.365079
L8	0.756	0.752381	L26	0.373	0.320635
L2	0.752	0.747619	L16	0.314	0.27619
L13	0.751	0.692063	L19	0.3	0.268254
L7	0.749	0.385714			

Para a análise da adição de um novo fator, novamente foi feita a correlação estatística dos fatores em relação a essa segunda medida de eficiência (Tabela 2.6).

Tabela 2.6-Segunda correlação. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.

Fator	Segunda Correlação
D4	-0.65944
D5	-0.64242
D14	0.58094
D6	-0.43175
D2	-0.26972
D8	0.22178
D3	-0.20138
D1	-0.1907
D7	-0.17448
D18	-0.16067
D17	-0.15084
D10	0.12112
D13	0.12112
D16	0.11225
D11	0.10513
D12	0.05389
D9	-0.04331
D19	-0.02655
D15	-0.01444

Depois de obtida esta correlação e conhecido o fator que mais influencia nessa nova medida de eficiência, novamente é introduzido mais um indicador de eficiência, e assim sucessivamente até envolvermos todos (ou os que tenham uma relação lógica causal) os indicadores existentes.

Nota-se que a visualização gráfica a partir de um certo número de recursos e resultados não será mais possível, já que visualizar um gráfico somente é possível com até 3 dimensões. Portanto, ao serem introduzidos mais recursos e resultados, a análise passa a ser somente algébrica e portanto requer um certo desenvolvimento matemático, que está descrito no Anexo 3.

2.2.4 Possível contribuição da AED a um Planejamento Estratégico

Para explicar essa contribuição vamos considerar o caso da loja L₂₇, cuja meta é alcançar o ponto B = (6,0.8) pertencente a fronteira de eficiência, como pode ser visto na Figura 2.12.

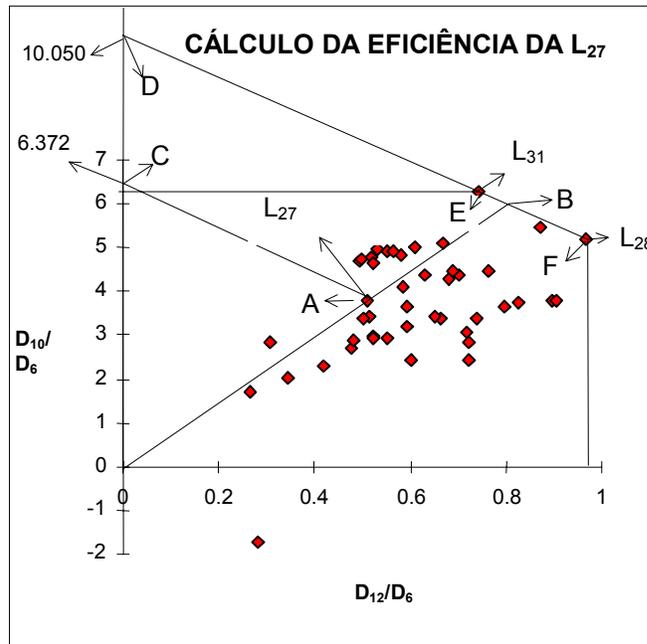


Figura 2.12- Cálculo da eficiência de L₂₇. Adaptado de Stoker e Norman, 1991.

A seguir serão mostradas algumas maneiras dessa loja alcançar a meta desejada, o ponto B na fronteira de eficiência.

A equação (2.20) representa a razão de eficiência da loja L₂₇.

$$\frac{0.000208D_{10}(L_{27}) + 0.00105D_{12}(L_{27})}{0.00210D_6(L_{27})} = 0.634 \quad (2.20)$$

A obtenção desse valor pode ser visto no Anexo 3, bem como na Tabela

2.5.

Para que uma loja se torne eficiente, é necessário que sua razão da soma balanceada dos seus resultados sobre a soma balanceada dos seus recursos seja 1.

Para que isso ocorra, basta dividir ambos os lados da equação (2.20) por 0.634. Como é mostrado a seguir:

$$\frac{\frac{aD_{10}(L_{27}) + bD_{12}(L_{27})}{cD_6(L_{27})}}{0.634} = \frac{0.634}{0.634} = 1 \quad (2.21)$$

Equivalentemente:

$$\left(\frac{aD_{10}(L_{27}) + bD_{12}(L_{27})}{cD_6(L_{27})} \right) \times \frac{1}{0.634} = 1 \quad (2.22)$$

A análise da equação (2.22) pode ser feita das seguintes maneiras:

$$\mathbf{1) \left(\frac{aD_{10}(L_{27}) + bD_{12}(L_{27})}{cD_6(L_{27}) \times 0.634} \right) = 1} \quad (2.23)$$

Nesse caso, a opção da loja L_{27} foi reduzir seu recurso a uma proporção de 0,634. Ou seja, conseguindo reduzir 36.6% do recurso, que passaria de 476.63 para 302.183, alcança-se a meta desejada.

Isto também pode ser visto alternativamente pelas equações (2.24) e (2.25):

$$Y(B) = \frac{D_{10}(B)}{D_6(B)} = \frac{D_{10}(L_{27})}{D_6(L_{27}) \times 0.634} = \frac{1813.22}{302.183} = 6 \text{ (meta)} \quad (2.24)$$

$$X(B) = \frac{D_{12}(B)}{D_6(B)} = \frac{D_{12}(L_{27})}{D_6(L_{27}) \times 0.634} = \frac{242.55}{302.183} = 0.80 \text{ (meta)} \quad (2.25)$$

Dessa maneira, a loja L_{27} chegou na meta desejada, ou seja, o ponto B =

$$\left(\frac{D_{10}(B)}{D_6(B)}, \frac{D_{12}(B)}{D_6(B)} \right) = (0.80, 6)$$

Portanto, caberia no planejamento estratégico da loja L_{27} uma operação no sentido de reduzir o recurso em 36.6%.

$$2) \left(\frac{aD_{10}(L_{27}) + bD_{12}(L_{27})}{0.634} \right) \times \frac{1}{cD_6(L_{27})} = 1 \quad (2.26)$$

$$\text{Equivalentemente: } \left(\frac{aD_{10}(L_{27})}{0.634} + \frac{bD_{12}(L_{27})}{0.634} \right) \times \frac{1}{cD_6(L_{27})} = 1 \quad (2.27)$$

Nesse caso, a opção da loja L_{27} foi aumentar seus resultados a uma proporção de 0,634. Ou seja, aumentando 58% do resultado 1, que passaria de 1813.22 para 2.859.96, e aumentando 58% do resultado 2, que passaria de 242.55 para 382.57, alcançaremos a meta desejada.

Isto pode ser visto alternativamente, pelas equações abaixo, (2.28) e (2.29).

$$\frac{D_{10}(B)}{D_6(B)} = \frac{\frac{D_{10}(L_{27})}{0.634}}{\frac{D_6(L_{27})}{476.63}} = \frac{1813.22}{476.63} = \frac{2859.96}{476.63} = 6 \text{ (meta)} \quad (2.28)$$

$$\frac{D_{12}(B)}{D_6(B)} = \frac{\frac{D_{12}(L_{27})}{0.634}}{\frac{D_6(L_{27})}{476.63}} = \frac{242.55}{476.63} = \frac{382.57}{476.63} = 0.80 \text{ (meta)} \quad (2.29)$$

Dessa maneira, a loja L_{27} chegou na meta desejada, ou seja, o ponto B =

$$\left(\frac{D_{12}(B)}{D_6(B)}, \frac{D_{10}(B)}{D_6(B)} \right) = (0.80, 6)$$

Portanto, caberia no planejamento estratégico da loja L_{27} uma operação no sentido de aumentar em 58% os dois resultados.

3) Acima foram vistas duas maneira de se alcançar a meta desejada, reduzindo o recurso ou aumentando os resultados. No entanto, muitas vezes existe a necessidade de se aumentar os resultados e reduzir o recurso ao mesmo tempo. Essa outra alternativa pode ser vista pela equação (2.30), lembrando que para uma loja ser eficiente, sua soma balanceada de resultados sobre sua soma balanceada dos recursos tem que ser igual a 1.

$$\frac{0.000208D_{10}(L_{27}) \times \alpha + 0.00105D_{12}(L_{27}) \times \beta}{0.00210D_6(L_{27}) \times \delta} = 1 \quad (2.30)$$

Neste caso, há uma variação quanto a escolha de proporção (α , β , e δ) para o aumento dos resultados e redução do recurso. Isto pode ser visto graficamente.

Dados os pontos $D_{10}/D_6=3.80$, e $D_{12}/D_6=0.50$. Sabe-se que o ponto meta na fronteira para a loja L_{27} é $B=(6,0.8)$.

Para efeito de ilustração, suponhamos que seja necessário reduzir 15% do recurso. Então, pelas equações abaixo, obtem-se o quanto serão (ou não) necessários aumentar seus resultados.

$$\frac{D_{10} \times \alpha}{D_6 \times 0.75} = 6$$

Resolvendo essa equação, chegamos ao valor de $\alpha=1.18$. Ou seja, reduzindo o recurso em 15%, será necessário aumentar 18% do resultado D_{10} .

$$\frac{D_{12} \times \beta}{D_6 \times 0.75} = 0.80$$

Resolvendo essa equação, chegamos ao valor de $\alpha=1.17$. Ou seja, reduzindo o recurso em 15%, será necessário aumentar 17% do resultado D_{12} .

Portanto, a equação (2.30) pode ser resolvida utilizando vários α , β , e γ , dependendo da necessidade de cada loja.

Em outras palavras, no planejamento estratégico da loja L_{27} poderia haver operações que buscassem aumento de 58% nos resultados, redução de 36.6% no recurso, ou a combinação dessas duas operações.

Para o desenvolvimento e gerenciamento dessas operações, referidas como estando no planejamento estratégico da loja L_{27} , dever-se-ia utilizar procedimentos tipos da Engenharia de Produção tanto para redução de custos (Modelos das Figuras 2.4, 2.6 e 2.8), como por exemplo, Análise de Valor e Controle de Qualidade; quanto para ampliação da produção (Modelos das Figuras 2.3, 2.7 e 2.9), como por exemplo, Marketing e Matemática Financeira. A redução de custos e ampliação da produção devem estar relacionados a gestão da qualidade, planejamento e controle da produção, administração financeira, etc.

2.6 Softwares Para a Análise de Envoltória de Dados

Vários *softwares* estão disponíveis para a Análise de Envoltória de Dados. Enquanto alguns são *softwares* comerciais, outros estão prontamente disponíveis (gratuitamente) para *download*. Os *softwares* também apresentam diferenças quanto aos modelos de AED utilizados, número de indicadores e UTDs. Há também diferenças quanto à interface com o usuário, enquanto alguns

possuem interfaces gráficas amigáveis, outros requerem o uso de linhas de comando e maior conhecimento de informática. Outros *softwares*, ainda, não são específicos para a AED, mas gerais para problemas de programação linear.

A seguir, nas tabelas 2.7 e 2.8 estão expostos os principais *softwares* disponíveis, e suas características de implantação e uso.

Tabela 2.7- Características dos softwares.

Software	Interface com Usuário	Arquivos de Entrada	Arquivos de Saída	Sistema Operacional
WARWICK	Ambas	ASCII	ASCII	Windows MS-DOS
FRONTIER ANALYST	Gráfica	ASCII	Tabelas e Gráficos	Windows
EMS	Gráfica	ASCII	ASCII	Windows
DEAP	Comando de linha	ASCII	ASCII	MS-DOS
ONFRONT 2	Gráfica	ASCII	ASCII	Windows

Tabela 2.8 -Referência dos softwares

Software	Instituição	URL	Autor	E-mails
WARWICK	Warwick Business School	http://www.deazone.com/	Emmanuel Thanassoulis	orset@wbs.warwick.ac.uk phdae@wbs.warwick.ac.uk
FRONTIER ANALYST	Banxia Software Ltd	http://www.banxia.com/	---	info@banxia.com sales@banxia.com support@banxia.com
EMS	Faculty of Economic and Social Sciences at the University of Dortmund CEPA School of Economics at the University of New England	http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/index.htm	Holger Scheel's	H.Scheel@wiso.uni-dortmund.de
DEAP	EMQ AB Economic Measurement and Quality AB	http://www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm	Tim Coelli	tcoelli@metz.une.edu.au
ONFRONT 2		http://www.emq.com/	---	emq@emq.com

3 Aplicações de AED

3.1 Aplicações Gerais

Nas últimas duas décadas, a Análise Envoltória de Dados-AED (“Data Envelopment Analysis”-DEA) surgiu como uma importante ferramenta no campo de medidas de eficiência. AED é usada para comparar Unidades Tomadoras de Decisão-UTDs (“*Decision Making Units*”-DMUs) tais como filiais de bancos, atacadistas, grupos individuais, e até mesmo indivíduos, que usam um ou mais recursos para assegurar um ou mais resultados. As UTDs utilizam o mesmo conjunto de recursos e geram o mesmo conjunto de resultados com níveis variáveis.

Desde o primeiro trabalho em AED (Charnes et al, 1978), o método continuou a ganhar aceitação como uma ferramenta de administração, e a literatura em AED, continua a se expandir vigorosamente.

Recentemente, uma extensa revisão bibliográfica (2001) foi concluída. Esta revisão foi feita basicamente através do uso de contribuições de pessoas respondendo a um pedido postado na pagina inicial de Ali Emrouznejad (Ali Emrouznejad's DEA HomePage” (<http://www.deazone.com>)), um professor da Universidade de Warwick (“Warwick Business School”), Inglaterra.

Esta revisão consiste de um total de 2037 contribuições à AED, entre trabalhos em desenvolvimento, publicações em revistas, anais de Conferências, dissertações e teses de pós graduação e outros tipos de contribuições como

softwares, modelos etc. Esta revisão, está disponível para *download* através da página mencionada acima.

Apesar do uso de AED ter se expandido de forma expressiva a partir de 1978 alcançando esse grande número de referências até 2001 (Emrouznejad e Thanassoulis, 2001), seu uso se volta principalmente para o setor privado. O grande interesse nesta ferramenta propiciou a publicação de importantes livros nesta área (Norman e Stoker, 1991; Ganley e Cubbin, 1992).

Dentre as diversas aplicações da AED, a grande maioria de trabalhos se volta à análise de *performance* e *benchmarking* de :filiais de bancos (Bergendahl, 1999; Yeh, 1996); franquias (Ikeda, 1998); atacadistas (Donthu e Yoo, 1998); e empresas nas mais diversas atividades (Emrouznejad e Thanassoulis, 2001).

Além do setor empresarial, outros setores se valem desta flexível ferramenta de análise de eficiência. Na saúde, por exemplo, a AED é utilizada para a análise de eficiência de hospitais públicos ou privados (Kirigia et al., 2001); na segurança é utilizada para a análise de eficiência de prisões (Ganley e Cubbin, 1987); e na engenharia de transportes é utilizada para a análise de eficiência de transportes coletivos (Novaes, 1997).

A AED, de maneira geral, pode ser utilizada em quaisquer setores que necessitem de uma avaliação cruzada de eficiência entre UTDs, desde que envolvam recursos gerando resultados (Emrouznejad, 2001).

A aplicação da AED, no setor empresarial, é considerada relativamente mais fácil, devido ao caráter claro dos indicadores de produtividade (ou

eficiência). Os resultados em geral possuem uma estreita relação com os recursos, de forma que análises neste setor são em geral mais diretas, claras e intuitivas. Por outro lado, outros setores (como saúde, segurança e transporte) apresentam uma maior dificuldade para a AED. Isto se deve ao fato de que os indicadores de eficiência, nestes setores, são em geral subjetivos. Isto é, ao invés de lidarmos apenas com custos, materiais, produtos finais e principalmente o lucro, passamos a lidar com atividades, cujos resultados não são tão claros quanto o lucro.

A avaliação do setor de ensino, pesquisa e extensão de departamentos acadêmicos (escopo deste trabalho), apresenta as mesmas situações referidas acima. Desta forma, é importante serem detalhadas as aplicações neste setor para então serem esclarecidas as dificuldades e soluções do problema proposto neste trabalho.

3.2 Aplicação da AED na Educação

Dentre as diversas avaliações de eficiência voltadas para o ensino e para a pesquisa pode-se ressaltar: a comparação entre universidades privadas e/ou públicas para uma simples classificação (Rhodes e Southwich, 1986, 1988; Ahn et al., 1988); para o direcionamento de calouros na escolha da universidade (Sarrico et al., 1997); ou para a alocação de recursos (Façanha e Marinho, 1998). Ressaltar também, a comparação entre escolas de ensino médio (Thanassoulis e Dunstan, 1993; Thanassoulis, 1996); e comparações entre departamentos acadêmicos de uma mesma universidade ou diferentes (Beasley, 1990; Sinuany-stern et al., 1994; Arcelus e Coleman, 1997; Lopes et al., 1998;

Bandeira, 2001). O uso de AED na comparação de universidades e seus departamentos está intrinsecamente ligado ao assunto de indicadores de “performance”. Johnes se referiu a esta problemática de forma geral em relação à AED num estudo de caso (Johnes e Johnes, 1993). De maneira geral ele se utiliza das publicações dos departamentos estudados como resultado. A dificuldade na comparação de diferentes publicações e o enfoque baseado em AED utilizado por ele pode ser visto em (Johnes e Johnes, 1992).

O importante assunto de indicadores de “performance” na educação superior pode ser mais amplamente estudado nos livros de Cave et al (Cave, 1988) e Johnes e Taylor (Johnes e Taylor, 1990).

Comparações entre departamentos iguais de universidades diferentes foram realizados, por exemplo entre: departamentos de física e química separadamente (Beasley, 1990, 1995); escolas de negócios (Doyle e Arthurs, 1995); departamentos de economia (Johnes e Johnes, 1993); e departamentos de contabilidade (Tomkins e Green, 1988). Comparações entre departamentos acadêmicos de uma mesma universidade também foram realizados em outros trabalhos (Arcelus e Coleman, 1997; Sinuany-stern et al., 1994; Lopes et al., 1998; Bandeira,2001).

Dentre os trabalhos que se utilizam AED no contexto de ensino superior, mesmo com características diferentes, cinco se sobressaem, por tratarem diretamente da proposta deste trabalho, a avaliação de desempenho de departamentos acadêmicos dentro da universidade.

A seguir, os cinco trabalhos referidos acima serão descritos em seus aspectos mais relevantes.

3.2.1 Aplicações em Departamentos Acadêmicos do Ensino Superior

3.2.1.1 Universidade de New Brunswick–Canada (Arcelus e Coleman, 1997)

Este trabalho teve como objetivo examinar qual o impacto na estrutura de recursos/resultados das Unidades Tomadoras de Decisão (departamentos) quando um modelo de alocação de recursos proposto pela Maritime Provinces Higher Education Commission (MPEHC) foi utilizado em Universidades Canadenses. Dessa forma, tentou avaliar as implicações potenciais da redução na alocação de recursos de orçamento em vários estabelecimentos educacionais, utilizando a AED.

Neste trabalho, foram comparados 32 departamentos acadêmicos da Universidade de New Brunswick no Canada, utilizando quatro recursos e seis resultados. Os recursos utilizados foram: professores e instrutores (equivalente em tempo integral), funcionários (equivalente em tempo integral), custos operacionais relativos a ensino e pesquisa e custos relativos à biblioteca (gastos em periódicos, etc). E os resultados utilizados foram para a área de ensino: número de alunos por disciplina, número médio de disciplinas dadas pelo departamento, excelência dos alunos (número de graduados por departamento) e número de graduados recebendo diplomas; e para a área de pesquisa foram: número de alunos fazendo mestrado e número de alunos que estão virando mestre ou doutores no departamento.

Arcelus e Coleman utilizaram além do modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978), o modelo BCC (Banker, Charnes, Cooper, 1984). Enquanto o primeiro (CCR), pioneiro, assume retornos à escala constantes, o segundo (BCC) assume retornos à escala variáveis. Retornos constantes de escala significa que mudanças no vetor recursos refletem em termos de mudanças proporcionais no vetor de resultados. Por outro lado, quando os retornos de escalas são variáveis, as mudanças no vetor recursos podem resultar em retornos crescentes ou decrescentes de escala (Bandeira, 2001).

Neste caso, o modelo BCC foi utilizado para comparar e determinar diferenças (na medida de eficiência) causadas pelo efeito de retorno à escala variáveis (Rangan et al. 1988). Arcelus e Coleman identificaram um fato muito interessante, a comparação entre os escores de eficiência obtidos pelo CCR e BCC da AED indicou que o comportamento de retorno variável à escala no setor acadêmico, era bastante reduzido. Isso devido ao fato, por exemplo, de que a adição ou exclusão de um professor pode não refletir proporcionalmente no aumento ou diminuição dos resultados de ensino, pesquisa e extensão.

Esses dois modelos foram aplicados, sendo que 50% dos departamentos foram eficientes (razão de eficiência igual a 1). Os departamentos menos eficientes eram na maior parte das áreas de Ciências, Engenharia, Direito, Ciência da Computação e Enfermagem.

A razão de eficiência teve um valor médio de 0.857, que corresponde a um uso excessivo de recurso estimado de 14,3%. Isto contrasta com alguns valores baixos de eficiência, tais como do departamento de Geologia (0.499), do

departamento de Física (0.452), do departamento de química (0.499) e do departamento de Engenharia Florestal (0.556).

Os mesmos resultados puderam ser observados em outros trabalhos, apesar de alguns recursos e resultados serem diferentes (Sinuany-Stern et al. 1994).

Alguns dos departamentos tidos como menos eficientes, na verdade apresentavam tal desempenho “reduzido” devido aos gastos elevados em equipamentos, bem como técnicos e instrutores de laboratório, para o ensino. A fórmula utilizada na alocação de recursos, levava em conta tais necessidades, de forma a não prejudicar tais departamentos.

3.2.1.2 Universidade de Ben-Gurion-Israel (Sinuany-Stern, Mehrez e Barboy, 1994)

Neste trabalho, foram comparados 21 departamentos acadêmicos da Universidade de Ben-Gurion em Israel, distribuídos em 3 escolas: Humanas e Ciências Sociais, Ciências Naturais e Engenharia.

Diversas análises foram apresentadas neste trabalho, de maneira a demonstrar os variados usos da AED, assim como esclarecer pontos importantes na delineação do problema.

A primeira análise apresentada neste trabalho, foi a aplicação de AED em um conjunto de dados estipulados pelas três escolas em questão. De muitas variáveis (recursos e resultados), 6 foram citadas como as principais. Os recursos utilizados foram: gastos operacionais em salários administrativos e técnicos, e outros gastos do departamento; e salários de docentes. E como

resultados foram utilizados: bolsas de estudos (bolsas internas e externas), número de publicações (em dois anos), número de estudantes graduados, número de horas de créditos dados pelo departamento

Aplicando AED nesse conjunto de dados, pôde-se identificar quais departamentos eram eficientes e quais eram menos eficientes. Como resultado foi verificado que 7 departamentos eram eficientes, 4 teriam que melhorar 1 variável, 2 teriam que melhorar 2 variáveis, 7 teriam que melhorar 3 variáveis e 1 teria que melhorar 4 variáveis.

De forma a verificar a influência da escolha dos indicadores na determinação da eficiência, diferentes combinações de recursos e resultados foram utilizadas. Nesta segunda análise, com a retirada do indicador de número de publicações (resultado), 2 departamentos deixaram de ser eficientes (mesmo ainda tendo uma razão de eficiência alta). Além disso, com a combinação (ou adição) dos dois recursos utilizados, dois departamentos também deixaram de ser eficientes, mas com a diferença de que um departamento que sempre foi o mais ineficiente, agora deixasse de ser.

Com o intuito de introduzir novas medidas para a classificação de departamentos, de forma a complementar o modelo CCR, uma nova análise foi realizada. Para isso, o modelo foi aplicado 21 vezes (o número de departamentos) sendo que para cada vez um departamento era retirado da análise. Desta forma, uma espécie de *bootstrap* foi realizado. Assumindo que a exclusão de um departamento ineficiente não muda a razão de eficiência de outros departamentos (já que não é referência), e que a exclusão de um

departamento eficiente não reduz a razão de eficiência de outros departamentos (podendo somente aumentá-la). A contagem do número de vezes que um departamento se mantinha eficiente, permitiu classificar departamentos considerados eficientes pelo modelo CCR (razão de eficiência igual a 1).

Neste trabalho, os autores também aplicaram o modelo CCR separadamente para as três diferentes escolas, cada uma delas compreendendo uma parte dos departamentos da universidade, isto é, foi aplicada AED em cada escola utilizando as mesmas variáveis de recursos e resultados). O resultado obtido foi um menor número de departamentos ineficientes, isso devido a redução de diferenças entre os departamento dentro de uma mesma escola.

Algumas mudanças organizacionais também foram testadas, e os resultados foram bastante diversificados. Nesta análise, mudanças como a adição de dois departamentos, ou divisão de um departamento em dois, possibilitaram uma análise dos escores de eficiência de forma a identificar os setores de cada departamento responsáveis pelo aumento ou diminuição da eficiência.

Finalmente, uma análise de correlação entre a classificação da razão de AED e a classificação da clássica razão “Custo por Estudante”, teve como resultado uma correlação de apenas 0.54. Esta correlação aumentou para 0.68, utilizando como recurso, custos operacionais, e como resultados, números de publicações e número de estudantes (indicadores altamente relacionados com a razão custo por estudante).

3.2.1.3 Universidades da Inglaterra (Beasley, 1990)

Neste trabalho, diferente dos anteriores, foram comparados (separadamente) somente departamentos acadêmicos de química (52) ou física (50) de diversas universidades da Inglaterra.

Neste trabalho foram utilizados três recursos e oito resultados. O recursos foram: gastos em equipamentos, gastos gerais em valores monetários (maior parte em salários) e verbas obtidas para pesquisa. E os resultados foram: número de estudantes em graduação, número de estudantes de pós-graduação ainda na fase de realização de créditos, número de estudantes de pós-graduação fazendo pesquisa, verba de pesquisa corrigida pelo tamanho do departamento. Foram utilizados quatro indicadores de resultado em relação a qualidade em função a pesquisa de cada departamento avaliado pelo *University Grants Committee-UGC*. Era feito da seguinte maneira: referente ao maior conceito dado aqueles departamentos que realizavam pesquisa a nível de excelência, referente ao conceito dado aqueles departamentos que realizam pesquisa acima da média (A^+), referente ao conceito dado aqueles departamentos que realizam pesquisa na média (A) e referente ao conceito dado aqueles departamentos que realizam pesquisa abaixo da média (A^-). Sendo que para esses quatro indicadores só existiam duas notas dadas, zero ou um.

Pode-se observar que o recurso 3 e resultado 4 são iguais. Beasley justificou dizendo que não havia dados disponíveis para se avaliar a pesquisa destes departamentos e, portanto, a verba dispendida com pesquisa foi utilizada como uma aproximação da atividade de pesquisa desenvolvida pelos

departamentos. Mais adiante, caso tenha essa quantificação da atividade de pesquisa, ele sugere a substituição do resultado 4.

Uma interessante modificação introduzida por Beasley, foi a adição de 19 restrições para a atribuição de pesos para determinados indicadores com importância conhecida (por exemplo, o peso atribuído para estudantes de pós-graduação que está realizando pesquisa é 25% maior do que o peso atribuído aos estudantes de pós-graduação que está realizando créditos e é ao menos 2 vezes maior do que o peso atribuído ao estudante de graduação), evitando desta forma, que a atribuição de pesos ótimos pela AED resultasse em artefatos (como por exemplo, a atribuição de pesos maiores para alunos de mestrado em relação aos de doutorado).

Beasley conclui que a adição de restrições para a atribuição de pesos, e a análise dos pesos atribuídos aos diferentes resultados e recursos dos diferentes departamentos, torna o modelo da AED extremamente flexível. Desta forma, ele pode ser adequado a qualquer ponto de vista que o administrador considere mais importante.

3.2.1.4 Universidade Federal de Santa Catarina (Lopes, 1998)

Neste trabalho, Lopes realizou uma avaliação cruzada de departamentos acadêmicos da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC sob um conjunto comum de indicadores. Um modelo foi desenvolvido, baseado na Análise de Envoltória de Dados (AED) e na teoria de Conjuntos Difusos. Esse trabalho teve como objetivo apontar quais departamentos deveriam sofrer prioritariamente avaliação externa.

Segundo a pesquisadora, dadas as dificuldades na obtenção de informações dos recursos funcionários, bens de capital e bens de consumo por departamento na UFSC, o recurso utilizado neste trabalho foi o número de docente permanentes em equivalentes de tempo integral, sendo que para as atividades de ensino de graduação o número de professores substitutos foi acrescido à este. Lopes justifica dizendo que a remuneração do corpo docente representa 2/3 do orçamento anual da instituição nos últimos anos.

Este modelo foi aplicado aos 58 departamentos da UFSC. No entanto, os 34 indicadores de resultados utilizados foram subdivididos em 4 grupos : 5 Indicadores de produtividade de ensino, 10 Indicadores de produtividade de pesquisa, 9 Indicadores de produtividade de extensão e 10 Indicadores de qualidade.

A AED foi aplicada independentemente para todos os departamentos com estes indicadores, gerando desta forma 4 diferentes escores de eficiência. Estes 4 escores foram então unidos, gerando um único escore de eficiência, por meio de um Agregador Ordenado Ponderado *ou Ordered Weighted Agregator-OWA* (Yager, 1980), possibilitando uma análise ponderada dos diferentes escores.

Como resultado, 15 departamentos com baixo desempenho global foram identificados, 6 deles sendo da área de ciências de saúde. Por outro lado, as áreas de Engenharia e Ciências Exatas apresentaram um alto desempenho, resultado de acordo com a crença geral de que estas áreas são as que mais contribuem para a visibilidade da UFSC no contexto nacional.

3.2.1.5 Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Bandeira, 2001)

Neste trabalho foi apresentado um modelo de avaliação dos departamentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, baseado no modelo BCC da AED. A autora teve como objetivo definir fatores relevantes para a avaliação quantitativa de departamentos acadêmicos, comparar objetivamente o desempenho dos departamentos, verificando suas eficiências relativas, e dessa forma, identificar metas para o aumento da eficiência.

Foram analisados 92 departamentos, utilizando três recursos e nove resultados.

Os recursos utilizados foram: índice de titulação dos docentes, capacidade docente e monitores. Os resultados utilizados foram: matrícula-hora, percentual de aprovação, créditos na pós-graduação, dissertação de mestrado, teses de doutorado, produção intelectual, projetos de extensão, certificados de extensão e bolsas de extensão. Esses indicadores eram relativos às áreas de ensino, pesquisa e extensão da universidade.

A eficiência relativa dos departamentos mostrou-se bastante homogênea. A menor eficiência relativa foi de 70,48%, um percentual que, embora indique que possa haver melhora na eficiência deste departamento, não pode ser considerado um mau desempenho. Através de uma distribuição de frequência da eficiência relativa dos departamentos, pôde-se observar que 54,3% de departamentos eram 100% eficientes, o que é um percentual bastante expressivo. Segundo a autora, a ineficiência de alguns departamentos pode ocorrer AED permite que em uma mesma análise, possam ser associados

fatores de áreas diferentes e grandezas distintas. Por exemplo: departamentos que não são tão atuantes em ensino de graduação, podem ser mais atuantes em ensino de pós-graduação.

3.2.2 Comparação Entre os Casos

A seguir serão discutidos os principais pontos a serem levados em conta na determinação: do modelo de AED a ser aplicado, dos indicadores a serem utilizados, dos departamentos (e áreas) a serem comparados, das restrições a serem impostas, e do agrupamento de indicadores a ser realizado para a obtenção de escores de eficiência separadamente.

Uma tabela comparativa entre os trabalhos descritos, pode ser visualizada a seguir (Tabela 3.1) :

Tabela 3.1- Comparação geral entre os modelos e número de recursos e resultados utilizados. (*)Agregador ordenado ponderado. (**)Número de departamentos comparados de química e física, respectivamente. (***) Separados em quatro grupos.

<i>Autores</i>	<i>Modelo Utilizado</i>	<i>Número de Recursos</i>	<i>Número de resultados</i>	<i>Número de UTDs</i>
Arcelus e Coleman	CCR e BCC	4	6	32
Sinuany-Stern, Mehrez e Barboy	CCR	2	4	21
Beasley	CCR	3	8	52 e 50**
Lopes	CCR*	1	34***	58
Bandeira	BCC	3	9	92

3.2.2.1 Modelo

O modelo original de Charnes, Cooper e Rhodes (CCR) foi a escolha principal dos trabalhos descritos. Este modelo, admite retorno constante à escala. O uso do modelo BCC, por Arcelus e Coleman para verificar a influência

do fenômeno de retorno variável à escala, demonstrou que de fato, a influência deste fenômeno era mínima, corroborando o uso do modelo CCR.

3.2.2.2 Indicadores

Apesar dos trabalhos apresentarem uma variação no uso dos indicadores, alguns destes representam basicamente os mesmos aspectos dentro do contexto da avaliação de eficiência dos departamentos acadêmicos. Apesar de não serem exatamente os mesmos, ou estarem representados por unidades de medida diferentes, eles acabam por refletir os mesmos recursos ou resultados.

Pode-se verificar que, dentre os recursos utilizados, os professores (bem como instrutores e assistentes de ensino), estão representados em todos os trabalhos, sendo os únicos considerados no trabalho de Lopes (Lopes, 1998). No entanto, eles são considerados tanto em termos de seu número total ou equivalente em tempo integral, como gastos em salários. Os funcionários estão representados da mesma maneira.

Os gastos gerais (em equipamentos e material de ensino ou pesquisa) são representados, também, em todos os departamento (exceto em Lopes e Bandeira). É importante ressaltar que estes gastos, diferente dos gastos exclusivamente com funcionários e/ou professores, devem ser divididos em função do número de professores ou outro fator representante das dimensões dos departamentos.

No entanto, enquanto alguns dos trabalhos, separam professores de funcionários (Arcelus e Coleman, 1997; Sinuany-Stern et al. 1994), ou gastos em pesquisa de gastos em educação (Beasley, 1990), outros não o fazem.

A união de recursos pode causar alterações na eficiência dos departamentos como notado por Sinuany-Stern (Sinuany-Stern et al, 1994). Da mesma forma a separação dos resultados em seus componentes básicos, também causaria tais mudanças.

Um fato resultante da não discriminação entre os componentes básicos dos recursos, é a aparente ineficiência nas áreas que envolvem custos elevados no ensino, devido a aulas práticas, envolvendo gastos em materiais e equipamentos, além dos custos comuns a outras áreas. Desta forma, torna-se interessante, uma máxima discriminação dos recursos.

Quanto aos resultados, os mesmos problemas quanto à separação (ou união) de componentes básicos ocorre. De maneira geral, todos os trabalhos se utilizam de indicadores que refletem as áreas de ensino e pesquisa.

Enquanto a área de pesquisa conta com indicadores como número de publicações, número de alunos na pós-graduação (realizando pesquisa) e número de bolsas ou auxílios à pesquisa (por agências de fomento, etc), a área de ensino conta com indicadores como número de graduados ou número de pós graduados na área de ensino.

Outros trabalhos atentam também para a qualidade do ensino ou da pesquisa, utilizando-se de indicadores como avaliações realizadas por outros órgãos (Beasley, 1990; Lopes, 1998).

Lopes(Lopes, 1998) e Bandeira (Bandeira, 2001), também se utilizam de indicadores específicos da produtividade em extensão.

É importante ressaltar que muitos dos indicadores, estão sujeitos a variações em função do tempo, como por exemplo, os números de publicações ou de pós graduados. Desta forma, é interessante utilizar uma média dos indicadores em função do tempo.

Outro fator que deve ser levado em conta, é que muitos departamentos não apenas estão envolvidos com o ensino para formação de graduados pelo departamento, como também estão envolvidos com ensino de disciplinas referentes a cursos ministrados por outros departamentos. Desta forma, indicadores que levem em conta tal problema (como número total de créditos ou número total de disciplinas ministradas), são fundamentais para não prejudicar departamentos de áreas básicas como matemática, física, química etc (Arcelus e Coleman, 1997; Sinuany-Stern et al, 1994; Lopes, 1998).

3.2.2.3 Departamentos e Áreas

Um problema já referido na seção que descreve os indicadores, diz respeito ao fato de que muitas vezes certos indicadores apesar de aparentemente serem comuns a todos os departamentos, podem ocultar diferenças relativas à área de atuação dos departamentos. Como exemplo, os recursos referentes a gastos com ensinios nas áreas de ciências da saúde, ciências biológicas, engenharias etc, incluem despesas extras referentes a equipamentos de laboratórios de ensino. Uma maneira de eliminar este

problema é a decomposição dos indicadores, em seus componentes básicos. No entanto a decomposição dos indicadores nem sempre é possível.

Outra maneira de não desconsiderar estas diferenças, é a separação dos departamentos a serem comparados, de acordo com suas semelhanças (ou áreas). Este procedimento foi utilizado de maneira explícita por Beasley, que comparou em separado, departamentos de física e química de diferentes universidades. Outro trabalho que se utilizou de uma separação por afinidades, foi Sinuany-Stern.(Sinuany-Stern et al, 1994. Em seu trabalho, além de comparar todos os departamentos entre si, ele comparou os departamentos, separados pelas escolas a que pertenciam.

Em geral os departamentos de uma mesma área, apresentam uma maior afinidade. No entanto, não devemos desconsiderar o fato de que certos departamentos agrupados em uma mesma área podem não ter afinidade quanto a seus gastos. Um exemplo, seriam os departamentos de matemática e engenharia, que apesar de estarem agrupados na área de ciência exatas, não apresentam os mesmos gastos referentes a laboratórios de ensino.

3.2.2.4 Restrições

O uso de restrições proposto por Beasley, é de grande interesse, já que permite pré estipular uma relação de importância entre seus indicadores. Assim, pode-se estipular uma ordem de importância para certos indicadores, permitindo no entanto, que a AED continue a obter o peso ótimo, dentro dos limites estipulados.

Outro uso interessante destas restrições, é na diferenciação entre indicadores relacionados que podem receber apenas valores de 0 ou 1, sendo que para cada departamento apenas um dos indicadores recebe 1, enquanto os outros recebem 0. Um exemplo, é o uso por Beasley, dos indicadores (resultados) de qualidade.

3.2.2.5 Agrupamento de Indicadores

Os indicadores descritos nos trabalhos mencionados, se referem em sua maioria, a indicadores de ensino, pesquisa, extensão e qualidade. No entanto, na maioria dos trabalhos, todos os indicadores eram utilizados em um mesmo modelo de AED. Desta forma, a única maneira de analisar a influência destes diferentes indicadores na eficiência dos departamentos, era através da análise dos pesos ótimos, atribuídos pela AED aos diferentes indicadores, para cada departamento (Beasley, 1990).

No entanto, Lopes (Lopes, 1998) em seu trabalho, resolveu este problema agrupando os indicadores referentes a diferentes áreas (de ensino, pesquisa, extensão e qualidade), e aplicando a AED para cada um destes grupos. Desta forma, ela obteve um escore de eficiência para cada área, que posteriormente foram agrupadas por um agregador, gerando um escore de eficiência global. Isto possibilitou, uma análise mais direta da origem da eficiência global do departamento.

3.2.3 Indissociabilidade do ensino, pesquisa e extensão

Um assunto recorrente nas discussões de docentes e administradores do setor universitário, é referente à indissociabilidade entre os campos de ensino, pesquisa e extensão. Trabalhar na melhoria apenas do ensino, apesar de parecer tentador, pode ser objeto de muitas objeções, pois há uma sinergia entre estas atividades, a qual não é fácil se explicitar.

Por um lado, a função da universidade na implementação de novas tecnologias é fundamental para o estabelecimento estratégico de um país frente ao mercado. Por outro, o desenvolvimento de atividades de extensão, é uma forma não apenas de colocar em prática as atividades desenvolvidas na universidade como também, de retribuir os investimentos provenientes do capital público.

Tanto a pesquisa como a extensão se beneficiam da associação com o ensino. Da mesma forma, o inverso é verdadeiro, pois a assimilação por parte do aluno de uma postura de pesquisador faz com que ele se preocupe em melhor entender o conhecimento de sala de aula e até mesmo partir para a vida acadêmica. Isto acontece também devido à participação direta de alunos nas atividades de pesquisa e extensão.

Neste contexto, a UFSCar implantou o programa Atividade Curricular de Integração de Ensino, Pesquisa e Extensão – ACIEPE, cujos objetivos, entre outros, são:

- fortalecer a indissociabilidade entre as atividades essenciais da universidade, ensino, pesquisa e extensão;

- intensificar o contato da universidade com a sociedade, contribuindo para o cumprimento do compromisso social;
- contribuir para a melhoria da qualidade dos cursos de graduação , pós-graduação e das atividades de pesquisa e extensão;
- propiciar a descoberta de novos objetos de investigação em contextos externos ao meio acadêmico; e
- favorecer o desenvolvimento de uma atitude tanto questionadora como pró-ativa diante dos desafios e limites impostos pela realidade social.

O procedimento utilizado nesta pesquisa considera tanto a utilização simultânea de indicadores de ensino, pesquisa e extensão, bem como separadamente, como poderá ser observado nos próximos capítulos. Deve ficar claro, entretanto, que o procedimento aqui utilizado, o qual gera um conjunto de propostas que até poderiam ser aplicadas diretamente, deveria, na verdade, ser visto como uma alternativa a mais para enriquecer o processo de tomada de decisão, ou um planejamento estratégico, em uma universidade.

4 Modelo de Análise de Envoltória de Dados para a UFSCar

4.1 Introdução

A Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), foi criada em 1968, e é a única universidade federal localizada no interior do Estado de São Paulo. Suas atividades estão divididas em dois campus, São Carlos e Araras.

No campus de São Carlos, estão concentrados 26 dos 27 cursos de graduação, 27 dos 30 departamentos e todos os programas de pós-graduação, pertencentes a três centros acadêmicos: de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET) e de Educação e Ciências Humanas (CECH). Já em Araras está instalado o Centro de Ciências Agrárias (CCA), formado por três departamentos responsáveis pelo curso de Engenharia Agrônômica.

Atualmente, estudam na UFSCar cerca de 7.300 alunos, sendo 5.700 na graduação e 1.600 na pós-graduação. A Universidade oferece 27 cursos de graduação e 32 opções de pós-graduação (18 cursos de mestrado e 14 de doutorado).

A seguir serão apresentados os principais pontos a serem levados em conta na determinação: dos indicadores que foram utilizados; do modelo de AED que foi aplicado; dos departamentos que foram comparados; e do agrupamento

de indicadores que foi realizado para a obtenção de escores de eficiência separadamente.

4.2 Indicadores

Os dados para a determinação dos indicadores, recursos e resultados, a serem utilizados, foram cedidos pela Secretaria Geral de Planejamento – SPLan, Biblioteca Comunitária- BCo, Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa-ProPGP e Pró-reitoria de Extensão-ProEx da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.

Os indicadores deste estudo foram, em sua maioria, calculados com base nos dados referentes ao ano de 2001. Somente os indicadores de Pesquisa são referentes ao ano de 1999.

Os valores de todos os indicadores para cada um dos departamentos podem ser visualizados no Anexo 1.

Visando utilizar ao máximo a capacidade da AED, em lidar com grande número de indicadores ao mesmo tempo, uma pré-seleção de indicadores foi realizada em conjunto com os dirigentes das diferentes áreas de atuação da universidade (ensino, pesquisa e extensão) de forma a obtermos um conjunto de indicadores representativos destas atividades. Uma regra básica na aplicação da AED, diz respeito ao número de indicadores em relação ao número de UTD's sendo avaliadas. Esta regra, baseada em programação matemática, restringe o número dos dois tipos de indicadores de no máximo um terço do total de UTD's sendo analisadas (Arcelus e Coleman, 1997), como feito em quatro dos trabalhos descritos anteriormente (Arcelus e Coleman, 1997; Sinuany-Stern et

al. 1994 e Beasley, 1990; Bandeira, 2001). Esta regra visa assegurar que as medidas de eficiência sejam significativas, no entanto, esta regra nem sempre é aplicada (Sinuany-Stern et al. 1994; Lopes, 1998).

Considerando os trabalhos de Lopes, 1998 e Bandeira, 2001, foi estabelecidos um conjunto de indicadores, cujas descrições são expostas abaixo.

4.2.1- Indicadores de Recursos

Idealmente, deveriam ser considerados indicadores de recursos utilizados nas atividades acadêmicas, tais como: bens de capital (espaço físico, bibliotecas, computadores, etc), bens de consumo (energia, papel, etc), funcionários e mesmo recursos financeiros. Entretanto, considerando as dificuldades em se ter dados disponíveis e confiáveis a respeito desses recursos, optou-se por trabalhar com docentes com dedicação exclusiva assim como seu índice de titulação. O número de docentes vinculados aos departamentos representa a maior parte dos recursos necessários para a produção do conhecimento (Lopes, 1998). A titulação destes docentes também deve ser levada em conta, pois a experiência obtida pela maior titulação pode ser responsável por um aumento de produção. Portanto, para a análise de eficiência acadêmica dos departamentos, foram utilizados como indicadores de recursos, o número de docentes em tempo exclusivo (DTE) e o índice de titulação dos docentes (IndTitDoc).

➤ Número de docentes em tempo exclusivo – “**DTE**”.

O número de docentes em tempo exclusivo foi calculado somando-se o número de docentes com regime de trabalho de dedicação exclusiva (40h) à metade do número de docentes com dedicação parcial (20h).

Exemplo: O DECiv tem 29 docentes tempo exclusivo e 3 docente com dedicação parcial. O DTE nesse caso é calculado da seguinte maneira: $29 + 1/2 \times 3 = 30,50$.

➤ Índice de titulação do corpo docente – “**IndTitDoc**”.

Este índice corresponde a uma somatória dos diferentes docentes multiplicados por pesos específicos para suas categorias, dividido pelo número de docentes total. Os pesos são 1, 2, 3 e 5 para graduados, especialistas, mestres e doutores, respectivamente. O índice de titulação foi, então calculado da seguinte maneira:

$$IndTitDoc = (1 \times \text{graduados}_i + 2 \times \text{especialistas}_i + 3 \times \text{mestres}_i + 5 \times \text{doutores}_i) / \text{total de docentes}_i$$

4.2.2- Indicadores de Resultados

Os indicadores de resultados foram separados pelas diferentes áreas a que se relacionam, ensino, pesquisa, extensão.

Tendo em vista os objetivos deste trabalho, expõe-se a seguir, o conjunto de indicadores das diferentes áreas para uso neste estudo de AED, discutindo os aspectos pertinentes à sua utilização.

4.2.2.1- Indicadores de Produtividade de Ensino (2)

➤ Volume de trabalho em Graduação – “**VolTrab**”.

Este valor corresponde à soma dos produtos entre o número de créditos estimados e o número de alunos efetivos para cada disciplina ministradas pelo departamento, onde o número de alunos efetivos corresponde a todos os alunos inscritos na disciplina, exceto os reprovados por falta de presença.

➤ Número de equivalentes diplomados pelo departamento nos cursos de graduação – “**Graduados**”.

Este valor representa o número de formados cuja formação se deve aos créditos ministrados por um determinado departamento. Desta forma, a porcentagem de créditos ministrados por um departamento para um determinado curso, equivale à porcentagem de alunos formados neste curso que devem ser atribuídos a este departamento.

Exemplo: Se o departamento x lecionava 200 horas-aula para um curso de graduação y que continha em seu currículo 2000 horas, esse departamento x era considerado como responsável na formação de 10% dos egressos do curso y. Dessa maneira, seria alocado para o departamento x 10% dos egressos do curso y.

4.2.2.2- Indicadores de Produtividade de Pesquisa (2)

➤ Produção Intelectual – “**ProdIntel**”.

Corresponde à soma balanceada da produção em pesquisa dos departamentos.

Os pesos seguem o seguinte esquema :

- Número de livros publicados por professores do departamento – **Peso 20**.
- Números de artigos publicados em periódico ou anais de congressos científicos nacionais ou internacionais e capítulos de livro – **Peso 10**.

- Número de resumos publicados em anais de congressos científicos nacionais ou internacionais – **Peso 5**.
- Número equivalente de dissertações e teses de mestrado e doutorado defendidas no período – “**PosGrad**”.

Este indicador corresponde à soma balanceada do número de dissertações e teses cuja realização se devem aos créditos ministrados por um determinado departamento. Desta forma, a porcentagem de créditos ministrados por um departamento para um determinado curso de mestrado ou doutorado, equivale à porcentagem de alunos formados nestes curso que devem ser atribuídos a este departamento. Esse cálculo foi feito da mesma maneira que o número de equivalentes graduados. Os pesos atribuídos às dissertações e teses foram 1 e 3, respectivamente.

4.2.2.3- Indicadores de Produtividade de Extensão (3)

- Número de consultorias e assessorias prestadas – “**ConsAss**”.
- Número de cursos extensão ministrados – “**CursExt**”.
- Projetos de pesquisa e extensão, convênios–“ **ProConv**”.

4.3 Modelo de AED Utilizado

Tendo em vista os trabalhos discutidos e o problema proposto, o modelo CCR (Figura 2.7) de AED, assumindo retorno constante à escala (CRS – Constant Returns to Scale), com orientação a *outputs* (resultados), foi utilizado. Alternativamente, o modelo BCC (Figura 2.9) de AED, que assume retorno variável à escala (VRS – Variable Returns to Scale), com orientação a *outputs*

foi utilizado para avaliar a conclusão de Arcelus et al. (Arcelus e Coleman, 1997), de que a influência do fenômeno de retorno variável à escala teria uma participação adicional nos escores de eficiência de departamentos acadêmicos.

4.3.1 *Software* utilizado : “Efficiency Measurement System”-EMS

Dado sua disponibilidade para o setor acadêmico, foi utilizado o *software* EMS (*Efficiency Measuring System*). Este *software* foi desenvolvido pelo Prof. Holger Scheel's da “Operations Research und Wirtschaftsinformatik” (Universität Dortmund, D-44221, Dortmund, Germany). O endereço eletrônico para contato com o autor, bem como a página para aquisição do *software* pode ser encontrados na Tabela 2.8.

O número de UTD que este *software* permite acessar depende da memória disponível e do número de recursos e resultados. O tempo de cálculo, também depende destes fatores, além da velocidade do processador. Para um computador Pentium de 133 MHz, são gastos 4 segundos para computar um problema com 49 UTDs, 5 recursos e 3 resultados. Se forem 400 UTDs, 5 recursos e 18 resultados, são gastos 400 segundos para o cálculo.

Este *software* aceita a entrada dos dados em um arquivo *ASCII* (texto) ou *Excel*, contendo os níveis de recursos/resultados das unidades avaliadas. Os dados resultantes da AED, podem da mesma forma ser transferidos para o programa *Excel* para análises posteriores.

Neste programa, o código interno para a resolução da Programação Linear (“LP solver”), foi escrito por Csaba Mészáros (BPMPD), e está disponível

gratuitamente no endereço <http://www.sztaki.hu/~meszaros/bpmpd/> (acessado em 15/02/2003), para uso não comercial.

4.4 Abordagens para a Avaliação Cruzada entre Departamentos

Dado o grande número de indicadores e departamentos a serem analisados, propõe-se a seguir uma série de abordagens, de maneira a facilitar esta tarefa.

4.4.1 Classificação Geral

Nesta primeira abordagem, a AED foi aplicada de forma a ser obtido uma classificação geral englobando todos os departamentos e todos os indicadores, resultando em uma única classificação.

4.4.2 Classificação Geral por Tipo de Indicadores

Nesta segunda abordagem, a AED foi aplicada de forma a se obter uma classificação geral por tipo de indicadores englobando todos os departamentos. Portanto, nesta abordagem, a AED foi aplicada três vezes, utilizando em cada uma das vezes um conjunto separado de indicadores (Ensino, Pesquisa e Extensão), resultando em três classificações.

A idéia neste caso, é comparar os departamentos com relação à sua eficiência nas áreas de Ensino, Pesquisa, Extensão, possibilitando dessa forma, uma análise mais detalhada.

4.4.3 Classificação por Áreas

Tendo em vista as diferenças entre os recursos e resultados, inerentes à área de atuação dos diferentes departamentos, seguiu-se o exemplo de Sinuany-Stern *et.al.* (Sinuany-Stern, 1994), com a separação dos departamentos de acordo com as áreas de atuação, de forma a minimizar o problema de comparações entre departamentos com necessidades e resultados dissimiles.

De maneira geral, os departamentos da UFSCar são subdivididos em 4 áreas ou centros, apresentados a seguir :

Centro de Ciências Agrárias - CCA

Sigla	Departamento
DBV	Biotecnologia Vegetal
DRNPA	Recursos Naturais e Proteção Ambiental
DTAiSER	Tecnologia Agroindustrial e Sócio-Economia Rural

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCBS

Sigla	Departamento
DB	Botânica
DCF	Ciências Fisiológicas
DEBE	Ecologia e Biologia Evolutiva
DEFMH	Educação Física e Motricidade Humana
DEnf	Enfermagem
DFisio	Fisioterapia
DGE	Genética e Evolução
DHb	Hidrobiologia
DMP	Morfologia e Patologia
DTO	Terapia Ocupacional

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – CCET

Sigla	Departamento
DC	Computação
DECiv	Engenharia Civil
DEMa	Engenharia de Materiais
DEP	Engenharia de Produção
DEQ	Engenharia Química
DEs	Estatística
DF	Física
DM	Matemática
DQ	Química

Centro de Educação e Ciências Humanas - CECH

Sigla	Departamento
DArtes	Artes
DCI	Ciência da Informação
DCSo	Ciências Sociais
DEd	Educação
DFMC	Filosofia e Metodologia das Ciências
DL	Letras
DeME	Metodologia de Ensino
DP	Psicologia

5 Resultados e Discussão

5.1 Introdução

Para que se possa avaliar a eficiência dos departamentos quanto à sua produtividade nas áreas de ensino, pesquisa e extensão, não basta aplicar a AED e analisar os escores gerados por ela. Para detectar as carências dos departamentos nestas diferentes áreas, é necessário entender como os diferentes indicadores contribuem para a obtenção destes escores. Para isto, deve-se entender a relação entre os indicadores, conhecê-los quanto a sua distribuição entre os diferentes departamentos, para então poder avaliar os resultados obtidos pelas estratégias de AED descritas anteriormente.

Foi feita uma análise descritiva dos indicadores, a qual se encontra no Apêndice 1.

5.2 Análise dos Escores de Eficiência

Com os dados disponíveis coletados, indicadores selecionados, calculados, e separados pelas atividades que representam, o modelo de AED assumindo retorno constante à escala (CCR) e orientação a *outputs* (resultados), foi escolhido para geração dos escores de eficiência utilizando para isto, o *software* EMS (*Efficiency Measuring System*). A orientação a *outputs* resulta em um escore cujo valor deve ser interpretado como a porcentagem de incremento equiproporcional que deve ser aplicado aos resultados de forma a tornar o departamento eficiente (em conjunto com eventuais *slacks*). Desta

forma, os departamentos com escore igual a 100% são eficientes enquanto que esta proporção sobe com a ineficiência dos departamentos.

5.2.1 Classificação Geral e por Tipo de Indicadores

Utilizando todos os dados da tabela encontrada no Anexo 1, a AED foi aplicada de forma a se obter uma classificação geral englobando todos os departamentos e todos os indicadores, resultando em uma única classificação (Tabela 5.1 e Figura 5.1).

A AED foi então aplicada novamente utilizando em cada uma das vezes um conjunto separado de indicadores (Ensino, Pesquisa e Extensão), resultando em três classificações gerais por tipo de indicadores (Tabela 5.1 e Figuras 5.2 a 5.4).

Com esta separação, é possível comparar os departamentos com relação à sua eficiência nas áreas de ensino, pesquisa e extensão, possibilitando desta forma, a detecção de carências específicas dos diferentes departamentos. Um panorama claro das diferentes classificações obtidas aplicando-se a AED, com diferentes conjuntos de indicadores, pode ser visto nas Tabelas de escores e classificações (Tabela 5.1 e 5.2), nas distribuições de eficiência para os departamentos (Figuras 5.1 a 5.4).

Tabela 5.1. Classificação de eficiência geral e por tipo de indicadores. Os centros estão destacados. O * representa a ausência de produção.

Departamento	Geral	Ensino	Pesquisa	Extensão
DBV	100,00%	287,59%	222,22%	100,00%
DRNPA	100,00%	236,06%	750,00%	108,06%
DTAiSER	157,42%	406,02%	1444,44%	157,42%
DB	100,00%	125,74%	100,00%	187,50%
DCF	131,10%	201,57%	137,44%	*
DEBE	194,20%	234,26%	310,13%	565,96%
DEFMH	117,45%	156,73%	180,56%	127,23%
DEnf	185,60%	323,59%	253,62%	205,20%
DFisio	174,23%	241,57%	520,14%	275,71%
DGE	126,58%	154,18%	127,85%	*
DHb	100,00%	341,29%	120,34%	100,00%
DMP	190,43%	245,38%	236,11%	2153,33%
DTO	100,00%	293,63%	215,28%	100,00%
DC	107,99%	117,18%	416,92%	567,34%
DECiv	100,00%	170,39%	337,41%	100,00%
DEMa	100,00%	158,40%	100,00%	241,43%
DEP	100,00%	165,12%	100,00%	100,00%
DEQ	129,78%	207,86%	188,77%	306,53%
DEs	136,50%	205,41%	164,10%	494,18%
DF	100,00%	135,69%	138,91%	1210,91%
DM	100,00%	100,00%	402,22%	385,71%
DQ	100,00%	152,43%	109,85%	473,75%
DArtes	100,00%	107,30%	*	100,00%
DCI	100,00%	112,93%	313,73%	158,79%
DCSo	112,68%	123,94%	445,31%	365,29%
DEd	100,00%	107,44%	100,00%	337,50%
DFMC	119,73%	120,35%	3217,73%	*
DL	100,00%	100,00%	170,21%	100,00%
DeME	100,00%	112,42%	170,30%	265,61%
DP	100,00%	100,00%	424,24%	124,55%

Conforme já registrado, há UTD's que por não darem a informação disponível podem ter um resultado na Tabela 5.5 que é muito acima dos demais valores observados. Outra possibilidade é de a UTD de fato não ter a produção correspondente.

Na Tabela 5.2, passamos a analisar cada situação caracterizada em cada coluna desta Tabela 5.1

Tabela 5.2. Análise descritiva dos escores da AED, geral e por grupo de indicadores.

Indicadores	Média	Desvio Padrão	Mediana	Coefficiente de Variação
Geral	119,46%	30,31%	100,00%	25,37%
Ensino	184,82%	81,93%	157,57%	44,33%
Pesquisa	487,85%	787,83%	218,75%	161,49%
Extensão	529,06%	686,39%	253,52%	129,74%

Esta tabela será considerada na discussão de cada um dos escores de eficiência descritos a seguir.

1) Escore de Eficiência Geral (considerando todos os indicadores)

Um total de 17 departamentos (56,6%) foram considerados eficientes, conforme pode ser visto nas Tabela 5.1 e Figura 5.1. Pode-se notar que os departamentos ineficientes se concentram principalmente no CCBS, sendo que de dez departamentos, somente três foram eficientes. Já os demais centros obtiveram mais departamentos eficientes; CCA (de três, dois departamentos foram eficientes), CCET (de oito, seis foram eficientes) e CECH (de nove, seis foram eficientes). É interessante notar que na média (Tabela 5.2), o escore de eficiência geral foi de 119,46% o que corresponde a um *déficit* médio de produção de 19,46%.

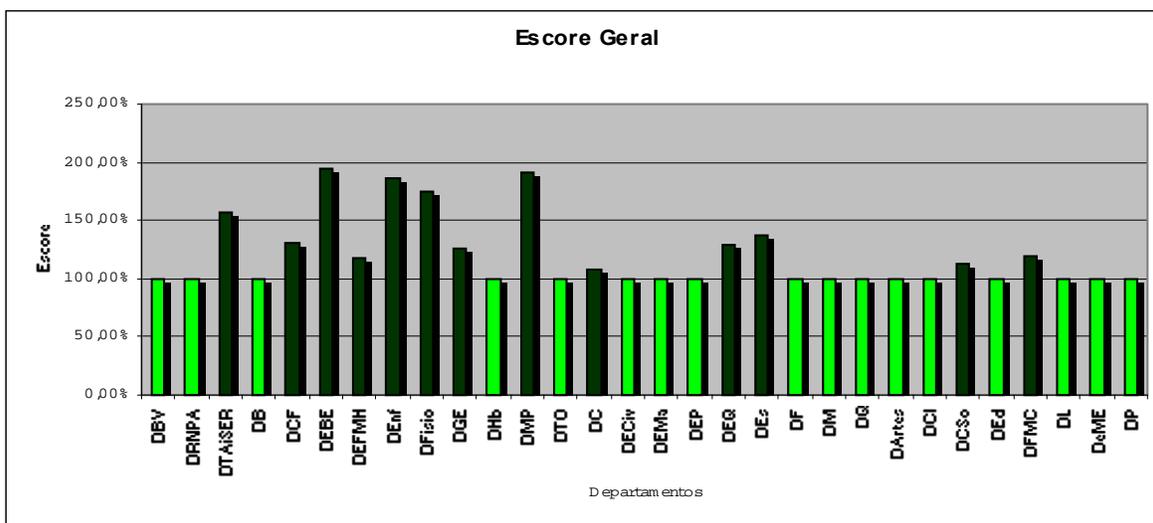


Figura 5.1. Distribuição por departamento do escore de eficiência geral.

Nesta figura, os departamentos eficientes estão representados em verde claro.

2) Ensino

De maneira geral, pode-se notar pela análise descritiva dos escores que a eficiência de ensino foi a mais homogênea entre os departamentos, indicado pelo menor coeficiente de variação (Tabela 5.2). O mesmo se pode notar na distribuição dos escores de eficiência (Figura 5.2).

Pode-se notar, que na média, o escore de eficiência (Tabela 5.2) utilizando somente os indicadores de ensino como resultados, é 184, 82%, correspondendo a um *déficits* de aproximadamente 85%.

Para essa escolha de indicadores, apenas três departamentos foram considerados eficientes, o de Matemática, o de Letras e o de Psicologia. Isto pode ser visto na Tabela 5.1 e Figura 5.2. Observando-se na mesma tabela, nota-se que os departamentos eficientes em ensino, DM, DL, DP, também o são na classificação geral.

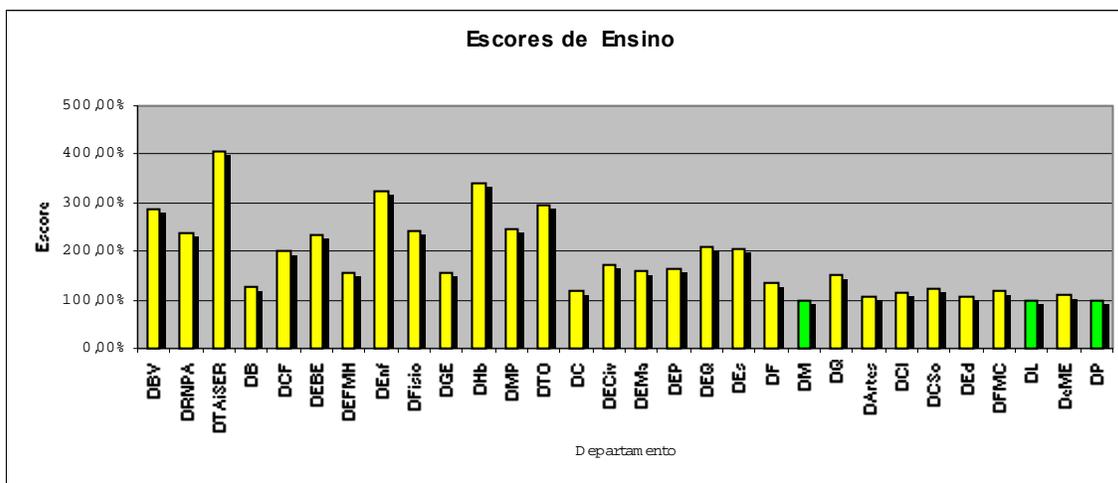


Figura 5.2. Distribuição por departamento do escore de eficiência em ensino.

Novamente os departamentos eficientes estão representados pela cor verde claro.

3) Pesquisa

Os escores obtidos aplicando a AED com o conjunto de indicadores de pesquisa foram os mais heterogêneos, apresentando um coeficiente de variação de 157% (Tabela 5.2). A média, apresentada nessa mesma tabela, do escore de eficiência neste caso, considerando somente os indicadores de pesquisa, foi bastante alta, aproximadamente 380%.

Observando-se a Tabela 5.1, nota-se que os departamentos eficientes em pesquisa, DB, DEMa, DEP, Ded, também o são na classificação geral.

Apenas o Departamento de Artes não apresentou produção em nenhum dos indicadores de pesquisa (Tabela 5.1).

O escores de eficiência, do grupo de departamentos ineficientes em pesquisa acima de 200%, em geral, pode ser causado pela inexistência de

programas de pós-graduação, ou simplesmente pela ausência ou baixo número de publicações.

Uma importante observação é que alguns casos de ineficiência pode ser associado, simplesmente, ao fato não estarem disponíveis os dados necessários para a análise.

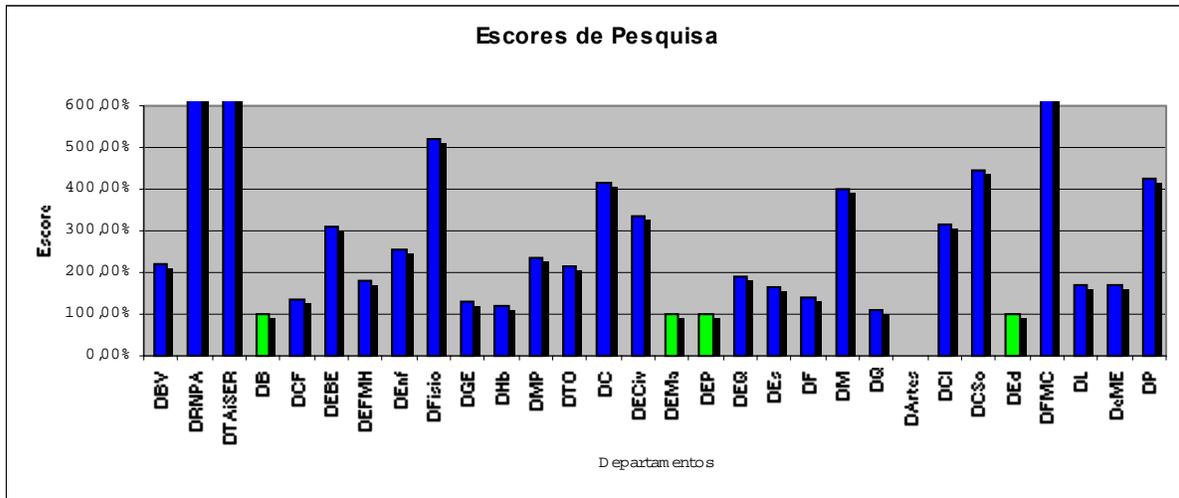


Figura 5.3. Distribuição por departamento do escore de eficiência em pesquisa.

Da mesma maneira que os anteriores, os departamentos eficientes estão representados pela cor verde claro.

4) Extensão

Os escores de eficiência obtidos pelos departamentos com o uso dos indicadores de extensão estão em segundo lugar quanto ao seu coeficiente de variação, igual a 134 % (Tabela 5.2).

Também nesta classificação, (Tabela 5.1) os sete departamentos eficientes em extensão, DBV, DHb, DTO, DECiv, DEP, DArtes, DL, também o são na classificação geral.

O Departamento de Biotecnologia Vegetal – DBV possui atividades relacionadas aos três indicadores de extensão, tendo um número muito elevado de projetos e convênios (ProConv) que corresponde ao máximo deste indicador. O Departamento de Hidrobiologia – DHb obteve este escore pelo alto número de consultorias (ConsAss). Os Departamentos de Terapia Ocupacional – DTO, Engenharia Civil e de Produção (DECiv e DEP), possuem atividades relacionadas aos três indicadores de extensão, tendo um número elevado nos três. O Departamento de Letra – DL apresenta um número elevado de cursos de extensão (CursExt), assim como o Departamento de Artes – Dartes.

Os Departamentos de Genética – DGE, de Ciências Fisiológicas – DCF, de Filosofia e Metodologia em Ciências – DFMC foram totalmente ineficientes (nos dados e contextos considerados) por não apresentarem produção alguma em extensão.

Os Departamentos de Morfologia e Patologia –DMP, e de Física – DF se mostraram destacadamente ineficientes pois apresentaram apenas uma atividade de extensão, ProConv e CursExt, respectivamente.

Além destes últimos, outros onze departamentos se mostraram com eficiência bem aquém dos outros (escore acima de 200%), requerendo atenção especial neste setor.

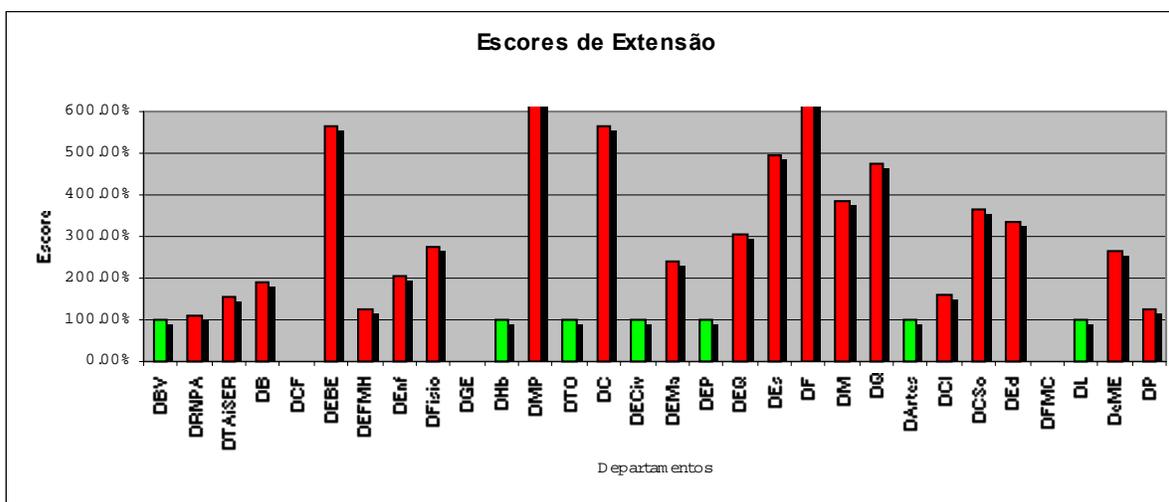


Figura 5.4. Distribuição por departamento do escore de eficiência em extensão.

Como nas distribuições de escores anteriores, os departamentos eficientes foram representados pela cor verde claro.

5.2.1.1 Peculiaridades Centro Específicas

Com o intuito de identificar padrões gerais de eficiência (ou ineficiência) de acordo com a área de atuação dos departamentos, obtivemos uma média dos escores de eficiência dos departamentos dos quatro centros da UFSCar, nas quatro análises, relativas à classificação de eficiência geral, em ensino, pesquisa e extensão (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Média dos escores da AED por centro, em função do grupo de indicadores.

Centros \ Indicadores	Geral	Ensino	Pesquisa	Extensão
Média CCA	119,14%	309,89%	805,56%	121,82%
Média CCBS	141,96%	231,79%	220,15%	802,16%
Média CCET	108,25%	156,94%	217,58%	431,09%
Média CECH	104,05%	110,55%	1007,41%	450,63%
Média UFSCar	119,46%	184,82%	487,85%	529,07%

A Tabela 5.3 mostra claramente que os diferentes centros apresentam uma diferença de até 38% quanto à classificação geral das eficiências de seus

departamentos, sendo que o CCBS, é menos eficiente, enquanto o CECH, é mais eficiente.

Na área de ensino, as diferenças são mais evidentes, com o Centro de Ciências Humanas – CECH se mostrando mais eficiente, enquanto o CCA é menos eficiente (Tabela 5.3). Portanto o CCA aproximadamente, teria um potencial ocioso três vezes maior do que o atual, considerando exclusivamente os indicadores de ensino.

Na área de pesquisa o quadro é diferente, tanto o CCA quanto o CECH se mostram menos eficientes em relação ao CCET e o CCBS (Tabela 5.3). Nota-se que todos os centros têm um potencial de no mínimo o dobro do atual, considerando exclusivamente os indicadores de pesquisa.

Na área de extensão o quadro se reverte, com o CCA se mostrando o mais eficiente seguido pelo CECH, e então pelo CCBS, com o CCET apresentando uma eficiência consideravelmente menor, com um potencial de aumento de produção quatro vezes maior, considerando exclusivamente os indicadores de extensão (Tabela 5.3).

Estas diferenças entre os centros, quanto às áreas de atuação, refletem um problema de cunho qualitativo. Departamentos de diferentes áreas podem apresentar menor produção, não devido a uma real ineficiência, mas devido a características inerentes de sua área. Por exemplo, cursos da área de humanas e ciências da saúde, tem suas atividades voltadas à área de extensão (com eventos culturais e serviços à comunidade por exemplo), enquanto os departamentos da área de exatas ou biológicas se voltam à pesquisa. Em

contrapartida, departamentos da área de humanas, têm menos demanda na pesquisa, apresentando maior eficiência em ensino e extensão.

Estas diferenças, impedem que as classificações gerais sejam utilizadas sem analisar mais profundamente as relações causais. Da mesma forma, as classificações obtidas aqui, são geradas em função de restrições de pesos ideais adotados por todos os departamentos sendo analisados. Assim, para se obter uma classificação de um centro específico mais realista, a AED deve ser aplicada em separado para cada um dos centros.

A seguir serão mostradas como estas análises podem ajudar na tomada de decisões ao nível administrativo dos centros.

5.2.2 Classificação por Áreas

Uma característica inerente ao método de AED é que ele gera uma medida relativa de eficiência, isto é, o escore de eficiência é calculado frente aos indicadores utilizados e também, frente aos departamentos estudados. Da mesma forma que a classificação pode se alterar com o uso de diferentes conjuntos de indicadores, ao aplicar a AED a diferentes grupos de departamentos, a classificação também pode ser alterada.

Quando diferentes indicadores são escolhidos para o mesmo grupo de departamentos, diferentes fatores devem ser levados em consideração no cálculo da eficiência. No entanto, quando são mantidos os mesmos indicadores alterando os departamentos sendo analisados, o que ocorre é que para este subconjunto de departamentos, os recursos e resultados podem apresentar uma distribuição diferenciada. Isto pode ser notado nas Tabelas 1 a 4 (Apêndice 1),

onde se vêem as diferenças gerais na média dos indicadores de acordo com a área a que pertencem.

A explicação matemática das mudanças de classificação, é que diferentes conjuntos de departamentos, impõem restrições diferentes no cálculo dos pesos ideais permitidos.

Os departamentos da UFSCar são divididos em centros que refletem as áreas de atuação dos departamentos. Mais do que isto, estes centros têm uma função organizacional administrativa.

Apesar da classificação geral fornecer uma visão de todos os departamentos frente a todos os indicadores, a eficiência dos departamentos é resultado das restrições impostas não apenas pelos departamentos do centro em questão, mas por todos os departamentos. Desta forma, dado o problema de comparações entre departamentos com necessidades e resultados distintos, a separação dos departamentos de acordo com as áreas de atuação possibilita uma melhor avaliação para os departamentos de uma mesma área, fornecendo uma ferramenta mais interessante para a tomada de decisões dentro de um centro administrativo.

Quando a análise é feita por áreas, há uma possibilidade maior de se trabalhar com grupos de departamentos que tenham especificidades em comum, as quais podem ser diferentes de outras áreas.

A Tabela 5.4. mostra como os escores calculados pela AED mudam com a análise restrita aos departamentos do centro em questão, os departamentos que não aparecem na tabela, foram eficientes.

Tabela 5.4. Comparação dos escores obtidos para os departamentos ineficientes na análise por centros.

Departamento	Escore por Centros	Escore Geral
CCBS		
DEBE	134,66%	194,20%
DMP	156,08%	190,43%
CCET		
DEQ	102,24%	129,78%
DEs	108,10%	136,50%
CECH		
DCSo	105,38%	112,68%
DFMC	119,73%	119,73%

No caso do CCA, o DTAISER era o único departamento ineficiente na classificação geral dos departamentos. Quando a análise foi aplicada novamente, somente para os três departamentos do centro, ele passou também a ser eficiente. Isto ocorreu porque na análise geral, os outros departamentos apresentavam alta produção em indicadores em que o DTAISER apresentava uma alta produção frente aos outros departamentos do CCA. Desta forma, os pesos atribuídos a estes indicadores, eram baixos, prejudicando este departamento em particular. Com a mudança de restrições na nova análise, este departamento pôde se beneficiar destes indicadores no cálculo de sua eficiência.

Da mesma forma, para o CCBS, CCET e CECH, vários departamentos tornaram-se eficientes. Por outro lado, alguns departamentos mantêm-se ineficientes mesmo quando comparados com seus companheiros de centro. Estes departamentos DEBE e DMP (no CCBS), DEQ e Des (no CCET) e DCSo e DFMC (no CECH), seriam os primeiros candidatos a uma análise mais detalhada. No entanto, deve-se ter em mente que estes resultados são frutos de

dados que podem não refletir a realidade, já que em certos casos, os dados estão ausentes não por falta de produção, mas por falta de atualização de determinados indicadores pelos departamentos.

Estas grandes mudanças de eficiência, ressaltam o caráter relativo dos escores de eficiência gerados pela análise envoltória de dados, tornando claro que a tomada de decisões deve levar em conta a área de atuação dos departamentos.

5.3 Avaliação do Retorno de Escala na Eficiência

Os cálculos de eficiência apresentados até agora, foram obtidos com o modelo CCR, assumindo-se um retorno constante à escala (CRS). No entanto, podemos obter um escore de eficiência utilizando-se o modelo BCC, que assume retorno variável à escala (VRS). Comparando-se estes escores, pode-se visualizar qual a influência do componente escala.

Ao comparar tais escores, fica evidente que a influência da escala é mínima na produção combinada de resultados em ensino, pesquisa ou extensão, pelos departamentos acadêmicos da UFSCar (Figura 5.5). O único departamento que foi considerado eficiente considerando a escala, foi o DFMC.

Os resultados obtidos aqui corroboram a observação de Arcelus e Coleman para os departamentos da universidade de Brunswick (Arcelus e Coleman, 1997).

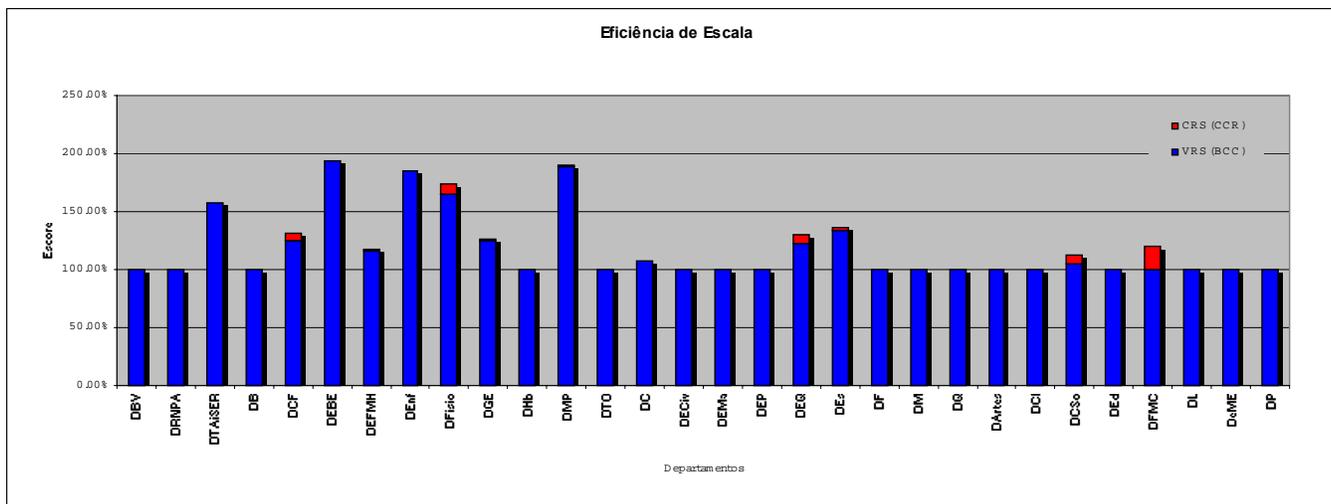


Figura 5.5. Participação do fenômeno de retorno variável de escala no escore de eficiência dos departamentos acadêmicos.

Adicionalmente, dos casos analisados na seção 3.2.2, observa-se que dos cinco trabalhos descritos, quatro utilizaram o modelo CCR, enquanto somente dois utilizaram o modelo BCC.

5.4 Metas de Eficiência

Como dito anteriormente, a AED não se presta somente à classificação de UTDs. Ela permite estabelecer metas factíveis (baseadas em resultados de outras UTDs), de forma a auxiliar na tomada de decisões.

Se um determinado departamento ineficiente ($\lambda > 1$) obtém um escore de eficiência igual a λ (por ex. $\lambda = 120\%$ ou 1,2), isto significa dizer que grosseiramente, este departamento poderia ter um aumento de 20% em todos seus indicadores de resultados. Ou seja, bastaria multiplicar qualquer um dos indicadores de resultados por 1,2 para saber para quanto ele deveria aumentar. No entanto, no cálculo das metas pela AED, além deste incremento equiporcional, o departamento pode necessitar um acréscimo específico em

determinados resultados. Estes acréscimos recebem o nome de *slacks*, e devem ser somados aos seus respectivos resultados já corrigidos pelo fator de eficiência, ou seja, multiplicados por λ . Estes *slacks* correspondem ao s_p do modelo CCR básico.

Com este procedimento, se estabelecem as metas de produção a serem perseguidas pelos departamentos ineficientes (Tabela 5.5).

Resumindo, os valores atuais dos indicadores para cada UTD, deve ser multiplicado pelo respectivo escore de eficiência (Tabela 5.6). Adicionalmente, como já explicado, deve-se somar os acréscimos (*slacks*) específicos, aos valores corrigidos dos indicadores de todas as UTDs. Assim, na Tabela 5.7 estão os acréscimos que devem ser considerados para cada indicador de cada UTD.

Tabela 5.5. Metas para os indicadores..

Departamento	VolTrab	Graduados	ProdIntel	PosGrad	ConsAss	CursExt	ProConv
DTAISER	5109,05	17,80	123,09	17,26	4,72	4,72	3,15
DCF	4745,77	17,73	255,64	23,95	1,62	2,17	1,68
DEBE	7302,05	28,21	51,83	30,70	1,94	3,24	1,94
DEFMH	10316,95	32,78	281,87	1,77	0,51	8,22	4,70
DEnf	10382,68	35,05	426,89	9,25	1,89	7,42	11,14
DFisio	10077,61	40,25	158,01	18,47	3,48	3,88	6,97
DGE	5541,42	21,93	120,25	37,62	1,09	1,04	0,19
DHb	3226,00	10,03	30,00	44,64	8,00	1,00	0,00
DMP	5899,43	20,96	228,51	15,75	1,00	3,71	1,90
DC	20744,94	60,84	235,03	19,44	1,08	2,94	2,16
DEQ	12843,01	44,69	624,18	49,32	2,19	5,19	3,31
DEs	10201,58	32,19	443,61	11,19	1,94	7,75	4,80
DCSo	12511,94	41,04	239,44	14,54	1,13	8,91	2,11
DFMC	5476,58	17,57	114,12	1,20	0,02	4,36	0,96

Uma interpretação da coluna VolTrab seria que cada UTD poderia aumentar, quando for o caso, o valor que possuía para este indicador na Tabela

5.6, para o valor da meta na posição correspondente da Tabela 5.5. As outras colunas podem ser interpretadas de forma análoga.

Tabela 5.6. Escores e valores atuais dos indicadores para os departamentos ineficientes.

Departamento	Escore	VolTrab	Graduados	ProdIntel	PosGrad	ConsAss	CursExt	ProConv
DTAiSER	1.57	2908	9.491	30	0	3	3	2
DCF	1.31	3620	13.337	195	18.27	0	0	0
DEBE	1.94	3760	14.526	0	15.81	1	0	1
DEFMH	1.17	7012	26.667	240	1.47	0	7	4
DEnf	1.86	4196	18.885	230	0	1	4	6
DFisio	1.74	5784	23.099	0	10.6	2	2	4
DGE	1.27	4224	17.329	95	29.72	0	0	0
DMP	1.90	3098	10.460	120	0	0	0	1
DC	1.08	19210	55.590	50	18	1	2	2
DEQ	1.30	9896	30.116	50	38	0	4	1
DEs	1.36	6420	23.582	325	7	1	1	2
DCSo	1.13	11104	30.214	50	12.9	1	2	1
DFMC	1.20	4574	13.441	0	1	0	0	0

Analisando estas tabelas, nota-se que para o número de graduados (e também volume de trabalho – VolTrab), surge a dificuldade de implementação para atingir a meta, já que o departamento em geral não é diretamente responsável por um determinado curso, mas por disciplinas de cursos diversos. Desta forma, aumentar o número de graduados requer um esforço associado a outros departamentos, com inclusão de vagas, turmas, disciplinas ou cursos novos.

Por outro lado, os indicadores de pesquisa, e principalmente extensão, são frutos (quase que exclusivos) dos departamentos, e aumentos de produção nestes indicadores são mais independentes da estrutura universitária (cursos, disciplinas, etc).

Ao expormos os acréscimos específicos (*slacks*) de todos os departamentos ineficientes, obtidos na classificação geral utilizando o modelo

CCR de AED (Tabela 5.7), podemos ter uma idéia das deficiências específicas dos departamentos em relação aos indicadores de resultados. Na Tabela 5.7, os *slacks* estão apresentados em valores absolutos

Tabela 5.7. Tabela de “slacks” dos indicadores dos departamentos ineficientes.

Departamento	VolTrab	Graduados	ProdIntel	PosGrad	ConsAss	CursExt	ProConv
DTAiSER	531.35	2.86	75.87	17.26	0.00	0.00	0.00
DCF	0.00	0.24	0.00	0.00	1.62	2.17	1.68
DEBE	0.00	0.00	51.83	0.00	0.00	3.24	0.00
DEFMH	2081.66	1.46	0.00	0.04	0.51	0.00	0.00
DEnf	2594.76	0.00	0.00	9.25	0.04	0.00	0.00
DFisio	0.00	0.00	158.01	0.00	0.00	0.39	0.00
DGE	194.88	0.00	0.00	0.00	1.09	1.04	0.19
DMP	0.00	1.04	0.00	15.75	1.00	3.71	0.00
DC	0.00	0.80	181.03	0.00	0.00	0.78	0.00
DEQ	0.00	5.60	559.29	0.00	2.19	0.00	2.01
DEs	1438.49	0.00	0.00	1.63	0.57	6.39	2.07
DCSo	0.00	6.99	183.10	0.00	0.00	6.66	0.98
DFMC	0.00	1.48	114.12	0.00	0.02	4.36	0.96

Apesar dos *slacks* darem uma boa idéia das carências específicas dos vários indicadores de recursos nos diferentes departamentos, eles não incluem a correção equiproporcional oriunda do escore de eficiência calculado para os diferentes departamentos. Na Tabela 5.8, estão indicadas as metas de correção em termos absolutos ou em função dos valores iniciais. As metas de correção correspondem ao valor da meta subtraído do valor inicial, e a porcentagem corresponde à razão desse valor em relação ao valor inicial.

Nas últimas três linhas da Tabela 5.8, Calculando a razão entre a soma de todas as metas de correção da universidade (departamentos ineficientes) para um indicador, em função da soma dos valores iniciais (de todos os departamentos) para este indicador, obtemos um índice de qual indicador apresenta no geral, os maiores *déficits* na universidade. Pode-se notar que os índices de ensino são os que se apresentam menores, enquanto que produção

intelectual (ProdIntel) e cursos de extensão (CursExt) lideram na necessidade de incrementos. Por outro lado, o relativo baixo valor obtido para PosGrad e ProConv indica que estes indicadores necessitam menor atenção.

Este indicador pode ser visto também, como a meta de correção deste recurso para toda a universidade. Desta forma, se todos os departamentos atingissem suas metas, as porcentagem de resultados extras para a universidade para cada um dos indicadores corresponderia a esse valor. Assim, por exemplo, se todos os departamentos da UFSCar fossem eficientes (de acordo com as metas estipuladas), a universidade teria um incremento de cerca de 44% em relação ao número de cursos de extensão (CursExt) ou cerca de 38 novos cursos de extensão por ano.

Tabela 5.8. Metas de Correção em termos absolutos e porcentagens.

Departamento	VoITrab	Graduados	ProdIntel	PosGrad	ConsAss	CursExt	ProConv
DTAISER	2201,05 (75,69%)	8,31 (87,59%)	93,09 (310,30%)	17,26 *	1,72 (57,42%)	1,72 (57,42%)	1,15 (57,42%)
DCF	1125,77 (31,10%)	4,39 (32,93%)	60,64 (31,10%)	5,68 (31,10%)	1,62 *	2,17 *	1,68 *
DEBE	3542,05 (94,20%)	13,68 (94,20%)	51,83 *	14,89 (94,20%)	0,94 (94,20%)	3,24 *	0,94 (94,20%)
DEFMH	3304,95 (47,13%)	6,11 (22,92%)	41,87 (17,45%)	0,30 (20,09%)	0,51 *	1,22 (17,45%)	0,70 (17,45%)
DEnf	6186,68 (147,44%)	16,17 (85,60%)	196,89 (85,60%)	9,25 *	0,89 (89,12%)	3,42 (85,60%)	5,14 (85,60%)
DFisio	4293,61 (74,23%)	17,15 (74,23%)	158,01 *	7,87 (74,23%)	1,48 (74,23%)	1,88 (93,88%)	2,97 (74,23%)
DGE	1317,42 (31,19%)	4,61 (26,58%)	25,25 (26,58%)	7,90 (26,58%)	1,09 *	1,04 *	0,19 *
DMP	2801,43 (90,43%)	10,50 (100,38%)	108,51 (90,43%)	15,75 *	1,00 *	3,71 *	0,90 (90,43%)
DC	1534,94 (7,99%)	5,25 (9,44%)	185,03 (370,06%)	1,44 (7,99%)	0,08 (7,99%)	0,94 (47,19%)	0,16 (7,99%)
DEQ	2947,01 (29,78%)	14,57 (48,38%)	574,18 (1148,37%)	11,32 (29,78%)	2,19 *	1,19 (29,78%)	2,31 (230,93%)
DEs	3781,58 (58,90%)	8,61 (36,50%)	118,61 (36,50%)	4,19 (59,84%)	0,94 (93,93%)	6,75 (675,34%)	2,80 (139,82%)
DCSo	1407,94 (12,68%)	10,82 (35,83%)	189,44 (378,88%)	1,64 (12,68%)	0,13 (12,68%)	6,91 (345,50%)	1,11 (110,94%)
DFMC	902,58 (19,73%)	4,13 (30,75%)	114,12 *	0,20 (19,73%)	0,02 *	4,36 *	0,96 *
Σ Correções	35347,02	124,30	1917,48	97,67	12,62	38,55	21,00
Σ Val. Iniciais UFSCar	257268,00	893,00	6745,00	572,60	59,00	87,00	138,00
% Correção UFSCar	13,74%	13,92%	28,43%	17,06%	21,40%	44,31%	15,22%

Da mesma forma, deveríamos esperar 124 graduados a mais por ano (ou cerca de 14%). Neste caso, este valor poderia ser incrementado de várias formas: redução no número de abandono de cursos, aumento do número de formados (maiores índices de aprovação), aumento do número de alunos por turma, criação de novas turmas, ou criação de novos curso. Estas medidas, da mesma forma resultariam no aumento de volume de trabalho (VoITrab).

É importante notar que os indicadores nem sempre refletem diretamente os recursos propriamente ditos. Por exemplo, os indicadores PosGrad e

ProdIntel são calculados utilizando-se pesos para diferentes tipos de publicação ou pós-graduado. Assim, o aumento de 28% no indicador ProdIntel pode ser interpretado como 191 novos artigos anuais (ou trabalhos em congresso, ou capítulos de livro), já que o peso atribuído a estas publicações é 10; alternativamente, esse valor pode ser traduzido em 80 livros (peso 20), ou 382 resumos em congresso (peso 5).

Para melhor ilustração no processo de tomada de decisão ao nível departamental, mostramos a seguir, um estudo de caso.

5.5 Estudo de Caso – DCSO

Como dito na seção 5.3.2, os departamentos que se mostram ineficientes frente a todos os departamentos ou frente aos departamentos do mesmo centro (*Tabela 5.4*), são os primeiros candidatos a terem suas metas revistas.

Baseado nessas observações, o Departamento de Ciências Sociais – DCSO foi escolhido para exemplificar não apenas o processo de obtenção de metas, como também alternativas de ação a serem tomadas pelo departamento frente a suas possibilidades.

O Departamento de Ciências Sociais – DCSO obteve escore de eficiência igual a 112,67%. Multiplicando os valores dos resultados deste departamento por 1,1267 obtemos os incrementos equiproporcionais nos valores dos indicadores. Somando a estes valores, os *slacks* correspondentes (acréscimos específicos em cada resultado), se estabelecem as metas de

produção a serem perseguidas pelo departamento. Na Tabela 5.9, estão exemplificados os resultados destes procedimentos para o DCSo.

Tabela 5.9. Estabelecimento das metas de produção para o DCSo.

DCSo	Valores Atuais	Slacks (Abs)	Correção (Abs)	Correção (%)	Metas
DTE	15,00	0,00	0,00	0,00%	15,00
IndTitDoc	5,00	0,00	0,00	0,00%	5,00
VolTrab	11104,00	0,00	1407,94	12,68%	12511,94
Graduados	30,21	6,99	10,82	35,83%	41,04
ProdIntel	50,00	183,10	189,44	378,88%	239,44
PosGrad	12,90	0,00	1,64	12,68%	14,54
ConsAss	1,00	0,00	0,13	12,68%	1,13
CursExt	2,00	6,66	6,91	345,50%	8,91
ProConv	1,00	0,98	1,11	110,94%	2,11

Assim, com estes resultados em mãos, o chefe de departamento poderia promover discussões com seus pares na busca de melhorias de resultados. No caso de aumento de pós graduados, produção intelectual, consultorias e assessorias, cursos de extensão, e projetos e convênios, no geral, os docentes podem por si só promoverem um aumento de resultados. No entanto, como dito anteriormente, o aumento no número de graduados, requer ações conjuntas com outros departamentos e outros níveis de organização (centros e reitorias).

O mais importante a se ressaltar, é que em teoria, as metas propostas pela análise de envoltória de dados, são factíveis, já que elas se baseiam em referencias existentes na instituição. Desta forma, a princípio, elas seriam possíveis de se obter (por definição inerente à técnica) sem aumento dos recursos utilizados. É importante salientar, no entanto, que recursos monetários não foram levados em conta, no cálculo de eficiência, gastos extras associados à geração de mais resultados devem ser considerados.

6 Considerações Finais

A avaliação da eficiência de departamentos envolve a análise de numerosos indicadores. Apesar da existência destes diversos indicadores, refletindo a entrada de recursos e os resultados de produtividade, uma forma de expor os principais fatores a serem avaliados de forma clara e concisa não estava disponível.

Apresenta-se aqui, uma nova ferramenta para auxiliar na tomada de decisões por administradores. Com o uso da Análise Envoltória de Dados – AED, pôde-se obter uma avaliação cruzada entre os departamentos sendo avaliados.

Através da Programação Linear (PL) utilizada na AED, escores globais de eficiência em ensino, pesquisa e extensão, foram obtidos para cada um dos departamentos. Cada departamento obtém uma combinação ótima de pesos para seus resultados e recursos, de forma a maximizar seu escore de eficiência frente aos outros departamentos. A PL utilizada pela AED restringe o escore máximo a 1. Isto ocorre, com a restrição de que nenhum escore de outro departamento, utilizando os pesos ótimos que maximizem o escore de eficiência de um determinado departamento, ultrapasse o valor 1. Desta forma, os departamentos que obedecem a tais restrições, e atingem o valor de 1, estabelecem uma fronteira de eficiência que não pode ser ultrapassada. Ao final, a AED acaba por estabelecer um conjunto de escores interdependentes, que possibilitam a classificação destes departamentos.

Cada departamento que atinge o escore de eficiência 1 (100%), possui uma combinação de resultados e recursos, que o torna eficiente frente aos outros departamentos. Desta forma, o conjunto destes departamentos na fronteira de eficiência, pode servir para o estabelecimento de metas. Desta forma, o administrador fica munido de subsídios para auxiliar na tomada de decisões.

É importante, no entanto, ressaltar que a AED não tem por objetivo estabelecer uma conduta rígida na tomada de decisões. Ao invés, ela tem por objetivo, auxiliar na discussão de metas, assim como facilitar a identificação de diferenças entre os departamentos, para que sejam consideradas no processo dinâmico do estabelecimento de diretrizes para as atividades de ensino, pesquisa e extensão.

No decorrer deste trabalho, várias etapas foram realizadas. À medida que os dados foram processados, um pouco da complexidade associada à tarefa de se realizar uma avaliação cruzada entre os departamentos, pode ser decomposta em vários pontos relevantes.

A dificuldade em se obter os dados necessários à geração dos indicadores, assim como a existência de dados incompletos, ressalta a necessidade de melhorias no processo de coleta destes dados. A disponibilidade de dados precisos e completos a respeito dos departamentos e suas atividades, é um ponto fundamental para a geração de indicadores que possam refletir o real desempenho de cada departamento. Uma alternativa para a obtenção destes dados, seria a implementação de formulários *on line*, de

fácil preenchimento, e que estivessem sob responsabilidade dos chefes dos departamentos. Esta forma de aquisição, disponibiliza os dados imediatamente através de bancos de dados, permitindo a sua fácil manipulação e análise.

Quanto à seleção dos indicadores, os resultados deste trabalho mostram as diferenças no padrão de resultados gerados de acordo com a área (centro) a que os departamentos pertencem. Baseado nestas análises, torna-se claro que uma avaliação cruzada entre todos os departamentos, deve ser baseada em indicadores que reflitam atividades comuns, que não sejam particularmente desenvolvidas por um departamento, ou um centro ou uma área. Os indicadores de ensino, refletem este compartilhamento de atividades comuns a todos os departamentos, no entanto, os indicadores de pesquisa e extensão, englobam atividades específicas de (ou associadas a) determinadas áreas. Uma maneira de reduzir estas influências, foi utilizar somente indicadores de atividades de extensão e pesquisa comuns a todos os departamentos sendo analisados (como cursos de extensão, e indicadores de pós graduação) ou reunir diversos indicadores num outro.

Outro problema relacionado aos indicadores, diz respeito à importância relativa entre eles. Neste trabalho, ao reunir os indicadores de produção intelectual e pós graduação, pesos pré definidos foram atribuídos a diferentes tipos de publicação ou pós-graduando. No entanto, estabelecer o quanto são mais importantes cada indicador, é uma tarefa complicada, requerendo uma ampla discussão. Conhecendo-se os objetivos e as prioridades da avaliação, uma discussão quanto à maior importância de um indicador em relação a outro,

pode fornecer subsídios para o estabelecimento de restrições matemáticas. Estas restrições podem ser aplicadas ao modelo de AED, possibilitando desta forma que os pesos calculados para os indicadores, obedeçam relações hierárquicas. Por exemplo, pode-se estabelecer que número de artigos em revistas internacionais seja mais importante que o de revistas nacionais, sem pré estabelecer pesos.

Os problemas levantados na obtenção de uma classificação geral dos departamentos, puderam ser parcialmente reduzidos com a aplicação da AED para os departamentos dos diferentes centros em separado. A comparação de departamentos com produções (e recursos) mais similares, permitiu a obtenção de uma classificação relativa entre os departamentos de um mesmo centro, que retratasse melhor a real eficiência dos departamentos frente aos seus similares. No entanto, os centros não refletem totalmente a área de atuação dos departamentos associados a ele. Um exemplo, é o CCBS que apesar de englobar a área biológica, acaba por unir departamento muito distintos quanto à produção (e quanto aos recursos) nas áreas de extensão e pesquisa. Uma subdivisão dos centros, quanto as similaridades entre seus departamentos, poderia facilitar a análise da real eficiência, e das deficiências dos departamentos em questão.

No entanto, as análises aqui realizadas mostram claramente as tendências de produção dos diferentes departamentos, ressaltando suas virtudes, assim como suas carências. Torna-se óbvio que a AED deve ser

utilizada com cautela, como ferramenta de tomada de decisões, e que para este uso, as prioridades devem estar muito claras.

Trabalhos voltados para a análise de eficiência em universidades federais são de extrema importância frente à escassez de recursos direcionada a estas instituições. Este trabalho deve ser encarado como um elemento de auxílio na determinação de pontos a serem discutidos, com o objetivo de aperfeiçoar a instituição como um todo.

7 Referências Bibliográficas

- Ahn, T., Charnes, A. e Cooper, W. W., 1988. "Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning". *Socio-Economic Planning Sciences*. 22(6), 259-269.
- Arcelus, F.J. e Coleman, D.F., 1997. " An efficiency review of university departments." *INT J SYST SCI* 28: (7) 721-729 JUL.
- Bandeira, D. L., Becker, J.L., Borestein, D. 2001. "Eficiência Relativa dos Departamentos da UFRGS utilizando AED". Tese em engenharia de produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Banker, R.D., Charnes, A., e Cooper, W.W., 1984. "Models for estimating technical and returns to scale efficiencies". *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Beasley, J. E., 1990. "Comparing University Departments." *Omega* 18(2): 171-83.
- Beasley, J. E., 1995. "Determining Teaching and Research Efficiencies". *Journal of the Operational Research Society*, 46, pp. 441-452.
- Beckenkamp, M. T., 2002. "Análise Envoltória de Dados": considerações sobre o estabelecimento de restrições para os multiplicadores ótimos. Dissertação em engenharia de produção – Universidade Federal de Santa Catarina.
- Bergendahl G., 1999. " DEA - a Method for Banks for Measuring Efficiency and Setting Benchmarks ". *EKON SAMF TIDSKR* 52: (2) 51.

- Cave ,M. , Hanney , S., Kogan, M. e Trevett, G.,1988. “The Use of Performance Indicators in Higher Education: A critical Analysis of Developing Practice”. Jessica Kingsley Publishers, London.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes. 1978. "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operations Research* 2(6):429-44.
- Donthu, N., e Yoo, B., 1998. “Retail Productivity Assessment Using Data Envelopment Analysis”. *Journal of Retailing*, vol.74.número 1, pp.89-105.
- Doyle, J.R. e Arthus, A.J., 1995. ”Judging the Quality of Research in Business Schools: the UK as aCase Study”. *Omega* 23: 257-270.
- Emrouznejad, A. e Thanassoulis, E.,2001. Business School. University of Warwick. Coventry, CV4 7AL, England
- Façanha,L. O. e Marinho, A., 1998. “A alocação de recursos públicos nas Instituições Federais de Ensino Superior”. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Farrell, M.J. “The Measurement of Productive Efficiency”. *J.R. Statisstic. Soc. A*120, 253-290, 1957.
- Ganley, J. A. e Cubbin, J. S., 1992. “Public Sector Efficiency Measurement: Applications of Data Envelopment Analysis”. Elsevier Science, Amsterdam.
- Ganley, J. e Cubbin, J., 1987. “Performance Indicators in Prisons”. *Public Money*, December, 57-59.
- Ikeda, J. ,1998. “Benchmarking de franquias da rede Dunkin'donuts, através de data envelopment analysis”. Niterói : UFF/TEP.

- Johnes, G. e Johnes, J.,1992. "Apples and oranges: the aggregation problem in publications analysis". *Scientometrics*. 25, 353-365.
- Johnes, G. e Johnes, J.,1993. "Measuring the research performance of UK economics departments: an application of data envelopment analysis". *Oxford Economic Paper* 45, 332-347.
- Johnes, J. e Taylor, J.,1990. "Performance Indicators in Higher Education". SRHE/Open University Press, Buckingham.
- Kirigia, J. M. , Emrouznejad ,A. e Sambo, L. G. ,2001. "Measurement of Technical Efficiency of Public Hospitals in Kenya: using data envelopment analysis approach". Working paper 340, Warwick Business School, Warwick University.
- Lopes, A.L.M., 1998. "Um modelo de Análise Envoltória de Dados e Conjuntos Difusos para Avaliação Cruzada da Produtividade e Qualidade de Departamentos Acadêmicos- Uma aplicação na UFSC". Tese de Doutorado. Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Lopes, A.L.M., Lapa, J.S.e Lanzer, E.A.1995. "Eficiência Produtiva em Serviços Governamentais: O Caso das Universidades Federais Brasileiras". First International Congress of Industrial Engineering e XV Congresso Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, São Carlos - São Paulo.
- MEC, 1975. "Reforma Universitária. Avaliação da Implantação. Universidades Federais". MEC/DAU, UFBA/ISP, 2 v.
- Moreira, D. A., 1991. "Medida da Produtividade na Empresa Moderna". Editora Pioneira, São Paulo, São Paulo, SP.

- Moita, M. H. V.,2002. "Um Modelo para Avaliação da Eficiência Técnica de Professores Universitários utilizando Análise de Envoltória de Dados". Universidade Federal de Santa Catarina.
- Norman, Michael and Barry Stoker. 1991. "Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance." John Wiley and Sons Ltd.
- Novaes, A. G. N., 1997. "Benchmarking rapid-transit services with data envelopment analysis". Santiago : Sociedad Chilena de Ingenieria de Transporte.
- Novaes,A.G. e Borges, A., 2000. "Produtividade, Eficiência e Benchmarking de supermercados". Revista Tecnológica, maio, pp.42-49.
- Rangan, N., Grabowsky, H.A., e Pasurka, C., 1988. "The technical efficiency of U.S. banks". Economics Letters, 28, 169-175.
- Rhodes, E.L. e Southwich, L., 1986. "Determinants of efficiency in public and private universities". Working paper, School of Environmental and Public Affairs, Indiana University, Bloomington, IN 47405, USA.
- Rhodes, E.L. e Southwich, L., 1988. "Relative efficiencies of private and public universities over time". Paper presented at the TIMS/ORSA Joint National Meeting, Washington, DC, USA, April.
- Sarrico, C.S., Hogan,S.M, Dyson, R.G e Athanassopoulos, A.D., 1997. "Data Envelopment Analysis and University Selection". Journal of Operational Research Society, 48, 1163-1177.
- Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A. e Barboy, A., 1994. "Academic Departments and Efficiency Via DEA". Computers and Operations Research 21(5):543-46.

Thanassoulis, E. and P. Dunstan, 1993. "Guiding Schools to Improved Performance Using Data Envelopment Analysis, an Illustration With Data From a Local Education Authority". Research Paper No 94, Warwick Business School 1-29.

Thanassoulis, E., 1996. "Assessing the Effectiveness of Schools With Pupils of Different Ability Using Data Envelopment Analysis". Journal of the Operational Research Society, 47, 84-97.

Tompkins, C. e Green, R., 1988. "An Experiment in the Use of Data Envelopment Analysis for Evaluating the Efficiency of UK University Departments of Accounting." Financial Accountability and Management 4(2):147-64.

Yager, R.R., 1980. "On a General Class of Fuzzy Connectives". Fuzzy Sets and Systems 4, 235-242.

Yeh, Q. J., 1996. "The Application of Data Envelopment Analysis in Conjunction With Financial Ratios for Bank Performance Evaluation". Journal Of The Operational Research Society 47(8):980-988.

8 Anexos

Anexo 1

Indicadores Utilizados

<i>Departamento</i>	<i>DTE</i>	<i>IndTitDoc</i>	<i>VolTrab</i>	<i>Graduados</i>	<i>ProdIntel</i>	<i>PosGrad</i>	<i>ConsAss</i>	<i>CursExt</i>	<i>ProConv</i>
DBV	15	4.467	4412	16.757	225	0	1	1	38
DRNPA	9	5.000	3498	10.304	40	0	2	0	15
DTAISER	13	4.538	2908	9.491	30	0	3	3	2
DB	5	5.000	3152	13.619	160	22.32	1	1	0
DCF	8.5	4.778	3620	13.337	195	18.27	0	0	0
DEBE	10.5	4.636	3760	14.526	0	15.81	1	0	1
DEFMH	13	4.077	7012	26.667	240	1.47	0	7	4
DEnf	17.5	4.556	4196	18.885	230	0	1	4	6
DFisio	18	4.222	5784	23.099	0	10.6	2	2	4
DGE	8	5.000	4224	17.329	95	29.72	0	0	0
DHb	12	5.000	3226	10.032	30	44.64	8	1	0
DMP	8.5	4.556	3098	10.460	120	0	0	0	1
DTO	15.5	4.500	4662	15.846	240	0	4	7	6
DC	30	4.867	19210	55.590	50	18	1	2	2
DECiv	30.5	4.500	11606	42.306	290	11	13	7	8
DEMa	45.5	4.957	13514	50.358	1310	95	5	1	6
DEP	34.5	4.657	14782	42.834	1150	27	7	11	15
DEQ	26.5	5.000	9896	30.116	50	38	0	4	1
DEs	16	4.125	6420	23.582	325	7	1	1	2
DF	30	4.933	16646	33.837	640	44	0	1	0
DM	35	4.714	25138	71.174	270	13	0	3	0
DQ	39.5	5.000	15476	51.504	310	80	3	0	2
DArtes	10	4.000	7368	32.000	0	0	1	6	5
DCI	8	3.500	6428	21.021	85	0	0	2	7
DCSo	15	5.000	11104	30.214	50	12.9	1	2	1
DEd	9	4.778	7112	26.807	40	48.266	1	1	0
DFMC	6	5.000	4574	13.441	0	1	0	0	0
DL	12	3.667	11010	35.127	235	0	0	9	2
DeME	15	5.000	9314	50.730	170	31.2	1	2	6
DP	21	4.714	14118	82.007	165	3.4	2	9	4

Anexo 2

Correlação entre os indicadores

	<i>DTE</i>	<i>IndTitDoc</i>	<i>VolTrab</i>	<i>Graduados</i>	<i>ProdIntel</i>	<i>PosGrad</i>	<i>ConsAss</i>	<i>CursExt</i>	<i>ProConv</i>
<i>DTE</i>	1.000								
<i>IndTitDoc</i>	0.241	1.000							
<i>VolTrab</i>	0.797	0.132	1.000						
<i>Graduados</i>	0.694	0.096	0.875	1.000					
<i>ProdIntel</i>	0.687	0.096	0.418	0.343	1.000				
<i>PosGrad</i>	0.595	0.519	0.338	0.289	0.521	1.000			
<i>ConsAss</i>	0.395	0.113	0.081	0.117	0.346	0.226	1.000		
<i>CursExt</i>	0.217	-0.415	0.287	0.404	0.268	-0.293	0.332	1.000	
<i>ProConv</i>	0.065	-0.150	-0.108	-0.062	0.207	-0.201	0.175	0.138	1.000

Anexo 3

Desenvolvimento Matemático

Fronteira de eficiência

Para se ter uma visão geral do método, começa-se plotando cada resultado, no nosso caso D_{10} e D_{12} , divididos pelo recurso D_6 . Pela Figura 2.12 pode-se definir a melhor performance alcançada, ou seja, a fronteira de eficiência. Para muitas lojas que não estão na fronteira pode-se identificar uma meta, na fronteira, que representa o que a loja pode alcançar. Desta maneira, a eficiência de cada loja em relação as lojas referências é calculada.

O caso da loja L_{27} será mostrado a seguir como exemplo.

No caso de L_{27} , a meta está no ponto B da fronteira e sua eficiência é dada pela razão OA/OB .

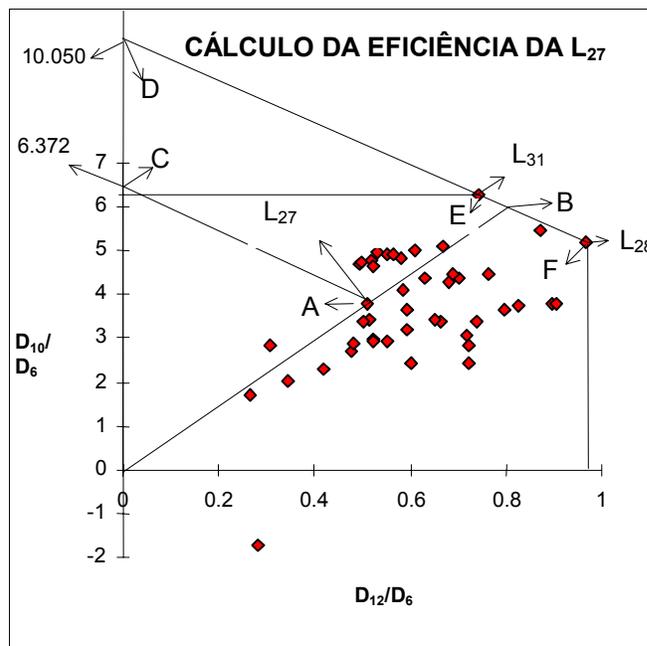


Figura 2.12- Cálculo da eficiência de L_{27} . Adaptado de Stoker e Norman, 1991.

Por simples geometria observa-se que $OA/OB = OC/OD$, onde D é a extensão da linha que une L_{31} e L_{28} até o eixo Y, e C é a intersecção da linha AC, paralela a linha BD, com o eixo Y passando pelo ponto A (L_{27}).

$$Y = aX + b \text{ (equação da reta);} \quad (2.2)$$

se $X = 0$ então $Y = b$.

Logo a equação da linha BD é:

$$Y = 10.050 - 5.044 X \quad (2.3)$$

Então a equação da reta AC, que é paralela a reta BD, é:

$$Y = 6.372 - 5.044X \quad (2.4)$$

Logo a medida de eficiência de L_{27} é:

$$\frac{OA}{OB} = \frac{OC}{OD} = \frac{6.372}{10.050} = 0.634 \text{ (Tabela 2.5)}$$

Para generalização denota-se as coordenadas das lojas L_{27} , L_{31} e L_{28} como $(X(L_{27}), Y(L_{27}))$, $(X(L_{31}), Y(L_{31}))$ e $(X(L_{28}), Y(L_{28}))$ respectivamente.

Substituindo nas equações (2.3) e (2.4) obtemos:

$$OC = 6.372 = Y(L_{27}) + 5.044 X(L_{27}) \quad (2.5)$$

$$OD = 10.050 = Y(L_{31}) + 5.044 X(L_{31}) \quad (2.6)$$

$$OD = 10.050 = Y(L_{28}) + 5.044 (L_{28}) \quad (2.7)$$

Dividindo por $OD = 10.050$ essas três equações observa-se o coeficiente da medida de eficiência dessas três lojas.

$$\frac{OC}{10.050} = \frac{6.372}{10.050} = \frac{Y(L_{27})}{10.050} + \frac{5.044}{10.050} X(L_{27}) \quad (2.8)$$

$$\frac{OD}{10.050} = \frac{10.050}{10.050} = \frac{Y(L_{31})}{10.050} + \frac{5.044}{10.050} X(L_{31}) \quad (2.9)$$

$$\frac{OD}{10.050} = \frac{10.050}{10.050} = \frac{Y(L_{28})}{10.050} + \frac{5.044}{10.050} X(L_{28}) \quad (2.10)$$

Equivalentemente:

$$0.0995 Y(L_{27}) + 0.502 X(L_{27}) = \frac{OC}{OD} = 6.372/10.050 = 0.634 \quad (2.11)$$

$$0.0995 Y(L_{31}) + 0.502 X(L_{31}) = \frac{OD}{OD} = 1 \quad (2.12)$$

$$0.0995 Y(L_{28}) + 0.502 X(L_{28}) = \frac{OD}{OD} = 1 \quad (2.13)$$

Ainda considerando que:

$$Y(L_{27}) = \frac{D_{10}(L_{27})}{D(L_{27})} \text{ e } X(L_{27}) = \frac{D_{12}(L_{27})}{D_6(L_{27})}$$

$$Y(L_{31}) = \frac{D_{10}(L_{31})}{D_6(L_{31})} \text{ e } X(L_{31}) = \frac{D_{12}(L_{31})}{D_6(L_{31})}$$

$$Y(L_{28}) = \frac{D_{10}(L_{28})}{D_6(L_{28})} \text{ e } X(L_{28}) = \frac{D_{12}(L_{28})}{D_6(L_{28})}$$

Substituindo nas equações acima, (2.11), (2.12) e (2.13), obtem-se:

$$\frac{0.0995D_{10}(L_{27}) + 0.502D_{12}(L_{27})}{D_6(L_{27})} = 0.634 \quad (2.14)$$

$$\frac{0.0995D_{10}(L_{31}) + 0.502D_{12}(L_{31})}{D_6(L_{31})} = 1 \quad (2.15)$$

$$\frac{0.0995D_{10}(L_{28}) + 0.502D_{12}(L_{28})}{D_6(L_{28})} = 1 \quad (2.16)$$

Desta forma, nota-se que a medida de eficiência de L_{27} pode ser escrita como a soma balanceada de seus resultados pela soma balanceada de seus recursos. E mais, os mesmos pesos aplicados às lojas L_{31} e L_{28} (que são as lojas referências) não excede a 1.

Ainda, pode-se restringir o denominador da primeira equação (2.14) a 1, dividindo o numerador e o denominador das equações, (2.14), (2.15) e (2.16), por $D_6(L_{27}) = 476.63$. Dessa forma, obtem-se:

$$\frac{0.000208D_{10}(L_{27}) + 0.00105D_{12}(L_{27})}{0.00210D_6(L_{27})} = 0.634 \quad (2.17)$$

$$\frac{0.000208D_{10}(L_{31}) + 0.00105D_{12}(L_{31})}{0.00210D_6(L_{31})} = 1 \quad (2.18)$$

$$\frac{0.000208D_{10}(L_{28}) + 0.00105D_{12}(L_{28})}{0.00210D_6(L_{28})} = 1 \quad (2.19)$$

O propósito desta restrição é transformar esse problema em um modelo de Programação Linear. A generalização desse modelo pode ser visto na Figura 2.2, Modelo DEA Seminal.

Então L_{27} tem sua medida de eficiência expressada como a razão da soma balanceada de seus resultados pelo seu recurso, restringindo a soma balanceada do recurso a 1.

Por analogia, todas as lojas que estiverem abaixo da linha BD tem uma soma balanceada de razão menor que 1 com os pesos acima.

Desde que os resultados e o recurso sejam positivos, aumentando-se o peso dos resultados ou diminuindo-se o peso do recurso, aumenta-se a razão de (2.17) da loja L_{27} , e conseqüentemente uma mudança idêntica acontecerá com (2.18) e (2.9) das lojas L_{31} e L_{28} , fazendo com que suas razões excedam o valor 1. Portanto os pesos obtidos maximizam o valor da razão da soma balanceada. Desta forma é imposta a restrição de que a razão balanceada (utilizando os mesmos pesos da loja L_{27}) dos resultados de qualquer outra loja em relação ao recurso não exceda o valor 1.

Em resumo, observa-se que a medida de eficiência para a loja L_{27} obtida da Figura 2.12 é equivalente ao valor da razão da soma balanceada de seus resultados e recursos, onde os pesos são selecionados para maximizar o valor da razão em questão. E além disso, a razão de todas as outras lojas não pode exceder o valor 1, quando se utilizar dos mesmos pesos de L_{27} .

Portanto, eficiências relativas podem ser determinadas e metas para unidades ineficientes podem ser traçadas. Então, através dessa razão da soma balanceada de seus resultados pelo seu recurso, pode-se encontrar caminhos para o melhoramento de desempenho.

Apêndice

Análise Descritiva dos Indicadores

Uma análise descritiva dos indicadores deve possibilitar uma visão ampla e ao mesmo tempo sucinta dos indicadores.

Para descrever a distribuição dos dados dos diferentes indicadores, frente aos diferentes departamentos, foram utilizadas medidas de posição ou tendência central como a “Média Aritmética” e a “Mediana”, e medidas de dispersão como valores de “Desvio Padrão” e valores de “Mínimo” e “Máximo”. Para se ter uma idéia do grau de heterogeneidade dos dados foi utilizado o “Coeficiente de Variação”, que é a razão entre o “Desvio Padrão” e a “Média Aritmética”.

1- Indicadores de Recursos

Como já mencionado anteriormente, o indicador “Docentes Tempo Exclusivo” (DTE) e o indicador “Índice de Titulação dos Docentes” (IndTitDoc) foram escolhidos como únicos indicadores de recursos utilizados pelos departamentos.

a) Docentes Tempo Exclusivo - DTE

O número equivalente de docentes em dedicação de tempo exclusivo (40h) entre todos os departamentos variou consideravelmente (Tabela 1 A), com o mínimo e o máximo correspondendo aos departamentos de botânica (DB) e de engenharia de materiais (DEMA), respectivamente.

Tabela 1 A. Análise descritiva do indicador de recursos DTE (Docentes Tempo Exclusivo), geral e por centro.

DTE	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação
CCA	12,33	3,06	13,00	9,00	15,00	0,25
CCBS	11,65	4,35	11,25	5,00	18,00	0,37
CCET	31,94	8,29	30,50	16,00	45,50	0,26
CECH	12,00	4,84	11,00	6,00	21,00	0,40
Geral	17,90	10,89	15,00	5,00	45,50	0,61

O alto valor apresentado pelo DEMA, reflete a tendência de maior número de docentes nos departamentos do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – CCET (Figura 1 A), cuja média é aproximadamente de 32 contra uma média de 12 nos outros centros (Tabela 1 A).

As diferenças no indicador DTE são o resultado histórico da origem dos cursos, e da reestruturação destes. Enquanto os departamentos do CCET são em geral responsáveis por diversos cursos (como no caso do DEP), outros casos, como no CCBS, CCA e CECH, não tem um curso direto associado, atendendo, portanto, a um ou mais cursos.

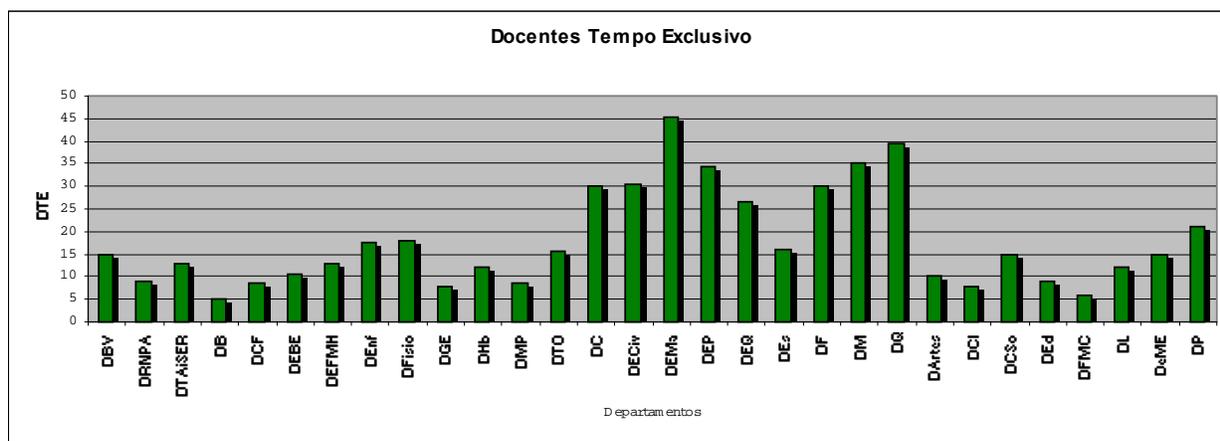


Figura 1 A. Distribuição por departamento do indicador de recurso DTE

Estas observações, quanto à heterogeneidade dos departamentos, ressaltam a importância de se realizar uma ampla análise baseada em diversos

indicadores de produtividade, de forma a se obter um panorama mais claro da eficiência destes departamentos frente aos recursos utilizados.

b) Índice de Titulação dos Docentes - IndTitDoc

Este indicador de recurso é o de distribuição mais homogênea, com um valor médio de 4,62 e desvio padrão de 0,41. Estes dados em conjunto com a mediana de 4,75 indicam que a maioria dos docentes nestes departamentos tem alta titulação, já que o máximo é 5. O menor índice corresponde ao departamento de ciências da informação – DCI, e de letras – DL.

Tabela 1 B. Análise descritiva do indicador de recursos IndTitDoc (Índice de Titulação dos Docentes), geral e por centro.

<i>IndTitDoc</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Coefficiente de Variação</i>
CCA	4,67	0,29	4,54	4,47	5,00	0,06
CCBS	4,63	0,32	4,60	4,08	5,00	0,07
CCET	4,75	0,29	4,87	4,13	5,00	0,06
CECH	4,46	0,63	4,75	3,50	5,00	0,14
Geral	4,62	0,41	4,71	3,50	5,00	0,09

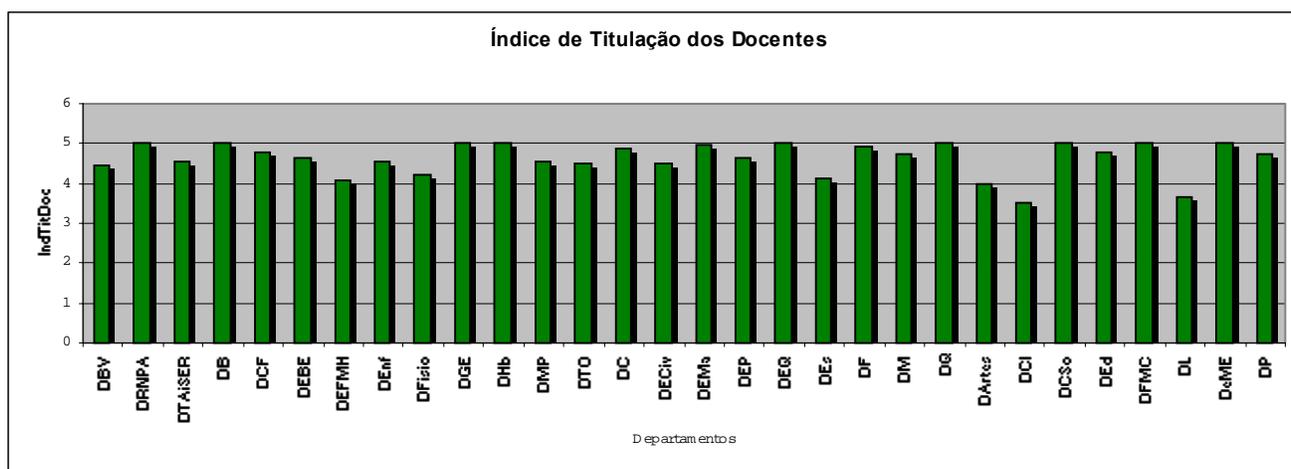


Figura 1 B. Distribuição por departamento do indicador de recurso IndTitDoc (Índice de Titulação dos Docentes).

1.1- Correlação com os Indicadores de Resultados

Análises de correlação entre dados, podem ajudar no entendimento das relações entre os diferentes fatores (representados pelos indicadores) que compõem as atividades de um departamento. Uma tabela de correlações entre os indicadores pode ser encontrada no Anexo 2.

Entre os fatores que apresentaram os maiores índices de correlação com o Indicador DTE (maior que 0.5) estão, em ordem decrescente de correlação, VolTrab, Graduados, ProdIntel e PosGrad.

Estas correlações refletem relações pouco explícitas. Estas relações podem ser herdadas indiretamente como no caso de VolTrab e Graduados, cuja correlação (maior que 0,69) pode se originar do fato dos departamentos do CCET com altos índices de DTE, serem responsáveis por mais cursos e consequentemente, mais alunos graduados (fator comum no cálculo destes indicadores). Os últimos dois indicadores refletem o maior número de orientados na pós graduação decorrente do maior número de docentes.

É importante notar que enquanto os indicadores de produtividade em ensino e pesquisa apresentam os maiores coeficientes de correlações com o índice DTE, os indicadores de extensão não o fazem. Isto pode ser devido ao fato de que a área de extensão não tem a prioridade, que o próprio elo contratual impõe, das atividade de ensino e pesquisa. Isto, a princípio, pode ser um indício de que os maiores potenciais para aumento de eficiência geral dos departamentos se encontram nas atividades de extensão.

O indicador de recursos IndTitDoc apresenta uma correlação maior que 0,5 apenas com o indicador PosGrad indicando uma relação esperada, já que a orientação de pós graduandos requer uma maior titulação do docente.

A seguir, serão descritos os diversos indicadores de produtividade.

2- Indicadores de Produtividade de Ensino

Os dois indicadores relacionados ao ensino (*VolTrab* e *Graduados*) se mostraram heterogêneos em sua distribuição entre os departamentos (Tabela 2 A e B).

As médias parciais dos diferentes centros para estes indicadores seguiu um padrão, com a média para o CCET superior às médias dos outros centros, sendo em geral, seguido pelo CECH, CCBS e CCA (Tabela 2 A e B). A distribuição destes indicadores pode ser visualizada nas Figuras 2 A e B.

Tabela 2 A. Análise descritiva do indicadores de produtividade de ensino VolTrab .

VolTrab	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação
CCA	3606,00	757,79	3498,00	2908,00	4412,00	0,21
CCBS	4273,40	1263,50	3978,00	3098,00	7012,00	0,30
CCET	14743,11	5434,70	14782,00	6420,00	25138,00	0,37
CECH	8878,50	3095,48	8341,00	4574,00	14118,00	0,35
Geral	8575,60	5635,89	6720,00	2908,00	25138,00	0,66

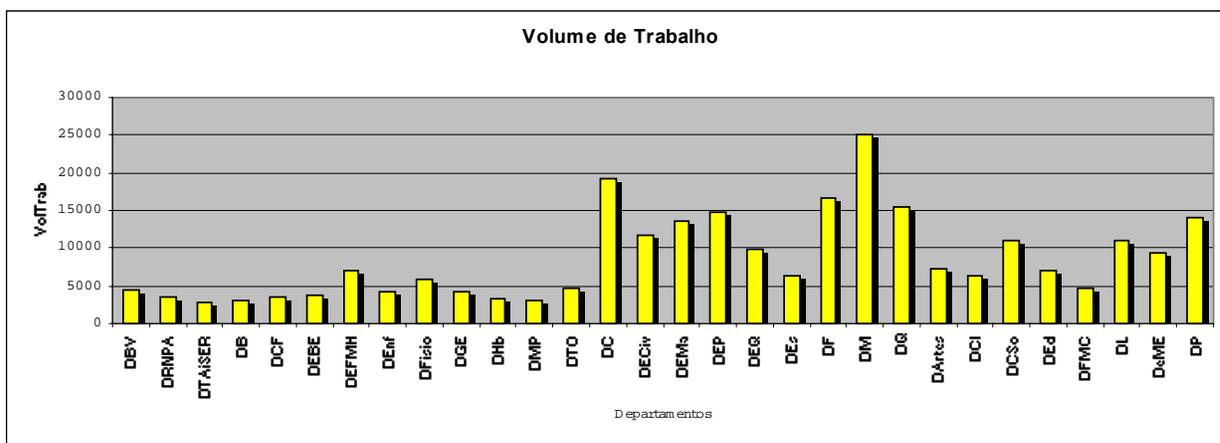


Figura 2 A. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de ensino *VolTrab* (Volume de trabalho em Graduação).

Comparando ambos indicadores de ensino, podemos notar que eles apresentam uma distribuição, no geral similar, apesar de serem notadas diferenças como no DP e no DF, causadas pelas diferenças no total de créditos dos cursos atendidos pelos departamentos.

Tabela 2 B. Análise descritiva do indicadores de produtividade de ensino *Graduados*.

<i>Graduados</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Coefficiente de Variação</i>
CCA	12,18	3,98	10,30	9,49	16,76	0,33
CCBS	16,38	5,31	15,19	10,03	26,67	0,32
CCET	44,59	14,51	42,83	23,58	71,17	0,33
CECH	36,42	21,38	31,11	13,44	82,01	0,59
Geral	29,77	18,77	25,12	9,49	82,01	0,63

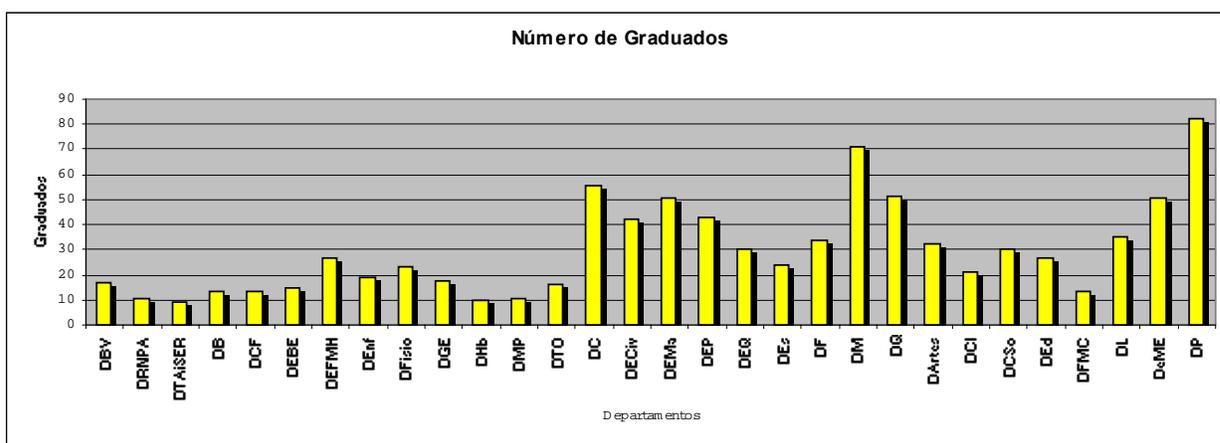


Figura 2 B. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de ensino *Graduados* (Número de equivalentes diplomados pelo departamento nos cursos de graduação).

2.1- Correlação com outros Indicadores

Como dito anteriormente, os dois indicadores de ensino apresentaram grande correlação com o índice de DTE (Anexo 2). Além destas correlações já mencionadas, os dois indicadores de ensino apresentaram uma grande correlação apenas entre si, com um coeficiente de 0,87.

3- Indicadores de Produtividade de Pesquisa

Ao analisar os indicadores de pesquisa, pode-se notar imediatamente, a heterogeneidade destes indicadores (Tabela 3 A e B).

Estas distribuições heterogêneas são atestadas pelos altos coeficiente de variação (Tabela 3 A e B) e podem ser claramente visualizadas nas Figuras 3 A e B.

Tabela 3 A. Análise descritiva do indicador de produtividade de pesquisa *ProdIntel*.

<i>ProdIntel</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Coefficiente de Variação</i>
CCA	98,33	109,81	40,00	30,00	225,00	1,12
CCBS	131,00	96,86	140,00	0,00	240,00	0,74
CCET	488,33	456,30	310,00	50,00	1310,00	0,93
CECH	93,13	87,26	67,50	0,00	235,00	0,94
Geral	224,83	306,67	162,50	0,00	1310,00	1,36

As diferenças entre os centros, são notadas nas médias parciais para estes indicadores (Tabela 5.3 A e B).

Tabela 3 B. Análise descritiva do indicador de produtividade de pesquisa *PosGrad*.

<i>PosGrad</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Coefficiente de Variação</i>
CCA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
CCBS	14,28	15,03	13,21	0,00	44,64	1,05
CCET	37,00	31,38	27,00	7,00	95,00	0,85
CECH	12,10	18,17	2,20	0,00	48,27	1,50
Geral	19,09	24,09	11,95	0,00	95,00	1,26

3.1- Correlação com outros Indicadores

Fora as correlações já mencionadas com os indicadores de recursos, os indicadores de pesquisa apresentam uma correlação alta (acima de 0,5) somente entre si, indicando a relação entre o número de pós graduados e o valor da produção intelectual, reflexo das pesquisas desenvolvidas.

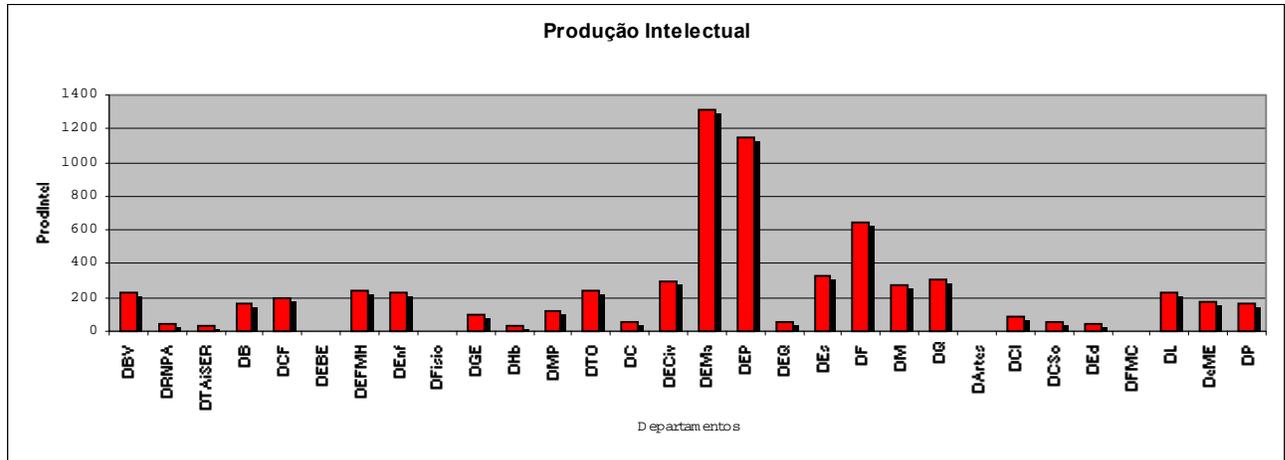


Figura 3 A. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de pesquisa *ProdIntel* (Produção Intelectual)

Pode-se notar nas figuras, a heterogeneidade dos dados que no entanto, apresentam semelhanças quanto aos centros de maior produção (Figuras 3 A e B).

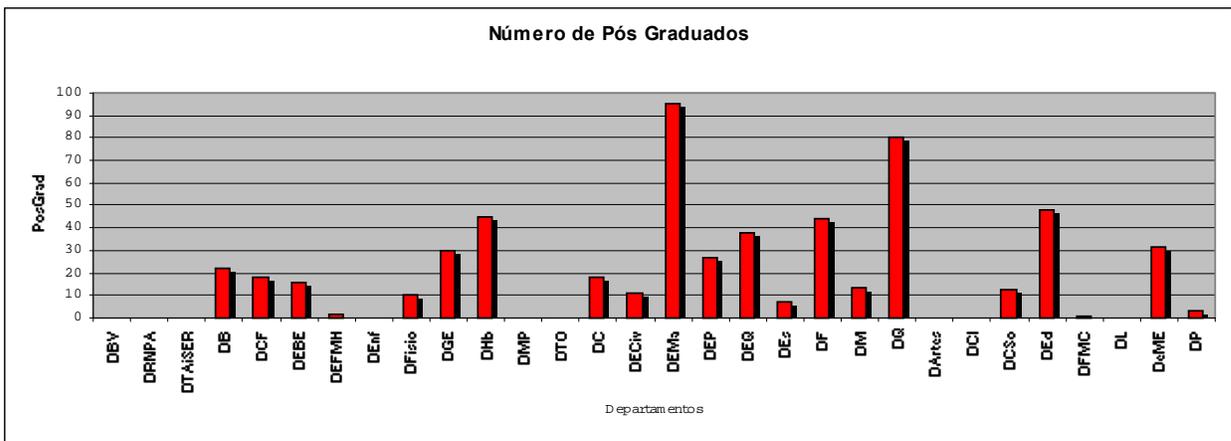


Figura 3 B. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de pesquisa *PosGrad* (Número de equivalentes dissertações e teses defendidas no período)

4- Indicadores de Produtividade de Extensão

Como pode ser visto nas Tabela 4 A, B e C, e nas Figuras 4 A a 4 C, no geral, mais de dois terços dos departamentos apresentam atividades de extensão, sendo que menos de 25% dos departamentos não participam de cursos de extensão - CursExt.

Ao verificar as médias parciais destes indicadores, para os diferentes centros, nota-se que ao contrário do que ocorre para os indicadores de ensino, estas não seguem um padrão (Tabela 4 A, B e C).

Tabela 4 A. Análise descritiva dos indicadores de produtividade de extensão *ConsAss*.

ConsAss	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação
CCA	2,00	1,00	2,00	1,00	3,00	0,50
CCBS	1,70	2,54	1,00	0,00	8,00	1,49
CCET	3,33	4,39	1,00	0,00	13,00	1,32
CECH	0,75	0,71	1,00	0,00	2,00	0,94
Geral	1,97	2,92	1,00	0,00	13,00	1,48

Tabela 4 B. Análise descritiva dos indicadores de produtividade de extensão *CursExt*.

CursExt	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação
CCA	1,33	1,53	1,00	0,00	3,00	1,15
CCBS	2,20	2,82	1,00	0,00	7,00	1,28
CCET	3,33	3,57	2,00	0,00	11,00	1,07
CECH	3,88	3,60	2,00	0,00	9,00	0,93
Geral	2,90	3,17	2,00	0,00	11,00	1,09

Tabela 4 C. Análise descritiva dos indicadores de produtividade de extensão *ProConv*.

ProConv	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação
CCA	18,33	18,23	15,00	2,00	38,00	0,99
CCBS	2,20	2,53	1,00	0,00	6,00	1,15
CCET	4,00	4,92	2,00	0,00	15,00	1,23
CECH	3,13	2,75	3,00	0,00	7,00	0,88
Geral	4,60	7,46	2,00	0,00	38,00	1,62

4.1- Correlação com outros Indicadores

Não houve correlação com coeficiente maior que 0,5.

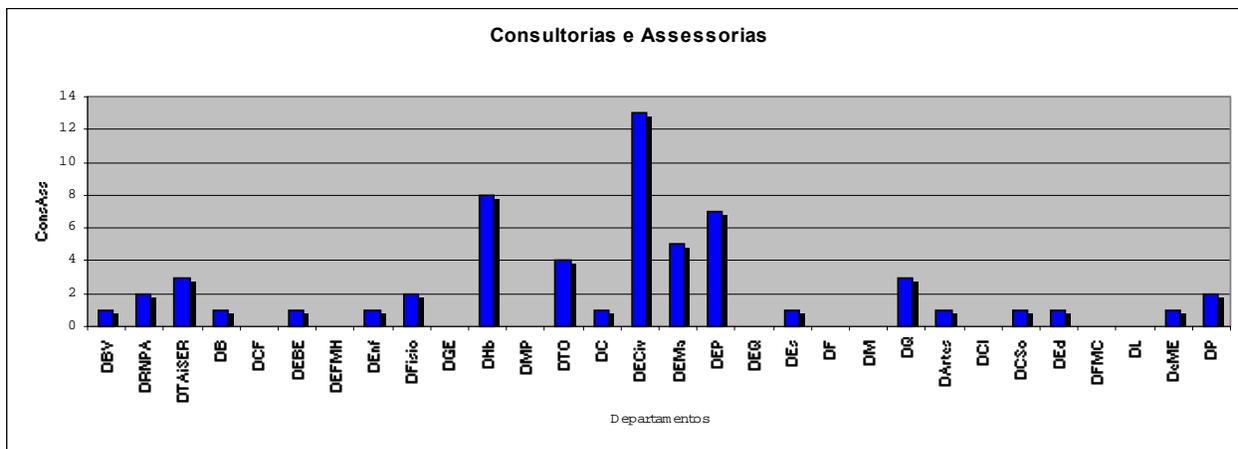


Figura 4 A. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de extensão *ConsAss* (Número de consultorias e assessorias prestadas)

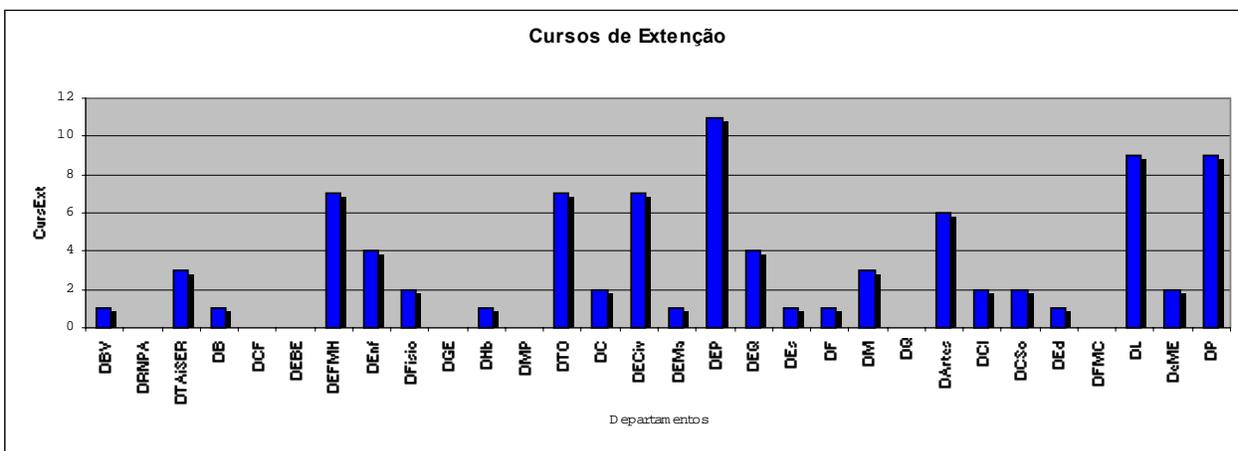


Figura 4 B. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de extensão *CursExt* (Número de cursos extensão ministrados)

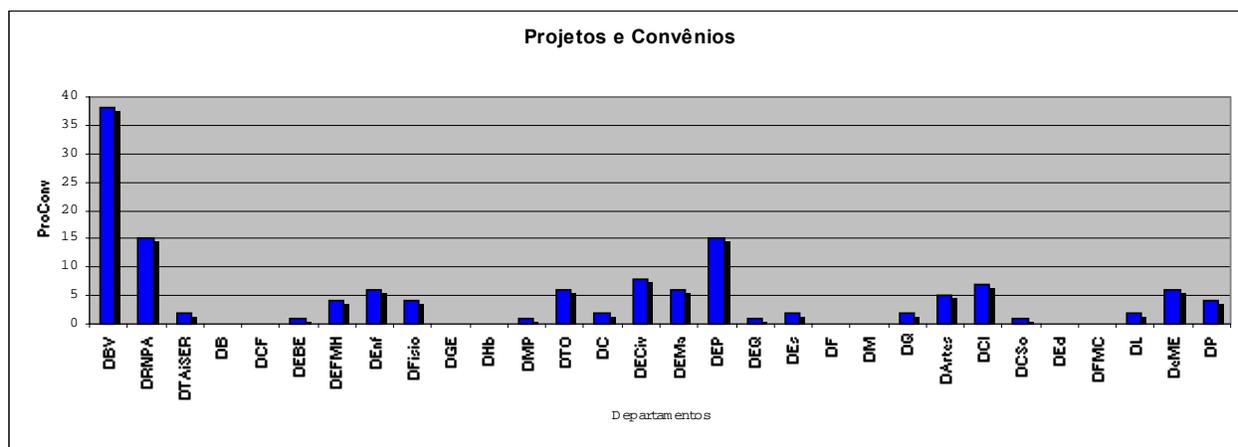


Figura 4 C. Distribuição por departamento do indicador de produtividade de extensão *ProConv* (Projetos de pesquisa e extensão, convênios)