

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JOSÉ SANTOS**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS NO ESTUDO DA  
EFICIÊNCIA DOS GRUPAMENTOS DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO  
PARÁ**

Recife  
2017

**JOSÉ SANTOS**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS NO ESTUDO DA  
EFICIÊNCIA DOS GRUPAMENTOS DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO  
PARÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada à UFPE para a obtenção de grau de Mestre como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Pesquisa Operacional.

Orientadora: Profa. Suzana de França Dantas Daher, Doutora.

Recife  
2017

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicea Alves, CRB-4 / 1260

S237a

Santos, José.

Aplicação da análise de envoltória de dados no estudo da eficiência dos grupamentos de bombeiros militar do estado do Pará / José Santos - 2017.  
79 folhas, II. Tabs.; Abr. e Sigl.

Orientadora: Profa.Dr<sup>a</sup>. Suzana de França Dantas Daher.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.  
Inclui: Referências e Apêndices.

1. Engenharia de Produção. 2. : Análise de desempenho. 3. Eficiência.  
4. Análise envoltória de dados. 5. DEA. 6. Bombeiro militar. I. Daher, Suzana de França Dantas (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-139

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA  
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

*JOSÉ SANTOS*

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS NO  
ESTUDO DA EFICIÊNCIA DOS GRUPAMENTOS DE BOMBEIROS  
MILITAR DO ESTADO DO PARÁ**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Pesquisa Operacional

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato JOSÉ SANTOS. APROVADO.

Recife, 21 de novembro de 2017.

---

Prof.<sup>a</sup> Doutora Suzana de França Dantas Daher, (Orientadora).

---

Prof.<sup>a</sup> Ana Paula Cabral Seixas Costa (Doutora, UFPE).

---

Prof.<sup>a</sup>. Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Doutora, UFPE).

*Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus, o meu provedor em todas as minhas angustias e necessidades, à minha mãe Carmina Santos que me deu a oportunidade de adquirir conhecimento, à minha esposa Wilma e às minhas duas belas filhas Daylle e Danyelle que são a razão da minha existência.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu Deus todo poderoso que me tem proporcionado oportunidades de crescimento pessoal e profissional das quais jamais imaginei, a Ele seja a honra e a glória para todo o sempre. Agradeço minha matriarca Carmina Santos, mulher guerreira e sábia que mesmo diante de todas as dificuldades que encontrou em sua vida me deu a chance de ter acesso à educação e ao conhecimento, à minha orientadora Profa. Dra. Suzana de França Dantas Daher, que mesmo com o empecilho da distância dispensou-me as devidas orientações e motivações para que eu pudesse concluir esse projeto, agradeço grandemente à Profa. Dra. Leila Weitzel que sempre me incentivou na busca do conhecimento.

Agradeço de uma forma especial à minha esposa Wilma que me tolerou e sempre me motivou em todos os momentos, mesmo naqueles mais difíceis quando me bateu o desespero e a angústia, muito obrigado pelo apoio incondicional querida! Obrigado do fundo do meu coração às minhas filhas Daylle Tamina e Danyelle Tamina por sempre me motivarem e acreditarem em mim, vocês são a razão da minha vida. Meu muito obrigado à Faculdade Metropolitana de Marabá, na pessoa do Professor José Tafner, um homem visionário que sempre esteve à frente do seu tempo no processo de educação, o senhor é uma grande referência para mim. Obrigado ao Meu Comandante, Coronel Lélis e Subcomandante Capitão Waulison pelo apoio, pela confiança e por acreditar no meu trabalho. Obrigado ao Comandante Geral do CBMPA por compreender e apoiar o crescimento acadêmico e profissional das praças dessa honrada corporação como fator estratégico de melhoria da prestação de serviço à população paraense.

Agradeço aos sargentos Mattos, Hadson e Ronaldo pelo apoio e esforço em abrir as portas necessárias para conseguir os dados e as informações utilizadas nesse projeto. Agradeço também ao cabo Reynaldo Cury por acreditar, motivar e apoiar este projeto, a ajuda de vocês foi fundamental para a conclusão desta pesquisa. Agradeço a todos os meus companheiros, irmãos e irmãs de farda do 23º Grupamento de Bombeiros. Obrigado a todos os professores e monitores (as) doutores e mestres que contribuíram direta e indiretamente para a nossa formação. A todos os companheiros e companheiras de curso pelo apoio e companheirismo nessa tão árdua jornada, um agradecimento especial ao meu amigo e irmão Francisco. Agradeço à toda a igreja em que congrego pelo apoio nas orações, Deus esteja sempre convosco. Por fim, agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram para que eu chegasse ao final desse projeto. A todos, o meu muito obrigado!

*Os melhores prêmios da vida estão no fim de cada jornada e não no começo.*

***Autor desconhecido.***

## RESUMO

As unidades de bombeiro militar, assim como diversas outras instituições do setor público, estão constantemente submetidas a limitações orçamentárias e regulamentações fiscais para uso de seus recursos operacionais. Identificar bons indicadores de desempenho que sirvam para medir a eficiência e a eficácia dessas unidades é fator fundamental. A eficácia das operações é geralmente medida pela quantidade de ocorrências, de atendimentos e das diversas atividades inerentes aos grupamentos de bombeiros. Todavia, a eficiência operacional de cada unidade deve ser vista pelos gestores com a mesma, ou até maior, importância que a medida da sua eficácia. Saber como ser eficiente em uma atividade essencial para a sociedade como a de um batalhão de bombeiros militar traz como benefício a melhoria do próprio serviço. Esta pesquisa tem como objetivo analisar a eficiência de 20 (vinte) unidades operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará - CBMPA através do desenvolvimento e implementação de um modelo matemático não paramétrico, visando contribuir para a gestão estratégica do CBMPA. Para chegar ao objetivo adotou-se a técnica não paramétrica de Análise por Envoltória de Dados ou *Data Envelopment Analysis (DEA)* na análise das unidades. Dos resultados obtidos, observou-se que somente duas do total das 20 DMUs analisadas podem ser consideradas casos de sucesso na gestão dos recursos e servir de referências para as demais na implementação de boas práticas de gestão. Como contribuição deste trabalho de mestrado profissional, os resultados encontrados foram apresentados para os gestores do CBMPA e poderão ser utilizados por eles para apoiá-los na melhoria das ações de planejamento e gestão estratégicas do CBMPA.

**Palavras-chave:** Análise de desempenho. Eficiência. Análise envoltória de dados. DEA. Bombeiro militar.

## ABSTRACT

The Military Fireman units, as well as other public sector institutions, are constantly subjected to constraints and fiscal regulations for the use of its operational resources. Identify good performance indicators that will serve to measure the efficiency and effectiveness of these units is extremely important. The effectiveness of operations is generally measured by the number of occurrences, attendances and the several activities inherent to firefighters service. However, the operational efficiency of each unit should be seen by managers with the same, or even higher, importance that is considered to measure its effectiveness. Learn how to be efficient in an essential activity to society (as the one developed by a battalion of the military firemen) brings benefit to improve the service itself. This study aims to analyze the efficiency of 20 (twenty) operational units of the Military Body of Firemen of Pará State (CBMPA, in Portuguese) through the development and implementation of a mathematical nonparametric model, aiming to contribute to the strategic management of CBMPA. To reach the goal we adopted the nonparametric technique of Data Envelopment Analysis (DEA) in the analysis of those units. From the results, it was observed that only two of the 20 DMUs analyzed can be considered successful cases in managing their resources and can serve as references for the others in the implementation of good management practices. As a contribution of this professional master's work, the results found were presented to the CBMPA managers and could be used by them in improving CBMPA's strategic planning and management actions.

**Keywords:** Performance analysis. Efficiency. Data envelopment analysis. DEA. Military firefighter

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1.1 – Processo metodológico.</i> .....	17
<i>Figura 1.2 - Etapas do processo metodológico de modelagem matemática</i> .....	17
<i>Figura 2.1 – Processo de uma DMU.</i> .....	24
<i>Figura 2.2 – Fronteira de Eficiência do DEA</i> .....	25
<i>Figura 2.3 – Produtividade X Eficiência.</i> .....	26
<i>Figura 2.4 – Classificação dos Modelos DEA.</i> .....	27
<i>Figura 2.5 – Fronteira Invertida</i> .....	29
<i>Figura 3.1 – Mapeamento das Unidades de Bombeiros no Estado do Pará</i> .....	40
<i>Figura 3.2 - Densidade demográfica dos estados brasileiros.</i> .....	43
<i>Figura 3.3 – Padrão de pesquisa realizado no SISCOB.</i> .....	47
<i>Figura 3.4 – Tela de entrada de dados do SIAD</i> .....	52
<i>Figura 3.5 – Ranking ordenado.</i> .....	54
<i>Figura 3.6 – Gráfico da Fronteira Invertida.</i> .....	56
<i>Figura 3.7 – Grafico de eficiência real das DMUs.</i> .....	58

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1 – Descrição das DMU's e suas localidades.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 3.2 - Dados solicitados para a análise.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 3.3 - Dados das variáveis de decisão adotadas para cada uma das DMUS do modelo proposto.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 3.4 - Eficiência das DMUs .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 3.5 - Cálculo da Fronteira Invertida.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 3.6 - Eficiência composta.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 3.7 – Benchmarks das DMUs analisadas.....</i>	<i>59</i>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

APH - Atendimento Pré-hospitalar

BCC - Banker, Charnes e Cooper (Modelo DEA com variação de escala)

CBMPA - Corpo de Bombeiros Militar do Pará

CCR - Charnes, Cooper e Rhodes (Modelo DEA sem variação de escala)

COP - Comando Operacional

CRS - *Constant Return Scale*

DEA - *Data Envelopment Analysis*

DMU - *Decision Making Unit*

GBM - Grupamento de Bombeiros Militar

LRF -Lei de Responsabilidade Fiscal

OBM - Organização Bombeiro Militar

POP\_LOC - Índice Populacional

RMB - Região Metropolitana de Belém

SIAD -Sistema Integrado de Apoio à Decisão

SISCOB - Sistema Integrado do Corpo de Bombeiros Militar do Pará

TOT\_APH - Total de Atendimento Pré-hospitalar por Unidade

TOT\_EFE - Total de Efetivo por Unidade

TOT\_INC - Total de Incêndio por Unidade

TOT\_SAL - Total de Salvamento por Unidade

TOT\_VTRs - Total de Viaturas por Unidade

Uop - Unidade Operacional

VRS -*Variable Return to Scale*

VTRs - Viaturas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1	OBJETIVO GERAL .....	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.3	JUSTIFICATIVA E RELAVÂNCIA.....	14
1.4	METODOLOGIA .....	15
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	18
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
2.1	BASE CONCEITUAL.....	19
2.1.1	<i>INPUT (ENTRADA) E OUTPUT (SAÍDA)</i> .....	20
2.1.2	<i>EFICIENCIA E EFICÁCIA</i> .....	20
2.1.3	<i>PRODUTIVIDADE</i> .....	21
2.2	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA.....	21
2.3	ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS.....	24
2.4	MODELOS DEA.....	26
2.4.1	<i>MODELO CCR</i> .....	27
2.4.2	<i>MODELO BCC</i> .....	28
2.4.3	<i>MÉTODOS DE RESTRIÇÃO DOS PESOS</i> .....	32
2.5	REVISÃO DA LITERATURA .....	32
2.6	RESUMO DO CAPÍTULO .....	38
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	39
3.1	CONTEXTO DO PROBLEMA.....	39
3.2	ELABORAÇÃO DO MODELO .....	41
3.3	DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DAS DMUs .....	44
3.4	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	45
3.5	ESCOLHA DOS PESOS .....	51
3.6	RESULTADOS ALCANÇADOS .....	51
3.6.1	<i>SOFTWARE UTILIZADO</i> .....	51
3.6.2	<i>ANÁLISE DA EFICIÊNCIA</i> .....	52
3.6.3	<i>CÁLCULO DA FRONTEIRA INVERTIDA</i> .....	54
3.6.4	<i>CÁLCULO DA EFICIÊNCIA COMPOSTA</i> .....	56
3.6.5	<i>BENCHMARK DAS DMUs INEFICIENTES</i> .....	58
3.6.6	<i>DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS</i> .....	59
3.6.7	<i>ESTUDO EXPLORATORIO DAS DMUs EFICIENTES</i> .....	61
3.7	RESUMO DO CAPÍTULO .....	62
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	63
4.1	DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	65
4.2	SUGESTÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	65
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67
	<b>ANEXO A</b> - Carta De Solicitação Para Uso Dos Dados.....	71
	<b>ANEXO B</b> - Boletim Interno – Autorização Para Pesquisa.....	72
	<b>ANEXO C</b> - Tabela Com os Calculos das Fronteiras Padrão, Invertida, e Eficiencia Composta.....	73
	<b>ANEXO D</b> - Cálculo dos Benchmarcks das Dmus .....	74
	<b>ANEXO E</b> - Pesos Atribuidos as Variáveis de Decisão .....	75
	<b>ANEXO F</b> - Folgas (Subutilização Ou Excesso De Recursos) .....	76

## 1 INTRODUÇÃO

Os constantes desafios organizacionais, têm exigido dos seus gestores, uma atuação cada vez mais efetiva no sentido de garantir a qualidade de seus produtos e/ou serviços, em consonância com os recursos disponíveis. As instituições do Sistema de Segurança Pública, mais especificamente as do Sistema Estadual de Segurança Pública, realizam um leque de atividades complexas que para sua implementação de forma satisfatória deve-se avaliar o que deve e pode ser feito com os recursos disponíveis àquela instituição, de maneira que se obtenham as melhores soluções na utilização desses recursos.

As Organizações Bombeiro Militar (OBM's), nos diversos Estados da Federação, fazem parte desse sistema e, através de suas unidades operacionais, são responsáveis pelo atendimento à população realizando inúmeras atividades, que requerem o uso intenso de pessoal e infraestrutura diversificada. Recursos esses que tem um expressivo custo para os Estados e precisam ser direcionados com eficiência e eficácia.

Esse contexto diferenciado e dinâmico tem exigido uma atenção constante dos seus gestores (comandantes) que enfrentam diversas limitações, tais como: questões burocráticas, que geram dificuldades na aquisição de materiais e contratação de efetivo e, principalmente, restrições legal-orçamentárias como a Lei de Responsabilidade Fiscal - LRF (Lei Complementar nº 101, de 04 de maio de 2000) que estabelece, em regime nacional, parâmetros a serem seguidos relativos aos gastos públicos de cada ente federativo (estados e municípios) brasileiro.

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará (CBMPA), além do Quartel do Comando Geral, conta atualmente com 30 (trinta) unidades operacionais 07 (sete) unidades e setores distribuídos na Região Metropolitana de Belém – RMB e interior do Estado. Além da capital, O CBMPA está presente em mais 19 municípios.

As Unidades Operacionais (UOp), que atuam no atendimento à população de uma forma geral, executam serviços de extrema relevância operacional e administrativa às populações. dos 19 (dezenove) municípios em que estão presentes e são submetidas à análise periódicas de desempenho por intermédio do Sistema Integrado do Corpo de Bombeiros do Pará – SISCOB, que tem por objetivo identificar a melhor performance por UOp levando em conta a quantidade total de atendimentos pelo período estipulado como forma de alocação de

recursos (eficiência), o que nem sempre retrata de fato a realidade do cenário, considerando os esforços dos comandantes de unidades (gestores) no atendimento à população.

A análise de eficiência realizada através do SISCOB desconsidera os tipos e quantitativos de recursos de cada UOp. Dessa forma, este projeto se propõe a realizar uma comparação entre 20 (vinte) unidades operacionais pertencentes ao CBMPA no Estado do Pará, objetivando uma avaliação da eficiência operacional dessas UOp, com vistas a identificar *insights* que possam apoiar a gestão estratégica do CBMPA.

As experiências no decorrer do tempo, a utilização de boas práticas (expertises) e a busca pela inovação, demonstram o amadurecimento das instituições que as utilizam. O CBMPA tem buscado caminhos e alternativas que possibilitem uma redução dos custos operacionais, relacionados principalmente às limitações orçamentárias como a LRF e portal da transparência dos gastos públicos. Nesse contexto, a gestão estratégica de recursos se apresenta como uma importante ferramenta de redução de gastos e aumento da eficiência, ou seja, a boa utilização e aplicação dos recursos nas unidades operacionais implicam na redução de custos, uma vez que são elas as principais responsáveis pela utilização desses recursos.

Nessa busca pelas melhores práticas de gestão de recursos, o CBMPA e as UOp podem obter grandes benefícios com a utilização de ferramentas, que possibilitem maior controle e visibilidade da subutilização desses recursos.

Formula-se então a seguinte questão a ser respondida: de que forma pode-se avaliar a eficiência levando-se em conta a gestão de recursos em unidades operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará?

Este projeto tem por base a avaliação da eficiência e a gestão estratégica de recursos para apoio ao planejamento estratégico e à tomada de decisão nas unidades operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará. Esta pesquisa, embora tenha sido realizada no contexto de 20 (vinte) unidades operacionais do CBMPA, pode contribuir para aplicação do modelo utilizado em outras unidades operacionais sob as mesmas condições de produção e de gestão.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste projeto é realizar uma avaliação da eficiência considerando os recursos operacionais e recursos humanos disponíveis para atendimento das ocorrências de 20

(vinte) unidades operacionais do CBMPA, de forma a entender como essa avaliação pode apoiar o planejamento estratégico da corporação.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para conseguir o objetivo proposto faz-se necessário atingir os objetivos específicos descritos a seguir:

- Obter autorização institucional e realizar levantamento de dados para condução do estudo;
- Desenvolver um modelo e analisar por uso da ferramenta de análise de envoltória de dados, a eficiência das unidades quanto ao uso de seus recursos humanos e viaturas para atendimento das ocorrências;
- Analisar os resultados e identificar os principais motivos que destacam a eficiência e a ineficiência das unidades operacionais;

## 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Diversas instituições públicas no país enfrentam dificuldades na gestão de seus recursos, bem como na identificação de suas deficiências internas. Há na literatura vigente, diversos métodos ( 1. Métodos paramétricos: Funções Pré-determinadas e Fronteira estocástica; 2. Métodos não-paramétricos: Técnicas dos Números-índices e Análise por Envoltória de Dados -DEA), para mensuração da eficiência como forma de apoio à gestão estratégica. Dentre esses métodos, encontra-se a Análise de Envoltória de Dados – DEA, neste sentido, depreende-se que esta pesquisa é pertinente por trazer uma contribuição acadêmica, abordando à gestão estratégica de recursos. Através da avaliação de eficiência das unidades operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará, instituição pública que também enfrenta dificuldades na gestão de seus recursos.

Outra contribuição relevante surge a partir do *Benchmarking* entre as unidades operacionais do CBMPA, através do qual, pode-se identificar fatores que afetam negativamente a eficiência dessas UOp e, dessa forma propor ações que otimizem a eficiência dessas unidades levando em conta à gestão de recursos.

Adicionalmente, a produção e os resultados dessa pesquisa têm aplicabilidades práticas verificáveis e não apenas acadêmica, tais resultados podem impactar na tomada de decisão e na gestão estratégica dos recursos, beneficiando assim não só a instituição CBMPA, mas também a sociedade que se beneficia dos serviços dessa instituição.

#### 1.4 METODOLOGIA

O método adotado nesta pesquisa é estudo de caso exploratório, por se tratar de um fenômeno organizacional contemporâneo num contexto em que há pouco conhecimento das causas do problema (YIN, 2004), buscando-se então, alcançar o objetivo de identificar os fatores que afetam a eficiência referentes à gestão de recursos.

Uma característica marcante deste método de estudo de caso em relação a outros métodos de pesquisa é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências (documentos, artefatos, entrevistas e observações), assim como também existe a possibilidade de combinar diversos métodos de coleta de dados (MARTINS, MELLO & TURRIONI, 2014).

Quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que possibilita aplicação prática na gestão estratégica de recursos de uma instituição do Sistema de Segurança Pública no Estado do Pará.

Quanto a abordagem, utilizou-se a Pesquisa Operacional, mediante o desenvolvimento de um modelo matemático baseado em DEA, com vistas a dar suporte aos gestores (comandantes) no processo de tomada de decisão.

Para a realização deste estudo foram realizadas as seguintes técnicas para se conseguir a coleta de dados: a) ampla pesquisa bibliográfica na literatura que trata destes temas, com o intuito de construir a fundamentação teórica e revisão da literatura; b) análise documental nos planos e pecúlios das unidades foco deste estudo, objetivando a coleta dos dados e também a identificação da legislação, regulamentos e normas pertinentes à segurança pública no Brasil. Uma das formas de obtenção desses dados foi a utilização de correspondência eletrônica.

O estudo foi realizado em dez etapas sequenciais a fim de que alcançasse os objetivos propostos, conforme abaixo:

Etapa 1: Nesta etapa inicial, os esforços foram destinados a uma ampla pesquisa bibliográfica concernente ao tema onde buscou-se estabelecer uma adequada fundamentação relativa ao desdobramento desta pesquisa;

Etapa 2: Na etapa dois, realizou-se o levantamento de possíveis métodos que atendessem melhor a necessidade de avaliação de desempenho do CBMPA do que a utilizada atualmente (SISCOB), chegando então a escolha da DEA – (*Data Envelopment Analysis*) por ser um método não paramétrico de análise eficiência;

Etapa 3: Definido método de avaliação de desempenho, nesta etapa, após um estudo dos diferentes modelos da DEA encontrados na literatura, foi realizada a seleção do modelo mais adequado ao problema estudado, chegando então ao modelo BCC orientado ao *output* com retornos variáveis de escala;

Etapa 4: Nesta etapa, utilizando-se técnicas de *brainstorming* envolvendo possíveis dados que poderiam ser levantados para a análise do problema de eficiência das unidades do CBMPA, chegou-se a um total de 13 itens possíveis de uso como indicadores de desempenho nesta análise. Utilizou-se como base inicial, o estudo de [JALDELL, 2002] e a base de dados do SISCOB sobre as atividades desempenhadas pelas unidades do CBMPA no ano de 2016;

Etapa 5: Nesta etapa, após autorização formal do Comando Geral do CBMPA, foi realizada a coleta de dados necessários à pesquisa por intermédio de comunicação eletrônica com as unidades, comunicação pessoal e através do (SISCOB), resultando na quantificação desses dados e a organização dos mesmos em planilhas para posterior sumarização;

Etapa 6: Esta etapa consiste à fase de análise de dados, onde foram analisados os dados das 37 unidades já sumarizados na etapa anterior, foram identificados *outliers*, e chegou-se então às 20 unidades a serem analisadas usando o DEA;

Etapa 7: De posse dos dados já analisados, nesta etapa foram definidas as variáveis de decisão e o método de restrição de pesos;

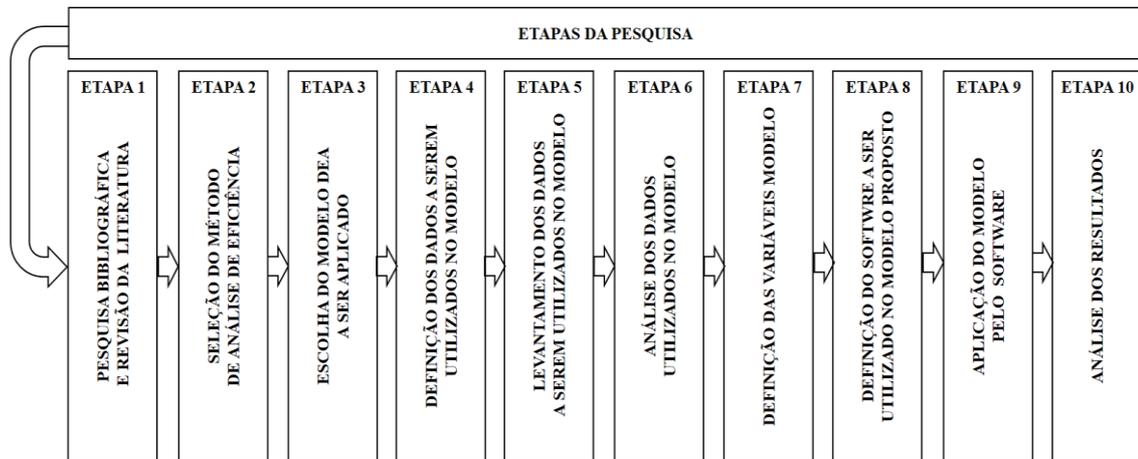
Etapa 8: Nesta fase da pesquisa diversos softwares DEA para análise da eficiência foram analisados, optando-se pelo SIAD 2.0 por melhor se encaixar nessa proposta;

Etapa 9: Esta fase da pesquisa consiste no estudo e na utilização do software escolhido para a condução das análises com o DEA;

Etapa 10: Esta é a etapa final da pesquisa, onde são apresentados os resultados conclusivos com base nas etapas anteriores e também é realizada uma análise crítica desses resultados.

De modo a facilitar o entendimento, a Figura 1.1 ilustra o processo metodológico adotado neste estudo.

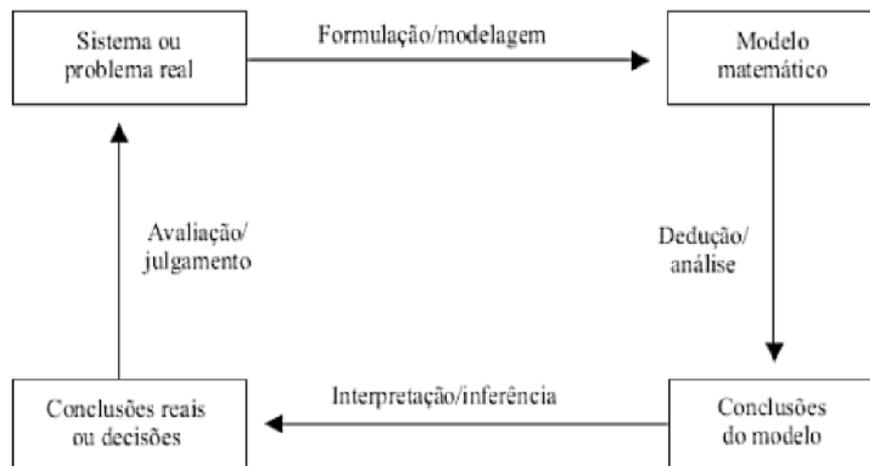
Figura 0.1 – Processo metodológico.



Fonte: Elaboração própria.

Com relação à tabulação dos dados, utilizou-se modelagem quantitativa, que, na análise de Arenales *et al* (2015), modelos matemáticos podem ser concebidos a partir da observação de determinados fenômenos, processos ou sistemas, possibilitando o estabelecimento de leis que regem esses fenômenos, passíveis de serem descritas por relações matemáticas. Se passíveis forem, a modelagem define as variáveis e as relações matemáticas para descrever o comportamento relevante do sistema ou problema real. A Figura 1.2 ilustra esse processo em quatro etapas.

Figura 0.2 - Etapas do processo metodológico de modelagem matemática



Fonte: Arenales *et al* (2015)

Após estas etapas, são apresentados os resultados para as soluções pertinentes ao problema.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o estudo proposto, este projeto está estruturado em cinco capítulos de forma a alcançar seus objetivos. Este capítulo inicial introduz e contextualiza o trabalho, define os objetivos a serem alcançados, traz a justificativa para o seu desenvolvimento e apresenta a abordagem metodológica utilizada.

O Capítulo 2, aborda os conceitos fundamentais por intermédio da fundamentação teórica e revisão da literatura sobre o tema, abordando inicialmente a Produtividade e Eficiência seguida de Análise da Eficiência, Análise de Envoltória de dados – DEA, finalizando com Gestão Estratégica de Recursos em Instituições públicas.

O Capítulo 3 apresenta a contextualização do problema da instituição objeto desta pesquisa e faz-se a análise da problemática através do DEA, definido o modelo proposto com base nas informações adquiridas na fase de coleta dos dados, finalizando com as etapas de solução, validação e implementação do modelo, bem como os resultados alcançados.

Finalizando, no Capítulo 4, são apresentadas as observações conclusivas do trabalho, limitações encontradas e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica referente ao tema abordado neste trabalho, iniciando pelos conceitos fundamentais que norteiam esta pesquisa, seguindo-se de uma abordagem geral sobre análise de eficiência, Análise de Envoltória de dados – (DEA) e os modelos CCR –(Charnes, Cooper e Rhodes) e BCC – (Banker, Charnes e Cooper) como ferramenta de análise de eficiência que auxilia na tomada de decisão, assunto objeto deste projeto, e, por fim, apresenta-se uma revisão da literatura de soluções em DEA para a melhoria da tomada de decisão em instituições públicas. Ao final desta seção é apresentado também um breve resumo deste capítulo.

### 2.1 BASE CONCEITUAL

Neste subtopico será exposto de forma resumida, porem suficiente para o entendimento do leitor, alguns conceitos importantes utilizados nesta pesquisa, buscando-se dessa forma, estimular o leitor a uma compreensão mais aprazível do tema proposto.

A administração das operações em um departamento de governo (instituição pública), na visão de Slack et al (2009), é tão essencialmente importante quanto a administração das operações em empresas voltadas ao lucro (iniciativa privada), a performance de ambos os setores são de grande relevância para a economia de um país. Na visão do autor, semelhantemente, as operações estão sujeitas ao mesmo conjunto decisões, a saber: conhecer o processo de produção de seus produtos ou serviços, investir em tecnologia, verificar a necessidade de subcontratação para algumas de suas atividades, criar medidas de desempenho, bem como melhorar o desempenho de suas atividades.

Slack observa ainda, que os objetivos estratégicos de instituições públicas ou sem fins lucrativos podem ser mais complexos, porque envolve um mix de objetivos econômicos, socioambientais e políticos, o que aumenta a chance de que as decisões de operações sejam tomadas em condições de objetivos conflitantes.

É relevante ater-se a uma importante afirmação do autor, a de que todas as operações produzem produtos ou serviços através da transformação de entradas em saídas, denominado processo de transformação, ou seja, esse processo consiste do envolvimento de um conjunto de *recursos de input* (entradas) utilizados para transformar algo ou para ser transformado em

*outputs* (saídas) de bens e serviços. Mesmo este modelo (*input*-transformação-*output*) retratando todas as operações, o autor afirma que há uma diferenciação na natureza de *inputs* e *outputs* específicos. A partir dessa afirmação, serão apresentados a seguir alguns conceitos essenciais de modo a facilitar o entendimento do leitor para os demais desdobramentos deste estudo.

### 2.1.1 INPUT (ENTRADA) E OUTPUT (SAÍDA)

*Input* é tratado como sendo todos os insumos ou recursos que um determinado sistema importa do ambiente no qual está inserido para poder operar, podendo ser constituído de informação, energia e materiais (CHIAVENATO, 2003; SLACK *et al*, 2009).

- Informação: trata-se de tudo que permite diminuir a incerteza a respeito de um determinado objeto ou contexto, proporcionando maior orientação e conhecimento a respeito destes, o que permite maior possibilidade de se programar e planejar o comportamento do sistema;

- Energia: é a capacidade básica utilizada para o funcionamento do sistema, proporciona a movimentação e o dinamismo do mesmo;

- Materiais: são os recursos utilizados pelo sistema como meios de produzir as saídas (produtos ou serviços). São denominados de *operacionais* quando utilizados para a conversão ou transformação de outros recursos como por exemplo máquinas, instalações, equipamentos, ferramentas, instruções e utensílios. Também, podem ser chamados *produtivos* (ou matéria-prima), quando da sua transformação ou conversão em produtos ou serviços.

Slack *et al*, (2009), também define *Output* (saída), como a etapa ou resultado final de um sistema, partindo do princípio que, todo sistema pode produzir uma ou várias saídas geradas a partir de suas entradas (*inputs*) e, que essas saídas são o resultado das operações do sistema exportadas para o meio ambiente no qual está inserido.

### 2.1.2 EFICIENCIA E EFICÁCIA

Eficácia de uma empresa na visão de Chiavenato (2003), é em termos econômicos, a capacidade de satisfazer uma necessidade da sociedade por intermédio do suprimento de seus produtos, sendo eles bens ou serviços. Já para Mello *et al* (2005), eficácia corresponde à

capacidade que uma unidade produtiva tem para atingir a produção estabelecida como meta, e está condicionada apenas ao que é produzido, não considerando os recursos utilizados no processo de produção. Uma definição sucinta é estabelecida por Correa e Correa (2012), para os autores eficácia faz referência à extensão segundo a qual os objetivos foram atingidos, ou seja, se as necessidades dos clientes ou outros grupos de interesses da organização foram satisfeitas.

Ainda utilizando as afirmações desses autores, Chiavenato (2003), afirma que eficiência é uma relação entre os recursos aplicados e o produto resultante (bens ou serviços), ou seja, refere-se à razão entre a despesa e a receita, entre o esforço e o resultado alcançado. Mello *et al* (2005), corroboram com essa afirmação quando defendem que eficiência é a comparação entre o que foi produzido, dado a disponibilidade de recursos, com a produção que poderia ter sido alcançada com esses mesmos recursos. Já Correa e Correa (2012), definem eficiência como sendo a medida econômica de utilização dos recursos da organização, quando promovem determinado nível de satisfação dos clientes ou outros grupos de interesse dessa organização.

### 2.1.3 PRODUTIVIDADE

O quociente da razão entre a quantidade do que foi produzido e a quantidade do que foi gasto para produzir denomina-se produtividade (MELLO *et al* 2005). Na visão de Correa e Correa (2012), produtividade corresponde a uma medida da eficiência com que os recursos de entradas (*insumos/inputs*) de um sistema de agregação de valor são transformados em saídas (produtos ou serviços/*outputs*). Para simplificar, essa relação é demonstrada em (1).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Saídas/Outputs}}{\text{Entradas/Inputs}} \quad (1)$$

## 2.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA

É importante relembrar que a eficácia ? está condicionada à quantidade de produto produzida por uma determinada unidade produtiva, que a produtividade corresponde à razão entre produtos e recursos utilizados (representada em unidades de medidas inerentes ao problema estudado). Já a eficiência pode ser obtida, comparando-se a produtividade de unidades produtivas, considerando-se que essa produtividade é representada em unidades

decorrentes do problema específico a ser estudado. Este processo de comparação de produtividade entre unidades produtivas é denominado de “análise de eficiência” (MELLO *et al*, 2005).

Sobre essa questão, Correa & Correa (2012), discorrem que essa diferenciação é de grande importância porque não só identifica duas importantes dimensões de desempenho, como também, chama a atenção para se perceber que existem razões internas (uso dos recursos) e externas (nível de produtos/serviços), para perseguir determinados cursos de ação, onde o nível de desempenho de uma determinada operação está condicionado aos níveis de eficiência e eficácia inerentes às ações adotadas na sua execução.

Três importantes definições são postas (CORREA & CORREA, 2012):

- **Medição de desempenho** – como sendo o processo de quantificação da eficiência e da eficácia das ações tomadas por uma operação;
- **Medidas de desempenho** – são as métricas usadas para quantificar a eficiência e a eficácia das ações; e
- **Um sistema de medição de desempenho** pode ser definido como um conjunto de coerente de métricas usado para quantificar ambas, a eficiência e a eficácia das ações.

Comparando-se um indicador de desempenho com o valor máximo que esse indicador pode alcançar, levando-se em conta o ambiente e os recursos disponíveis, obtém-se um índice de eficiência (MARIANO, 2007). O autor afirma ainda que dentre os diversos tipos de sistemas em que o conceito de eficiência pode ser aplicado, tem-se como um dos mais importantes, os sistemas produtivos, cuja principal característica é a produção de um conjunto de saídas (*outputs*), a partir de um conjunto de entradas (*inputs*), originando o conceito de eficiência produtiva. Eficiência produtiva de uma DMU é o valor resultante da comparação entre o valor observado e o valor ótimo na relação *input-output* (produtividade) (LOVELL, 1993).

Devido a intensificação da competitividade entre as organizações nos últimos anos, tornou-se cada vez mais importante que estas operem com eficiência produtiva, pois em caso que podem afetar na competitividade, nos custos e nos retornos da empresa/instituição. Embora isso não ocorra com a mesma intensidade em instituições do setor público, é de fundamental importância que as organizações/instituições conheçam antecipadamente o seu nível de eficiência em relação aos seus concorrentes (ambiente externo), ou entre suas filiais/

unidades operacionais (ambiente interno), de forma que, em caso de percebida a ineficiência, a organização/instituição possa reagir rapidamente e tomar decisões que revertam positivamente essa situação.

O conceito de eficiência produtiva não está restrito somente a organizações do setor de manufatura, genericamente pode ser aplicado como já foi dito, a qualquer organização que seja capaz de transformar um conjunto de *inputs* (entradas) em um conjunto de *outputs* (saídas). Genericamente, uma organização é produtivamente melhor do que outra, ou seja, tem maior eficiência produtiva, porque tomou decisões para o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, decisões essas que podem ser em diversos aspectos, contratação de mão de obra mais qualificada, aquisição de novas tecnologias, melhores práticas gerenciais, entre outras, ficando evidente que, a melhoria na produtividade se deu em virtude de alguma decisão que foi tomada. Partindo desse princípio, as unidades produtoras tomaram decisões, e podem, portanto, serem denominadas “Unidades que Tomam Decisão”. Usualmente utiliza-se uma sigla vinda da tradução para o inglês, a tradução correspondente é *Decision Making Unit*, e a sigla resultante é DMU.

Nesse contexto, as organizações ou unidades produtivas, mesmo as que não tomam decisões nenhuma passam a ser chamadas de DMUs (MELLO, 2005; SHERMAN & ZHU, 2006; MARIANO, 2007; OZCAN, 2014).

Para medidas de desempenho, dois métodos de análise da eficiência produtiva são apresentados (MARIANO, 2007):

a) os métodos paramétricos, que, apoiados numa função produção, relacionam os *inputs* às máximas quantidade de *outputs* possíveis de serem produzidas; e

1. Funções Pré-determinadas
2. Fronteira Estocástica

b) os métodos não-paramétricos que, empiricamente, constroem uma fronteira de eficiência que servirá de base para a análise da eficiência.

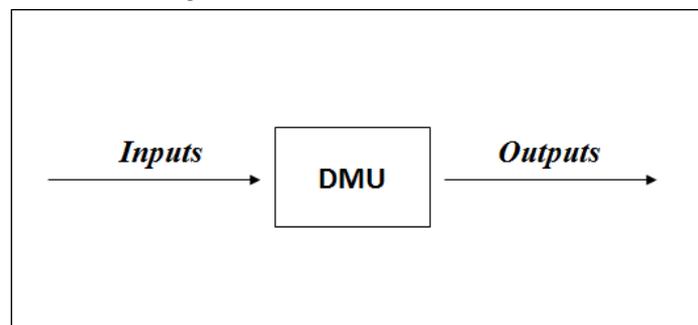
- 1- Técnicas dos Números-índices
- 2 – Análise por Envoltória de Dados (DEA).

Cada um desses métodos possui características, modelos e perspectivas próprias a partir das quais ele possa ser ou não utilizado. Nesta pesquisa foi adotado, o método não paramétrico DEA por melhor se encaixar no contexto do problema analisado.

### 2.3 ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS

Análise por envoltória de Dados – DEA (do inglês *Data Envelopment Analysis*) é um método não-paramétrico apoiado em pesquisa operacional, que permite realizar *benchmarking* entre as unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Unit - DMUs*), com o objetivo de medir a eficiência entre essas DMUs (COOPER, *et al* 2002). O autor afirma que esta técnica permite a utilização de múltiplos insumos de entrada (*inputs*) e múltiplos produtos de saída (*outputs*), sendo que, as DMUs envolvidas devem estar no mesmo contexto de produção, ou seja, desempenhar tarefas semelhantes, utilizar os mesmos insumos e conseqüentemente gerar múltiplos produtos ou serviços também semelhantes, diferenciando-se nas quantidades de recursos utilizados como entradas (*inputs*) e nas quantidades de produtos ou serviços (*outputs*) gerados (MARIANO, 2007). A Figura 2.1 abaixo, ilustra graficamente a entrada de insumos (*inputs*), a DMU como unidade de transformação dessas entradas em saídas (*outputs*) que podem ser produtos ou serviços finais dessa DMU.

Figura 0.3 – Processo de uma DMU.



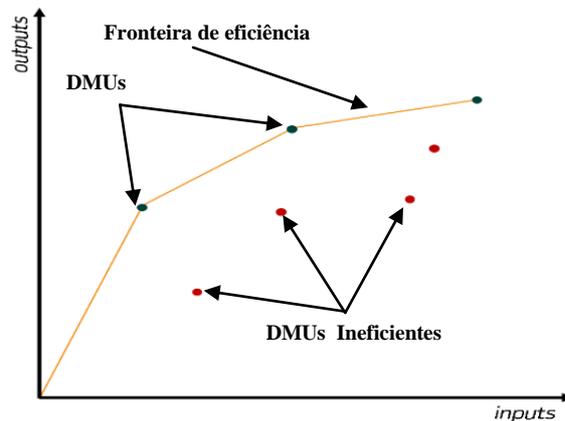
Fonte: adaptado de Mariano, (2007).

A técnica de Análise por Envoltória de Dados (DEA), desenvolvida inicialmente por Charnes, Cooper & Rhodes (1978), é um método de avaliação de desempenho desenvolvido para avaliar organizações do setor público sem fins lucrativos. A experiência que deu origem ao método foi um estudo comparativo do desempenho de alunos de escolas públicas norte americanas, cujo objetivo era analisar a relação de adesão ou não desses alunos a um determinado programa de acompanhamento de estudantes carentes. Cada unidade escolar envolvida foi tratada como uma DMU, ou Unidade Tomadora de Decisão e um modelo de otimização matemática foi utilizado para avaliar os múltiplos insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*). Considerando as hipóteses de retornos de escala, ou seja, considerar que há um

retorno escalar na produção ao se aumentar os insumos (entradas), e de livre descarte, onde para determinado nível de insumos é possível produzir a quantidade máxima de produtos/serviços ou qualquer quantidade abaixo disso. A partir dessa consideração, os autores estabeleceram uma curva máxima de produção denominada fronteira de eficiência. Uma **fronteira de eficiência** (Figura 2.2) é o lugar geométrico ocupado por todas as DMUs consideradas eficientes (MARIANO *et al*, 2006).

A segunda geração (meados de 1960 a início de 1970). Foi pautada na estagnação dos empregos especializados, concentração e aumento da produtividade nas indústrias. O modelo de inovação *market pull* era impulsionada pela necessidade do mercado, centrada em produtos existentes.

Figura 0.4 – Fronteira de Eficiência do DEA.

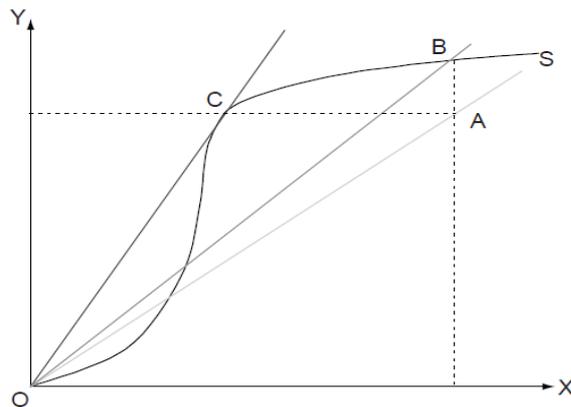


Fonte: Adaptado de ILOS (2015).

Mello *et al* (2005), afirma que, a Análise de Envoltória de Dados não faz nenhuma suposição funcional (não utiliza função) e considera que a produção máxima de um grupo de unidades poderia ser alcançada por intermédio da observação das unidades (DMUs) mais produtivas.

Seja num plano cartesiano onde apresenta-se a relação entre *inputs* e *outputs*. Considere que na Figura 2.3 o eixo X representa os recursos (*inputs*) e o eixo Y representa a produção (*outputs*). Assim, a curva S representa a fronteira de eficiência. A região abaixo da curva é chamada de Conjunto Viável de Produção.

Figura 0.5 – Produtividade X Eficiência.



Fonte: Figueiredo e Mello (2009)..

As unidades *B* e *C*, são ditas eficientes uma vez que, estão localizadas na fronteira de eficiência, entretanto, a unidade *C* é a mais produtiva. Pode-se observar este fato comparando-se os coeficientes angulares das retas *OA*, *OB* e *OC*. Conforme a Figura 2.3, comparando a produtividade com a eficiência, nota-se que, quanto maior for o coeficiente angular, maior será a relação entre produtividade e eficiência. A unidade *A* possui alguma produtividade, mas não é eficiente.

Existem duas formas de levar uma unidade não eficiente a tornar-se eficiente. A primeira é reduzindo os recursos e mantendo constantes os produtos (isto é, orientação a *inputs*) e, a segunda forma é fazendo o inverso (orientação a *outputs*), (CHAVES, 2007).

Na Figura 2.3, a DMU *A* é ineficiente e, dependendo da estratégia adotada, ela pode encontrar um ponto na fronteira eficiente. Ao procurar aumentar os produtos (resultados) com os mesmos insumos, ela pode migrar para o ponto *B*. Todavia, uma outra opção seria reduzir excessos de recursos disponíveis e conseguir os mesmos produtos com utilização de menos recursos (ponto *C*).

? Em contexto onde os aspectos financeiros não são considerados os mais relevantes ou não são aplicáveis, a análise da envoltória de dados se mostra adequada. Nesta técnica, não se faz necessária a conversão dos insumos e produtos em unidades monetárias nem sua atualização para valores presentes (MELLO *et al* 2005; SHERMAN & ZHU, 2006).

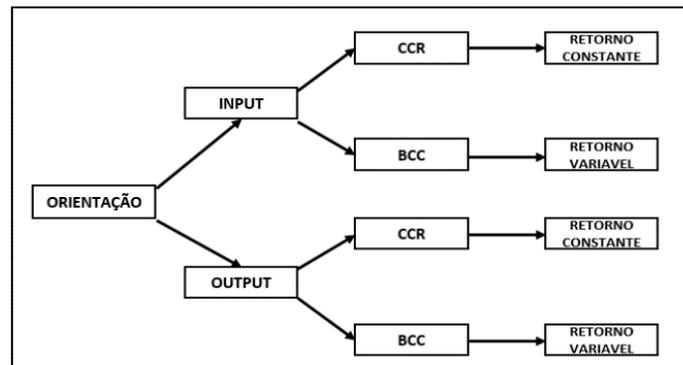
## 2.4 MODELOS DEA

Existem vários tipos de modelos DEA que podem ser usados dependendo das condições do problema a ser analisado. Os modelos DEA relativos a uma determinada situação podem

ser identificados com base na orientação e no retorno obtido na escala do modelo (OZCAN, 2014). A Figura 2.4 ilustra a escolha da orientação (*input x output*) e retorno de escala (constante x variável).

Os modelos CCR e BCC são denominados clássicos e são apresentados nas subseções a seguir, (MELLO *et al*, 2008).

Figura 0.6 – Classificação dos Modelos DEA.



Fonte: Adaptado de Ozcan (2014)

#### 2.4.1 MODELO CCR

O modelo CCR (a sigla faz alusão ao nome de seus autores Charnes, Cooper e Rodhes), baseia-se em retornos constantes de escalas. Esse modelo também é conhecido como CRS (*Constant Return Scale*, ou Retorno Constante de Escala). Para este modelo, caso haja uma variação nos dados de entrada, espera-se uma variação proporcional na saída, ou vice-versa (CHARNES *et al*, 1978). Este modelo também avalia a eficiência total da DMU. Eficiência total é o valor correspondente à capacidade que uma determinada DMU tem de transformar proporcionalmente e de maneira produtiva seus *inputs* em *outputs* (MARIANO, 2017).

O CCR identifica quais DMUs são eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão as unidades ineficientes (SOUZA & WILHELM, 2009). Na formulação matemática do CCR, considera-se que cada DMU  $k$ , onde  $k = 1, \dots, s$ , é uma unidade de produção que utiliza  $n$  *inputs*  $x_{ik}$ , sendo  $i = 1, \dots, n$ , para a produção de  $m$  *outputs*  $y_{jk}$ ,  $j = 1, \dots, m$ .

Este modelo pode maximizar o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e dos *inputs* (FARREL, 1957), estabelecendo uma restrição de que esse quociente, para qualquer DMU não pode ser superior a 1. Sendo  $h_0$  a eficiência da DMU<sub>0</sub> em análise;  $x_{i0}$  e  $y_{j0}$  são respectivamente os *inputs* e *outputs* da DMU<sub>0</sub>;  $v_i$  e  $u_j$  correspondem aos pesos desses *inputs* e

*outputs* a serem calculados pelo modelo. Pode-se observar em 4 a formulação matemática desse modelo.

$$\max h_0 = \sum_{j=1}^m u_j y_{j0} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n v_j x_{j0} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m u_i y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \leq 0, \quad k = 1, \dots, s \quad (4)$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad \forall x, y$$

Onde:

$h_0$  = eficiência da DMU 0 (zero)

$n$  = quantidade total de inputs

$m$  = quantidade total de outputs

$k$  = quantidade total de DMUs

$y_{jk}$  = valor de outputs  $j$  para a DMU  $k$

$x_{ik}$  = valor de input  $i$  para a DMU  $k$

$y_{j0}$  = valor de output  $j$  para a DMU<sub>0</sub> (DMU observada)

$x_{i0}$  = valor de input  $i$  para a DMU<sub>0</sub> (DMU observada)

cujas as variáveis são:

$u_j$  = peso referente ao output  $j$

$v_i$  = peso referente ao input  $i$

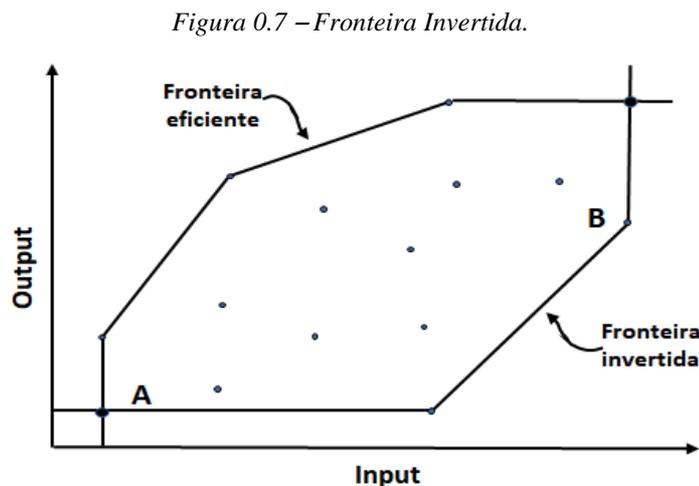
#### 2.4.2 MODELO BCC

O modelo BCC (Banker, Charnes, Cooper), também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale* ou Retorno Variável de Escala) permite identificar diferentes tipos de eficiência de produção (MARIANO, 2007), levando em consideração a variação de escala, não assumindo a proporcionalidade entre os *inputs* e *outputs* (BANKER *et al*, 1984; MELLO *et al* 2008). Utiliza a formulação dual, sendo este normalmente utilizado para o *benchmarking* (MELLO *et al* 2005).

Miranda (2015) afirma que o modelo BCC pressupõe que as unidades avaliadas apresentem retornos variáveis de escala, ou seja, os retornos consideram que o acréscimo em uma unidade de insumo pode gerar um acréscimo não proporcional no volume de produtos, permitindo identificar uma diferença entre a eficiência técnica e a eficiência de escala, (MELLO *et al* 2008).

Quando muitas unidades produtivas alcançam a fronteira de eficiência, há uma dificuldade dos gestores em definir qual a melhor unidade produtiva (MIRANDA, 2015). Para uma melhor diferenciação dessas unidades, pode-se fazer uso do conceito de **fronteira invertida**. A fronteira invertida consiste numa inversão proposital onde os insumos passam a ser considerados como produtos, e os produtos como insumos (MELLO *et al* 2008). Este processo possibilita pelo menos duas interpretações úteis: (a) a fronteira passa a ser ocupada pelas unidades com as piores práticas gerenciais (poderia ser denominada de fronteira ineficiente); e (b) essas mesmas unidades produtivas tem as melhores práticas considerando a posição contrária.

Este procedimento força as unidades produtivas a sempre ter um bom desempenho na execução de todas as suas tarefas, pois adiantará ser ótima somente em algumas tarefas e outras, não. A Figura 2.5 demonstra graficamente as duas fronteiras (clássica e invertida) para o modelo DEA BCC.



*Fonte: Adaptado de Silveira et al (2012).*

Nesse modelo também é possível analisar uma combinação das duas fronteiras, num procedimento denominado eficiência composta (SILVEIRA *et al.*, 2012). Para o autor a eficiência composta é obtida por intermédio da média aritmética entre a fronteira padrão e a

fronteira invertida menos 1), conforme a equação 5, e representa a máxima eficiência de uma DMU.

$$EficienciaComposta = (EficienciaPadrão + (1 - EficiênciaInvertida))/2 \quad (5)$$

A linearização para o problema de equação fracionária do modelo BCC é apresentado na equação (8).

Onde  $h_0$  é a eficiência da DMU<sub>0</sub> em análise;  $x_{ik}$  corresponde ao *input*<sub>*i*</sub> da DMU<sub>*k*</sub>,  $y_{jk}$  representa o *output*<sub>*j*</sub> da DMU<sub>*k*</sub>;  $v_i$  e  $u_j$  são respectivamente os pesos dos *input*<sub>*i*</sub> e *output*<sub>*j*</sub>;  $u^*$  é estabelecido como um fator de escala, dessa forma, segue-se as representações do modelo BCC orientado ao *input* e ao *output* respectivamente.

a) Modelo BCC na forma dos multiplicadores orientado ao *input*:

$$\max h_0 = \sum_{j=1}^m u_j y_{j0} + u^* \quad (6)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^n v_j x_{j0} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^m u_i y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i y_{ik} + u^* \leq 0, \quad k = 1, \dots, s \quad (8)$$

$$u_j v_i \geq 0 \quad \forall x, y$$

$$u^* \in \mathbb{R}$$

b) Modelo BCC na forma dos multiplicadores orientado ao *output*:

$$\min h_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v^* \quad (9)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^n u_j y_{j0} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^m v_i x_{jk} - \sum_{i=1}^n u_i y_{ik} + v^* \leq 0, \quad k = 1, \dots, s \quad (11)$$

$$u_j v_i \geq 0 \quad \forall x, y$$

$$u^* \in \mathbb{R}$$

Onde:

$h_0$  = eficiência da DMU 0 (zero)

$n$  = quantidade total de inputs

$m$  = quantidade total de outputs

$k$  = quantidade total de DMUs

$y_{jk}$  = valor de outputs  $j$  para a DMU  $k$

$x_{ik}$  = valor de input  $i$  para a DMU  $k$

$y_{j0}$  = valor de output  $j$  para a DMU<sub>0</sub> (DMU observada)

$x_{i0}$  = valor de input  $i$  para a DMU<sub>0</sub> (DMU observada)

cujas as variáveis são:

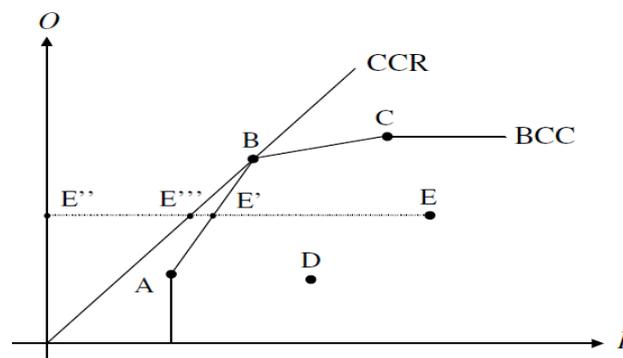
$u_j$  = peso referente ao output  $j$

$v_i$  = peso referente ao input  $i$

$u^*$  e  $v^*$  = fatores de escala

Graficamente, as fronteiras desses dois modelos (CCR e BCC) em DEA é demonstrada na Figura 2.6. Nesta figura, as unidades A, B e C representam DMUs eficientes no modelo BCC, sendo apenas a unidade B considerada eficiente no modelo CCR. Em ambos os modelos, as unidades D e E são consideradas ineficientes. A eficiência da DMU E é representada nos dois modelos a partir das seguintes relações,  $(E''E'''/E''E)$  e por  $(E''E'/E''E)$ .

Figura 0.6 – Fronteiras DEA BCC e CCR.



Fonte: Justino, Junior e Gomes (2014).

### 2.4.3 MÉTODOS DE RESTRIÇÃO DOS PESOS

Existem na literatura diversos métodos de restrição de pesos [JUSTINO, JUNIOR & GOMES, 2014]; [ALCÂNTARA, SANT'ANNA & LINS, 2003]:

- a) Restrições diretas aos pesos, que propõe o estabelecimento de limites numéricos aos multiplicadores objetivando não superestimar ou ignorar *inputs* ou *outputs* na análise;
- b) Método de Regiões de Segurança (*Assurance Region – AR*) que limita a variação dos pesos a uma determinada região, divide-se em *AR Tipo I* e *AR Tipo II*;
- c) Método *Cone Ratio*, método que permite uma transformação da base de dados original de modo a que o modelo com restrições possa ser implementado em um *software* para modelos DEA;
- d) Restrição contingente dos *inputs* e *outputs* virtuais, abordagem que propõe a imposição de limites relativos às participações de cada *input* (ou *output*) no *input* virtual; e
- e) Restrições aos *inputs* e *outputs* virtuais, baseado no fato de que a contribuição de um *input* à DMU é  $v_i x_i$ , de forma que um critério de seleção pode ser o de incluir apenas os *inputs* e *outputs* que contribuirão de “maneira significativa” aos benefícios relevantes de uma DMU.

## 2.5 REVISÃO DA LITERATURA

A literatura apresenta diversos modelos matemáticos (paramétricos e não paramétricos) na avaliação de desempenho das mais diversas áreas ou setores. Modelos paramétricos e não-paramétricos foram utilizados para analisar a eficiência da produção de leite em (SOUZA, 2003), Bressiani, Heineck & Roman (2010) utilizaram indicadores paramétricos para orçamento e avaliação da qualidade de projetos. Uma nova metodologia digital para planejamento urbano utilizando modelos paramétricos foi proposta por Pinto (2013). Peng *et al* (2012) avaliaram o desempenho da proteção contra incêndio de oito países. Os autores se basearam nas estatísticas de incêndios desses países e aplicaram DEA para obtenção dos resultados. Justino, Júnior & Gomes (2014) avaliaram os cursos de graduação de uma instituição de ensino superior privada utilizando a Análise por Envoltória de Dados (DEA). Carrillo & Jorge (2016) utilizaram DEA para construir um ranking de eficiência de sistemas regionais de saúde na Espanha.

Sherman & Zhu (2006) afirmam que os modelos DEA têm se sobressaído no decorrer dos anos em virtude do seu objetivo primário: realizar uma comparação de um determinado número de unidades produtivas (DMUs) que realizam tarefas semelhantes, sob um mesmo contexto de produção, mas se diferenciam na quantidade de recursos consumidos e nas saídas produzidas, tornando-se dessa forma uma importante ferramenta de *benchmark*.

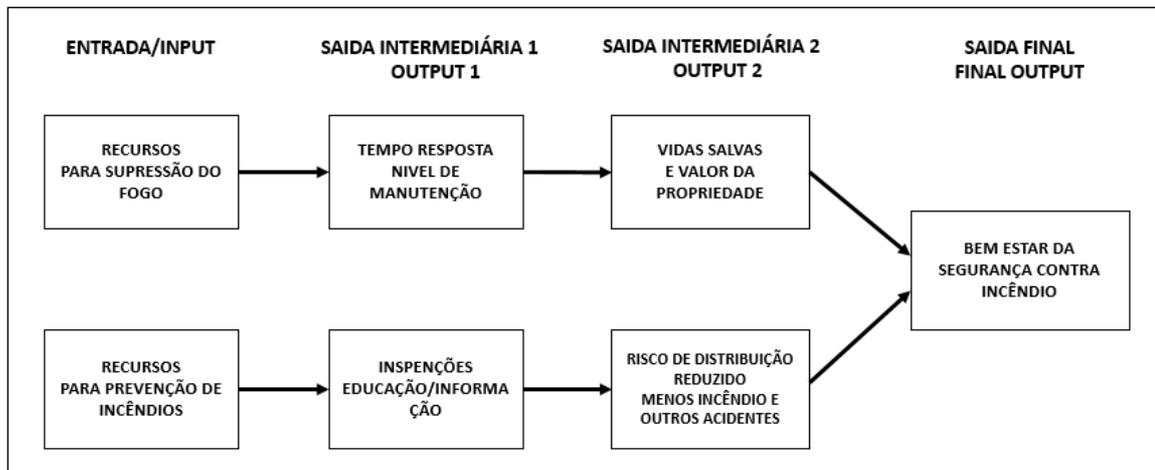
Assim como na obra original (avaliar o desempenho de organizações do setor público sem fins lucrativos), atualmente DEA tem sido amplamente utilizado como uma poderosa técnica de avaliação de desempenho (SHERMAN & ZHU, 2006), de organizações públicas e de bombeiros na execução de suas atividades.

Jaldell (2002) apresenta em sua tese intitulada “*Essays On The Performance Of Fire And Rescue Services*” uma compilação de cinco artigos que demonstram o uso de modelos matemáticos na análise de desempenho de unidades de bombeiros que efetuam serviços de combate a incêndio e serviços de salvamentos na Suécia, donde chama-se a atenção para o uso da Análise por envoltória de Dados (DEA), abordagem adotada neste estudo.

Na sua primeira abordagem, intitulada “Os problemas de definição de saídas na produção de serviços do sector público - um debate com aplicação para o serviço de combate aos incêndios” discute-se uma forma de como as entradas e saídas devem identificadas e medidas no sector público e como elas poderiam ser utilizadas em estudos de produtividade e eficiência. O estudo é realizado em dois níveis diferentes, a saber: Nível vertical e nível horizontal.

O principal objetivo aqui foi identificar os problemas de definir entradas e saídas ao executar estudos da eficiência e da produtividade para o setor público. Os problemas foram discutidos com ênfase em serviços de combate a incêndios e culminou com a elaboração de um quadro de como proceder com uma análise de eficiência e produtividade, conforme mostra a Figura 2.7 a seguir:

Figura 0.7 – Entrada e saída para os diferentes níveis de serviço de bombeiros.



Fonte: Adaptado de Jaldell (2002).

Numa segunda abordagem, o autor analisa o tamanho das equipas suíças de serviço de combate a incêndios e salvamentos – a análise é feita utilizando fronteira estocástica e painel de dados. Nesse estudo o autor buscou identificar qual o fator utilizado para definir o tamanho das equipas suíças para o serviço de combate a incêndios e salvamentos no período de 1989 a 1995. Um requisito de entrada da função fronteira é estimado usando métodos econométricos para a especificação de fronteira.

Os resultados mostraram que o tamanho da população foi o fator determinante para o tamanho das equipas de bombeiros. As diferenças de eficiências encontradas foram substanciais com média de entrada potencial de poupança de 30%.

A principal conclusão do estudo é que o tamanho dos efetivos depende principalmente do tamanho da população e que a eficiência média é baixa, cerca de 0,7. Transparecendo assim, que a tradição é também um fator relevante.

Na abordagem 3 Jaldell, (2002) investiga a eficiência na produção da primeira saída intermédia (tempo resposta: figura 13), a nível de espera. A saída “tempo de espera” tem duas dimensões: 1) o tempo de resposta do serviço de incêndio (quanto mais rápido o melhor), medido como o número de pessoas atingidas dentro de cinco a dez minutos; e 2) a supressão de energia (poder de combate), medido pelo número total de bombeiros no combate (quanto mais o melhor). Para o autor apenas o aspecto cooperativo desses grupos tem sido estudado, uma vez que não existem estatísticas sobre os recursos do lado administrativo. Uma análise

por envoltória de dados (DEA) foi utilizada, assumindo uma variável de retorno de escala, a tecnologia e incluindo fatores ambientais tais como população e área como entradas e saídas fixas. Segundo o autor, a razão para a escolha de DEA foi a não disponibilidade dos preços dos insumos para cada serviço de incêndio. A Eficiência média é calculada para cerca de 0,7.

Outro resultado apresentado, é que a maioria dos serviços de incêndio opera sob constante diminuição de retornos de escala.

Na quarta abordagem, Jaldell, (2002) analisa a mudança de produtividade do nível espera nos serviços dos bombeiros suecos entre 1992 e 1998. As mesmas variáveis do estudo anterior são utilizadas aqui. Um índice da produtividade de Malmquist é calculado, e os resultados mostraram que a produtividade diminuiu depois dos cortes de orçamento que muitos municípios sofreram. Em outras palavras: Os cortes de recursos na entrada (*inputs*) conduziram menos saídas (*outputs*). Os índices da produtividade são comparados também a algumas variáveis públicas bem escolhidas: O custo total do município, o custo total da cota de serviços de incêndio e a renda externado serviço de incêndios são os fatores que estatisticamente afetaram de forma significativa produtividade total.

Os resultados empíricos mostram que a produtividade diminuiu para completamente para serviços de incêndio em tempo misto. Menos entrada utilizada resultou em menos saída produzida.

O Autor finaliza sua pesquisa investigando formas de se encontrar diferenças de desempenho entre os serviços de combate a incêndios suecos utilizando uma variável de saída ordinal.

Neste último estudo, a segunda saída intermediária, isto é, o que acontece na cena do fogo, é estudado. A variável de saída é construída usando estatísticas sobre a propagação dos incêndios em casas particulares após a chegada da equipe de bombeiros.

As estatísticas sobre a propagação do fogo não são definidas como uma variável contínua, mas preferivelmente a medida da saída é ordinal. Esta medida foi então comparada com as entradas de tempo de resposta e tamanho da equipe de bombeiros (da mesma forma que o primeiro resultado intermediário).

A comparação foi feita usando um modelo ordinal do Probit e os resultados mostraram que o uso de mais bombeiros nas equipes de combate tem um efeito positivo sobre os incêndios nas habitações privadas, e que o desempenho não é afetado pelo uso de um tempo completo ou um tempo parcial por parte da equipe de combate a incêndio (bombeiros). Os

resultados indicaram também que o "espírito de equipe" é mais importante para o desempenho do que o número real de bombeiros no combate a um incêndio.

Lorenzo e Sánchez, (2007) avaliaram a eficiência de serviços municipais de iluminação pública na Espanha e destacaram a importância desse tipo de análise em virtude do impacto que os serviços prestados pelos municípios causam no padrão ou na qualidade de vida das pessoas.

Na ótica dos autores, na maioria dos casos, a produção dos serviços públicos é pouco significativa porque se limita a estimar somente a eficiência técnica que é calculada utilizando entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) físicas. Uma vez que a maior parte dos serviços públicos prestados pelos municípios são fornecidos através de diferentes tipos de gestão, essa pluralidade, torna-se da maior relevância para a avaliação de desempenho. Nesse estudo, a Análise por Envoltória de Dados (DEA) foi adotada pelos autores para analisar a eficiência dos serviços de iluminação pública em cidades espanholas buscando alcançar dois objetivos:

- 1) estimar a eficiência técnica alcançada; e
- 2) descobrir se as diferenças de eficiência têm relação com o tipo gestão escolhida, seja ela pública ou privada.

Os resultados alcançados confirmaram que existe uma relação significativa entre as variáveis definidas como entradas no processo e eficiência, porém, em alguns casos, essa relação é pouco significativa para as variáveis consideradas como saídas. Foi constatado também que os fatores que definem as características do ambiente e do tipo de gestão, seja ela pública ou privada, não têm impacto estatisticamente significativo nos níveis de eficiência.

De forma semelhante, Lan, Chuang & Chen (2009) utilizaram Análise Estocástica de Envolvimento de Dados (DEA) para analisar o desempenho futuro de unidades de bombeiros no condado de Tainan (China) através de duas etapas de resolução de problemas.

Na primeira etapa o valor aleatório da produção é aplicado e em seguida, DEA é utilizado para discutir a medição da eficiência futura das unidades de bombeiros do condado de Tainan.

Na etapa dois, a melhoria da eficiência e alocação de recursos são conduzidos por meio de uma análise de tendência de produção futura, e a futura escala otimizada de alocação de recursos humanos de combate a incêndios é determinada pela utilização da Escala de Eficiência do Número de Grupo (GESA).

Baseando-se na avaliação de tendências futuras, o estudo estabelece para os tomadores de decisão, estratégias de resposta adequadas para a uma melhor alocação de recursos

humanos na prestação do serviço, o estudo fornece também um referencial construtivo e uma abordagem quantitativa para resolver o problema de "como planejar o futuro para otimização recursos".

Peng *et al* (2012) a partir de uma perspectiva internacional, utilizaram a DEA para avaliar o desempenho da proteção contra incêndio de oito países (Dinamarca, Japão, Noruega, Cingapura, Eslovênia, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos), utilizando como base as estatísticas de incêndios do período de 2000 a 2008 lançadas pelo *World Fire Statistic Center*. Os resultados desse estudo mostraram Cingapura e Eslovênia como bons exemplos a serem seguidos e também que há uma necessidade de intercâmbio e cooperação entre esses oito países.

Recentemente, Aristovnik, Seljak & Mencinger (2014) analisaram a eficiência relativa de unidades policiais locais na Eslovênia. O estudo mede o desempenho das forças policiais a nível local utilizando uma abordagem de programação matemática não-paramétrica. Os autores buscaram medir a eficiência relativa das atividades policiais desse país a nível local, considerando que uma vez que o Estado aloca uma grande quantidade do seu orçamento para mais de um quarto dos funcionários públicos, que nesse caso, estão empregados na polícia, o uso eficiente desses torna-se ainda mais importante. O método de DEA em três estágios é apresentado e aplicado para medir a eficiência relativa dos dados relacionados ao trabalho policial nas unidades de polícia (considera-se unidades de polícia como Estação de Polícia ou *Police Station* (PS) em 2010, com controle adicional para fatores externos (ambientais)).

Os resultados obtidos no estudo através da análise empírica da DEA revelam que aproximadamente 80% das estações de polícia (PS) são ineficientes em relação aos seus pares. Numa análise mais aprofundada dos dados verificou-se que, em geral, estações de polícias (PSs) com mais de 50 postos ocupados são em média menos eficientes. Observou-se ainda que até certo ponto, as diferenças de eficiência entre as PSs são uma consequência de fatores externos que a gestão das unidades policiais não pode influenciar, mas ficou claro que essa diferença de desempenho se deu principalmente por uma melhor gestão e organização das unidades policiais ditas eficientes.

Para os autores, a metodologia apresentada e os resultados de eficiência obtidos podem ser uma valiosa ferramenta nas mãos da polícia ao decidir como alocar otimamente os recursos públicos limitados.

É relevante destacar que o estudo de Aristovnik, Seljak & Mencinger (2014), assim como o de Lan, Chuang e Chen (2009) demonstram que a aplicação do método de Análise por Envoltória de Dados (DEA) em unidades operacionais do setor público pode contribuir significativamente para a melhoria do planejamento estratégico e para a otimização da alocação de recursos públicos.

Numa experiência ainda mais recente de análise de performance, Li, Zhu & Zhuang (2017) avaliaram a nível de Estado, eficiência da proteção contra incêndio nos Estados Unidos da América (EUA). Os autores utilizaram uma nova abordagem de DEA em duas etapas distintas baseadas em um estudo empírico com dados de 2010 a 2014. O estudo revelou como resultado que: a) os cinco principais estados mais propensos a incitação de incêndios são respectivamente o Texas, Califórnia, Nova York, Flórida e o Estado de Illinois; e, b) Os EUA como um todo, tem uma taxa de eficiência da proteção contra incêndio relativamente baixa.

## 2.6 RESUMO DO CAPITULO

Neste capítulo, tratou-se do referencial teórico que serviu base a esta pesquisa, abordando-se os principais conceitos inerentes ao tema de forma a facilitar o entendimento dos capítulos posteriores. Também é mostrada a revisão da literatura onde diversos autores utilizaram DEA na análise da eficiência em diversos contextos.

No capítulo seguinte, será apresentada o estudo de caso envolvendo o Grupamento de Bombeiros do Estado do Pará e a aplicação da análise da envoltória dos dados, com a discussão dos resultados obtidos.

### 3 ESTUDO DE CASO

Este trabalho tem como proposta desenvolver e aplicar um modelo DEA para avaliar a eficiência de unidades operacionais do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará. Para este fim, como unidades de decisão (DMUs) foram selecionadas 20 UOps distribuídas em todo o Estado. Para a escolha do modelo a ser utilizado em DEA, deve-se considerar o tipo de orientação quanto o tipo de retorno, ou seja, se a orientação é a insumos (*inputs*) ou a produtos (*outputs*) e se o retorno será constante ou variável.

Para a realização deste estudo optou-se pela ferramenta DEA pelo fato da mesma ser considerada uma técnica não-paramétrica de análise de eficiência, que emprega programação matemática, em especial programação linear para construir fronteiras de unidades tomadoras de decisão (DMUs), que fazem uso de processos tecnológicos semelhantes na transformação de múltiplos insumos em múltiplos produtos, sob as mesmas condições de contorno. As fronteiras construídas pelo DEA são utilizadas para avaliar a eficiência relativa de cada DMU, servindo também como referência para o estabelecimento de metas eficientes para cada unidade produtiva.

Tendo em vista que, neste estudo de caso se deseja maximizar as saídas (produção) de diversas unidades operacionais - o que pode variar de uma para outra -, optou-se pelo modelo DEA BCC orientado ao produto (*output*) com retorno variável de escala, nesse contexto, esse modelo foi o que melhor se encaixou na análise do problema.

#### 3.1 CONTEXTO DO PROBLEMA

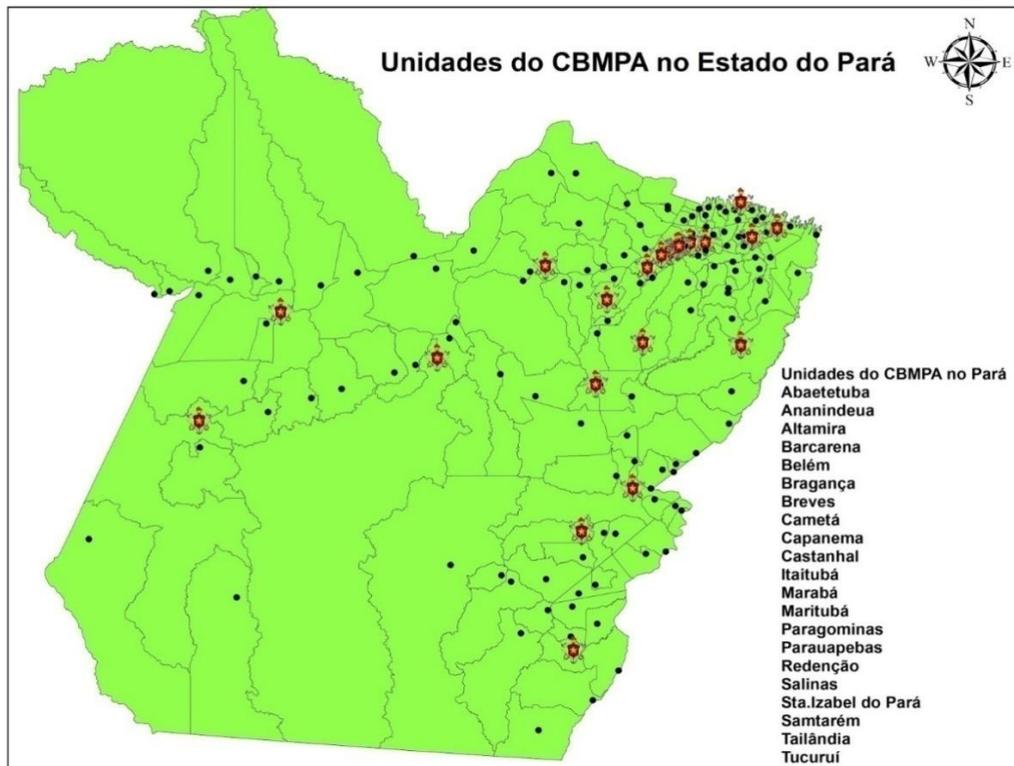
O Corpo de Bombeiros Militar Estado do Pará (CBMPA), como instituição do Sistema de Segurança Pública, através de suas Unidades Operacionais, realiza atividades complexas na sua prestação de serviços à população. Salvamento, atendimento pré-hospitalar, combate a incêndios, resgate, inundações, entre outras. Para a realização dessas várias atividades, os comandantes de unidades dispõem de um limitado número de efetivo e uma limitada infraestrutura, porém, diversificada em forma de veículos, equipamentos, tecnologia, etc. Esses recursos representam um alto custo para o Estado e precisam ser direcionados com eficiência e eficácia, gerando o máximo de produtividade possível e respeitando os mecanismos delimitação orçamentária dentre os quais se encontra a Lei de Responsabilidade Fiscal - LRF (Lei Complementar nº 101, de 04 de maio de 2000).

O CBMPA lida com o atendimento ao que é mais valioso para um ser humano: a vida. Em sendo assim, a população espera que haja um pronto atendimento nos casos de urgência, com a total disponibilização dos recursos necessários para uma dada ocorrência. As limitações de recursos trazem como consequência, a percepção da sociedade quanto as deficiências operacionais da unidade do corpo de bombeiros que a atende.

Outro problema detectado é que, apesar do aumento populacional ocorrido nos últimos anos, não houve um investimento proporcional na melhoria dos recursos operacionais (humanos e físicos) do CBMPA. Com isso, a população que precisa ser atendida com qualidade, padece das limitações que são impostas devido à falta ou insuficiência destes recursos.

Atualmente o CBMPA é composto, além do Comando Geral, por 37 unidades operacionais no Estado, estando sete unidades restritas a grande Belém. As 30 demais unidades estão espalhadas (distribuídas) por 19 municípios (sem espaço) do Estado. A Figura 3.1 ilustra o mapeamento dessas unidades em todo o Estado do Pará.

*Figura 0.8 – Mapeamento das Unidades de Bombeiros no Estado do Pará*



*Fonte: Santos (2017)*

Embora haja um grande esforço de cada comandante de unidade em gerir da melhor forma possível, os seus recursos para melhor atender a sua população (cliente) e se manter

dentro das limitações legais, há também um esforço de mantê-la dentre as “melhores” numa comparação entre as unidades operacionais existentes no Estado. Há uma comparação interna, adotada pelo Comando Geral, como ferramenta de avaliação de desempenho. Atualmente, uma comparação entre unidades operacionais do CBMPA só é possível por intermédio de relatório do Sistema Integrado do Corpo de Bombeiros do Pará – SISCOB, que leva em conta somente a quantidade parcial e total de atendimentos dentro de um determinado período, desconsiderando os tipos, condições e quantitativos de recursos de cada UOp. O que nem sempre retrata a realidade do cenário analisado, sendo este um modelo que pode levar a análises errôneas de eficiência dessas Unidades e, conseqüentemente, a decisões menos assertivas, prejudicando a gestão interna do CBMPA. Nesse contexto, faz-se extremamente necessário a adoção e implementação de um modelo de análise de eficiência, que melhor represente os resultados das unidades operacionais e que, possa contribuir de forma mais assertiva para o processo de tomada de decisão na gestão estratégica do corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará.

### 3.2 ELABORAÇÃO DO MODELO

Com o problema real já definido, partiu-se então para a próxima etapa que tratou da construção do modelo. O modelo foi construído em sete etapas distintas, conforme apresentado no Figura 3.2 a seguir.

Etapa 1: Em virtude da necessidade de uma forma de avaliação de desempenho que atendesse melhor o CBMPA do que a utilizada atualmente (SISCOB), esta etapa envolve o levantamento de possíveis modelos para esta finalidade. Sendo então, escolhido o DEA – (*Data Envelopment Analysis*) por ser um método não paramétrico de análise eficiência e que melhor se atende a problemática apresentada;

Etapa 2: Representa a seleção do modelo DEA mais adequado ao problema estudado. Envolve o estudo dos diferentes modelos da DEA encontrados na literatura. Como resultado, optou-se pelo modelo BCC orientado ao *output* com retornos variáveis de escala, visto que não há proporcionalidade igual entre as entradas e o que se produz como saída.

Etapa 3: Designada para um brainstorming envolvendo possíveis dados que poderiam ser levantados para a análise do problema de eficiência das unidades do CBMPA. Dentre as referências usadas como base inicial, tem-se o estudo de [JALDELL, 2002] que é um estudo de caso semelhante, bem como uma pesquisa na base do SISCOB sobre as atividades

desempenhadas pelas unidades do CBMPA no ano de 2016. Como resultado desta etapa, chegou-se a um total de 13 itens possíveis de uso nesta análise (Tabela 3.1);

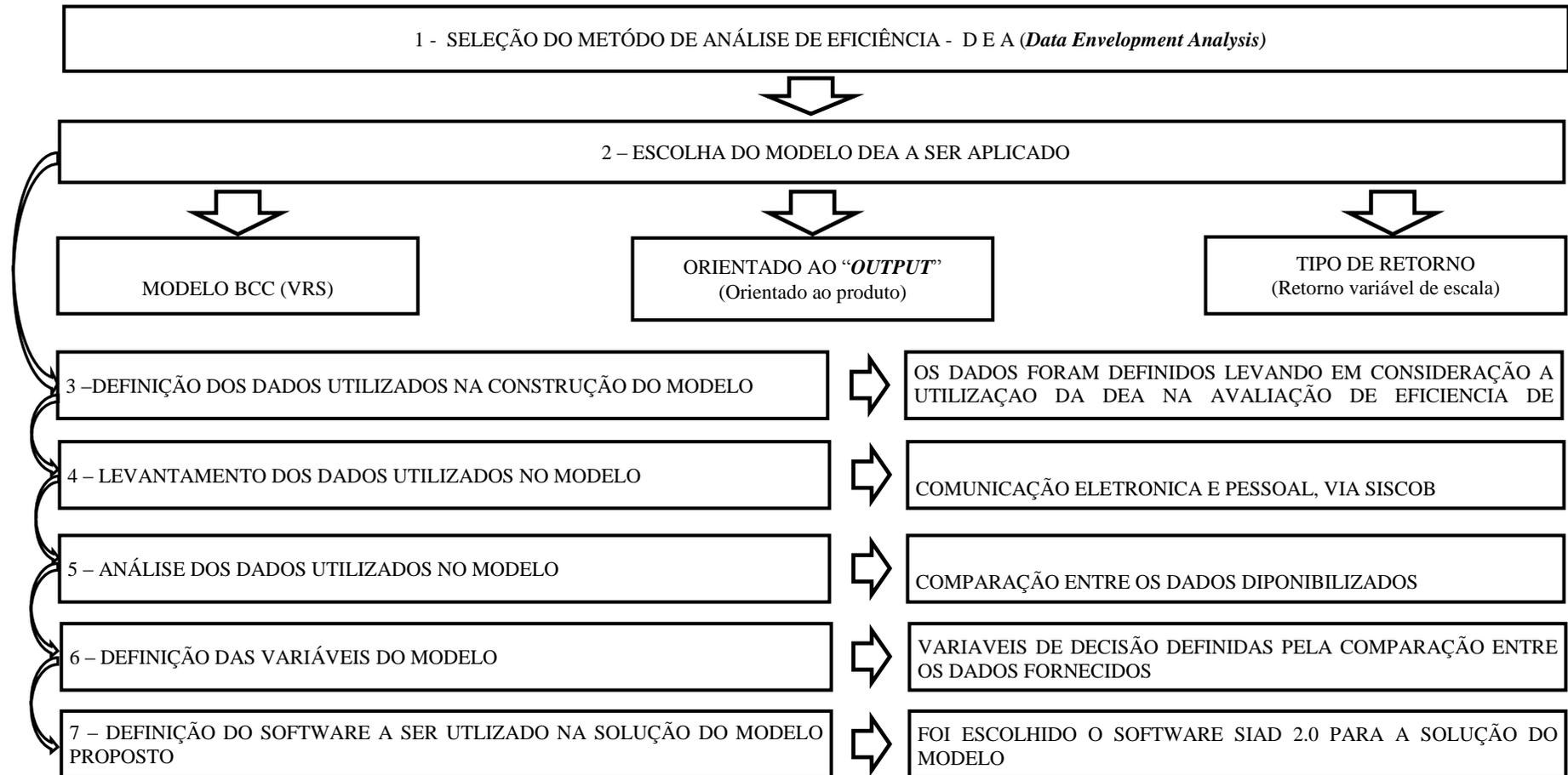
Etapa 4: Uma vez definidas as variáveis a serem adotadas, esta etapa representa a fase de coleta de dados. Para esta, foi necessário a autorização do Comando Geral do CBMPA. A solicitação foi feita mediante carta de solicitação para fornecimento de dados (Anexo A) enviada pela UFPE. A autorização foi dada em 05/12/16 mediante publicação do Boletim Geral Nº 211 (Anexo B). Após autorização, os dados foram coletados por intermédio de comunicação eletrônica com as unidades, comunicação pessoal e através do sistema utilizado pela instituição (SISCOB). Como resultado desta etapa, obteve-se a quantificação desses dados e a organização dos mesmos em planilhas para posterior sumarização;

Etapa 5: Nesta etapa representa a fase de análise dos dados, donde analisou-se os dados das 37 unidades já sumarizados na etapa anterior. Na identificação dos *outliers*, 17 unidades foram retiradas pois apresentaram algum tipo de inconsistência. Como resultado, chegou-se a 20 unidades a serem analisadas usando o DEA;

Etapa 6: De posse dos dados já analisados, nesta etapa foram definidas as variáveis de decisão e o método de restrição de pesos adequado.

Etapa 7: Com as variáveis já definidas, nesta fase da pesquisa foram analisados diversos softwares DEA para análise da eficiência, optando-se pelo SIAD 2.0, por melhor se encaixar nessa proposta. A Etapa 7 engloba então, a utilização do software escolhido para a condução das análises com o DEA.

Figura 0.9 - Densidade demográfica dos estados brasileiros.



Fonte: Elaboração própria.

### 3.3 DEFINIÇÃO E SELEÇÃO DAS DMUs

Mello et al (2005), argumenta que ao se construir uma aplicação com o DEA é de fundamental importância que as unidades produtivas escolhidas como DMUs estejam sob as mesmas condições de utilização das entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), variando somente na intensidade de produção, ou seja:

- Utilização das mesmas variáveis de entrada, variando somente na quantidade das mesmas;
- Os processos devem ser homogêneos, isto é, realizar as mesmas tarefas com os mesmos objetivos;
- Produzir sob as mesmas condições de contorno;
- Ter autonomia para a tomada de decisão.

Deve-se identificar também, no universo das DMUs selecionadas, a existência de algum *outlier*, ou seja, alguma DMU que apresente características diferentes das demais, devendo esta ser excluída do conjunto de DMUs a serem analisadas de forma a evitar distorções ou mascaramento nos resultados obtidos.

Até a conclusão desta pesquisa haviam 37 Unidades Operacionais no CBMPA, das quais foram igualmente coletados os dados solicitados para esta análise, porém, durante a etapa de coleta de dados, 17 UOps apresentaram dados duplicados ou atípicos (*outliers*), apontando para uma possível inconsistência na análise, por esse motivo optou-se por descartá-las a fim de se evitar prejuízos na interpretação dos resultados. Assim, para esse estudo, foi considerado um total de 20 unidades operacionais do CBMPA, dentre as existentes até 2016, sendo as mesmas, nesse contexto, denominadas DMU's (*Decision Making Unit*). As DMUs escolhidas e suas respectivas localidades estão na Tabela 3.1

No processo de definição do quantitativo de DMUs para esta análise, levou-se em conta a recomendação de Banker *et al* (1978). O autor recomenda que, para que o modelo adotado proporcione confiabilidade na discriminação entre as DMUs, o número de DMUs deve ser igual a três vezes a soma total das variáveis de decisão. No caso desta pesquisa, chegou-se a um total de 20 (vinte) DMUs, podendo-se portanto, fazer uso de até 6 (seis) variáveis de decisão para a análise.

*Tabela 0.1 – Descrição das DMU's e suas localidades.*

<b>DMU</b>	<b>NOME</b>	<b>LOCALIDADE</b>
1	1° GBM	Belém
2	2° GBM	Castanhal
3	3° GBM	Ananindeua
4	4° GBM	Santarém
5	5° GBM	Marabá
6	6° GBM	Barcarena
7	7° GBM	Itaituba
8	8° GBM	Tucuruí
9	9° GBM	Altamira
10	10° GBM	Redenção
11	11° GBM	Breves
12	12° GBM	Santa Isabel
13	13° GBM	Salinópolis
14	14° GBM	Tailândia
15	15° GBM	Abaetetuba
16	17° GBM	Vigia
17	19° GBM	Capanema
18	22° GBM	Cametá
19	23° GBM	Parauapebas
20	24° GBM	Bragança

*Fonte: Esta pesquisa.*

### 3.4 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

No DEA, a escolha das múltiplas variáveis de entrada e saída do problema deve ser efetuada, a partir de uma ampla lista de possíveis variáveis ligadas ao modelo. A partir dessa listagem é possível se obter um maior conhecimento sobre as unidades produtivas, que serão analisadas possibilitando a melhor identificação das diferenças entre essas unidades.

A solicitação dos dados utilizados nesta pesquisa foi efetuada mediante cartas institucionais de encaminhamento enviadas eletronicamente (comunicação oficial), ao Comandante Geral do CBMPA, bem como aos demais setores responsáveis pelo armazenamento dos dados. A autorização para uso dos dados foi publicada no BG (Boletim Geral) de número 211, de 05 de dezembro de 2016. Parte dos dados foram obtidos por intermédio do Sistema Integrado do Corpo de Bombeiros do Pará – SISCOB, outra parte através de comunicação eletrônica com os gestores ou seus representantes das unidades pesquisadas e com o Comando Operacional – COP do CBMPA. O site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, também foi uma das fontes de dados para esta pesquisa. O conjunto de dados solicitados corresponde ao ano de 2016 e estão dispostos na Tabela 3.2 a seguir.

Tabela 0.2 - Dados solicitados para a análise

DADOS SOLICITADOS A INSTITUIÇÃO			
FONTE	ORD.	DESCRIÇÃO	MÉTRICAS
SISCOB	1	Total de ocorrências por cidade	Somatório dos diferentes tipos de ocorrência que ocorreram no ano de 2016 por cidade com unidades de bombeiros
	2	Total de ocorrências por Unidade	Somatório de ocorrências por unidade atendidas em 2016
	3	Total de incêndios por tipo	Somatório dos diferentes tipos de incêndio que ocorreram no ano de 2016 por cidade com unidades de bombeiros
	4	Total de incêndio por unidade	Somatório de incêndios por unidade atendidas em 2016
	5	Total de salvamentos por tipo	Somatório dos diferentes tipos de salvamento que ocorreram no ano de 2016 por cidade com unidades de bombeiros
	6	Total de salvamento por unidade	Somatório de salvamentos por unidade atendidas em 2016
	7	Total de prevenção/auxílio por tipo	Somatório das ocorrências de prevenção e auxílio que ocorreram no ano de 2016 por cidade com unidades de bombeiros
	8	Total de prevenção/auxílio por unidade	Somatório de prevenção/auxílio por unidade atendidas em 2016
	9	Total de APH (Atendimento Pré-hospitalar) por tipo	Somatório dos atendimentos Pré-hospitalares que ocorreram no ano de 2016 por cidade com unidades de bombeiros
	10	Total de APH por unidade	Somatório dos atendimentos Pré-hospitalares por unidade atendidas em 2016

	11	Total de ocorrências por tempo resposta	Somatório das ocorrências, considerando o tempo levado para o atendimento que ocorreram no ano de 2016 por cidade com unidades de bombeiros
UNIDADES /COP	12	Total de efetivo por unidade	Somatório do Efetivo empregado por unidade no ano de 2016
	13	Total de VTRs (viaturas) por unidade	Somatório de Viaturas por unidade no ano de 2016
IBGE	14	Índice Populacional	Número de habitantes em cada localidade com unidade de bombeiros no ano de 2016

Fonte: Esta pesquisa

Do conjunto de dados listados acima, os itens 12 (total de Efetivo) e 13 (total de VTRs) foram levantados e enviados a este pesquisador pelos representantes dos gestores de cada unidade pesquisada e pelo COP/CBMPA. Já os itens de 1 a 11 da tabela foram levantados através de uma pesquisa no SISCOB realizada de forma padronizada para cada unidade operacional tendo 2016 como ano de referência. O Item 14 foi pesquisado no site do IBGE.

A Figura 3.3 ilustra uma das telas do Sistema Integrado do Corpo de Bombeiros do Pará – SISCOB, utilizada para essa pesquisa.

Figura 0.10 – Padrão de pesquisa realizado no SISCOB.

The screenshot shows the 'Estatísticas de Ocorrências' page in a web browser. The browser address bar shows 'siscob.bombeiros.pa.gov.br/estatistica/index.php'. The page title is 'Estatísticas de Ocorrências'. Below the title, there are two main sections: 'Parâmetros de Pesquisa' and 'Tipos de Pesquisas'. The 'Parâmetros de Pesquisa' section includes fields for 'Entre o período de:' (01/01/2013 a 31/12/2015), 'Na região:' (Parauapebas), 'No bairro:' (Qualquer Bairro), 'Atendido pelo quartel:' (23º GBM - PARAUAPEBAS), 'No turno:' (Diurno), 'Tipos de Ocorrências:' (checked: Incêndio, Salvamento, Prev. & Aux., APH), and 'Vítimas:' (Com ou Sem Vítimas). The 'Tipos de Pesquisas' section has a 'Todas' button selected and several filter boxes: 'Gerais' (unchecked: Ocorrências em Geral, checked: Ocorrências por Cidade, Ocorrências por Unidade, Per Mês de Chamada, Per Horário de Chamada, checked: Per Tempo Resposta, Per Caract. do Local, Per Situação da Ocorrência, Per Vítimas, Per Viaturas, Per Gravidade da Vítima), 'Incêndios' (checked: Por Tipos de Incêndio, unchecked: Por Causas de Incêndio, Por Tipos de Transporte, Por Tipos de Edificação, Por Tipos de Vegetação), 'Salvamentos' (checked: Por Tipos de Salvamento, unchecked: Por Classes de Salvamento, Por Descriminação de Salvamento), and 'Prevenção & Auxílio' (checked: Por Tipos de Prev. & Aux., unchecked: APH, checked: Por Tipos de APH). A 'Pesquisar' button is at the bottom.

Fonte: SISCOB.

A partir dessa listagem preliminar de 14 indicadores de gestão utilizados pelo CBMPA, foram definidas os 06 (seis) variáveis utilizadas nesta dissertação. A escolha das variáveis para esse trabalho levou em conta que, uma das características do modelo DEA é que o uso de uma grande quantidade de indicadores pode fazer com exista uma tendência a que todas as DMUs sejam consideradas eficientes. Uma vez que, o modelo DEA admite o uso de múltiplas variáveis de entrada e saída, o critério de seleção adotado nesta pesquisa foi a utilização de variáveis utilizadas nos indicadores de desempenho e produtividade das unidades operacionais do CBMPA, considerando-se que estas variáveis tenham uma relação de causa-efeito entre as variáveis de entrada e de saídas. Dessa forma, foram selecionados os itens 4, 6; 10; 12; 13; e 14 como indicadores a serem utilizados nesta análise.

Para fins de tomada de decisão mais eficaz, faz-se necessário levar em consideração dados de períodos mais recentes, dessa forma, optou-se por realizar uma comparação das unidades operacionais com base no ano de 2016.

As variáveis de entrada e saída ficaram assim definidas:

a) Variáveis de entrada:

Input\_1: TOT\_EFE: Total de efetivo por Unidade (item 12 na Tabela 3.2);

Input\_2: TOT\_VTRs: Total de Viaturas por Unidade (item 13 na Tabela 3.2)

Input\_3: POP\_LOC: Índice Populacional (item 14 na Tabela 3.2)

b) Variáveis de saída:

Output\_1: TOT\_INC: Total de incêndio por unidade (item 4 na Tabela 3.2)

Output\_2: TOT\_SAL: Total de salvamento por unidade (item 6 na Tabela 3.2)

Output\_3: TOTAPH: Total de Atendimento Pré-hospitalar por unidade (item 10 na Tabela 3.2)

O *Input\_1* (Total de efetivo por unidade), foi selecionado dada a sua importância como recurso básico de cada Unidade Operacional, definido pela [Lei nº 667/69](#) - Reorganização das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados e a Lei nº 7.480, de 17 de novembro de 2010 - Lei de fixação do efetivo do Corpo de Bombeiros Militar do Pará.

O *Input\_2* (Total de VTRs por unidade) é outro fator de relevante importância nas atividades de bombeiros (força de supressão do fogo) que, mesmo não sendo informado o aspecto legal que estabelece o padrão de distribuição do quantitativo de viaturas por unidades, os gestores afirmaram que em cada unidade de bombeiro deve-se obrigatoriamente ter como

estrutura mínima, 01 (uma) viatura de resgate, 01 (uma) viatura de salvamento e 01 (uma) viatura de combate a incêndios.

O *Input\_3* (índice populacional), tem importância crucial nos trabalhos de bombeiros pelo fato de que, além de ser a principal beneficiada nas atividades do CBMPA, também serve como um dos parâmetros principais para alocação e realocação de recursos.

Os *outputs* (produtos) adotados para este modelo, assim como os *inputs*, também foram selecionados, levando-se em conta a relação de causa e efeito entre as entradas e as saídas. Os *Output\_1* (Total de incêndio por unidade) está relacionado com o total de incêndios atendidos/evitados e preservação de propriedades; *Output\_2* (Total de salvamento por unidade) é referente quantidade salvamentos como preservação do bem maior que é a vida; e *Output\_3* (Total de APH por unidade) é referente a quantidade de intervenções pré-hospitalares (APH) para evitar que as vítimas chegassem à óbito.

Estes índices são relevantes porque representam parte dos principais serviços (produtos), que as unidades de bombeiros prestam às suas populações clientes (sociedade local), visando o bem-estar e a segurança contra incêndios dessas populações. Como trabalho futuro, pode-se considerar outras variáveis além dessas escolhidas, como forma de refinar o modelo adotado e trazer novas informações sobre a eficiência dessas DMUs.

Na seleção das variáveis de decisão, procurou-se respeitar os critérios estabelecidos por Cooper *et al* (2002), para as variáveis de entrada e saída de cada uma das DMUs utilizadas nesse modelo. Segundo o referido autor, nesses casos, os seguintes critérios devem ser atendidos:

- A escolha das variáveis e DMUs devem representar o interesse dos gestores. Nesse modelo, os *inputs* escolhidos são itens sobre os quais os comandantes exercem um determinado controle e influência, bem como uma certa autonomia para tomada de decisão.
- É recomendado que, as variáveis de entrada e saída sejam dados numéricos positivos e que se prefira um uso menor de variáveis de entrada em comparação com a quantidade de variáveis de saídas. Para este modelo, os dados numéricos adotados são positivos para cada DMU sob análise e a quantidade de variáveis de saída é igual a quantidade de entradas;
- A aplicação dos modelos CCR e BCC é recomendada quando, a quantidade de DMUs sob análise é igual ou três vezes maior que a soma das variáveis de entrada e

saída, sendo que a não observância a este critério pode colocar a análise em risco, uma vez que os modelos clássicos de DEA podem não proporcionar uma boa discriminação das DMUs quanto à sua eficiência. Este critério também é satisfeito no modelo proposto pelo fato de serem adotadas 20 (vinte) DMUs, admitindo-se o uso de até 6 (seis) variáveis de decisão, sendo este quantitativo adotado para esta análise.

Após a sumarização dos dados coletados, são apresentados na Tabela 3.3 de forma estruturada, as 20 (vinte) DMUs, as variáveis de decisão e seus respectivos valores para posterior solução do modelo proposto.

*Tabela 0.3 Dados das variáveis de decisão adotadas para cada uma das DMUS do modelo proposto*

D M U s	ANO DE REFERENCIA DA ANALISE – 2016					
	<i>INPUTS</i>			<i>OUTPUTS</i>		
	<i>INPUT_1</i>	<i>INPUT_2</i>	<i>INPUT_3</i>	<i>OUTPUT_1</i>	<i>OUTPUT_2</i>	<i>OUTPUT_3</i>
	T. EFETIVO	T. VTRs	POPULAÇÃO	T. INCENDIO	T. SALVAMNTO	T. APH
1	77	08	1.446,042	331	69	31
2	92	09	192.571	124	13	1.029
3	80	05	510.834	294	63	11
4	95	14	294.447	487	52	326
5	68	09	266.932	337	50	523
6	60	05	118.537	117	18	361
7	59	09	98.485	105	19	389
8	48	10	108.885	176	24	268
9	38	05	109.938	119	35	328
10	46	06	81.647	61	13	94
11	50	08	99.080	41	11	149
12	50	04	67.686	53	07	238
13	59	08	39.328	132	41	382
14	46	08	100.300	104	19	402

15	59	08	151.934	164	53	1.046
16	39	06	51.705	56	11	142
17	66	07	66.759	53	07	346
18	52	05	132.515	79	08	386
19	48	10	196.259	185	27	426
20	51	05	122.881	46	15	325

*Fonte: Esta pesquisa*

Na sessão seguinte serão apresentados os resultados desta pesquisa, onde serão demonstradas as etapas de solução do problema utilizando o Software SIAD v3.0, bem como a validação do modelo proposto.

### 3.5 ESCOLHA DOS PESOS

Na sessão 2.4.3, apresentam-se alguns modelos adotados na literatura para a seleção dos pesos num modelo DEA. Para este estudo, face a impossibilidade de atribuir graus de importância distintos para as diversos tipos de ocorrências atendidos pelos bombeiros, optou-se então por utilizar o método de restrições aos *inputs* e *outputs* virtuais, que é baseado no fato de que, a contribuição de um *input* à DMU é  $v_i x_i$  (em que  $x_i$  = valor de *input*  $i$  para a DMU observada e  $v_i$  = peso referente ao *input*  $i$ ) de maneira que os pesos são escolhidos incluindo-se apenas os *inputs* e *outputs* que contribuirão de “maneira significativa” aos benefícios relevantes de uma DMU.

### 3.6 RESULTADOS ALCANÇADOS

Nesta sessão serão apresentados a implementação do modelo, o software escolhido para rodar o modelo, os resultados alcançados e uma análise crítica dos resultados.

#### 3.6.1 SOFTWARE UTILIZADO

Ferramentas diversas de análise em DEA podem ser encontradas atualmente, algumas são distribuídas gratuitamente para fins de uso acadêmico e outras são disponibilizadas comercialmente. Como exemplo, podemos citar o SisDEA Home v1, desenvolvido pela

empresa Pelli Sistemas e é compatível com a plataforma Windows; o DEA FrontierFree desenvolvido por JOE ZHU; DEA SOLVER, que é um produto desenvolvido pela SAITECH, entre diversas outras soluções para este fim.

Nesta pesquisa, optou-se por utilizar o Sistema Integrado de Apoio a Decisão -SIAD – (ÂNGULO MEZA et al., 2004), software na versão 3.0, gratuito para uso de fins acadêmicos e compatível com a plataforma Windows. O software calcula todos os resultados dos modelos DEA clássicos (eficiência, pesos, alvos, *benchmarks*, folgas, e fronteira invertida). O SIAD permite se trabalhar com até 100 (cem) DMUs e 20 (vinte) variáveis, entre *inputs* e *outputs*, oferece ainda uma interface gráfica amigável que possibilita duas formas de entrada de dados no sistema, digitando-se os dados diretamente no software a partir de uma grade de entrada vazia com prévia indicação da quantidade de variáveis e DMUS, ou, a partir da importação de um arquivo em formato “.txt” com os dados já incorporados, o que facilita a implementação da análise. A Figura 3.4 mostra a tela de entrada dos dados do SIAD com os dados já inseridos.

Figura 0.11 – Tela de entrada de dados do SIAD.

The screenshot shows the 'Entrada de Dados' window in SIAD. It features a table titled 'Matriz de Dados' with the following data:

DMUs	TOT_VTR	POP_LOC	TOT_INC	TOT_SAL	TOT_APH
10°GBM	6	81647	61	13	94
11°GBM	8	99080	41	11	149
12°GBM	04	67686	53	7	238
13°GBM	8	39328	132	41	382
14°GBM	8	100300	104	19	402
15°GBM	8	151934	164	53	1046
17°GBM	6	51705	56	11	142
19°GBM	7	66759	53	7	346
22°GBM	5	132515	79	8	386
23°GBM	10	196259	185	27	426
24°GBM	5	122881	46	15	325

On the right side, there are configuration options: 'Modelo' set to 'BCC (VRS)', 'Orientação' set to 'Output', and 'Avançado' set to 'Nenhum'. At the bottom, there are buttons for 'Editor', 'Salvar', 'Cancelar', 'Calcular', and 'Multicritério'.

Fonte: Mello et al (2005).

### 3.6.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA

O primeiro cenário considerado para análise nesta pesquisa foi para detectar a eficiência relativa de cada unidade operacional (DMUs). Como o objetivo desse estudo é voltado para a maximização dos resultados das UOps, considerando os recursos existentes em cada unidade, optou-se pelo uso modelo BCC com orientação ao *output* e com retornos variáveis de escala

em detrimento do modelo CCR, que adota retornos constante escala. Essa escolha ocorreu pelo fato de que, embora as 20 (vinte) unidades analisadas trabalhem com os mesmos insumos e utilizem processos semelhantes para a geração das saídas também semelhantes, não há uma equiproporcionalidade entre o uso dos recursos e o volume de produção de cada UOp. O modelo BCC melhor retrata a eficiência entre DMUs de tamanho e de capacidade produtiva diferentes.

Após a implementação (processamento) do modelo no *software* SIAD 3.0, os resultados são apresentados na Tabela 3.4 (referente ao Anexo “C”), que ilustra a ordenação das vinte DMUs analisadas e suas respectivas eficiências relativas.

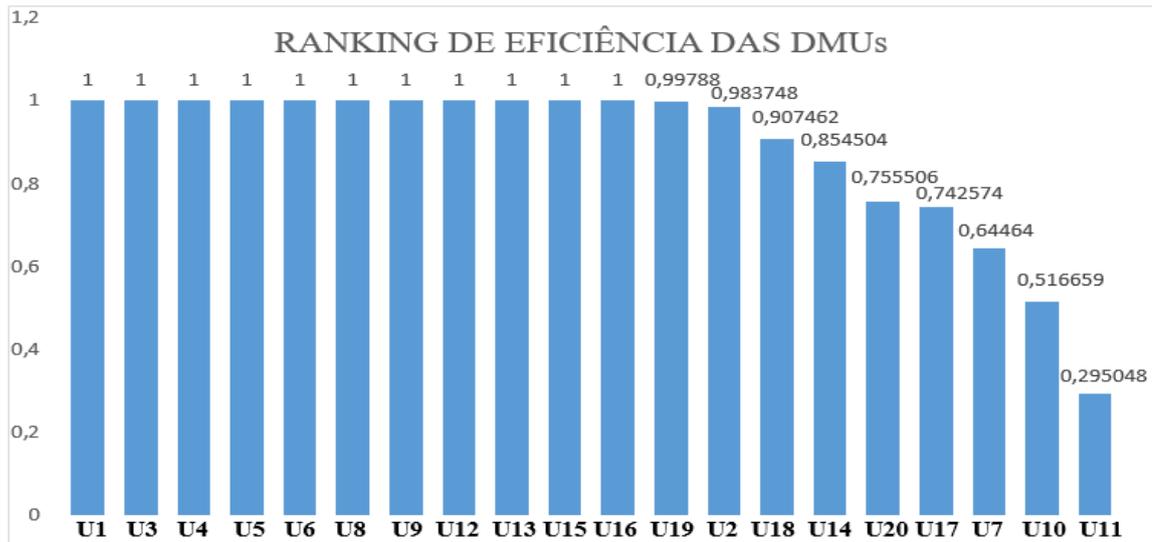
Para uma melhor visualização da classificação efetuada, a Figura 3.5 ilustra de forma gráfica o ranking ordenado das DMUs após o processamento dos dados.

Tabela 0.4 - Eficiência das DMUs

DMUs	UOPs	EFICIÊNCIA
U1	1°GBM	100%
U2	2°GBM	98%
U3	3°GBM	100%
U4	4°GBM	100%
U5	5°GBM	100%
U6	6°GBM	100%
U7	7°GBM	64%
U8	8°GBM	100%
U9	9°GBM	100%
U10	10°GBM	52%
U11	11°GBM	30%
U12	12°GBM	100%
U13	13°GBM	100%
U14	14°GBM	85%
U15	15°GBM	100%
U16	17°GBM	100%
U17	19°GBM	74%
U18	22°GBM	91%
U19	23°GBM	100%
U20	24°GBM	76%

Fonte: Esta pesquisa

Figura 0.12 – Ranking ordenado.



Fonte: Adaptado de Miranda (2015).

Temos então, como resultado da função objetivo as seguintes DMUs cem por cento eficientes ocupando a fronteira de eficiência: U1, U3, U4, U5, U6, U8, U8, U12, U13, U15 e U16.

### 3.6.3 CÁLCULO DA FRONTEIRA INVERTIDA

Um dos propósitos desta pesquisa é evidenciar de fato uma ordenação de eficiência das DMUs analisadas que melhor possa apoiar a gestão no processo de tomada de decisão. O uso de modelos DEA são de grande vantagem por permitir se construir a ordenação das DMUs independentemente da opinião dos decisores, porém, a DEA é extremamente benevolente com as DMUs envolvidas no problema, ao permitir que elas considerem apenas algumas variáveis, principalmente aquelas que lhe são mais favoráveis. Esse viés pode resultar em empates entre as DMUs 100% eficientes, ocasionando uma baixa discriminação entre as DMUs analisadas. Para contornar essa problemática e se construir um *ranking* de eficiência mais assertivo, considerou-se a análise da Fronteira Invertida ou fronteira ineficiente, que, consiste em fazer, no modelo usado, uma inversão nos *inputs* e nos *outputs* e também na orientação adotada. A principal utilidade desse mecanismo é proporcionar uma melhor extratificação das DMUs quando houver uma grande quantidade de DMUs eficientes ocupando a fronteira, bem como excluir do grupo, as DMUs com desempenho ótimo em somente alguma variável. A fronteira invertida é formada pelas DMUs com as piores práticas gerenciais, ou seja, quanto mais

eficiente, pior a DMU. Pode-se também afirmar que, sob uma ótica oposta, as DMUs que ocupam lugar na fronteira ineficiente adotam as melhores práticas gerenciais.

No caso desta pesquisa, para se considerar a fronteira invertida, as entradas (*inputs*) passaram a ser as saídas (*outputs*) e as saídas passaram a ser entradas. O modelo adotado, que inicialmente era de maximização orientado ao produto passa a ser considerado de minimização com orientação ao insumo.

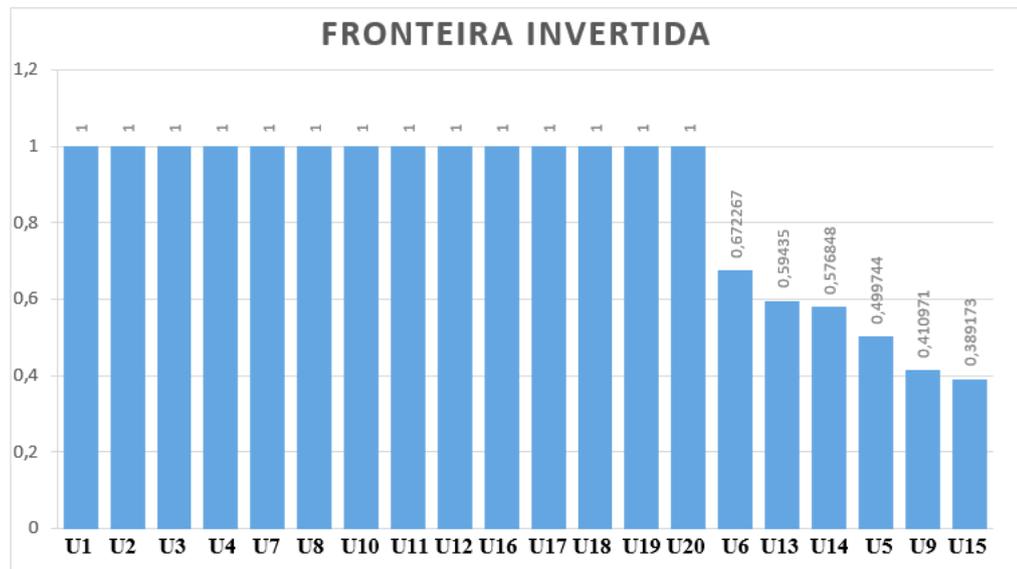
A partir dessa nova formulação para o problema, obteve-se o resultado com uma nova ordenação que pode ser observada na tabela 3.5 (referente ao Anexo “E”) e na figura 3.6 que demonstra de forma gráfica o novo ranking das DMUs.

*Tabela 0.5 - Cálculo da Fronteira Invertida*

DMUs	UOP	Front Invertida
U1	1°GBM	100%
U2	2°GBM	100%
U3	3°GBM	100%
U4	4°GBM	100%
U5	5°GBM	50%
U6	6°GBM	67%
U7	7°GBM	100%
U8	8°GBM	100%
U9	9°GBM	41%
U10	10°GBM	100%
U11	11°GBM	100%
U12	12°GBM	100%
U13	13°GBM	59%
U14	14°GBM	58%
U15	15°GBM	39%
U16	17°GBM	100%
U17	19°GBM	100%
U18	22°GBM	100%
U19	23°GBM	100%
U20	24°GBM	100%

*Fonte: Esta pesquisa*

Figura 0.13 – Gráfico da Fronteira Invertida.



Fonte: Esta pesquisa

Sob a ótica dessa análise, pode-se observar que a U15 (15º GBM), destaca-se como a DMU menos eficiente, seguida das DMUs U9, U5, U14, U13 e U6.

### 3.6.4 CÁLCULO DA EFICIÊNCIA COMPOSTA

Para a obtenção de um ranking definitivo entre as DMUs analisadas neste estudo de forma a deixar claro qual a mais eficiente do conjunto analisado, levou-se em conta o cálculo da eficiência composta, como forma de contornar a baixa discriminação entre as DMUs. Este resultado foi alcançado pela obtenção da média aritmética entre a eficiência padrão e o valor resultante do complemento (subtração da eficiência invertida pela unidade) [MELLO et al 2008; MIRANDA, 2015]. A equação (8) expressa matematicamente essa afirmação.

$$.EficiênciaComposta = \frac{EficiênciaPadrão + (1 - EficiênciaInvertida)}{2} \quad (8)$$

A partir da obtenção dos resultados das duas fronteiras (Padrão e Invertida), os resultados da eficiência composta são demonstrados na Tabela 3.6 (referente ao Anexo “D”) na coluna Fronteira Composta\* com os resultados já normalizados.

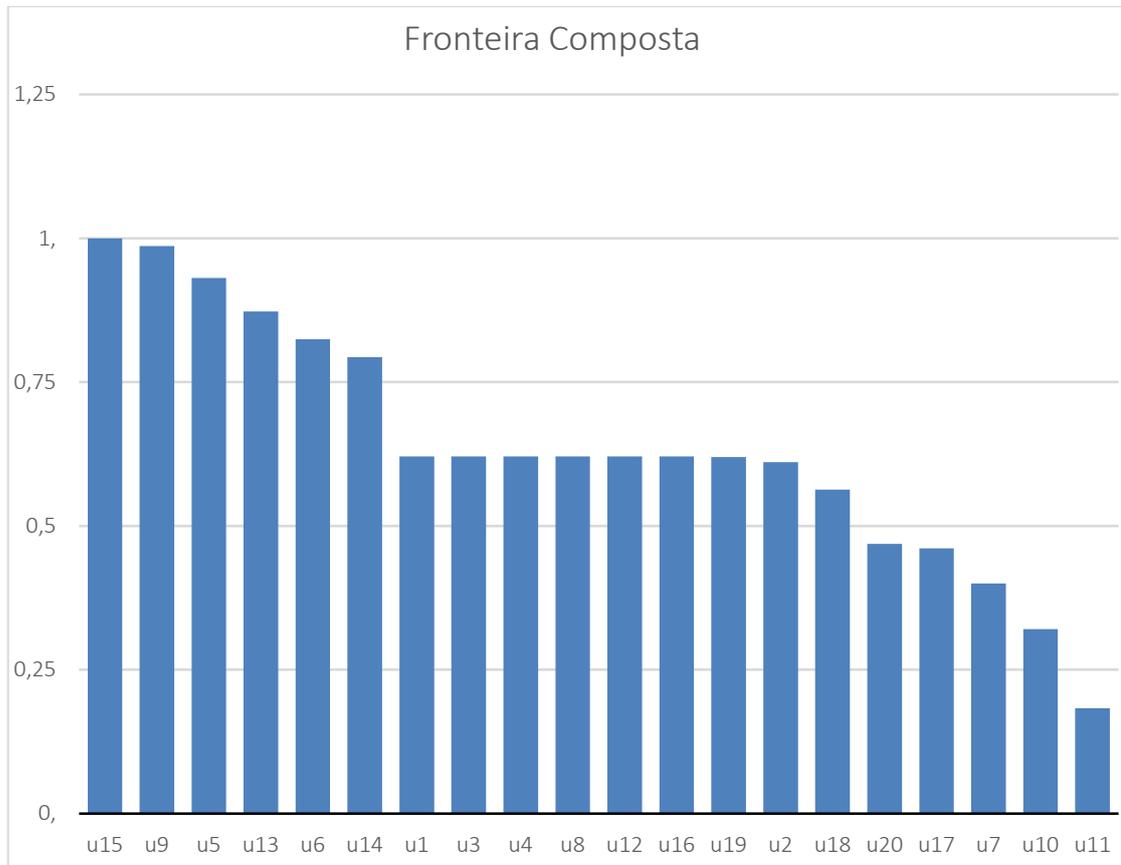
Tabela 0.6 - Eficiência composta

DMUs	UOP	FRONT PADRÃO	FRONT INVERTIDA	FRONT COMPOSTA	FRONT COMPOSTA*
U1	1°GBM	1	1	0,5	0,620799
U2	2°GBM	0,983748	1	0,491874	0,61071
U3	3°GBM	1	1	0,5	0,620799
U4	4°GBM	1	1	0,5	0,620799
U5	5°GBM	1	0,499744	0,750128	0,931358
U6	6°GBM	1	0,672267	0,663866	0,824255
U7	7°GBM	0,64464	1	0,32232	0,400192
U8	8°GBM	1	1	0,5	0,620799
U9	9°GBM	1	0,410971	0,794514	0,986468
U10	10°GBM	0,516659	1	0,25833	0,320742
U11	11°GBM	0,295048	1	0,14754	0,183166
U12	12°GBM	1	1	0,5	0,620799
U13	13°GBM	1	0,59435	0,702825	0,872626
U14	14°GBM	0,854504	0,576848	0,638828	0,793168
U15	15°GBM	1	0,389173	0,805413	1
U16	17°GBM	1	1	0,5	0,620799
U17	19°GBM	0,742574	1	0,371287	0,460989
U18	22°GBM	0,907462	1	0,453731	0,563351
U19	23°GBM	0,99788	1	0,49894	0,619483
U20	24°GBM	0,755506	1	0,377753	0,469017

Fonte: Esta pesquisa

A Figura 3.7 ilustra graficamente a real eficiência das DMUs analisadas tendo como destaque a U15 (15° GBM) como a unidade mais eficiente (100%) do conjunto analisado, seguida das DMUs U9, U5, U13, U6 e U14.

Figura 0.14 – Gráfico de eficiência real das DMUs.



Fonte: Esta pesquisa

Os pesos atribuídos a cada uma das variáveis por intermédio do cálculo no modelo adotado na pesquisa podem ser analisados no Anexo “E”, bem como, as folgas (subutilização ou excesso de recursos) podem ser visualizados no Anexo “F”.

### 3.6.5 BENCHMARK DAS DMUs INEFICIENTES

Para uma melhor tomada de decisão por parte dos gestores, uma comparação (*benchmarking*) entre as UOp's faz-se necessária. As DMUs apontadas como eficientes servem de *benchmark* para aquelas consideradas ineficientes. A Tabela 3.7 (referente ao Anexo “D”) apresenta essa relação mostrando a DMU eficiente e o conjunto de DMUs ineficientes para o qual a mesma serve de referência.

Tabela 0.7–Benchmarks das DMUs analisadas

<b>BENCHMARKS DO MODELO</b>	
<b>DMU EFICIENTE</b>	<b>DMUs INEFICIENTES</b>
U3	U18
U4	U7
U5	U19
U8	U7; U11
U9	U10; U11; U14; U18; U19; U20
U12	U10; U17; U18; U20
U13	U7; U10; U11; U14; U17;
U15	U2; U7; U11; U14; U17; U18; U19; U20
U16	U10; U14

Fonte: Esta pesquisa

### 3.6.6 DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS

No cálculo da eficiência, obteve-se como resultado da função objetivo um total de 11 DMUs com 100%, sendo elas ordenadas: U1, U3, U4, U5, U6, U8, U8, U12, U13, U15 e U16. Neste cálculo, 9 (nove) das 20 DMUs analisadas foram consideradas ineficiente, a saber: U19, U2, U18, U14, U20, U17, U7, U10, U11. Estas últimas estão apresentadas numa ordem decrescente de eficiência, sendo então, a U11 a menos eficiente.

Com relação ao *benchmarking*, verificou-se que as DMUs eficientes servem de referência para as consideradas ineficientes, o que no caso desta pesquisa, do total analisado ficou assim distribuído: A DMU U3 é referência para U18; U4 é referência para U7; U5 é referência para U19; U8 é referência para U11; U9 é referência para U10, U11, U14, U18, U19 e U20; U12 é referência para U10, U17, U18 e U20; U13 é referência para U7, U10, U11, U14 e U17; U15 é referência para U2, U7, U11, U14, U17, U18, U19 e U20; e, por fim a DMU U16 é referência para U10 e U14.

No cálculo da Fronteira invertida, cujo objetivo é proporcionar uma melhor extratificação das DMUs (principalmente quando houver uma grande quantidade de DMUs eficientes ocupando a fronteira), obteve-se como resultado a classificação da DMU U15 (15°

GBM) como a menos eficiente, seguida das DMUs U9, U5, U14, U13 e U6. Isso ocorre porque neste tipo cálculo a fronteira é formada pelas DMUs com as piores práticas gerenciais. Sob uma ótica oposta, as DMUs que ocupam lugar na fronteira ineficiente ou fronteira invertida adotam as melhores práticas gerenciais, nesse contexto, o cálculo aponta a DMU U15 (15° GBM) como a mais eficiente.

Já no cálculo da eficiência composta, cujo objetivo é contornar a baixa discriminação entre as DMUs, e é alcançado mediante a obtenção da média aritmética entre a eficiência padrão e o valor resultante do complemento (1 - valor da eficiência invertida), obteve-se como resultado a DMU U15 (15° GBM) como a única unidade cem por cento (100%) eficiente de todo conjunto analisado (confirmando o resultado obtido com a fronteira invertida) seguida das DMUs U9, U5, U13, U6 e U14.

Dessa forma, das 20 UOps analisadas, chegou-se a um total de 11 DMUs ditas eficientes, porém ao calcular a fronteira invertida e a eficiência composta para uma melhor discriminação dos resultados, chegou-se às DMUs U15 (15° GBM) e U9 (9° GBM), como sendo os casos de sucesso na gestão dos recursos e que por isso podem ser vistas como referências para as demais DMUs.

Os resultados obtidos são de grande relevância para a Gestão do CBMPA, uma vez que evidencia a eficiência e ineficiência das UOPs analisadas podendo-se a partir dessas informações se estudar os motivos que ocasionam essa diferença na produção. A partir dos benchmarks encontrados, pode-se avaliar o quanto as DMUs ineficientes devem avançar (melhorar suas práticas) em direção as suas DMUs tidas como referências, melhorando com isso a prestação de serviço às populações atendidas pelos bombeiros no Pará. Ademais, conhecer matematicamente a melhor unidade operacional de um universo analisado pode proporcionar o estabelecimento de padrões de prestação de serviço que melhorem o atendimento à população, apoie a gestão no processo de tomada de decisão e contribua para uma melhor gestão dos recursos.

Dada a sua importância, como contribuição acadêmica, os achados desta pesquisa podem servir de base ou complemento para outros pesquisadores interessados no uso da DEA no estudo da eficiência de unidades de bombeiros, colaborando assim para fortalecer a literatura existente inerente ao tema.

### 3.6.7 ESTUDO EXPLORATORIO DAS DMUs EFICIENTES

Por limitação de tempo, para este trabalho, apenas duas DMUs foram consideradas nesse estudo exploratório, que baseou-se no depoimento dos gestores para se tentar identificar os motivos que fazem com que essas Unidades sejam consideradas eficientes (exploratório porque, buscou-se junto aos gestores dessas duas unidades: U15 e U9, extrair-se as características de gestão de cada uma delas). Um ponto relevante a se levantar foi o fato de que mesmo não se aplicando um instrumento formal para registro pós-estudo das informações dos gestores, observou-se que as unidades U15 e U9 apresentam características semelhantes na gestão dos seus recursos, a saber:

- Planejamento das ações: há um esforço da gestão voltado para a elaboração de uma matriz de planejamento das ações a serem implementadas na unidade, bem como o acompanhamento dos desdobramentos de cada uma dessas ações objetivando a melhoria constante da prestação de serviços à população;
- Manutenção preventiva e corretiva das viaturas: há uma atenção especial da gestão em minimizar os custos com manutenção e evitar a quebra de viaturas na unidade, o que implica na diminuição de atendimentos à população. Para evitar esse problema, a gestão elabora e implementa um cronograma de manutenção preventiva e periodicamente solicita do CBMPA, capacitação e requalificação dos condutores/operadores de viaturas;
- Boa relação do comando (gestão) com o efetivo: o diálogo com o efetivo é uma prática constante da gestão da unidade, evidenciando sempre as reais condições e necessidades da unidade, oportunizando capacitação e requalificação da equipe, flexibilizando (dentro do possível) a escala de serviço, e buscando constantemente a valorização e reconhecimento da “pessoa” como fator fundamental na obtenção de bons resultados.
- Boa relação do comando (gestão) com a população: a gestão mantém uma boa relação de parceria com a população. Um cronograma de palestras e orientações foi elaborado e implementado, objetivando alcançar o comércio e a indústria locais, e também a população em geral com palestras e orientações de caráter preventivo a fim de minimizar e evitar possíveis ocorrências que possam gerar prejuízos à população. Um outro fator de grande relevância no planejamento e desdobramento das ações da gestão

é o *feedback* da população com relação aos serviços prestados pela unidade, esse bom relacionamento tem proporcionado melhorias nos serviços à população e apresentado resultados positivos às unidades de bombeiros a estas duas unidades.

Essas características podem retratar o diferencial dessas duas unidades em relação as demais. Ressalta-se também que por questões de cumprimento do cronograma estabelecido para o cumprimento desta pesquisa, não foi possível AVALIAR as demais unidades E TAMBÉM AS INEFICIENTES, ficando esta ação como sugestão para trabalhos futuros.

### 3.7 RESUMO DO CAPITULO

Nesse capítulo, fez-se um estudo de caso envolvendo as unidades operacionais do CBMPA, donde identificou-se quais são as mais eficientes e podem servir como referência para os processos de tomada de decisão gerencial e melhoria na prestação de serviços à população.

Mostra-se as etapas de escolha e construção do modelo utilizado, a escolha das variáveis de decisão e os processos utilizados para se chegar a esse resultado: cálculo da eficiência, fronteira invertida, benchmark e eficiência composta.

O capítulo é finalizado com as discussões sobre os resultados, enfatizando a relevância dos mesmos para a instituição estudada, o que mais detalhado na conclusão deste trabalho no capítulo seguinte.

## 4 CONCLUSÃO

Os constantes desafios organizacionais, tem exigido dos gestores tanto na iniciativa privada quanto em instituições públicas, esforços cada vez mais efetivos no sentido garantir uma consonância entre a qualidade dos produtos e/ou serviços prestados à população e a quantidade de recursos disponíveis para esse fim.

O CBMPA, por ser uma instituição pública formada por diversas unidades operacionais que realizam um leque atividades complexas como atendimento à população e, por estar, assim como qualquer instituição pública, sujeito a limitações legais, precisa, constantemente, avaliar o que deve e pode ser feito com os recursos disponíveis, de forma que se obtenha os melhores resultados na utilização desses recursos, ou seja, necessita avaliar a eficiência de cada uma de suas unidades e forma identificar possíveis problemas de desempenho e implementar as devidas soluções.

A forma como a análise de eficiência dessas unidades é realizada atualmente na instituição, desconsidera os tipos e quantitativos de recursos de cada unidade operacional pertencente ao CBMPA, fazendo-se necessário, o desenvolvimento e uso de uma forma de avaliação de eficiência que leve em conta a gestão de recursos (tipos e quantidades) nas unidades dessa instituição.

Frente a essa problemática, a principal motivação deste trabalho foi desenvolver um modelo matemático em DEA, utilizando técnicas não paramétricas que atendessem de forma mais assertiva o problema dessa corporação.

A presente pesquisa alcançou os objetivos propostos, ao avaliar a eficiência de 20 (vinte) Unidades de Bombeiros a partir do desenvolvimento e implementação de um modelo matemático em DEA, sendo possível a partir desta análise, a identificação dos principais motivos que proporcionaram a eficiência e ineficiência das unidades operacionais envolvidas.

Os resultados alcançados nesta pesquisa poderão contribuir para a otimização do planejamento e gestão estratégica da instituição, bem como para auxiliar a gestão na melhoria do processo de tomada de decisão no CBMPA.

A fim de se evitar conclusões tendenciosas e distorcidas que pudesse ocasionar a invalidação dos resultados, deu-se uma atenção especial à etapa de coleta, seleção e classificação dos dados, para esse fim, após a autorização oficial do Comando Geral, a

comunicação e o fornecimento dos dados foram efetuados diretamente pelos setores que processam e armazenam os dados requisitados.

Um outro fator de extrema relevância foi a escolha do modelo DEA adotado na análise, o modelo deveria atender da melhor forma possível as características da variação de tamanho e de capacidade produtiva das DMUs a serem analisadas, bem como considerar a maximização das saídas. Em detrimento disso, optou-se pelo modelo BCC orientado ao *output* com retornos variáveis de escala (VRS), levando-se em conta como retornos do processamento, principalmente as fronteiras padrão e invertida resultantes para se atingir os objetivos propostos no início desta pesquisa.

Através da análise de eficiência efetuada pelo modelo DEA proposto, foi possível constatar matematicamente, que dentre as 20 (vinte) unidades operacionais de bombeiros avaliadas, existem aquelas consideradas mais eficientes e que em virtude dessa característica podem servir de referência para as unidades menos eficientes.

Adicionalmente, o modelo proposto possibilitou a determinação de *benchmarks* entre as unidades avaliadas, o que pode contribuir para a determinação e quantificação de metas ou diretrizes que permitam às unidades ineficientes tornarem-se eficientes. Pode e ainda, a partir da adoção do modelo DEA e dos achados desta pesquisa, elaborar-se estratégias que aliadas às boas práticas adotadas pelas unidades eficientes possam melhor apoiar os comandantes de unidades e o comando geral do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará na melhoria da gestão de seus recursos e no processo de tomada de decisão.

Conclui-se, portanto, que, a partir dos resultados alcançados com a aplicação do modelo DEA, foi possível classificar as unidades operacionais de bombeiros de acordo com o seu desempenho em eficientes e ineficientes, bem como compará-las em relação as unidades similares. A partir desses resultados, diversos *insights* podem surgir auxiliando e apoiando a gestão do CBMPA no processo decisório, contribuindo para construção do conhecimento acadêmico e beneficiando diretamente a sociedade paraense como um todo, uma vez que esta é a principal beneficiada com a melhoria dos serviços prestados pelas instituições públicas, no caso desta pesquisa, pela melhoria dos serviços prestados pelos bombeiros do CBMPA.

Um ponto relevante a se considerar é que, durante toda a revisão bibliográfica realizada para a construção deste projeto, até o momento de sua conclusão, foram encontrados poucos trabalhos no país utilizando DEA para efetuar a análise de eficiência de unidades de bombeiros militares.

#### 4.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Algumas dificuldades e limitações foram encontradas no desenvolver deste projeto, a saber, um intenso entrave burocrático no processo de autorização para coleta dos dados, que mesmo mediante as cartas institucionais solicitando autorização para uso dos dados para fins de pesquisa acadêmica, levou-se um tempo significativo até a autorização final ser oficialmente publicada em Boletim Geral, este fato provocou um grande atraso no cronograma do projeto.

Uma outra dificuldade também relacionada com a autorização para a realização da pesquisa foi a grande resistência de alguns comandantes de unidades em fornecer os dados necessários, mesmo com o aval do Comando Geral. Acreditamos que essa resistência se deu pelo fato de a instituição pesquisada tratar-se de uma organização militar, cuja principal característica é obedecer aos preceitos da hierarquia e disciplina, e também pela confidencialidade e restrição das informações solicitadas, por estarem relacionadas à estratégia da corporação.

Outra Limitação: o trabalho não pode ser generalizado, pois foi feito para analisar um contexto temporal específico (ano de 2016) e para avaliar unidades específicas, levando em consideração variáveis com o valor agregado, ou seja, o valor total de determinadas atividades exercidas pelos bombeiros (total de incêndios, total de APH, etc), não sendo considerado nesta pesquisa o tipo de atividade, mas sim o total geral dessas por unidade no período de 2016.

#### 4.2 SUGESTÕES E TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para continuidade desta pesquisa e realização de trabalhos futuro recomenda-se, a elaboração e aplicação de um questionário padrão aos comandantes das unidades consideradas eficientes, de forma a abstrair as boas práticas de gestão implementadas nessas unidades compartilhando-as futuramente com as unidades denominadas ineficientes.

Outra proposta é a utilização de outras variáveis coletadas com dados do corpo de bombeiros e variáveis socioambientais que auxiliem a melhor discriminação das regiões investigadas, bem como se analisar mais detalhadamente a eficiência de cada unidade considerando-se especificamente os tipos de atividades e não somente os totais destas.

Sugere-se ainda a utilização do BSC (*Balance Scorecard*), aliado ao modelo DEA, como proposta de apoio a gestão estratégica do CBMPA, tanto para as unidades operacionais como para o Comando geral. O BSC tem se mostrado nos últimos anos como ferramenta eficaz para a mensuração de desempenho, sendo desde 1994, transformada em instrumento de comunicação e alinhamento da estratégia que pode ser utilizada tanto em instituições privadas quanto públicas. Esta ferramenta atualmente é considerada como um sistema de gestão da estratégia possibilitando o conceito moderno de “organização focada na estratégia”.

E por fim, sugere-se a criação e implementação de um manual de boas práticas de forma que as ações sejam padronizadas e compartilhadas com as demais unidades operacionais do CBMPA.

## REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, A. A. M.; SANT'ANNA, A. P.; LINS, M. P. E.: Restringindo Flexibilidade de Pesos em DEA utilizando Análise de Regressão MSEA. *Pesquisa Operacional*, v.23, n.2, p.347-357, Maio a Agosto de 2003.
- ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, (3), p. 493-503, 2005,
- ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G.; COELHO, P.H.G. Free software for decision analysis: a software package for data envelopment models. In: 7th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS 2005, v. 2, p. 207-212.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R. (2007). *Pesquisa operacional: para cursos de engenharia*. Campus.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.
- BJUREK, H. (1996). "The Malmquist Total Factor Productivity Index", *Scandinavian Journal of Economics*, 98, pp. 303-313.
- BRASIL. Lei nº 667/69 , de 17 de nov 2010 . **Reorganização das Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares dos Estados**, Brasília, DF, nov 2010.
- BRASIL. Lei nº 7.480, de 17 de nov 2010 . **Fixação do efetivo do Corpo de Bombeiros Militar do Pará**, Belém, PA, nov 2010.
- BRASIL. Lei nº 101, de 04 de mai. de 2000. **Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal**, Brasília, DF, mai 2000.
- BRESSIANI, L. ; HEINECK, L. F. M. ; ROMAN, H. R. **Indicadores paramétricos para orçamento avaliação da qualidade de projetos: analisando a consistência interna de um banco de dados e das equações de regressão geradas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13. 2010.
- CARRILLO, M., JORGE, J.M. DEA-Like Efficiency Ranking of Regional Health Systems in Spain. *Soc. Indic. Res.*, 1–17, 2016.
- CHAVES, A.C.A. Avaliação de eficiência em DMU (*Decision Making Units*) utilizando a tecnologia DEA (*Data Envelopment Analysis*). Estudo de caso: Unidades de atendimento do INSS, agências da previdência social, da gerência executiva Fortaleza. 2007. Dissertação (Mestrado em Computação), Universidade Estadual do Ceará e Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará. Fortaleza, 2007.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7 .ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2003, 634p.

CHIAVENATO, I. **TGA – Teoria geral da administração**. 6 .ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2001, 385p.

CHURCMAN, C. W. **Introdução à teoria dos sistemas**. 2 .ed. Rio de Janeiro, Vozes, 1971, 309p.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da produção e operações: Manufatura e serviços**: uma abordagem estratégica. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012

COSTA, A.P.: Balance Scorecard: *Conceitos e Guia de Implementação*. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2006. p.2-39.

DRAGO, B. J.: Análise da Eficiência por Envoltória de Dados das Unidades Transmissoras em uma Empresa do Setor de Engenharia Elétrica. Itajubá, 2016. 74p. (Mestrado – Administração “Universidade Federal de Itajubá”/ UFI).

FARREL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistic Society**, series A, part 3, p. 253-290, 1957.

HOMEM DE SOUZA, D. P. Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite. 2003. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

JALDELL, H.: **Essays on the Performance of Fire and Rescue Services**:The problems of defining outputs in the public sector’s service production - a discussion with an application to the fire service. Economic Studies Department Of Economics School Of Economics And Commercial Law Göteborg University. 2002.

J. C. C. B. SOARES DE MELLO, L. ANGULO MEZA, E. G. GOMES, A. J. S. FERNANDES E L. BIONDI NETO. - Estudo não Paramétrico da Relação entre Consumo de Energia, Renda e Temperatura - *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 6, No. 2, June 2008.

JALDELL, H.: **Essays on the Performance of Fire and Rescue Services**: Swedish fire and rescue Services’ manning levels - a stochastic frontier analysis using panel data. Economic Studies Department Of Economics School Of Economics And Commercial Law Göteborg University. 2002.

JALDELL, H.: **Essays on the Performance of Fire and Rescue Services**: Measuring the efficiency of Swedish fire services’ stand-by level. Economic Studies Department Of Economics School Of Economics And Commercial Law Göteborg University. 2002.

JALDELL, H.: **Essays on the Performance of Fire and Rescue Services:** Productivity change of Swedish fire services between 1992 and 1998. Economic Studies Department Of Economics School Of Economics And Commercial Law Göteborg University. 2002.

JALDELL, H.: **Essays on the Performance of Fire and Rescue Services:** Measuring performance differences using an ordinal output variable: The case of Swedish fire services. Economic Studies Department Of Economics School Of Economics And Commercial Law Göteborg University. 2002.

JUSTINO, D. A.; JUNIOR, S. F. G.; GOMES, A. R.: Avaliação Preliminar dos Cursos de Graduação de uma Instituição de Ensino Superior Privada Utilizando Análise Envoltória de Dados e Restrições aos Pesos. ENGEVISTA, V. 16, n. 1, p. 111-121, Março 2014.

LAN, C-H. , CHUANG, L-L. and CHEN, Y-F. (2009) *Performance efficiency and resource allocation strategy for fire department with the stochastic consideration*. International Journal of Technology, Policy and Management, volume 9 (3): 296 – 315.

LI, F., ZHU, Q., ZHUANG, J. Analysis of fire protection efficiency in the United States: a two-stage DEA-based approach. *OR Spectrum*. . 10.1007/s00291-017-0490-2, 2017.

MARIANO, E.B.; ALMEIDA M.R. ; REBELATTO D.A.N. Princípios Básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia (COBENGE), Passo Fundo. Anais, 2006.

MARIANO, E.B.:. Conceitos Básicos de Análise de Eficiência produtiva. In: XIV Simpósio de Engenharia de Produção (SIMEP), Anais, 2007.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H.P.; TURRIONI, J. B. **Guia de elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção**. 1.ed. São Paulo, Atlas, 2014, 211p.

MELLO J. C. B. S. et. al. Curso de análise de Envoltória de Dados. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, Gramado, Anais, 2005.

MIRANDA, M. G.: Análise da Eficiência de Unidade de Negócio do Varejo Utilizando DEA (*Data Envelopment Analysis*). Fortaleza, 2015. 80p. (Mestrado – Computação Aplicada “Universidade Estadual do Ceará”/ UEC).

OVELL, C. A. K. Production frontiers and productive efficiency. In: **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, 1993. p.3-67.

OZCAN, Y. A.: Heal Care Benchmarking and Performance Evaluation An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA).. 2014, XXVIII, 329 p. 138 illus., 99 illus. in color., Hardcover – ISBN: 978-1-4899-7471-6.

PAIVA, E. L; CARVALHO JR, J. M.; FENSTERSEIFER J. E. **Estratégia de produção e operações:** Conceitos, melhores práticas, visão de futuro. 2 .ed. São Paulo, Artmed, 2009, 252p.

PAULA, L. G; ARAÚJO, R. M; TANAKA, A. K; CAPPELLI, C. ICT Strategic planning at public higher educational organizations: building an approach through action research at Unirio. *JISTEM – Journal of Information Systems and Technology Management Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*. 12(2): 351-370, 2015.

PENG, M., SONG, L., GHOHUI, L, SEM, L., HEPING, Z. Evaluation of fire protection performance of eight countries based on fire statistics: an application of data envelopment analysis. *Fire Technology* 50:349–361, 2014

PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C; Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2.ed. Rio Grande do Sul, Freevale, 2013, 277p.

REVISTA ESPÁCIOS, *Determinantes da (in)eficiência do gasto público em educação nos municípios mineiros de Minas Gerais*. Revista Espacios, 2017. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n20/17382005.html>.> Acesso em 06/07/2017.

SANTOS, E. Mapeamento das Unidades de Bombeiros no Estado Pará. Geopará Blogspot.com, 2013. Disponível em: <<http://geopara.blogspot.com.br/2013/04/no-para-faltam-bombeirosem-122-cidades.html>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

SHERMAN, H D.; ZHU, J.: Service Productivity Management Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA). 2006, XXII, 328 p With CD-ROM, Hardcover – ISBN: 978-0387-33211-6.

SILVEIRA, J. Q.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. E L. ANGULO MEZA. Identificação de benchmarks e anti-benchmarks para companhias aéreas usando modelos DEA e fronteira invertida. *Produção*, v. 22, n. 4, p.788-795, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo, Atlas, 2009, 703p.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ÂNGULO MEZA, L.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise de Envoltória de Dados. XXXVII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2005, Gramado. Anais do XXXVII SBPO, 2005.

SOUZA, P. C. T; WILHELM, V. E.: Uma introdução aos modelos DEA de Eficiência Técnica. *Tuiuti: Ciência e Cultura*, n. 42, p. 121-139, Curitiba, 2009.

TONELLI, A. O; BERMEJO, P. H. S; ZAMBALDE, A. L. Using the bsc for strategic planning of it (information technology) in brazilian organizations. *JISTEM –Journal of Information Systems and Technology Management Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*. 11(2): 361-378, 2014.

Y. LI, E; CHEN H-G. Output-driven information system planning: a case study. *Information & Management*, 38: 185-199, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 .ed. Porto Alegre, Bookman, 2001.

## ANEXO A - CARTA DE SOLICITAÇÃO PARA USO DOS DADOS



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO



Recife, 27 de outubro de 2016

Ao  
Sr. Cel QOBM Zanelli Antonio Melo Nascimento  
Comandante Geral do Corpo de Bombeiros Militar do Pará

Assunto: Apresentação de projeto de pesquisa e solicitação para fornecimento de dados

Prezado Senhor,

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPE (PPGEP) tem como objetivo formar e aprimorar pesquisadores e profissionais, através da construção de uma estrutura teórico-metodológica de sustentação à pesquisa tecnológica e ao desenvolvimento de conhecimentos relevantes à área de Engenharia de Produção. Assim sendo, uma das linhas de pesquisa desenvolvidas no PPGEP é a de otimização de processos.

O aluno José Santos é meu orientando no mestrado profissional vinculado ao PPGEP e sua dissertação é voltada a melhoria da gestão estratégica do Grupamento de Bombeiros Parauapebas, Marabá. Espera-se com essa dissertação, prover o 23º Grupamento de uma visão estratégica eficiente para elencar um conjunto de ações que viabilizem a melhoria da sua avaliação global entre todos os grupamentos da região. Assim sendo, estamos necessitando de alguns esclarecimentos e acesso a algumas informações referentes a forma como o Grupamento é avaliado pelos seus superiores.

O aluno está apto a lhe apresentar os objetivos do estudo e gostaríamos de contar com sua participação, ou de alguém de sua confiança, para que possamos dar continuidade a esse trabalho. Teremos prazer em encaminhar o resultado do estudo para seu conhecimento.

Atenciosamente,

Suzana de França Dantas Daher

Universidade Federal de Pernambuco  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Campos Acadêmico do Agreste  
Professora Adjunto IV  
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1331092255934623>  
Tel: (81) 9-9926-0747

## ANEXO B - BOLETIM INTERNO – AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA

Visto do Aj. Geral

Aprovo do Cmt Geral

### 5 - AUTORIZAÇÃO

Autorizo o 2º SGT BM José Santos, MF-5607208-1, pertencente ao 23ºGBM/Parauapebas, aluno do programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFPE(mestrado) a proceder pesquisa de campo na unidade de origem.  
(Fonte: Nota nº 99/2016 - DEI)

### 6-APRESENTAÇÃO DE CERTIFICADO

A - Foi apresentado na Diretoria de Ensino e Instrução do Corpo de Bombeiros Militar do Pará, pelo CB BM JOSÉ ERINALDO DE BRITO, pertencente ao 1º GPA-Paragominas, para fins de publicação em BG:

1º-Conclusão do Curso a Distância: **Redação Técnica**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 10/09/2010 a 28/10/2010, totalizando a carga horária de 60 horas.

2º-Conclusão do Curso a Distância: **Intervenção em Emergência com Produtos Perigosos**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 21/07/2008 a 08/09/2008, totalizando a carga horária de 60 horas.

3º-Conclusão do Curso a Distância: **Direitos Humanos**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 09/09/2009 a 13/10/2009 totalizando a carga horária de 40 horas.

4º-Conclusão do Curso a Distância: **Condutores de Veículo de Emergência**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 15/08/2016 a 03/08/2016, totalizando a carga horária de 60 horas.

5º-Conclusão do Curso a Distância: **Uso Progressivo da Força-VA**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 23/02/2011 a 13/04/2011, totalizando a carga horária de 60 horas.

6º-Conclusão do Curso a Distância: **Sistema de Comando de Incidentes**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 28/02/2009 a 13/04/2009, totalizando a carga horária de 60 horas.

7º-Conclusão do Curso a Distância: **Segurança Contra Incêndio**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 07/10/2014 a 11/11/2014, totalizando a carga horária de 40 horas.

8º-Conclusão do Curso a Distância: **Capacitação em Educação Para o Trânsito**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 07/06/2011 a 12/07/2011, totalizando a carga horária de 40 horas.

9º-Conclusão do Curso a Distância: **Psicologia das Emergências**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 09/09/2009 a 27/10/2009, totalizando a carga horária de 60 horas.

10º-Conclusão do Curso a Distância: **Ocorrências Envolvendo Bombas e Explosivos**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 28/02/2012 a 18/04/2012, totalizando a carga horária de 60 horas.

11º-Conclusão do Curso a Distância: **Identificação Veicular 1**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 02/06/2010 a 20/07/2010, totalizando a carga horária de 60 horas.

12º-Conclusão do Curso a Distância: **Gerenciamento de Crises**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 07/06/2011 a 26/07/2011, totalizando a carga horária de 60 horas.

13º-Conclusão do Curso a Distância: **Espanhol Básico 1**, promovido pela Rede Nacional de Educação a Distância para a Segurança Pública, no período de 02/08/2010 a 20/07/2010, totalizando a carga horária de 60 horas.

**ANEXO C - Tabela Com os Calculos das Fronteiras Padrão, Invertida, e Eficiencia Composta**

<b>DMU</b>	<b>UOp</b>	<b>FRONT PADRÃO</b>	<b>FRONT INVERTIDA</b>	<b>COMPOSTA</b>	<b>COMPOSTA*</b>
<b>U1</b>	1°GBM	1	1	0,5	0,620799
<b>U2</b>	2°GBM	0,983748	1	0,491874	0,61071
<b>U3</b>	3°GBM	1	1	0,5	0,620799
<b>U4</b>	4°GBM	1	1	0,5	0,620799
<b>U5</b>	5°GBM	1	0,499744	0,750128	0,931358
<b>U6</b>	6°GBM	1	0,672267	0,663866	0,824255
<b>U7</b>	7°GBM	0,64464	1	0,32232	0,400192
<b>U8</b>	8°GBM	1	1	0,5	0,620799
<b>U9</b>	9°GBM	1	0,410971	0,794514	0,986468
<b>U10</b>	10°GBM	0,516659	1	0,25833	0,320742
<b>U11</b>	11°GBM	0,295048	1	0,147524	0,183166
<b>U12</b>	12°GBM	1	1	0,5	0,620799
<b>U13</b>	13°GBM	1	0,59435	0,702825	0,872626
<b>U14</b>	14°GBM	0,854504	0,576848	0,638828	0,793168
<b>U15</b>	15°GBM	1	0,389173	0,805413	1
<b>U16</b>	17°GBM	1	1	0,5	0,620799
<b>U17</b>	19°GBM	0,742574	1	0,371287	0,460989
<b>U18</b>	22°GBM	0,907462	1	0,453731	0,563351
<b>U19</b>	23°GBM	0,99788	1	0,49894	0,619483
<b>U20</b>	24°GBM	0,755506	1	0,377753	0,469017

### ANEXO D - Cálculo dos Benchmarks das Dmus

DMU	UOp	1°GBM	3°GBM	4°GBM	5°GBM	6°GBM	8°GBM	9°GBM	12°GBM	13°GBM	15°GBM	17°GBM
U1	1°GBM	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U2	2°GBM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
U3	3°GBM	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U4	4°GBM	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
U5	5°GBM	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
U6	6°GBM	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
U7	7°GBM	0	0	0,03888914	0	0	0,12727354	0	0	0,47521632	0,358621	0
U8	8°GBM	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U9	9°GBM	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
U10	10°GBM	0	0	0	0	0	0	0,57116146	0,05998538	0,34556611	0	0,02328704
U11	11°GBM	0	0	0	0	0	0,09990352	0,37624101	0	0,29086048	0,23299498	0
U12	12°GBM	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U13	13°GBM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
U14	14°GBM	0	0	0	0	0	0	0,47726948	0	0,14803648	0,225827	0,14886705
U15	15°GBM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
U16	17°GBM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
U17	19°GBM	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,56935687	0,18064313	0
U18	22°GBM	0	0,01958376	0	0	0	0	0,05568065	0,69355169	0	0,2311839	0
U19	23°GBM	0	0	0	0,29251923	0	0	0,64917491	0	0	0,05830586	0
U20	24°GBM	0	0	0	0	0	0	0,0877193	0,68421053	0	0,22807018	0

### ANEXO E - Pesos Atribuídos as Variáveis de Decisão

DMU	UOp	Peso TOT_EFE	Peso TOT_VTR	Peso POP_LOC	Peso TOT_INC	Peso TOT_SAL	Peso TOTAPH	v0
U1	1°GBM	0,00966184	0,03864734	0	0	0,01449275	0	-0,0531401
U2	2°GBM	0	0	0	0	0	0,00097182	1,0165209
U3	3°GBM	0	0,08625892	0	0,00338679	0	0,00038946	0,56870538
U4	4°GBM	0,00296864	0	0,00000244	0,00205339	0	0	0
U5	5°GBM	0,00503138	0	0,0000004	0,00078256	0,01472553	0	0,55126751
U6	6°GBM	0	0,28903688	0,0000019	0,00591059	0	0,00085446	-0,67092794
U7	7°GBM	0,02068035	0	0,00000632	0,00675834	0	0,00074646	-0,29153071
U8	8°GBM	0,01488309	0	0,00000455	0,00486379	0	0,00053721	-0,20980678
U9	9°GBM	0,01904762	1,0285714	0	0	0,02857143	0	-4,8666667
U10	10°GBM	0,03562144	0,42549562	0,00002565	0,01639344	0	0	-4,3506124
U11	11°GBM	0,07782049	0	0,00001843	0,01580035	0	0,00236366	-2,3275728
U12	12°GBM	0	8,5207309	0,0010306	0	0,14285714	0	-102,84018
U13	13°GBM	0,00665968	0	0,00001544	0	0	0,0026178	0
U14	14°GBM	0,03863405	0	0,00000964	0,00404809	0	0,00144029	-1,57412
U15	15°GBM	0,00243212	0	0,00000564	0	0	0,00095602	0
U16	17°GBM	0,08959346	0	0,00002236	0,00938765	0	0,00334008	-3,6504292
U17	19°GBM	0	0,22486825	0,00001704	0	0	0,00289017	-1,3651428
U18	22°GBM	0,00323418	0,4618092	0	0,00398985	0	0,0017741	-1,3752483
U19	23°GBM	0,03210223	0	0	0,00379037	0	0,00070137	-0,53878291
U20	24°GBM	0,02418354	0,56712551	0	0	0	0,00307692	-2,7453711

## ANEXO F - Folgas (Subutilização Ou Excesso De Recursos)

1ºGBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	77	77	0	77
TOT_VTR	8	8	0	8
POP_LOC	1.446.042,00	1.446.042,00	0	1.446.042,00
TOT_INC	331	331	0	331
TOT_SAL	69	69	0	69
TOT_APH	31	31	0	31

2ºGBM (eficiência:0,983748 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	92	92	33	59
TOT_VTR	9	9	1	8
POP_LOC	192.571,00	192.571,00	40.637,00	151.934,00
TOT_INC	124	126,048591	37,951409	164
TOT_SAL	13	13,214772	39,785228	53
TOT_APH	1.029,00	1.046,00	0	1.046,00

3ºGBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	80	80	0	80
TOT_VTR	5	5	0	5
POP_LOC	510.843,00	510.843,00	0	510.843,00
TOT_INC	294	294	0	294
TOT_SAL	63	63	0	63
TOT_APH	11	11	0	11

4ºGBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	95	95	0	95
TOT_VTR	14	14	0	14
POP_LOC	294.447,00	294.447,00	0	294.447,00
TOT_INC	487	487	0	487
TOT_SAL	52	52	0	52
TOT_APH	326	326	0	326

5ºGBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	68	68	0	68
TOT_VTR	9	9	0	9
POP_LOC	266.932,00	266.932,00	0	266.932,00
TOT_INC	337	337	0	337
TOT_SAL	50	50	0	50
TOT_APH	523	523	0	523

## 6°GBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	60	60	0	60
TOT_VTR	5	5	0	5
POP_LOC	118.537,00	118.537,00	0	118.537,00
TOT_INC	117	117	0	117
TOT_SAL	18	18	0	18
TOT_APH	361	361	0	361

## 7°GBM (eficiência:0,644640 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	59	59	0	59
TOT_VTR	9	9	0,512118	8,487882
POP_LOC	98.485,00	98.485,00	0	98.485,00
TOT_INC	105	162,881552	0	162,881552
TOT_SAL	19	29,473805	14,093778	43,567582
TOT_APH	389	603,437368	0	603,437368

## 8°GBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	48	48	0	48
TOT_VTR	10	10	0	10
POP_LOC	108.885,00	108.885,00	0	108.885,00
TOT_INC	176	176	0	176
TOT_SAL	24	24	0	24
TOT_APH	268	268	0	268

## 9°GBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	38	38	0	38
TOT_VTR	5	5	0	5
POP_LOC	109.938,00	109.938,00	0	109.938,00
TOT_INC	119	119	0	119
TOT_SAL	35	35	0	35
TOT_APH	328	328	0	328

## 10°GBM (eficiência:0,516659 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	46	46	0	46
TOT_VTR	6	6	0	6
POP_LOC	81.647,00	81.647,00	0	81.647,00
TOT_INC	61	118,066241	0	118,066241
TOT_SAL	13	25,161658	9,673259	34,834917
TOT_APH	94	181,938141	154,992355	336,930496

## 11°GBM (eficiência:0,295048 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	50	50	0	50
TOT_VTR	8	8	0,928916	7,071084
POP_LOC	99.080,00	99.080,00	0	99.080,00
TOT_INC	41	138,960461	0	138,960461
TOT_SAL	11	37,282075	2,558059	39,840134
TOT_APH	149	505,002652	0	505,002652

## 12°GBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	50	50	0	50
TOT_VTR	4	4	0	4
POP_LOC	67.686,00	67.686,00	0	67.686,00
TOT_INC	53	53	0	53
TOT_SAL	7	7	0	7
TOT_APH	238	238	0	238

## 13°GBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	59	59	0	59
TOT_VTR	8	8	0	8
POP_LOC	39.328,00	39.328,00	0	39.328,00
TOT_INC	132	132	0	132
TOT_SAL	41	41	0	41
TOT_APH	382	382	0	382

## 14°GBM (eficiência:0,854504 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	46	46	0	46
TOT_VTR	8	8	1,729543	6,270457
POP_LOC	100.300,00	100.300,00	0	100.300,00
TOT_INC	104	121,708065	0	121,708065
TOT_SAL	19	22,235127	14,145168	36,380296
TOT_APH	402	470,448482	0	470,448482

## 15°GBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	59	59	0	59
TOT_VTR	8	8	0	8
POP_LOC	151.934,00	151.934,00	0	151.934,00
TOT_INC	164	164	0	164
TOT_SAL	53	53	0	53
TOT_APH	1.046,00	1.046,00	0	1.046,00

## 17°GBM (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	39	39	0	39
TOT_VTR	6	6	0	6
POP_LOC	51.705,00	51.705,00	0	51.705,00
TOT_INC	56	56	0	56
TOT_SAL	11	11	0	11
TOT_APH	142	142	0	142

## 19°GBM (eficiência:0,742574 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	66	66	9,25	56,75
TOT_VTR	7	7	0	7
POP_LOC	66.759,00	66.759,00	0	66.759,00
TOT_INC	53	71,37339	46,65719	118,03058
TOT_SAL	7	9,426674	25,241043	34,667718
TOT_APH	346	465,947037	0	465,947037

## 22°GBM (eficiência:0,907462 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	52	52	0	52
TOT_VTR	5	5	0	5
POP_LOC	132.515,00	132.515,00	34.320,92	98.194,08
TOT_INC	79	87,056022	0	87,056022
TOT_SAL	8	8,8158	11,474408	20,290208
TOT_APH	386	425,362334	0	425,362334

## 23°GBM (eficiência:0,997880 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	48	48	0	48
TOT_VTR	10	10	3,655005	6,344995
POP_LOC	196.259,00	196.259,00	37.948,62	158.310,38
TOT_INC	185	185,392956	0	185,392956
TOT_SAL	27	27,05735	13,379944	40,437294
TOT_APH	426	426,90486	0	426,90486

## 24°GBM (eficiência:0,755506 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
TOT_EFE	51	51	0	51
TOT_VTR	5	5	0	5
POP_LOC	122.881,00	122.881,00	32.274,23	90.606,77
TOT_INC	46	60,88637	23,218893	84,105263
TOT_SAL	15	19,854251	0,093117	19,947368
TOT_APH	325	430,175439	0	430,175439