



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Departamento de Administração

FLÁVIO ARAÚJO LIM-APO

**PROCESSAMENTO DE DADOS EM GRANDES EVENTOS:
alocação de participantes**

Brasília – DF

2017

FLÁVIO ARAÚJO LIM-APO

**PROCESSAMENTO DE DADOS EM GRANDES EVENTOS:
alocação de participantes**

Monografia apresentada ao
Departamento de Administração como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Administração.

Professora Orientadora: Doutora, Silvia
Araújo dos Reis

Brasília – DF

2017

Lim-Apo, Flávio Araújo.

PROCESSAMENTO DE DADOS EM GRANDES EVENTOS:
alocação de participantes / Lim-Apo, Flávio Araújo.. – Brasília, 2017.
XX f. : il.

Monografia (bacharelado) – Universidade de Brasília,
Departamento de Administração, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Sílvia Araújo dos Reis, Departamento de
Administração.

1. Alocação de participantes em eventos. 2. Processamento de
informações. 3. Utilização de software para otimização. I. Título.

FLÁVIO ARAÚJO LIM-APO

**PROCESSAMENTO DE DADOS EM GRANDES EVENTOS:
alocação de participantes**

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova o Trabalho de Conclusão do Curso de Administração da Universidade de Brasília do aluno

Flávio Araújo Lim-Apo

Doutora, Sílvia Araújo dos Reis
Professora-Orientador

Doutor, Evaldo Cesar Cavalcante
Rodrigues,
Professor-Examinador

Doutor, Victor Rafael Rezende
Celestino,
Professor-Examinador

Brasília, 1 de dezembro de 2017

Dedico este trabalho aos meus pais, André e Karine, pelo suporte e os valiosos ensinamentos para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial à minha orientadora Doutora Silvia pelo conhecimento repassado, pelo apoio, disponibilidade e atenção. Ao Cebraspe e seus colaboradores por auxiliarem, incentivarem e permitirem a realização do estudo de caso. Aos diversos professores da FACE que proporcionaram meu desenvolvimento como profissional. Aos meus amigos da Universidade de Brasília pelo suporte.

“Com custos logísticos elevados, mesmo os menores aperfeiçoamentos proporcionados pelo replanejamento frequente podem representar substanciais reduções de custo”.

Ronald H. Ballou

RESUMO

Eventos de aplicação de provas em seleções, avaliações e certificações são frequentemente realizados. No Brasil, o maior evento de avaliação - considerando-se a quantidade de participantes - é o Exame Nacional do Ensino Médio, com a participação de mais de 6,7 milhões de candidatos inscritos na edição de 2017. Para realizar a aplicação desses grandes eventos existe a logística responsável pela definição dos locais de prova, alocação dos participantes e contratação de colaboradores. Trata-se de um estudo de caso realizado no Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos, organização que, em consórcio com a Fundação Cesgranrio, planejou e realizou a aplicação do Enem nas edições de 2009 até 2016. A definição das instituições locadas para a aplicação dos certames é parte do planejamento, posto que determina o custo do evento, considerando-se que a alocação dos participantes impacta diretamente no custo de locação e de contratação de pessoal. Todavia, a alocação dos participantes, quando realizada manualmente, não é uma atividade simples e ágil, em virtude das múltiplas restrições a serem respeitadas; isso faz com que o processo se torne lento e dificilmente forneça uma solução ótima. Logo, o objetivo deste trabalho foi elaborar modelos matemáticos para auxílio na tomada de decisão de alocar candidatos inscritos que, além de minimizar os custos logísticos de aplicação, otimizassem o nível de serviço do participante. Esse estudo tem natureza de pesquisa aplicada, com objetivo de pesquisa explicativa, procedimento técnico-documental. Para a coleta de dados analisou-se documentos públicos e realizou-se entrevistas com colaboradores do Centro. Os modelos matemáticos foram elaborados no *software* Lingo 17.0 com o uso de licença educacional. Associado ao modelo matemático utilizou-se o *Google Maps API* para obter a distância entre o endereço declarado pelos participantes e as coordenadas, assim como o *Python 3* - para automatizar a coleta de dados. O estudo demonstra a possibilidade de minimizar os custos operacionais logísticos assim como reduzir a distância total percorrida pelos participantes até o local de prova designado; sendo possível inclusive analisar a curva de *trade-off* entre custo e nível de serviço. Os modelos possibilitam maior celeridade no processo de alocação dos participantes, assim como asseguram que a solução resultante seja a melhor possível, considerando as restrições estabelecidas.

Palavras-chave: pesquisa operacional, designação, redução de custos, modelagem matemática, *trade-off*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Triângulo do planejamento logístico.	21
FIGURA 2 – Estratégias genéricas.	23
FIGURA 3 – O processo de construção de modelos.....	27
FIGURA 4 – O processo de modelagem.....	31
FIGURA 5 – Fluxos de análise quantitativa.....	44
FIGURA 6 – Resultado JSON de pesquisa de geolocalização.	48
FIGURA 7 – Resultado JSON de pesquisa de distância entre coordenadas.	50
FIGURA 8 – Matrizes no Excel do modelo de otimização no nível de serviço.	55
FIGURA 9 – Informações de capacidade para o modelo de redução dos custos operacionais.....	65
FIGURA 10 – Informações sobre o evento para o modelo de redução dos custos operacionais.....	65
FIGURA 11 – Registro de funções do modelo de redução dos custos operacionais.	66
FIGURA 12 – Configuração que os participantes devem ser alocados.....	67
FIGURA 13 – Curva de <i>trade-off</i> entre custo e nível de serviço.....	72
FIGURA 14 – Curva de <i>trade-off</i> entre custo e nível de serviço por candidato	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Características dos problemas de programação e suas extensões.....	25
TABELA 2 – Relação entre distância e custo global.	70
TABELA 3 – Relação entre distância e custo por candidato.	71

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Modelo para realizar diversas consultas de geolocalização.	49
QUADRO 2 – Modelo para realizar diversas consultas de geolocalização.	51
QUADRO 3 – Índices do modelo de otimização no nível de serviço.	52
QUADRO 4 – Parâmetros do modelo de otimização no nível de serviço.	53
QUADRO 5 – Variável de decisão do modelo de otimização no nível de serviço.	53
QUADRO 6 – Função objetivo do modelo de otimização no nível de serviço.	53
QUADRO 7 – Restrições do modelo de otimização no nível de serviço.	54
QUADRO 8 – Índices do modelo de redução dos custos operacionais.	57
QUADRO 9 – Parâmetros do modelo de redução dos custos operacionais.	58
QUADRO 10 – Variáveis de decisão do modelo de redução dos custos operacionais.	60
QUADRO 11 – Função objetivo do modelo de redução dos custos operacionais.	61
QUADRO 12 – Restrições 2.1 até 2.5 do modelo de redução dos custos operacionais.	61
QUADRO 13 – Restrições 2.6 até 2.9 do modelo de redução dos custos operacionais.	62
QUADRO 14 – Restrições 2.10 até 2.12 do modelo de redução dos custos operacionais.	62
QUADRO 15 – Restrições 2.13 e 2.14 do modelo de redução dos custos operacionais.	63
QUADRO 16 – Restrições 2.15 do modelo de redução dos custos operacionais.	63
QUADRO 17 – Restrições 2.16 do modelo de redução dos custos operacionais.	63
QUADRO 18 – Restrições 2.17 até 2.23 do modelo de redução dos custos operacionais.	64
QUADRO 19 – Restrição da distância máximo do modelo	69
QUADRO 20 – Restrição da quantidade de alocados por coordenação	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cebraspe – Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos

Cespe/UnB – Centro de Seleção e de Promoção de Eventos da Universidade de Brasília

Enem – Exame Nacional do Ensino Médio

FUB – Fundação Universidade de Brasília

Inep – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais

MEC – Ministério da Educação

RDGP – Redutor da Distância Global Percorrida

SACI – Sistema para Alocação dos Candidatos Inscritos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização.....	14
1.2	Formulação do problema	16
1.3	Objetivo Geral	17
1.4	Objetivos Específicos.....	17
1.5	Justificativa	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Processo logístico	20
2.2	<i>Trade-off</i>	22
2.3	Modelo determinístico	24
2.4	Modelagem matemática.....	26
2.4.1	Construção do modelo matemático.....	29
2.5	Pesquisa operacional.....	30
2.5.1	Programação linear.....	34
2.5.2	Programação inteira.....	35
2.5.3	Programação binária.....	36
2.5.4	Programação não linear.....	36
2.5.5	Lingo	36
3	CEBRASPE	38
4	MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	40
4.1	Tipo e descrição geral da pesquisa.....	40
4.2	Organização.....	42
4.3	Participantes do estudo.....	42
4.4	Caracterização dos instrumentos de pesquisa e Procedimentos de coleta	43
4.5	Análise de dados.....	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Processo logístico	45
5.2	Google Maps APIs	47

5.2.1	Google Maps Geocoding API.....	47
5.2.2	Google Maps Distance Matrix API	49
5.3	Modelos matemáticos	51
5.3.1	Otimização do nível de serviço dos participantes	52
5.3.2	Redução dos custos operacionais	57
5.4	Indicadores	68
5.4.1	Indicador de distância percorrida	68
5.4.2	Indicador de custo por participante	69
5.5	<i>Trade-off</i>	69
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	74
6.1	Considerações finais.....	74
6.2	Limitações de pesquisa.....	77
6.3	Sugestões para estudos futuros	77
	REFERÊNCIAS.....	79
	APÊNDICES.....	83
	Apêndice A – Modelo de redução dos custos operacionais	83
	Apêndice B – Modelo de redução dos custos operacionais – Primeira versão não linear inteira mista	86
	Apêndice C – Modelo entre otimização da distância percorrida e redução de custos operacionais.....	88
	Apêndice D – Resumo das entrevistas realizadas com os colaboradores do Cebraspe.....	91
	ANEXOS	93
	Anexo A – Relatório de Gestão do Cebraspe – 2014.....	93
	Anexo B – Relatório de Gestão do Cebraspe – 2015.....	95
	Anexo C – Relatório de Gestão do Cebraspe – 2016	96

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Em diversos países são realizadas seleções, avaliações e certificações, executadas por meio de concurso público. No Brasil, ocorre o segundo maior evento de aplicação de provas do mundo (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2015) o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) que viabiliza o ingresso de participantes no ensino superior de ensino, em instituições públicas e privadas.

Em 2016 o número de inscritos no Enem foi de 8.627.194 participantes (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2016), o equivalente a 4,18% da população brasileira¹, o que demandou planejamento em várias esferas, entre elas, logística, para que os participantes realizassem as provas.

Um dos principais objetivos das seleções em concursos é permitir o provimento de vagas em cargos públicos. Em 2016 e em anos anteriores ocorreram aplicações de prova para Tribunal de Contas, Tribunal do Trabalho, Tribunal Eleitoral, Polícias Militar e Civil, Prefeitura, Agência Pública, Fundações, Tribunal de Justiça, Secretarias, Procuradoria, Conselho Regional, entre outros.

É indiscutível a importância da seleção de pessoas qualificadas, por meio de concursos, seja para a ocupação de cargos públicos e privados, seja, para o acesso ao ensino superior, para avaliações, certificações e etc.

Esses eventos possuem dois pilares fundamentais: a parte acadêmica e o processo logístico. Este trabalho irá atuar na segunda etapa, ou seja, na logística necessária para a aplicação do certame.

Para que a seleção seja realizada com eficiência e eficácia, é preciso que a execução do processo minimize os custos inerentes à realização do evento, uma

¹ A estimativa da população brasileira em 1º de julho de 2016 é de 206.081.432 pessoas (IBGE, 2016)

vez que os recursos são limitados e que existem múltiplas restrições estabelecidas que devem ser respeitadas.

Os custos determinam quais atividades devem ser modernizadas e com qual frequência os processos logísticos devem ser replanejados. Pequenos aperfeiçoamentos em atividades que possuem alto orçamento podem proporcionar substancial redução de custo (BALLOU, 2006).

Os custos logísticos da aplicação estão relacionados ao transporte, contratação de colaboradores e locação de espaço físico. O custo de transporte inclui a entrega e logística reversa do material de prova e administrativo, que abrange o traslado do material sigiloso até o local de aplicação, assim como do colaborador que irá resguardar o malote. Quanto à contratação dos colaboradores, existem regras pré-determinadas que determinam o quantitativo ideal e remuneração para cada certame. Além disso, existe a locação dos locais de prova, que normalmente são instituições de ensino, como escolas e faculdades.

A configuração da capacidade das instituições de ensino disponíveis para locação interfere no custo, uma vez que, atendendo o mesmo número de pessoas, uma escola pode possuir muitas salas com pouca capacidade e outra pode possuir poucas salas, mas cada sala com grande capacidade; além de cada uma possuir um custo de transporte e de locação diferente.

Para determinar quais locais devem ser escolhidos, deve-se realizar o *trade-off* com o intuito de escolher a melhor opção com o menor custo total. A opção econômica mais adequada é o ponto em que a soma de todos os custos seja mais baixa (BALLOU, 2006). Em outras palavras, é aceitável ter altos custos em uma categoria, como por exemplo pessoal, desde que essa combinação traga o menor custo total, compreendido pela soma total do custo de transporte, custo de pessoal e custo de locação.

Em 2016 o Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos (Cebraspe) realizou 21 seleções públicas com 1.549.282 participantes, 5 seleções com 107.386 participantes, 11 eventos de seleção da FUB para 46.507 candidatos, assim como aplicou o Enem em 14 unidades federativas para 4.109.880 participantes. Desta maneira, foram contratadas 535.312 pessoas para atuar exclusivamente na aplicação dos eventos, nas funções de Coordenador, Assistente

de Coordenação, Aplicador, Fiscal de Sala, Chefe de Sala, Apoio Operacional e outras (RELATORIO DE GESTÃO, 2016).

Entre as atividades desenvolvidas pela Coordenação de Logística do Centro que geram custos, pode-se citar: a seleção e determinação dos locais de aplicação de prova; seleção, contratação e capacitação de pessoal; logística de transporte de materiais e de pessoal.

1.2 Formulação do problema

Os eventos de aplicação de prova podem ocorrer em diferentes níveis: um ou mais municípios, um ou mais Estados, nacional, mundial. O volume de participantes pode ser pequeno, como também atender milhões de pessoas.

Diante da magnitude dos eventos que são realizados e das peculiaridades existentes nos processos, é fundamental que, além do planejamento, exista a busca por melhores práticas de alocação de recursos disponíveis, com as melhores combinações de utilização dos insumos.

A contínua busca de qualidade e produtividade é um ponto central para a gestão (GOLDBARG, 2000) e para isso as organizações empenham-se em utilizar ferramentas aprimoradas para o apoio à tomada de decisão.

Desta maneira, para iniciar a análise da logística, percebe-se que, de um lado existem os participantes que efetuaram a inscrição e estão aptos para realizar a prova, do outro, as escolas que serão utilizadas. Normalmente, há mais escolas candidatas a serem locadas do que o necessário. A questão de estudo é determinar quais escolas devem ser utilizadas e como os participantes devem ser alocados dentro de cada instituição.

Assim, dado que existem múltiplas opções para designar o local onde os participantes irão realizar as provas, é necessário determinar a configuração ideal para a aplicação das provas, respeitando os níveis de qualidade e de segurança.

O principal fator em análise é o *trade-off* que determina e balanceia o custo total logístico com um nível de serviço adequado.

Assim, neste trabalho elaborar-se-á modelos para auxiliar a tomada de decisões na seguinte questão: Como deve ser realizada a seleção dos locais de prova com o intuito de reduzir os custos logísticos totais da aplicação de um certame e oferecer um nível de serviço adequado?

1.3 Objetivo Geral

O objeto de estudo que será desenvolvido neste trabalho é elaborar modelos matemáticos para auxiliar no processo de decisão de designação dos locais de prova em avaliações, seleções e certificações para redução dos custos operacionais logísticos e otimização no nível de serviço prestado aos participantes.

1.4 Objetivos Específicos

Para viabilizar a resolução do problema é necessário definir itens a serem respondidos. Para isso foram propostos seis objetivos específicos que auxiliarão no alcance do objetivo geral desse trabalho:

- identificar as características envolvidas no processo de designação dos locais de prova;
- elaborar a Função Objetivo do Problema do Estudo de Caso;
- mapear as restrições do Problema do Estudo de Caso;
- resolver o modelo matemático do Estudo de Caso por meio de um *software* de otimização;
- verificar melhoria decorrente da implementação da ferramenta.

1.5 Justificativa

Neste trabalho serão aplicados conhecimentos apreendidos na academia, apresentando a viabilidade, concepção, complexidade, elaboração e implementação de modelos matemáticos e abordando os ganhos com sua utilização.

Conforme o exposto, é notória a importância de estudos que proporcionem avanço nas atividades executadas pelo processo logístico, em razão de que pequenas melhorias são capazes de gerar significativas reduções de custo monetário, de processamento e de tempo.

Do viés organizacional, a realização desse estudo é evidenciada pela necessidade de melhorias operacionais, com o intuito de otimizar a atividade por meio de redução de atividade manual, redução do tempo para tomada de decisão bem como pela minimização de custo do processo de seleção.

A contribuição para o meio acadêmico será realizada por meio da revisão do referencial teórico, pela utilização do *software* Lingo e pela base de conteúdo que será desenvolvida.

A colaboração para a esfera social é a demonstração e aplicação de estudos com o intuito de garantir a execução de concursos públicos com isonomia, segurança e qualidade para os participantes e para a sociedade, revelando a transparência existente no processo de designação dos locais de prova.

Os eventos normalmente envolvem milhares de inscritos, dessa forma o modelo matemático buscará pela redução da distância a ser percorrida pelos participantes. Além de proporcionar comodidade para essas pessoas, existe a questão ambiental a ser considerada, dado que as pessoas irão percorrer uma distância global menor, e poderá haver redução das emissões de gases tóxicos emitidas pelos veículos dos participantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo serão apresentados os conhecimentos teóricos e os conceitos abordados no estudo, além das pesquisas recentes na área. A base teórica é parte fundamental para o entendimento e compreensão da análise efetuada.

As informações aqui contidas, principais e complementares, com a finalidade de introduzir os conceitos utilizados por esse estudo, permitirão confronto com os resultados obtidos, com o propósito de permitir o desenvolvimento da literatura sobre o tema de estudo.

De acordo com Moresi (2003), o referencial teórico é atividade que guia os rumos que serão traçados na metodologia e que levarão aos resultados da pesquisa, por isso, é necessário levantar e analisar as publicações relativas ao tema desse estudo a fim da realização de mapeamento dos assuntos relativos.

Para Gil (2008), existem diversas fontes de conteúdo que podem ser utilizadas para a pesquisa de fontes, principalmente para o referencial teórico, nos qual pode-se citar as fontes bibliográficas, obras de referência, teses e dissertações, periódicos científicos.

Nesse contexto, Silva e Menezes (2005) afirmam que o enfoque do referencial teórico deve estar em consonância com o tema do trabalho em questão, uma vez que nessa atividade é proposto a apresentação do arcabouço conhecido sobre o tema em questão.

Nessa pesquisa serão abordados tópicos de pesquisa operacional e de modelagem matemática, uma vez que são fundamentais para a execução do objetivo da pesquisa, além disso, assuntos correlatos à logística empresarial serão abordados a fim de contribuir com a elaboração dos modelos matemáticos.

O referencial teórico foi sistematizado de forma a introduzir os conceitos sobre seleção, certificação e avaliações, a fim de que seja possível observar a relevância de estudos sobre esse tema. Em seguida são apresentados conceitos sobre logística empresarial e visão dos principais autores sobre Pesquisa Operacional, seguidos de trabalhos acadêmicos atuais da área.

2.1 Processo logístico

A modernização dos produtos e serviços que são prestados aos consumidores tornam a atividade da logística dinâmica, uma vez que são necessárias constantes adaptações nos processos já existentes (NOVAES, 2016).

Embora ocorra o desenvolvimento das ferramentas computacionais e dos sistemas integrativos de apoio à decisão para processos logísticos no mundo globalizado, os gestores nem sempre utilizam essas ferramentas para alcançar um menor custo total ou permitir que os processos se tornem mais eficazes (BOWERSOX *et al*, 2014).

Para Ballou (2006), a globalização e o desenvolvimento dos sistemas de informação e processos flexíveis levaram os clientes a optarem por uma resposta mais rápida e padronizada, com prazos de resposta menores do que os prestados anteriormente. Com essa informação, pode-se inferir que os consumidores esperam também que os serviços busquem atender fatores que não eram atingidos anteriormente.

Conforme Bowersox *et al* (2014), a redução dos custos deve ser analisada levando-se em consideração os custos totais, uma vez que é aceitável e possível que um setor tenha um custo relativamente maior, desde que, o custo total, ou seja, a somatória desses valores, retorne o menor valor entre as alternativas possíveis.

Além desse fator, as atividades de uma organização nem sempre estão concentradas em apenas um local, é necessário que existam etapas logísticas para o gerenciamento da situação (BALLOU, 2006).

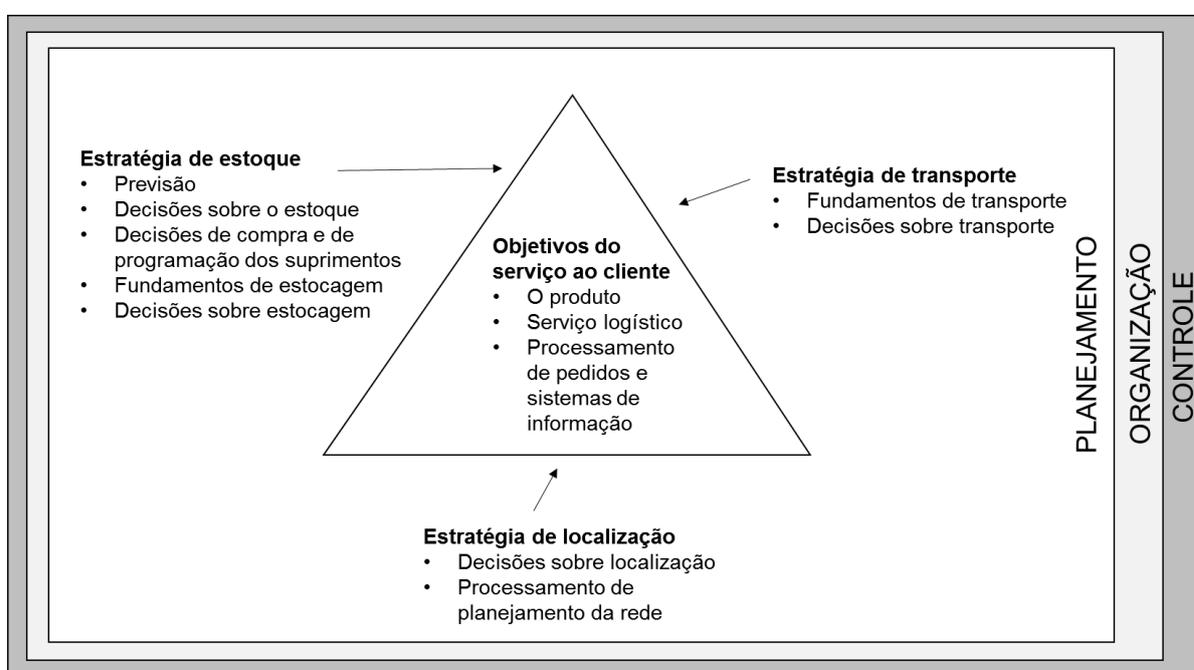
Em contrapartida, da mesma forma que a redução de custos é importante e necessário observar o nível de serviço que, segundo Bowersox *et al* (2014), pode ser definido como uma meta de desempenho e deve ser especificada pela organização. Para o autor, o nível de serviço frequentemente é medido como duração do ciclo do pedido. O nível de serviço pode ser entendido como a satisfação percebida pelo consumidor, uma vez que é importante elemento da estratégia da logística. Normalmente, quanto maior o nível de serviço, maior serão os custos para a manutenção do serviço.

O nível de serviço determina a qualidade do serviço que o cliente irá observar é um elemento chave para a estratégia logística. Com a definição do nível de serviço que

será oferecido, a organização irá realizar suas atividades, com o custo mínimo para atender a qualidade estabelecida (BALLOU, 2006).

Outro conceito relevante é o valor para o cliente. Apresentado por Faria e Costa (2013) como uma ferramenta competitiva, uma vez que, no longo prazo, é mais vantajosa a manutenção do cliente do que a busca por novos consumidores; ocorre valor para o cliente quando os benefícios percebidos pelos consumidores são maiores do que o custo para manter o benefício.

De acordo com Ballou (2006), os objetivos da logística empresarial consistem na obtenção de objetivos da cadeia de serviço que permita a organização alcançar o objetivo global.



Fonte: Ballou (2006).

FIGURA 1 – Triângulo do planejamento logístico.

Conforme apresentado na Figura 1, a logística tem como objetivo o serviço ao cliente, atuando com estratégias de estoque, transporte e localização. Os três aspectos são fundamentais nas esferas do planejamento, organização e controle, para o correto acompanhamento e gerenciamento dos processos e decisões que devem ser administradas com o olhar da cadeia de suprimento.

Deve-se destacar ainda que o processo logístico frequentemente trata com informações sigilosas e de acesso restrito. De acordo com Sêmola (2003), as

informações são valiosas para o negócio e para a organização e ainda possuem aspectos da segurança quanto a confidencialidade, integridade, disponibilidade, autenticidade e legalidade. Para isso, é importante que exista o correto manuseio, armazenamento, transporte e posterior descarte, com o intuito de manter a integridade das informações.

A segurança das informações na cadeia produtiva deve ser praticada por todos os *stakeholders* envolvidos na atividade, para isso deve-se adotar medidas de segurança em conjunto com os fornecedores e clientes, para que as partes não divulguem nenhuma informação que seja ameaça para a operação de uma atividade organizacional (SÊMOLA, 2003).

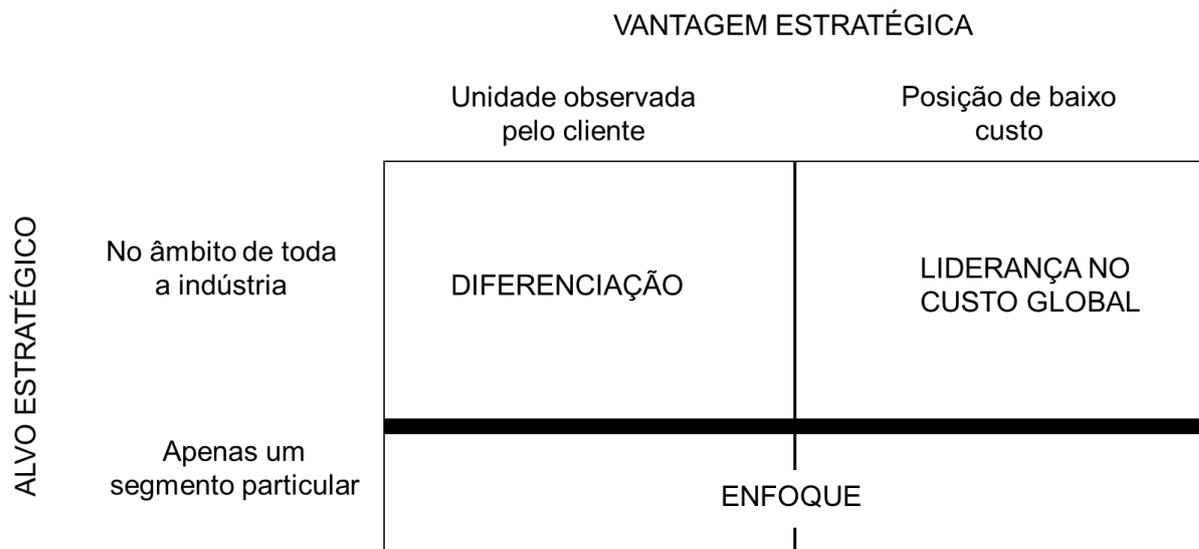
2.2 Trade-off

Alinhado com os objetivos desse trabalho, o modelo que será desenvolvido para a escolha e definição dos locais de prova utilizados para a realização dos concursos públicos, é um caso de *trade-off*. Em um primeiro momento, o modelo irá determinar a utilização dos melhores locais, reduzindo o custo total da operação e, em um segundo momento, irá considerar o nível de serviço que será prestado; assim, existirá um *trade-off* entre nível de serviço e custos operacionais.

O *trade-off* consiste na escolha de um algum item em detrimento de outro, ponderando as vantagens dos itens para solução do problema. Em trabalho apresentado por Nishi *et al.* (2016) de análise do *trade-off* entre custo e nível de serviço, foi possível reduzir os custos operacionais mantendo um nível desejado de nível de serviço.

O *trade-off* compreende as trocas compensatórias entre os elementos disponíveis, que geram algum tipo de custo. É fundamental ponderar os resultados que podem ser alcançados com os objetivos que são esperados, em alguns casos poderá existir uma alternativa de custo extremamente baixa. Entretanto, com um tempo de espera extremamente acima da média, o que a depender do problema, irá inviabilizar essa alternativa, em outro tipo de problema, essa alternativa poderá ser aceita (FARIA; COSTA, 2013).

Porter (2004) apresenta um dilema clássico de *trade-off* encontrado pelas organizações, quanto ao posicionamento que deve tomado, entre buscar a diferenciação do serviço prestado, por práticas que reduzam os custos ou pelo enfoque. O *trade-off* desse exemplo é a escolha da diferenciação em detrimento de maiores custos, ou a escolha de menor custo sem possuir diferenciação observada pelo cliente, ou ainda pelo enfoque em uma área específica, deixando de lado a diferenciação e liderança no custo.



Fonte: Porter (2004).

FIGURA 2 – Estratégias genéricas.

A dualidade entre as alternativas possíveis, conforme apresentado na Figura 2 irá proporcionar resultados diferentes para a organização. Em diversos casos, o realizado pelas organizações não é a extremidade da diferenciação do produto ou serviço ou a liderança no custo global ou ainda o enfoque em uma área, mas sim uma combinação desses três fatores. A combinação dos fatores pode permitir resultados mais positivos, para tanto é preciso realizar a mensuração dos retornos, para definição do *trade-off* que será realizado para maximização dos objetivos empresariais.

Para Winston e Goldberg (2004), a obtenção da curva de *trade-off* pode ser alcançada em três etapas; com a situação problema já modelada, é necessário verificar qual é o valor da função objetiva para alguma variável, após isso, é necessário realizar o mesmo procedimento para outra variável, com isso será obtido os dois pontos externos de uma curva de *trade-off* com duas variáveis.

O cálculo para a definição da curva de *trade-off* apresenta a possibilidade de escolha entre variáveis e que, a escolha de um item em função de outro, poderá acarretar em redução ou aumento da função objetivo.

De acordo com Bowersox *et al.* (2014), existe relação direta e lógica entre o *trade-off* e o objetivo de alcançar o menor custo global, uma vez que escolhas devem ser realizadas a fim de reduzir o custo global, mantendo um nível de serviço desejado. Todavia, a falta de informações e de dados confiáveis para a gestão dificultam a formulação de processo para minimizar o custo total. O *trade-off*, com auxílio da gestão integrada entre as partes que possuem custos devem proporcionar o menor custo total do processo e não somente exclusivamente o menor custo de uma área.

É imprescindível para este estudo a compreensão sobre o *trade-off*, uma vez que, em um ambiente organizacional, diversas escolhas devem ser tomadas em detrimento de outras. Para apresentar essas situações de possíveis trocas, optou-se pela utilização de modelos determinísticos, com o intuito de apresentar momentos em que é preciso tomar uma decisão em detrimento das outras alternativas possíveis. Os modelos determinísticos permitirão a comparação das alternativas viáveis e auxiliarão na decisão na opção que retorne melhor valor para o objetivo desejado.

2.3 Modelo determinístico

De acordo com Belfiore e Fávero (2013), nos modelos determinísticos as variáveis em sua formulação são constantes e conhecidas e a solução ótima é resolvida por meio de sistemas de equações, o que permite a obtenção da solução ótima.

Os modelos matemáticos podem ser classificados a depender da função objetivo e das características das variáveis de decisão, a TABELA 1 apresenta os tipos de programação que podem ser utilizados.

TABELA 1 – Características dos problemas de programação e suas extensões.

Tipo do Modelo	Função Objetivo	Restrições	Tipo de Variável
Programação linear (PL)			Contínua
Programação linear inteira (PLI ou PI)			Discreta
Programação linear inteira mista (PLIM ou PIM)			Discreta e contínua
Programação linear binária (PLB ou PB)		Linear	Binária
Programação linear binária mista (PLBM ou PBM)			Binária e contínua
Programação linear inteira binária (PLIB ou PIB)			Discreta e binária
Programação não linear (PNL)			Contínua
Programação não linear inteira (PNLI)			Discreta
Programação não linear inteira mista (PNLIM)	Pelo menos uma delas é não linear		Discreta e contínua
Programação não linear binária mista (PNLBM)			Binária e contínua
Programação não linear inteira binária (PNLIB)			Discreta e binária

Fonte: Adaptado de Belfiore e Fávero (2013).

A modelagem para os modelos determinísticos pode ser realizada por meio da programação linear, inteira, binária e não linear, também pode ser mista quando possuir mais de um tipo de programação, as diversas combinações possíveis estão apresentadas na Tabela 1.

Segundo Lachtermacher (2007), pode-se aplicar a programação linear em problemas de administração da produção, análise de investimentos, alocação de recursos limitados, planejamento regional, logística, custo de transporte, dentre outros tipos.

Nos modelos determinísticos os dados do problema são conhecidos e é considerado que existe o conhecimento das variáveis que interferem na tomada de decisão, além disso, é capaz de solucionar situações complexas com diversas variáveis e restrições (MOORE; WEATHERFORD, 2005).

A modelagem determinística será utilizada na programação do problema visto que os valores das variáveis são previamente conhecidos, não existindo incertezas quanto aos parâmetros utilizados. Uma vez que as informações da capacidade de alocação das instituições disponíveis, custo de locação, funções de colaboradores, remuneração das funções e regra de contratação dos colaboradores são determinadas antes da aplicação dos eventos e não são alteradas posteriormente.

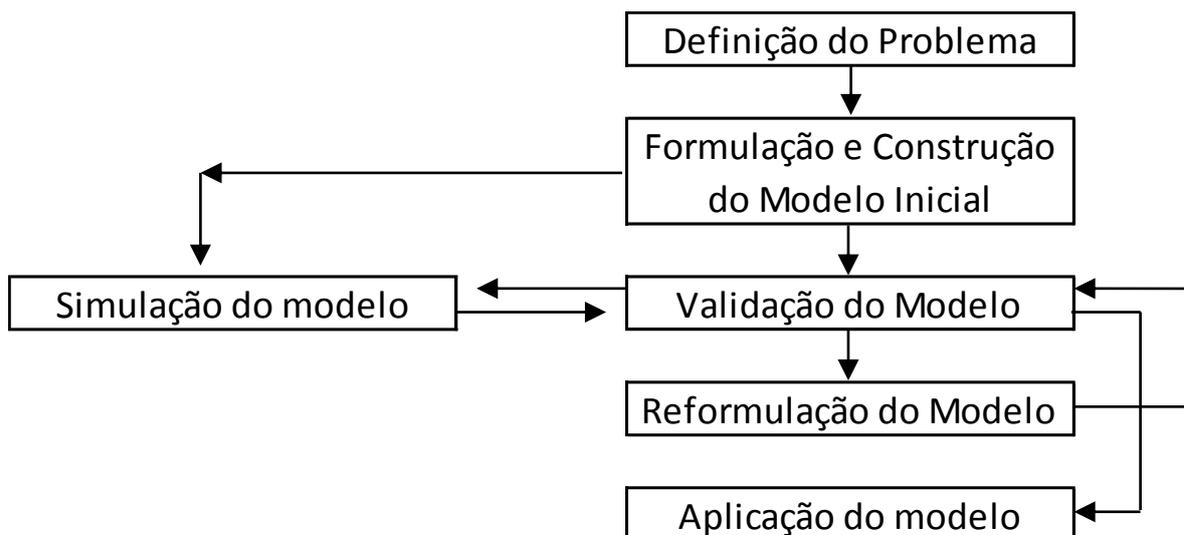
2.4 Modelagem matemática

Para Lachtermacher (2007), a modelagem matemática favorece e apresenta diversas vantagens para a tomada de decisão. Para a autora é essencial a explicitação dos objetivos, assim como a identificação das variáveis e de sua relevância e em quais itens elas estão, também é na modelagem que as restrições são delimitadas e permite a facilitação do trabalho em grupo, uma vez que os processos foram traduzidos em equações.

Os modelos matemáticos tentam imitar o problema real e, para isso, são definidas as variáveis e restrições, com o intuito de se representar o comportamento da situação real (ARENALES *et al.*, 2015). Todavia, é útil compreender que os modelos são representações da realidade e não a realidade em si, ou seja, podem ocorrer fatores que não estão incorporados no modelo e isso fará com que o modelo proposto não se assemelhe à realidade. Com o intuito de auxiliar o processo de modelagem matemática, diversos autores propõem um processo, para que, ao final seja possível generalizar o modelo para os casos reais.

O sistema real possui influência de diversas variáveis e por isso possui grande complexidade para sua elaboração, para tanto é necessária a simplificação com as variáveis mais relevantes e com as variáveis de decisões (BELFIORE; FÁVERO, 2013).

A elaboração da modelagem de um problema pode ser resumidamente apresentada na Figura 3, essa atividade é importante, uma vez que o problema definirá os objetivos, as variáveis de decisão e os níveis de detalhes (GOLDBARG, 2000).



Fonte: Goldberg (2000).

FIGURA 3 – O processo de construção de modelos.

O primeiro passo é a definição do problema, após isso é dado o início da formulação e construção do modelo inicial, sendo simulado e validado, passando por reformulações. Somente após a validação final do modelo ele poderá ser aplicado no problema que deve ser solucionado.

A etapa de definição do problema apresenta três elementos do problema de decisão: a descrição das alternativas de decisão; determinação do objetivo de estudo; e as especificações das limitações do modelo (TAHA, 2008). Nesse momento, deve-se definir claramente o escopo e atuação que o modelo matemático terá - uma vez que essas definições servirão como base para as etapas futuras.

De acordo com Moore e Weatherford (2005), a formulação é iniciada com a construção de um modelo inicial, com as equações matemáticas mais simples, de maneira simbólica, e de acordo com as simulações e validações permitirá o desenvolvimento e aperfeiçoamento das restrições e especificidades que o modelo possui.

De acordo com Hillier e Lieberman (2012), a etapa de solução do modelo ocorre posteriormente à elaboração do modelo matemático e é uma atividade normalmente realizada com o auxílio de computador que possui algoritmos próprios para encontrar a solução do modelo. Em muitos casos, é procurada a solução ótima, todavia, é necessário reconhecer que a solução ótima encontrada é relativa ao

modelo que foi elaborado e pode ser considerada uma aproximação da solução ótima real.

A validação do modelo é indispensável para a aproximação com a realidade, pela validação será possível verificar se as equações matemáticas estão representando as reais restrições que existem no problema real. Em consonância, Belfiore e Fávero (2013) indicam o modelo válido quando possuir um nível de acerto aceitável no quesito de representar ou prever o comportamento do sistema real.

Segundo Taha (2008), para a aplicação do modelo e implementação das soluções em uma organização é necessário que as respostas obtidas pelo modelo matemático sejam traduzidas para ações gerenciais, ou seja, os resultados do modelo matemático devem possibilitar a criação de ações operacionais para que seja possível a aplicação e efetivação das melhores práticas. Quando ocorrer a aplicação e execução de um modelo matemático em uma organização, pouco adiantará em apresentar as variáveis encontradas na solução, o fim ocorrerá quando for indicado o que deve ser realizado para que seja possível alcançar aquelas variáveis, detalhando o que deve ser mantido e o que deve ser alterado.

Diante do exposto, Winston e Goldberg (2004) complementam que é preciso apresentar não exclusivamente a melhor opção, mas sim as melhores opções, para que os tomadores de decisões possam escolher a alternativa que melhor se enquadra às necessidades da organização. Em outras palavras, pode-se dizer que o ideal é apresentar diversas soluções, não necessariamente ótimas, mas que estejam próximas do ótimo, uma vez que, em alguns casos, os tomadores de decisão podem escolher alternativas que não sejam extremamente impactantes para a organização, mas que apresentem o melhor *trade-off*.

As atividades do processo de construção de modelos apresentada por Goldburg (2000), demonstram que as etapas estão conectadas e interligadas. O objetivo principal é aproximar o modelo matemático da realidade, ainda que no mundo real existam fatores que são imponderáveis e existam incertezas do que pode ocorrer. Apesar disso, os modelos que passam por diversas fases de validação estão mais propensos a representar a realidade e podem ser considerados como uma tendência da representação do problema real (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

Segundo Lachtermacher (2007), aparentemente a etapa de definição do problema pode parecer a etapa mais simples, entretanto, em diversas situações, definir o problema e o seu escopo será uma atividade complexa e a má definição levará à perda de tempo e de esforço.

A depender do tipo do problema, poderá ser necessário o monitoramento contínuo do modelo que foi elaborado, já que mudanças no mundo real podem implicar na criação ou na remoção de variáveis, na alteração dos objetivos e parâmetros. Dessa maneira, o modelo deve ser atualizado com a mesma dinâmica que o ambiente muda (WINSTON; GOLDBERG, 2004).

2.4.1 Construção do modelo matemático

Embora os modelos matemáticos busquem por soluções ótimas dentro do escopo definido utilizando práticas conceituadas para a resolução, é essencial considerar o aspecto humano dentro das situações e dos problemas existentes, em diversos casos no qual existe o tratamento com pessoas (TAHA, 2008).

De acordo com Belfiore e Fávero (2013), existem três elementos principais para a construção de um modelo matemático: a delimitação das variáveis de decisão e parâmetros; a função objetivo; e as restrições.

As variáveis de decisão são justamente os itens que se espera saber. Por outro lado, os valores fixos previamente conhecidos do problema são os parâmetros (BELFIORE; FÁVERO, 2013). As variáveis podem ser contínuas, discretas ou binárias, conforme apresentado na Tabela 1.

A função objetivo é o item que se espera que seja otimizado, normalmente pela maximização ou pela minimização. Nos problemas de maximização, serão procurados os valores para as variáveis de decisão que gerem o maior valor na função objetivo. Já nos problemas de minimização, o intuito é que as variáveis de decisão tenham os valores que levem o menor valor possível na função objetivo, nos dois casos é necessário que as restrições sejam respeitadas (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

De acordo com Winston e Goldberg (2004), os problemas de maximização geralmente buscam aumentar ao máximo a receita ou o lucro, enquanto os de minimização, buscam reduzir os custos.

As restrições são compostas pelas equações e inequações que as variáveis de decisão deverão respeitar e limitam os valores que as variáveis irão possuir (BELFIORE; FÁVERO, 2013). A limitação ocorrerá devido o parâmetro, ou seja, as constantes que foram definidas no problema, caso os parâmetros sejam alterados muito provavelmente irão impactar nas variáveis de decisão que passarão a ter outro valor.

Durante a construção do modelo, as restrições devem representar ao máximo o problema real, pois a inclusão ou a não definição de uma restrição relevante irá impactar na resposta obtida pelo modelo.

Na elaboração do modelo matemático deve-se conceber a ideia de que terá como finalidade alocar os insumos disponíveis de maneira a otimizar a função objetivo; em muitos casos, os recursos serão limitados e serão disputados entre as atividades que podem ser realizadas (GOLDBARG, 2000).

Pode-se dizer que o modelo matemático deverá - por meio de suas equações - verificar quais serão os *trade-off* realizados com o intuito de otimizar os objetivos definidos. Os *trade-off* são necessários uma vez que existem restrições nos problemas e que algumas atividades são mais vantajosas do que outras.

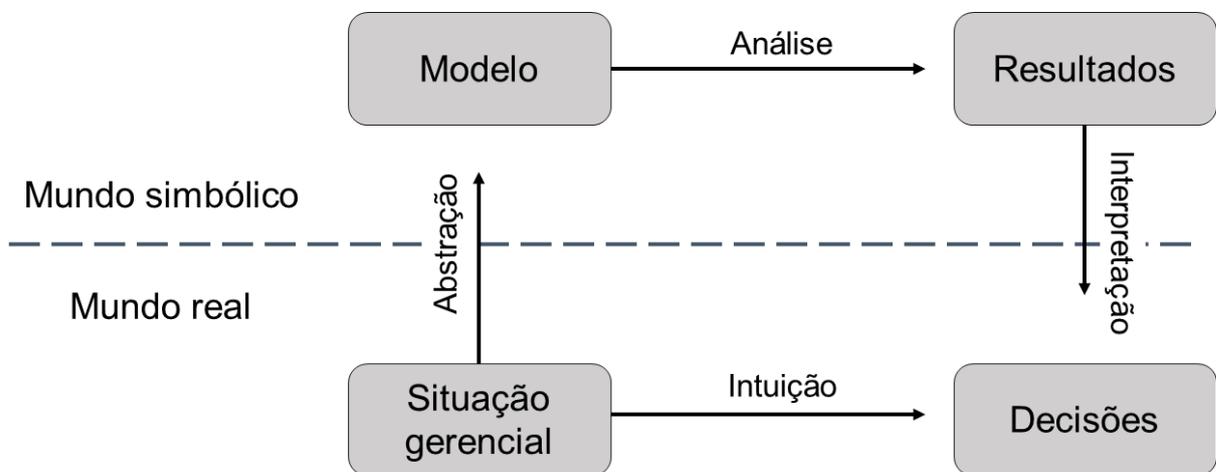
2.5 Pesquisa operacional

O termo *Operational Research* foi traduzido para o português brasileiro como pesquisa operacional. Em Portugal, é chamado de *investigação operacional* e em países de língua hispânica de *investigación operativa* (ARENALES *et al*, 2015).

A pesquisa operacional surgiu na Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial, que ocorreu entre os anos de 1939 e 1945, os militares e cientistas ingleses possuíam diversos tipos de recursos e grande parte desses eram limitados, seja para a manutenção e inspeção dos aviões; projeto de explosivos; tanque e motores;

melhoria da utilização de radar, canhões antiaéreos e táticas de bombardeios; dimensionamento de frota e outras questões. (BELFIORE; FÁVERO, 2013). Essa necessidade de gerenciamento de recursos escassos trouxe a pesquisa para a alocação desses insumos, ou seja, era preciso de uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisão.

A modelagem de um problema é uma atividade realizada pela pesquisa operacional, para tanto, a Figura 4 apresenta um modelo do processo de modelagem apresentado por Moore e Weatherford (2005).



Fonte: Moore e Weatherford (2005).

FIGURA 4 – O processo de modelagem.

Conforme a Figura 4, verifica-se que no mundo real as decisões tomadas pela situação gerencial são realizadas por meio da intuição e, para evitar esse fato, que em alguns casos pode ser prejudicial, é criado um modelo dentro de um mundo simbólico, ou seja, ocorrem abstrações da realidade e simplificações. Com o modelo elaborado é possível que sejam gerados resultados que terão uma análise e interpretação para a tomada de decisões.

Entretanto, é preciso salientar que as decisões que possuem auxílio da pesquisa operacional devem ocorrer com o aval e conhecimento da intuição dos indivíduos que possuem conhecimento da situação gerencial, uma vez que o modelo pode possuir equívocos na sua elaboração.

De acordo com Arenales *et al.* (2015), diversos autores compreendem a pesquisa operacional como ferramenta para a tomada de decisões, determinando, projetando

e operando um sistema com recursos escassos; o componente tecnológico dessa ferramenta está associado ao fato da utilização de *software* e *hardware* para o gerenciamento das informações, que compreende a coleta, comunicação e organização das informações utilizadas para a otimização dos modelos.

Para Belfiore e Fávero (2013) a pesquisa operacional é uma atividade multidisciplinar em razão de envolver assuntos técnicos das áreas de engenharia de produção, matemática aplicada, ciência da computação e gestão de negócios; além de utilizar o método científico nos modelos matemáticos, na estatística e nos algoritmos computacionais.

Segundo Moore e Weatherford (2005), no momento em que o modelo proporciona melhores resultados do que a não utilização, ele se torna válido. Para que seja aplicada a pesquisa operacional, deve-se ter algum benefício para o investimento de recursos para a sua elaboração, para tanto, a implementação está condicionada à obtenção de resultados melhores que os anteriores.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento da pesquisa operacional é decorrente da evolução dos computadores, que possuem hardware mais potentes do que antigamente, com velocidade de processamento e memória maiores, permitindo assim a resolução de problemas complexos que antes não poderiam ser resolvidos (BELFIORE; FÁVERO, 2013).

Existe padronização de terminologia de alguns termos, de acordo com Lachtermacher (2007). Nesse sentido, solução é qualquer valor para as variáveis de decisão, mesmo que não seja desejável ou possível sua execução; a solução viável satisfaz todas as restrições; enquanto a solução ótima é uma solução viável que traz o melhor valor para a função objetivo em um problema de maximização ou de minimização. A solução inviável ocorre quando ao menos uma restrição é violada (HILLIER; LIEBERMAN, 2012). A região viável é formada por todos os pontos que respeitam as restrições (WINSTON; GOLDBERG, 2004).

Um modelo não possuirá solução ótima quando não existir nenhuma solução viável ou quando uma variável que esteja na função objetivo não tenha restrição, nesse último caso, a resposta tenderia ao infinito (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

Os modelos que a pesquisa operacional engloba, de acordo com Goldbarg (2000), são amparados por técnicas matemáticas, além de serem estruturados de forma

lógica, determinam de maneira clara por meio das equações as condições para o problema proposto.

Sobre a pesquisa operacional, é importante ressaltar que a otimização dos modelos ocorre em um mundo simbólico, em um modelo que foi abstraído da realidade, portanto somente em casos raros pode-se afirmar que o mundo real foi otimizado (MOORE; WEATHERFORD, 2005).

Com o intuito de verificar os estudos mais recentes que possuem como base a pesquisa operacional, realizou-se pesquisa no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no scielo.br e na Science Direct, utilizando-se as seguintes palavras-chaves: “pesquisa operacional”, “*operational research*”, “lindo”, “lingo”, “designação”, “alocação”, “*allocation*”, “participantes”, “*participants*”, “candidatos” e “*candidates*”.

Na pesquisa realizada, não foi encontrado artigo ou trabalho acadêmico que possuísse o escopo de otimizar a alocação de participantes em locais de prova, todavia, foram encontrados artigos de programação linear, inteira, binário e não linear que abordaram assuntos correlatos a essa atividade, como a otimização dos custos e de processos logísticos, incluindo *trade-off*. Os artigos encontrados foram separados quanto ao tipo de programação.

Embora não tenham sido encontrados estudos com escopo semelhante ao atual e que tratassem sobre pesquisa operacional, Lima e Lima Filho (2010) e Arraes (2016) discutiram temas de melhoria de processos no Centro de Seleção e de Promoção de Eventos da Universidade de Brasília (CESPE/UnB) e no Cebraspe.

Por meio de entrevistas, Lima e Lima Filho (2010) conseguiram identificar pontos de melhoria declarados pelos próprios colaboradores, entre os quais pode-se citar a necessidade de realização de planejamento, investimento na parte tecnológica e de programação, assim como a formalização dos processos para atender exigências dos órgãos de controle.

Arraes (2016) aborda em seu trabalho a análise de *trade-off* entre a utilização de locais onerosos e gratuitos, e embora não se trate especificamente sobre pesquisa operacional o autor verifica as possíveis alternativas que o Cespe/Cebraspe pode realizar com a intenção de redução do custo de locação.

2.5.1 Programação linear

Na programação linear todas as funções matemáticas são lineares; a resolução pode ser realizada por meio do método simplex, que é capaz de resolver problemas extremamente grandes e complexos de maneira eficiente (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

A função é linear quando possuir apenas constantes e termos com as variáveis de primeira ordem, além disso, as variáveis de decisão devem ser contínuas, ou seja, dentro de um intervalo de números reais, poderá se assumir qualquer valor (BELFIORE; FÁVERO, 2013).

Em 1947 ocorreu um marco na pesquisa operacional, de acordo com Arenales *et al.* (2015), o método simplex foi publicado, seguido por diversos estudos de outras áreas. Esse método de resolução, como o método de pontos inferiores, publicado em 1984, são as principais ferramentas usadas até hoje para a resolução de problemas de otimização linear. Segundo Belfiore e Fávero (2013), a equipe liderada por George B. Dantzig deu origem ao método simplex nos Estados Unidos visto que continuaram os estudos que os cientistas e militares ingleses realizaram durante a Segunda Guerra Mundial, o interesse dos americanos foi decorrente do resultado positivo e ao ganho alcançado durante a guerra.

Existem três hipóteses de linearidade que devem ser consideradas, a de aditividade, proporcionalidade e fracionamento (ARENALES *et al.*, 2015). Ainda de acordo com o autor, a hipótese de aditividade pressupõe que o todo é a soma das partes, ou seja, é desconsiderado que possa existir qualquer reação química entre ingredientes que são misturados; a hipótese de proporcionalidade permite que exista proporção entre as atividades, ou seja, é possível fazer 50% de um produto industrializado se for utilizado metade dos ingredientes; a hipótese de fracionamento permite que as variáveis não sejam inteiras, de maneira que seja possível realizar 0,25 ou 0,50 de uma atividade.

Além das hipóteses citadas, Lachtermacher (2007) apresenta a hipótese da certeza, no qual deve-se assumir que os parâmetros que o modelo utiliza são constantes conhecidas, entretanto, uma vez que podem ocorrer imprevistos, é necessário realizar análise de sensibilidade dos resultados obtidos. A análise de sensibilidade

se torna necessária para ver o impacto que a mudança nos parâmetros irá causar no resultado final e nas variáveis de decisão.

Munhoz e Morabito (2013) aplicaram a programação linear para elaborar modelo matemático para a tomada de decisões, com o objetivo de auxiliar no planejamento de produção na indústria. No estudo dos autores, foi verificado o *trade-off* entre o custo total e probabilidade de violação das restrições estabelecidas.

2.5.2 Programação inteira

A programação inteira ocorrerá quando ao menos uma variável de decisão não puder assumir um valor contínuo, sendo necessário assumir valor discreto; devido a esse fator, existe uma maior complexidade computacional nos problemas desse tipo (GOLDBARG, 2000).

De acordo com Moore e Weatherford (2005), deve-se utilizar esse tipo de programação quando a solução com número inteiro foi importante, ou seja, quando tratar de decisões que envolvam itens que não possam ser particionados, como pessoas e máquinas.

Segundo Taha (2008), por conveniência, os problemas que possuem algumas variáveis contínuas e outras discretas são chamados de misto, enquanto o que possuir todas as variáveis discretas será um problema inteiro puro.

Paul, Sarker e Essam (2017) apresentam modelo de programação linear inteira que busca otimizar a cadeia de distribuição de produtos, considerando que possa ocorrer parada de produção nas fábricas – utilizando-se o *software* LINGO para a obtenção da solução ótima. Em um modelo desse tipo, a fábrica produz um produto que pode ser transferido para centros de distribuição até o consumidor final, entretanto, podem ocorrer diversos arcos, uma vez que uma fábrica pode enviar o produto para mais de um centro de distribuição e cada um tem um custo de transporte e armazenagem diferente, a mesma situação ocorre entre o centro de distribuições e os consumidores que ele atende.

2.5.3 Programação binária

A programação binária possui semelhanças com a programação inteira, uma vez que também possui ao menos uma variável discreta, que deverá assumir um valor binário, ou seja, 0 ou 1.

Farias e Borenstein (2017), relatam a elaboração de pesquisa operacional para a abertura de um novo centro de distribuição de uma organização à base de borracha, para tanto, é utilizado um modelo linear de programação mista, com variáveis contínuas e binárias. Para a resolução do problema foi utilizado o solver CPLEX, o modelo buscou reduzir os custos anuais do centro de distribuição, que envolve o custo de processamento, de produção das fábricas, de transporte da matéria-prima e o transporte para a zona de consumo.

2.5.4 Programação não linear

De acordo com Belfiore e Fávero (2013), para que a classificação de um modelo seja de programação não linear, basta que ou a função objetivo ou uma das restrições do modelo seja uma função não linear.

Coleman *et al* (2017), elaborou modelo matemático para verificar o *trade-off* entre a produção agrícola e o meio-ambiente, para isso, foi aplicada a programação com modelagem não linear. Com o estudo dos autores, é possível determinar soluções para a produção sustentável de alimentos.

2.5.5 Lingo

O LINGO possui uma linguagem matemática para a otimização de problemas, seja de programação linear, inteira ou não linear e possui a particularidade de resolver uma extensa gama de problemas (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

O *software* LINGO é uma ferramenta já consolidada que é capaz de realizar cálculos para a otimização de problemas não lineares (NIXON, 2016).

De acordo com Winston e Goldberg (2004), LINGO e LINDO são programas de resolução de pesquisa operacional com linguagem para otimização de problemas, que permite que sejam utilizados milhares de variáveis, parâmetros e função objetivo em funções matemáticas, o *software* é do Lindo Systems, Inc.

3 CEBRASPE

O Cebraspe foi qualificado em agosto de 2013 e, em março de 2014, passou a atuar como Organização Social (OS) com o contrato de gestão entre o Ministério da Educação (MEC), a Fundação Universidade de Brasília (FUB) e o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). É uma associação civil sem fins lucrativos, com sede em Brasília.

Anterior a esse período, a atuação ocorria sob responsabilidade do Centro de Seleção e de Promoção de Eventos da Universidade de Brasília, tendo como centro de custo a Fundação Universidade de Brasília, desde 1993.

Atualmente a organização funciona no mesmo local em que se situava o Cespe/UnB, com a qualificação como OS, parte da força de trabalho, dos bens materiais e dos intangíveis do Cespe/UnB foram absorvidos pelo Cebraspe, com contrato de cessão onerosa.

A organização é nacionalmente reconhecida pela aplicação de seleções, avaliações e seleções com excelência, todavia, o Cebraspe desenvolve outras atividades que não são conhecidas amplamente.

O Cebraspe possui quatro objetivos estratégicos definidos em seu contrato de gestão:

- I – (...) realização com eficiência das grandes avaliações e seleções nacionais;
- II – executar avaliações nas áreas de ensino e desenvolvimento institucional, que podem subsidiar estudos, pesquisas e seleções;
- III – executar, nas áreas de avaliação e seleção, projetos científicos e tecnológicos e programas de inovação e de formação de pessoas; e
- IV – desenvolver novas tecnologias e produzir informações e conhecimentos técnicos e científicos relacionados ao ensino, à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico e institucional nas áreas de avaliação e seleção.

(CONTRATO DE GESTÃO Nº1/14)

No artigo quinto do estatuto do Cebraspe são definidos as finalidades e os objetivos da organização, assim como no artigo terceiro do regimento interno, que determina as funções básicas do Centro.

Art. 5.º O Cebraspe tem por finalidade precípua fomentar e promover o ensino, a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento institucional por meio dos seguintes objetivos:

I – promover e realizar estudos e pesquisas nas áreas de ensino, de desenvolvimento e de políticas públicas;

II – promover e realizar programas e projetos científicos, tecnológicos, de inovação e de formação de pessoas na área de avaliação e seleção;

III – realizar estudos e pesquisas, desenvolver novas tecnologias e produzir informações e conhecimento técnico e científicos relacionados à sua finalidade;

IV – desenvolver atividades de suporte técnico e logístico a instituições públicas e privadas na área de avaliação e seleção;

V – prestar serviços relacionados à sua finalidade, especialmente realizar concursos públicos, processos de seleção, exames, avaliações, certificações, creditações e correlatos; e

VI – fomentar as atividades de ensino, pesquisa e extensão universitária.

(ESTATUTO DO CEBRASPE, 2014 e REGIMENTO INTERNO, 2017)

Entre 2009 e 2016 a organização foi responsável pela aplicação do Enem em consórcio com a Fundação Cesgranrio. Para a aplicação do evento em 2014 o Cebraspe contratou 397.573 colaboradores para atuar na aplicação das provas; já em 2015 e 2016 foram contratados 340.107 e 383.787, respectivamente; esse quantitativo inclui somente os colaboradores em funções relacionadas à aplicação do evento, como Coordenador Estadual, Coordenador Municipal, Assistente de Coordenador, Coordenador de Aplicação, Assistente de Aplicação, Chefe de Sala, Aplicador, Fiscal, Inspetor e Equipe de Apoio.

Além da seleção dos locais físicos que serão utilizados para a realização dos eventos, a Coordenação de Logística do Centro é responsável pela seleção, capacitação e contratação dos colaboradores que irão atuar na aplicação dos eventos.

4 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

De acordo com Gil (2008), com o decorrer do tempo o ser humano aumenta o conhecimento do mundo por meio do desenvolvimento de novos sistemas que permitem o melhor conhecimento da natureza das coisas e do comportamento humano. Uma importante fonte de conhecimento é a observação que, com o recebimento e processamento das informações, leva o homem à tomada de decisão sensata.

Para tanto, na etapa de metodologia, de acordo com Silva e Menezes (2005), será definido e apresentado como a pesquisa será realizada. Para Gil (2008) a busca por outras maneiras de obtenção de conhecimento que fossem seguras geraram o desenvolvimento da ciência - componente intelectual do mundo contemporâneo.

Conforme Gil (2008), a veracidade dos fatos é um dos objetivos da ciência, sendo necessária a verificação futura das informações prestadas. Com o intuito de registrar os procedimentos realizados, os próximos tópicos irão documentar as etapas realizadas, em relação ao processo de coleta, processamento e análise das informações e, também, proporcionarão as informações necessárias para possíveis replicações e re replicações em casos semelhantes.

Para Gil (2008) a determinação do método é a maneira para indicar o caminho que será realizado, é o conjunto dos procedimentos intelectuais e técnicos adotados para atingir o conhecimento.

4.1 Tipo e descrição geral da pesquisa

Com o intuito de explorar os objetivos desse trabalho, a pesquisa conta com atividades relacionadas que ao final irão gerar uma base de informações sólida sobre as atividades em estudo. A maior parte dos dados relevantes será proveniente da coleta de dados em informações de acesso público e complementadas com a realização de entrevista com colaboradores do Cebraspe.

Esse estudo possui natureza de pesquisa aplicada, para Silva e Menezes (2005) o principal fator é permitir a aplicação prática para a solução de problemas específicos que pode envolver verdades e interesses locais.

De acordo com Moresi (2003), a pesquisa aplicada envolve a criação de conhecimentos para a aplicação prática de solução para problemas específicos.

Quanto ao procedimento, conforme Gil (1991), o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo que proporcione um conhecimento amplo e detalhado de uma atividade em questão.

Para Moresi (2003), o tipo de pesquisa não é mutuamente exclusivo, portanto, pode-se definir o estudo como objetivo de pesquisa explicativa, procedimento técnico-documental e estudo de caso.

A realização do estudo de caso irá analisar e estudar uma atividade específica de uma organização, todavia, o objeto de estudo será passível de ser aplicado em ocasiões diferentes e em outros tipos de organização. É possível afirmar que a pesquisa em questão aborda uma atividade passível de ser realizada em outros países e outros tipos de organizações, assim como apresentar atividades e situações semelhantes que possam usufruir do resultado final.

A pesquisa, quanto à forma, é quali-quantitativa, uma vez que possui aspectos quantitativos em relação à utilização de ferramentas matemáticas e aspectos qualitativos relacionados com o resultado da entrevista com colaboradores do Cebraspe. Para Silva e Menezes (2005) o aspecto quantitativo permite a transformação de números em informação, exatamente o que será obtido por meio dos resultados dos modelos matemáticos; já na pesquisa qualitativa o pesquisador tende a analisar seus dados indutivamente, essa será a atividade de elaboração do modelo matemático, que usará informações de relatórios e de entrevista.

O trabalho em questão usará as táticas de Yin (2010) como base para apresentação e registro das informações. Para conferir confiabilidade ao estudo, as informações utilizadas nas conclusões devem ser apresentadas, tornando possível que outro pesquisador realize verificação no estudo e obtenha os mesmos resultados e conclusões. Nesse sentido, a etapa de elaboração dos modelos matemáticos será fundamental para garantir essa confiabilidade do estudo. Desta maneira, os modelos matemáticos devem ser calibrados de acordo com a situação do problema real.

4.2 Organização

Para o alcance dos objetivos da organização, existe a busca contínua para a modernização dos processos, para o benefício de redução dos custos, em tempo de processamento das informações e até na adaptação das atividades já executadas.

Em um ambiente competitivo a organização - para se manterem no mercado - precisam tomar melhores decisões do que as demais, para tanto é necessário identificar os possíveis pontos passíveis de melhoria.

Os consumidores possuem papel fundamental para a manutenção da imagem das organizações, por isso é importante a criação de mecanismos para verificar as demandas e novas necessidades desse público. A melhoria do nível de serviço pode ser vista como a redução da distância a ser percorrida pelos participantes.

4.3 Participantes do estudo

Para a elaboração do modelo matemático, foi realizada entrevista com roteiro não estruturado com colaboradores do Cebraspe, com dois Coordenadores de Logística e colaborador que realiza a alocação dos participantes nas instituições disponíveis, com o objetivo de complementar as informações divulgadas anualmente pelo relatório de gestão do Cebraspe. A seleção dos entrevistados foi realizada com base no conhecimento do colaborador sobre a atividade realizada pelo Centro objeto de estudo nessa pesquisa.

Os dados coletados nessa etapa foram essenciais para corroborar com a elaboração dos modelos matemáticos em consonância com a atividade realizada pela Coordenação de Logística do Centro.

4.4 Caracterização dos instrumentos de pesquisa e Procedimentos de coleta

Para Gil (2008) a ciência busca compreender leis que regem os fenômenos e é uma forma de conhecimento que tem como forma a utilização de linguagem rigorosa e apropriada, como a linguagem matemática.

Desta maneira, será analisado o *trade-off* para os seguintes itens:

1. Indicador de custo por participante; e
2. Indicador de distância percorrida.

A fórmula dos itens citados foi elaborada após a entrevista com os colaboradores do Centro e, por isso, será apresentado no capítulo de resultados.

Além dos indicadores, durante o processo existiu a observação que, para Marconi e Lakatos (2003), é uma técnica que auxilia no exame dos fatos e fenômenos para a obtenção das informações, além da coleta de aspectos da realidade. Ainda de acordo com o autor, podem ficar evidenciados itens que não estavam constantes na entrevista inicial.

Conforme Marconi e Lakatos (2003), coleta documentada, observação, entrevista e testes são procedimentos que podem ser utilizados para obtenção das informações necessárias. De acordo com Gil (2008) a pesquisa documental permite a obtenção de dados em quantidade e qualidade, e as informações podem ser utilizadas para esclarecer fatos.

As informações coletadas com a organização foram fundamentais para a elaboração dos modelos matemáticos. Visto que os colaboradores do Centro possuem amplo conhecimento sobre as atividades executadas, e de fatores a serem analisados, essas informações foram fundamentais para a elaboração de um modelo que se aproxime ao máximo da realidade.

Também foi utilizado o *Google Maps API* para a obtenção de distância entre coordenadas, com apoio do *software Python 3*. O *software* utilizado é gratuito, a *API* todavia, é gratuita até 2.500 consultas diárias, após essa quantidade existe um custo de 50 centavos de dólar para 1.000 consultas. É fundamental a determinação da

distância entre os locais uma vez que existem indicadores que utilizam essa informação no seu cálculo.

4.5 Análise de dados

De acordo com Gil (2008), após a coleta de dados ocorre a análise e interpretação das informações coletadas; essa etapa possui como objetivo organizar as informações para que seja possível a criação de respostas para o problema proposto.

A Figura 5 apresenta fluxo para análise quantitativa de modelos matemáticos apresentado por Goldberg (2000), esse modelo foi utilizado como guia para os modelos elaborados.



Fonte: Goldberg (2000).

FIGURA 5 – Fluxos de análise quantitativa.

Após a construção do modelo, foi utilizado o *software Lingo 17.0*, com licença gratuita de uso exclusivo para fins educacionais, para a resolução dos problemas elaborados previamente.

A análise quantitativa dos dados será realizada com os resultados provenientes do *Lingo*, as informações foram tabeladas e serão apresentadas no capítulo de resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos após o processamento das informações coletadas e obtidas conforme detalhado no tópico de métodos e técnicas de pesquisa.

5.1 Processo logístico

A consolidação de informações contidas em documentos públicos, como relatórios de gestão, estatuto e regimento interno aliada às entrevistas com os colaboradores do Centro, disponível no Apêndice D, permitiram compreender e iniciar a estruturação da modelagem matemática.

A Coordenação de Logística é responsável pela designação dos locais que serão utilizados e determina quantos participantes serão alocados em cada sala das coordenações. Além disso, a coordenação realiza a contratação de pessoal para a aplicação da prova, seguindo regras preexistentes de quantidade de colaboradores e remuneração que podem ser ajustadas a depender do evento.

Em relação aos locais, é devido pagamento de locação do espaço físico - quando se trata de local oneroso; verificou-se que, na maior parte das locações, é acordada uma remuneração pelo número de participantes que realizarem a prova no local. Ressalta-se que, para garantir a segurança da aplicação, em todo evento é determinado um número de salas reservas por coordenação, para qualquer eventualidade em que os participantes precisem ser transferidos da sala designada.

As funções dos colaboradores que atuam na aplicação de eventos podem ser agrupadas em três grupos: as funções de coordenação que possuem a contratação pela quantidade de salas na coordenação; as funções de coordenação que possuem a contratação pela quantidade de participantes na coordenação; e as funções de sala que possuem a contratação pela quantidade de participantes na sala.

Existem três colaboradores que necessariamente toda coordenação dispõe:

- ✓ Coordenador de Aplicação;

- ✓ Representante de Escola; e
- ✓ Porteiro.

Funções de coordenação que possuem a contratação pela quantidade de salas na coordenação:

- ✓ Um Assistente de Aplicação quando a quantidade de salas na coordenação for superior a 15;
- ✓ Um inspetor e uma inspetora a cada grupo de 15 salas.

Função de coordenação que possui a contratação pela quantidade de participantes na coordenação:

- ✓ Apoio Operacional – Limpeza, toda coordenação possui ao menos dois colaboradores é contratado um adicional a cada grupo de 500 participantes.

Funções de sala que possuem a contratação pela quantidade de participantes na sala:

- ✓ Chefe de Sala em todas as salas com participantes;
- ✓ Fiscal de sala, um nas salas com até 60 participantes; dois fiscais de sala, nas salas com mais de 60 e até 80 participantes; três fiscais de sala, nas salas com mais de 80 participantes; 4 fiscais de sala nas salas com até 100 são contados, nas salas com mais de 100 participantes, são contratados.

Considerando essas informações, foram elaborados dois modelos matemáticos, o primeiro tem como objetivo otimizar o nível de serviço do participante, e, o segundo, minimizar os custos operacional e logísticos. Por fim, os dois modelos serão interligados para a elaboração da curva de *trade-off*.

Para a criação do modelo matemático que tem como objetivo aumentar o nível de serviço dos participantes foi necessário averiguar a distância entre locais (endereço declarado pelo participante e coordenação), e para a coleta desses dados foi utilizado o Google Maps APIs. O objetivo deste modelo é alocar todos os participantes nas salas disponíveis, com a menor distância a ser percorrida pelos participantes até as coordenações.

5.2 Google Maps APIs

Optou-se pela utilização do serviço, uma vez que torna possível a coleta das informações necessárias; a ferramenta apresenta como vantagem a possibilidade de ser utilizada em qualquer lugar do mundo, o que permite a replicação do estudo em outras localidades.

Com o *Google Maps Geocoding API* converteu-se endereços em coordenadas geográficas, enquanto que, com o *Google Maps Distance Matrix API* verificou-se a distância entre coordenadas geográficas.

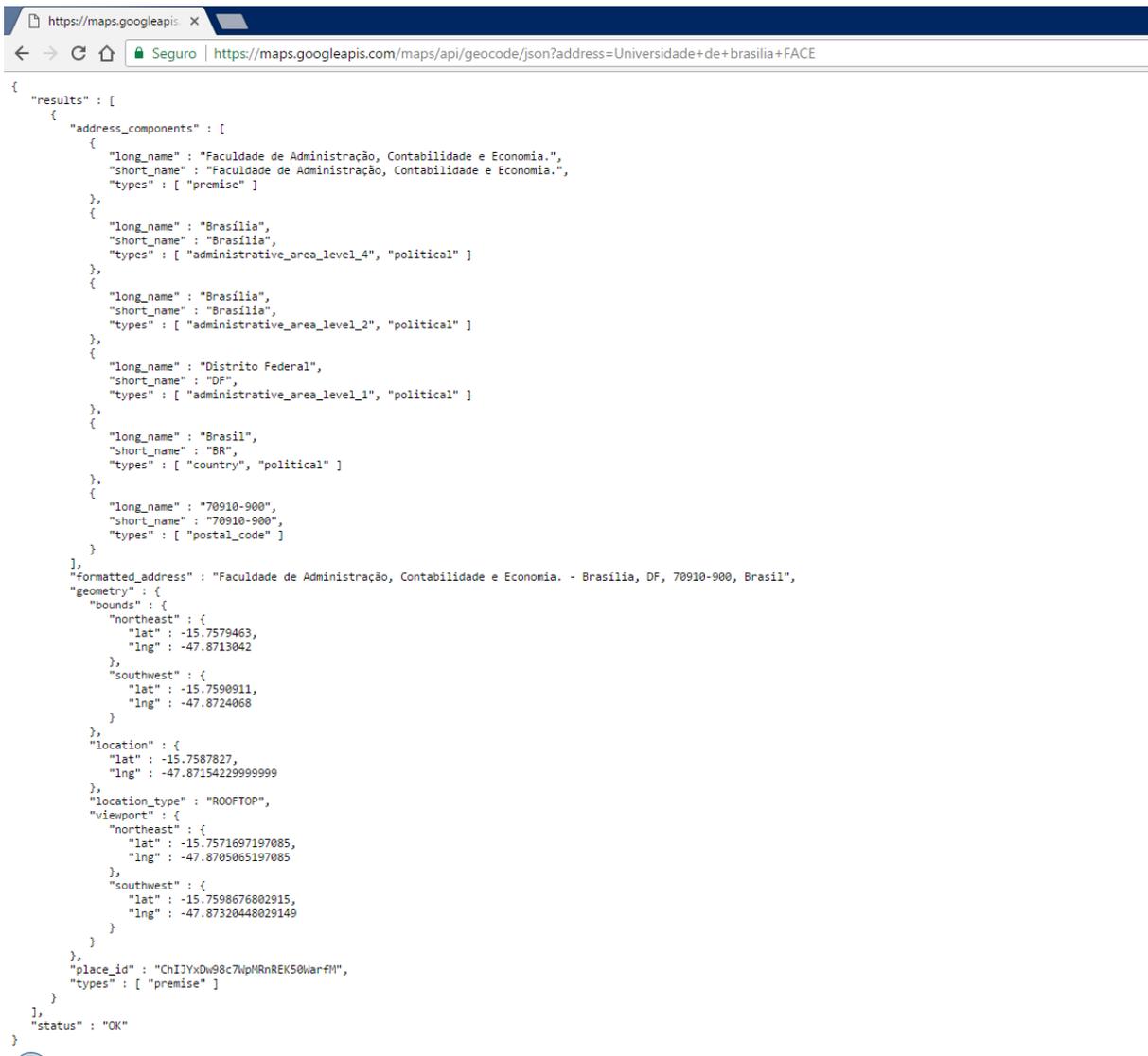
O serviço oferecido pelo Google Inc. é gratuito para a realização de até 2.500 consultas diárias, acima dessa quantidade são cobrados 50 centavos de dólar para cada 1.000 consultas.

5.2.1 Google Maps Geocoding API

O serviço do Google que permite a conversão de endereços para coordenadas geográficas é chamado de Geocoding API.

Para o cálculo da distância entre duas coordenadas, poderia ser utilizada uma fórmula para medir a distância linear entre as localidades, todavia, em praticamente todas as situações, as características do terreno - como rios, morros e as próprias vias - não permitem que o deslocamento do participante seja em linha reta.

A ferramenta utilizada soluciona essa situação, uma vez que considera que o percurso será realizado por meio de veículo, com o uso das vias terrestres existentes.



```

{
  "results": [
    {
      "address_components": [
        {
          "long_name": "Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia.",
          "short_name": "Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia.",
          "types": [ "premise" ]
        },
        {
          "long_name": "Brasília",
          "short_name": "Brasília",
          "types": [ "administrative_area_level_4", "political" ]
        },
        {
          "long_name": "Brasília",
          "short_name": "Brasília",
          "types": [ "administrative_area_level_2", "political" ]
        },
        {
          "long_name": "Distrito Federal",
          "short_name": "DF",
          "types": [ "administrative_area_level_1", "political" ]
        },
        {
          "long_name": "Brasil",
          "short_name": "BR",
          "types": [ "country", "political" ]
        },
        {
          "long_name": "70910-900",
          "short_name": "70910-900",
          "types": [ "postal_code" ]
        }
      ],
      "formatted_address": "Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia. - Brasília, DF, 70910-900, Brasil",
      "geometry": {
        "bounds": {
          "northeast": {
            "lat": -15.7579463,
            "lng": -47.8713042
          },
          "southwest": {
            "lat": -15.7590911,
            "lng": -47.8724068
          }
        },
        "location": {
          "lat": -15.7587827,
          "lng": -47.87154229999999
        },
        "location_type": "ROOFTOP",
        "viewport": {
          "northeast": {
            "lat": -15.7571697197085,
            "lng": -47.8705065197085
          },
          "southwest": {
            "lat": -15.7598676802915,
            "lng": -47.87320448029149
          }
        }
      },
      "place_id": "ChIJYxDw98c7WpMRnREK50WarfM",
      "types": [ "premise" ]
    }
  ],
  "status": "OK"
}

```

Fonte: autor (2017)

FIGURA 6 – Resultado JSON de pesquisa de geolocalização.

Na FIGURA 6 é possível verificar a consulta realizada. A ferramenta permite que os resultados sejam apresentados no formato JSON; no exemplo, foram buscadas as coordenadas geográficas do prédio da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FACE) da Universidade de Brasília. A consulta pode ser realizada acessando-se o seguinte sítio: <https://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/json?address=Universidade+de+brasilia+FACE>.

5.2.1.1 Implementação no Python

O serviço *Google Maps Geocoding API* permite a consulta de latitude e longitude dos locais pesquisados, todavia, é inviável a coleta, registro e controle dessas informações de maneira manual, com isso, foi utilizado um script em Python, criado pelo autor, para automatizar a coleta e armazenamento desses dados, conforme apresentado no QUADRO 1.

```

1. import requests
2. import urllib.parse
3. import pandas as pd
4.
5. url_principal = 'https://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/json?'
6.
7. apikey = ''
8.
9. colunas = ['ID', 'LOCAL', 'LAT', 'LNG']
10. matriz = pd.DataFrame(columns=colunas)
11.
12. locais = pd.read_excel('arquivos/entrada.xlsx')
13.
14. for index, linha in locais.iterrows():
15.     try:
16.         url = url_principal + urllib.parse.urlencode({'address': linha['LOCAL'], 'key': apikey})
17.         geocode_result = requests.get(url).json()
18.         local = geocode_result['results'][0]['geometry']['location']
19.         lat = local['lat']
20.         lng = local['lng']
21.         info_temp = [linha['ID'], linha['LOCAL'], lat, lng]
22.         print(info_temp)
23.     except:
24.         info_temp = [linha['ID'], linha['LOCAL'], '', '']
25.
26.     temp = pd.DataFrame([info_temp], columns=colunas)
27.     matriz = matriz.append(temp, ignore_index=True)
28.
29. escrever = pd.ExcelWriter('arquivos/saida.xlsx')
30. matriz.to_excel(escrever, 'MATRIZ', index=False)
31. escrever.save()

```

Fonte: autor (2017)

QUADRO 1 – Modelo para realizar diversas consultas de geolocalização.

5.2.2 Google Maps Distance Matrix API

A ferramenta permite a consulta entre coordenadas e retorna como resultado a distância em metros do percurso feito utilizando-se veículo; os resultados são apresentados no formato JSON.

```

{
  "destination_addresses" : [ "Via S1, 3271 - Brasília, DF, Brasil" ],
  "origin_addresses" : [ "UNB Área 1, 11 - Brasília, DF, Brasil" ],
  "rows" : [
    {
      "elements" : [
        {
          "distance" : {
            "text" : "6,7 km",
            "value" : 6600
          },
          "duration" : {
            "text" : "11 minutos",
            "value" : 630
          },
          "status" : "OK"
        }
      ]
    }
  ],
  "status" : "OK"
}

```

Fonte: autor (2017)

FIGURA 7 – Resultado JSON de pesquisa de distância entre coordenadas.

Como exemplo, na FIGURA 7 foi buscado a distância entre Universidade de Brasília e a Esplanada dos Ministérios; nota-se que, como resultado, foi retornada tanto a distância em metros, quanto o tempo suficiente para percorrer o trajeto utilizando carro. A consulta pode ser realizada acessando-se o seguinte sítio: <https://maps.googleapis.com/maps/api/distancematrix/json?units=metric&origins=-15.7587827,-47.87154229999999&destinations=-15.799555,-47.8704091>

5.2.2.1 Implementação no Python

O serviço *Google Maps Distance Matrix API* permite a consulta da distância entre latitude e longitude entre origem e destino para os locais pesquisados, todavia, devido à grande quantidade de consultas que devem ser realizadas, foi utilizado um script em Python, elaborado pelo autor, para automatizar a coleta e armazenamento desses dados, conforme QUADRO 2.

```

1. import requests
2. import urllib.parse
3. import pandas as pd
4.
5. url_principal = 'https://maps.googleapis.com/maps/api/distancematrix/json?'
6. apikey = 'AIzaSyBF3uTsNL9gGuZoa302OhmLYYPuoFiMYmY'
7.
8. origem = pd.read_excel('arquivos/origem.xlsx')
9. destino = pd.read_excel('arquivos/destino.xlsx')
10.
11. ir_para_nome = destino["NOME"].tolist()
12.
13. colunas = ['ID_ORIGEM', 'L_ORIGEM']

```

```

14. colunas += ir_para_nome
15.
16. matriz = pd.DataFrame(columns=colunas)
17.
18. for index, l_origem in origem.iterrows():
19.     info_distancia = []
20.     for index, l_destino in destino.iterrows():
21.         try:
22.             url = url_principal + urllib.parse.urlencode(
23.                 {'origins': l_origem['LOCAL'],
24.                  'destinations': l_destino['LOCAL'], 'key': apikey})
25.             consulta = requests.get(url).json()
26.             distancia = consulta['rows'][0]['elements'][0]['distance']['value']
27.
28.         except:
29.             distancia = ''
30.
31.         info_distancia.append(distancia)
32.
33.     info_temp = [l_origem['ID'], l_origem['LOCAL']]
34.     info_temp.extend(info_distancia)
35.
36.     temp = pd.DataFrame([info_temp], columns=colunas)
37.     matriz = matriz.append(temp, ignore_index=True)
38.
39.     print(info_temp)
40.
41. escrever = pd.ExcelWriter('arquivos/saida.xlsx')
42. matriz.to_excel(escrever, 'DADOS', index=False)
43. escrever.save()

```

Fonte: autor (2017)

QUADRO 2 – Modelo para realizar diversas consultas de geolocalização.

5.3 Modelos matemáticos

Foram elaborados dois modelos matemáticos para auxiliar no alcance dos objetivos da pesquisa, o primeiro está voltado aos consumidores, para maximização do nível de serviço que, no problema em questão é a redução da distância percorrida pelos participantes; o segundo modelo, por sua vez, está focado para melhora operacional que resulte em redução de custos.

5.3.1 Otimização do nível de serviço dos participantes

Os participantes devem-se deslocar de sua residência até o local de prova estipulado para que possam participar do evento ao qual se inscreveram. Todavia, identificou-se que a distância não é um fator levado em consideração atualmente para a designação do local de prova a cada participante.

Com o intuito de aperfeiçoar o nível de serviço, contou-se com a linguagem de programação linear, seguindo a lógica de um modelo de transporte no qual os participantes devem-se deslocar da residência até uma das coordenações disponíveis. O objetivo final é reduzir a distância global a ser percorrida.

Esse modelo pode ser associado a uma adaptação de um modelo de designação. Nesse tipo de problema, as pessoas designadas não podem ser divididas (MOORE; WEATHERFORD, 2005), assim cada participante deve ser destinado para exatamente uma coordenação. Associando ao modelo de designação o modelo busca alocar a pessoa na coordenação com o objetivo de reduzir a distância global a ser percorrida, assim, as variáveis de decisão precisam indicar as melhores pessoas para cada coordenação (TAHA, 2008).

5.3.1.1 Índices

Os seguintes índices compõem o modelo:

p	Participante
c	Coordenações

Fonte: autor (2017)

QUADRO 3 – Índices do modelo de otimização no nível de serviço.

5.3.1.2 Parâmetros

O modelo é composto pelos parâmetros:

<i>Participante</i>	Total de participantes
---------------------	------------------------

$Limite_c$	Número máximo de participantes por coordenação
$percorrer_{pc}$	Distância entre participante e coordenação

Fonte: autor (2017)

QUADRO 4 – Parâmetros do modelo de otimização no nível de serviço.

5.3.1.3 Variável de decisão

A variável de decisão é contínua e determinam em qual coordenação o participante deve ser alocado.

$Designar_{pc}$	Designação do participante na instituição
-----------------	---

Fonte: autor (2017)

QUADRO 5 – Variável de decisão do modelo de otimização no nível de serviço.

De acordo com o modelo, quando:

$Designar_{pc} = 0$; Então o participante p não está alocado na coordenação c .

$Designar_{pc} = 1$; Então o participante p está alocado na coordenação c .

5.3.1.4 Função objetivo

A função objetivo desse modelo é reduzir a distância global a ser percorrida pelos participantes.

<i>Distância Global</i>	$\sum_{p,c} percorrer(p,c) * designar(p,c)$	(1.1)
-------------------------	---	-------

Fonte: autor (2017)

QUADRO 6 – Função objetivo do modelo de otimização no nível de serviço.

5.3.1.5 Restrições

As restrições são utilizadas para determinar os valores máximo ou mínimo que as variáveis podem tomar, portanto, as seguintes restrições foram formuladas, para respeitar os limites existentes.

$\sum_c \text{designar}(p, c) = 1$	$\forall p$	(1.1)
$\sum_p \text{designar}(p, c) \leq \text{limite}(c)$	$\forall c$	(1.2)

Fonte: autor (2017)

QUADRO 7 – Restrições do modelo de otimização no nível de serviço.

A primeira restrição (1.1) é utilizada para que o participante seja alocado em exatamente uma coordenação, enquanto a segunda restrição (1.2) define que as coordenações possuem limite de participação dos participantes a ser respeitada.

5.3.1.6 Implementação no LINGO

Limite	760	750	770	760	770	740	770	Total	142	11	0	412	770	181	484	Total	142	11	0	412	770	181	484
Participante	Coord 1	Coord 2	Coord 3	Coord 4	Coord 5	Coord 6	Coord 7	Participante	Coord 1	Coord 2	Coord 3	Coord 4	Coord 5	Coord 6	Coord 7	Participante	Coord 1	Coord 2	Coord 3	Coord 4	Coord 5	Coord 6	Coord 7
Participante 1733	24236	25845	25795	25436	31589	28959	21384	Participante 1733	0	0	0	0	0	0	1	Participante 1733	0	0	0	0	0	0	21384
Participante 1717	24236	25845	25795	25436	31589	28959	21384	Participante 1717	0	0	0	0	0	0	1	Participante 1717	0	0	0	0	0	0	21384
Participante 777	4159	5474	5503	4261	7697	8383	7243	Participante 777	1	0	0	0	0	0	0	Participante 777	4159	0	0	0	0	0	0
Participante 652	4855	6170	6199	4390	7564	11753	7373	Participante 652	0	0	0	1	0	0	0	Participante 652	0	0	0	4390	0	0	0
Participante 405	8296	9611	9640	6013	3389	5442	9161	Participante 405	0	0	0	0	1	0	0	Participante 405	0	0	0	0	3389	0	0
Participante 723	2765	2530	2559	2635	8697	10590	4978	Participante 723	0	1	0	0	0	0	0	Participante 723	0	2530	0	0	0	0	0
Participante 1153	3319	4928	4878	6282	9008	14155	10685	Participante 1153	1	0	0	0	0	0	0	Participante 1153	3319	0	0	0	0	0	0
Participante 874	6136	4563	4592	948	6982	12881	3935	Participante 874	0	0	0	1	0	0	0	Participante 874	0	0	0	948	0	0	0
Participante 611	5809	4270	4299	1572	7661	12555	4483	Participante 611	0	0	0	1	0	0	0	Participante 611	0	0	0	1572	0	0	0
Participante 702	5360	5125	5154	1512	8008	14114	3080	Participante 702	0	0	0	1	0	0	0	Participante 702	0	0	0	1512	0	0	0
Participante 1368	6457	7772	7801	4689	4662	9481	8729	Participante 1368	0	0	0	0	1	0	0	Participante 1368	0	0	0	0	4662	0	0
Participante 401	7489	8803	8832	5665	4756	7873	8813	Participante 401	0	0	0	0	1	0	0	Participante 401	0	0	0	0	4756	0	0
Participante 217	17067	17898	17848	11104	5015	7279	11495	Participante 217	0	0	0	0	1	0	0	Participante 217	0	0	0	0	5015	0	0
Participante 1017	8213	9044	8993	3372	11466	15844	902	Participante 1017	0	0	0	0	0	0	1	Participante 1017	0	0	0	0	0	0	902
Participante 668	4761	6076	6105	2246	6526	11585	5158	Participante 668	0	0	0	1	0	0	0	Participante 668	0	0	0	2246	0	0	0
Participante 1279	10481	11796	11825	10952	3606	797	17058	Participante 1279	0	0	0	0	0	1	0	Participante 1279	0	0	0	0	0	797	0
Participante 1712	24236	25845	25795	25436	31589	28959	21384	Participante 1712	0	0	0	0	0	0	1	Participante 1712	0	0	0	0	0	0	21384

Fonte: autor (2017)

FIGURA 8 – Matrizes no Excel do modelo de otimização no nível de serviço.

A modelagem do problema foi realizada no Lingo, tendo sido utilizada como base de dados uma planilha no Excel com as informações coletadas por meio das ferramentas do Google Maps API. Na FIGURA 8, a primeira matriz apresenta a distância entre o participante e as coordenções; na segunda é retornado a variável de decisão do modelo que determina a instituição no qual o participante deve ser alocado; por fim, a terceira matriz contempla a distância em metros que o participante deve percorrer para chegar à coordenção.

Na segunda matriz da FIGURA 8, é possível verificar em qual local o participante deve ser alocado com o objetivo de diminuir a distância global a ser percorrida. É importante observar que, a depender da distância dos participantes até as coordenações e da capacidade de cada local de prova, existirão casos em que o participante não estará na coordenação mais próxima de sua residência; nesses casos o participante será alocado em outra coordenação, desde que exista uma redução na distância de outro participante - maior do que a distância que o outro irá percorrer. Para ilustrar, é aceitável, por exemplo, que uma pessoa percorra 5 km a mais da coordenação mais próxima de sua residência desde que outro participante tenha uma redução na sua distância a ser percorrida em mais de 5 km.

```
!(RDGP) - Redutor da Distância Global Percorrida;

model:
title:RDGP;

sets:
participantes/@ole('matriz_distancia.xlsx')/:participante;
coordenacoes/@ole('matriz_distancia.xlsx')/:limite;
distancia(participantes, coordenacoes):percorrer, designar;
endsets

data:
percorrer, limite = @ole('matriz_distancia.xlsx');
enddata

!A minimização busca trazer o menor deslocamento global;
min = @sum(distancia(p,c):percorrer(p,c) * designar(p,c));

!É necessário designar cada participante em exatamente uma Coordenação;
@for(participantes(p):@sum(coordenacoes(c): designar(p,c)) = 1);

!Cada coordenação possui um limite máximo de participantes;
@for(coordenacoes(c):@sum(participantes(p): designar(p,c)) <= limite(c));

!Registro das informações no Excel;
data:
@ole('matriz_distancia.xlsx') = designar;
enddata
```

Fonte: autor (2017)

Modelo aplicado no *software* Lingo 17.0, utilizando-se como base as informações contidas em planilha no Excel, as informações da solução ótima são exportadas automaticamente para a planilha após a resolução do *software*. O modelo foi intitulado de Redutor da Distância Global Percorrida (RDGP).

5.3.1.7 Desempenho

O modelo é do tipo linear com dados aleatórios; foram considerados 2.000 participantes e 7 coordenações, totalizando 16.000 variáveis e 2.008 constantes.

A resolução ocorreu após 2.000 iterações e 0.29 segundos no *software* LINGO 17.0, com licença educacional. Executado em um computador com o sistema operacional Windows 7 com processador Intel Core i3-4170 @ 3.70GHZ e 12 GB de memória RAM.

5.3.2 Redução dos custos operacionais

Com o intuito de reduzir os custos de aplicação de um evento, verificou-se a possibilidade de elaboração de um modelo matemático para a otimização da designação dos locais a serem utilizados.

Os custos da aplicação refletem a maneira como a alocação foi realizada, ou seja, essa atividade definirá o consumo dos recursos disponíveis.

5.3.2.1 Índices

Os seguintes índices compõem o modelo:

i	Coordenação
j	Sala
f	Funções de coordenação com contratação na quantidade de salas na coordenação
g	Funções de coordenação com contratação na quantidade de candidatos na coordenação
h	Funções de sala com contratação na quantidade de candidatos na sala

Fonte: autor (2017)

QUADRO 8 – Índices do modelo de redução dos custos operacionais.

5.3.2.2 Parâmetros

O modelo é composto pelos parâmetros:

<i>inscritos</i>	Total de inscritos no evento
<i>capacidade_{i,j}</i>	Capacidade de participantes na sala <i>j</i> na coordenação <i>i</i>
<i>locacao_i</i>	Custo de locação por candidato na coordenação <i>i</i>
<i>sala_reserva</i>	Quantidade de salas reservas por coordenação
<i>remun_funcao_coord_sala_f</i>	Remuneração das funções de coordenação com contratação na quantidade de salas na coordenação
<i>remun_funcao_coord_part_h</i>	Remuneração das funções de coordenação com contratação quantidade de candidatos na coordenação
<i>remun_funcao_sala_part_g</i>	Remuneração das funções de sala com contratação na quantidade candidatos na sala
<i>regra_funcao_coord_sala_f</i>	Regra de contratação das funções de coordenação com contratação na quantidade de salas na coordenação
<i>regra_funcao_coord_sala_g</i>	Regra de contratação das funções de coordenação com contratação na quantidade de candidatos na coordenação
<i>regra_funcao_coord_sala_h</i>	Regra de contratação das funções de sala com contratação na quantidade de candidatos na sala

Fonte: autor (2017)

QUADRO 9 – Parâmetros do modelo de redução dos custos operacionais.

5.3.2.3 Variável de decisão

A variável de decisão demonstra o quantitativo ótimo de participantes em cada sala das instituições locadas.

$alocar_{ij}$	Variável inteira da quantidade de participantes designados para cada sala de cada instituição.
$alocados_coord_i$	Variável inteira da quantidade de participantes alocados por coordenação
$capacidade_coord_i$	Variável inteira da capacidade de participantes por coordenação
$qtd_colab_coord_i$	Variável inteira da quantidade de colaboradores por coordenação
$salas_disponiveis_i$	Variável inteira da quantidade de salas disponíveis por coordenação
$salas_utilizadas_i$	Variável inteira da quantidade de salas com participantes alocados por coordenação
$custo_locacao_i$	Variável contínua do custo de locação por coordenação
$custo_pessoal_i$	Variável contínua do custo total de pessoal por coordenação
$custo_coord_pessoal_sala_i$	Variável contínua do custo de pessoal nas funções de coordenação com contratação na quantidade de salas na coordenação por coordenação
$custo_coord_pessoal_part_i$	Variável contínua do custo de pessoal nas funções de coordenação com contratação na quantidade de participantes na coordenação por coordenação
$custo_sala_pessoal_part_i$	Variável contínua do custo de pessoal nas funções de coordenação com contratação na quantidade de participantes na sala por coordenação
$capacidade_{i,j}$	Variável inteira da capacidade de participantes na sala j da coordenação i .
$sala_disponivel_{i,j}$	Variável binária para verificar se a sala está disponível
$usa_sala_{i,j}$	Variável binária para verificar se a sala possui

	candidatos alocados
$qtd_colab_coord_sala_f$	Variável inteira da quantidade de pessoal nas funções de coordenação com contratação na quantidade de salas na coordenação por coordenação
$qtd_colab_coord_part_g$	Variável inteira da quantidade de pessoal nas funções de coordenação com contratação na quantidade de participantes na coordenação por coordenação
$qtd_colab_sala_part_h$	Variável inteira da quantidade de pessoal nas funções de coordenação com contratação na quantidade de participantes na sala por coordenação
$colab_funcao_coord_sala_{f,i}$	Variável binária para verificar se é elegível colaborador com função de coordenação com contratação na quantidade de salas na coordenação na coordenação i
$colab_funcao_coord_part_{g,i}$	Variável binária para verificar se é elegível colaborador com função de coordenação com contratação na quantidade de participantes na coordenação na coordenação i
$colab_funcao_sala_part_{h,i,j}$	Variável binária para verificar se é elegível colaborador com função de sala com contratação na quantidade de participantes na sala j da coordenação i
qtd_total_colab	Variável inteira da quantidade total de colaboradores
$custo_total_locacao$	Variável contínua do custo total de locação
$custo_total_pessoal$	Variável contínua do custo total de pessoal

Fonte: autor (2017)

QUADRO 10 – Variáveis de decisão do modelo de redução dos custos operacionais.

5.3.2.4 Função objetivo

A função objetivo desse modelo consiste em reduzir o custo total da aplicação. Ela é formada pela soma do custo de contratação dos colaboradores e locação de espaço físico.

$$\text{Custo Global} = \text{custo_total_locacao} + \text{custo_total_pessoal}$$

<i>custo_total_locacao</i>	$\sum_j \text{alocar}(i,j) * \text{locacao}(i)$	$\forall i$	2.1
<i>custo_total_pessoal</i>	$\sum_i \text{custo_pessoal}(i)$		2.2

Fonte: autor (2017)

QUADRO 11 – Função objetivo do modelo de redução dos custos operacionais.

5.3.2.5 Restrições

O modelo é composto por 23 restrições, para definição da alocação dos participantes nas salas das coordenações disponíveis; além de definir o custo de locação, de pessoal, verifica a necessidade de contratação de pessoal e retorna o quantitativo de pessoal contratado.

$\sum_j \text{alocar}(i,j) * \text{locacao}(i) = \text{custo_locacao}(i)$	$\forall i$	2.1
$\sum_f \text{colab_funcao_coord_sala}(f,i)$ * $\text{remun_funcao_coord_sala}(f)$ = $\text{custo_coord_pessoal_sala}(i)$	$\forall i$	2.2
$\sum_g \text{colab_funcao_coord_part}(g,i)$ * $\text{remun_funcao_coord_part}(g)$ = $\text{custo_coord_pessoal_part}(i)$	$\forall i$	2.3
$\sum_{h,i,j} \text{colab_funcao_sala_part}(h,i,j)$ * $\text{remun_funcao_sala_part}(h)$ = $\text{custo_sala_pessoal_part}(i)$	$\forall i$	2.4
$\text{custo_coord_pessoal_sala}(i)$ + $\text{custo_coord_pessoal_part}(i)$ + $\text{custo_sala_pessoal_part}(i)$ = $\text{custo_pessoal}(i)$	$\forall i$	2.5

Fonte: autor (2017)

QUADRO 12 – Restrições 2.1 até 2.5 do modelo de redução dos custos operacionais.

A restrição 2.1 cria o custo de locação de cada coordenação, por meio da soma de participantes na coordenação i vezes o custo de locação da coordenação i .

As restrições 2.2, 2.3 e 2.4 determinam que o custo por coordenação de cada tipo de contratação de colaborador é dado pela quantidade de colaboradores na função vezes o custo dessa função.

A restrição 2.5 define o custo total de pessoal por coordenação como a soma do custo de pessoal com função de coordenação com contratação pela quantidade de salas, mais os custos de pessoal com função de coordenação com contratação pela quantidade de participantes na coordenação mais os custos de pessoal com função de sala com contratação pela quantidade de participantes na sala.

$\sum_j capacidade(i,j) \geq sala_disponivel(i,j)$	$\forall i,j$	2.6
$\sum_j capacidade(i,j) \leq M * sala_disponivel(i,j)$	$\forall i,j$	2.7
$\sum_j usa_sala(i,j) = salas_utilizadas(i)$	$\forall i$	2.8
$\sum_j sala_disponivel(i,j) = salas_disponiveis(i)$	$\forall i$	2.9

Fonte: autor (2017)

QUADRO 13 – Restrições 2.6 até 2.9 do modelo de redução dos custos operacionais.

A combinação das restrições 2.6 e 2.7 determina que a variável $sala_disponivel(i,j)$ seja igual a 1 quando a sala tiver capacidade de atender ao menos um participante.

O M caracteriza um número muito grande, maior que a capacidade da sala.

A restrição 2.8 informa a quantidade de salas utilizadas na coordenação, enquanto a 2.9 informa quantas salas estão disponíveis por coordenação.

$salas_utilizadas(i) - regra_funcao_coord_sala(f) \leq M * colab_funcao_coord_sala(f,i)$	$\forall f,i$	2.10
$alocados_coord(i) - regra_funcao_coord_part(g) \leq M * colab_funcao_coord_part(g,i)$	$\forall g,i$	2.11
$alocar(i,j) - regra_funcao_sala_part(h) \leq M * colab_funcao_sala_part(h,i,j);$	$\forall h,i,j$	2.12

Fonte: autor (2017)

QUADRO 14 – Restrições 2.10 até 2.12 do modelo de redução dos custos operacionais.

$\sum_{i,j} alocar(i,j) = inscritos(1);$		2.13
$alocar(i,j) \leq capacidade(i,j)$	$\forall i,j$	2.14

Fonte: autor (2017)

QUADRO 15 – Restrições 2.13 e 2.14 do modelo de redução dos custos operacionais.

O número de inscritos deve ser exatamente igual à somatória dos participantes alocados, representado na restrição 2.13. A alocação dos participantes nas salas deve respeitar a capacidade da sala, conforme restrição 2.14.

$\begin{aligned} &\sum_f colab_funcao_coord_sala(f,i) \\ &+ \sum_g colab_funcao_coord_part(g,i) \\ &+ \sum_{h,i,j} colab_funcao_sala_part(h,i,j) \\ &= qtd_colab_coord(i) \end{aligned}$	$\forall i$	2.15
---	-------------	------

Fonte: autor (2017)

QUADRO 16 – Restrições 2.15 do modelo de redução dos custos operacionais.

A restrição 2.15 define a quantidade de pessoal por coordenação como a soma da quantidade de pessoal com função de coordenação com contratação pela quantidade de salas, da quantidade de pessoal com função de coordenação com contratação pela quantidade de participantes na coordenação com a quantidade de pessoal com função de sala com contratação pela quantidade de participantes na sala.

$\sum_i qtd_colab_coord(i) = qtd_total_colab(1)$		2.16
--	--	------

Fonte: autor (2017)

QUADRO 17 – Restrições 2.16 do modelo de redução dos custos operacionais.

A restrição 2.16 informa a quantidade total de colaboradores, como a soma da quantidade de coordenadores de cada coordenação.

$\begin{aligned} &\sum_i colab_funcao_coord_sala(f,i) \\ &= qtd_colab_coord_sala(f) \end{aligned}$	$\forall f$	2.17
--	-------------	------

$\sum_i colab_funcao_coord_part(g, i) = qtd_colab_coord_part(g)$	$\forall g$	2.18
$\sum_{h,i,j} colab_funcao_sala_part(h, i, j) = qtd_colab_sala_part(h)$	$\forall h$	2.19
$salas_disponiveis(i) - salas_utilizadas(i) - sala_reserva \geq 0$	$\forall i$	2.20
$\sum_j capacidade(i, j) = capacidade_coord(i)$	$\forall i$	2.21
$\sum_j alocar(i, j) = alocados_coord(i)$	$\forall i$	2.22
$\sum_{i,j} capacidade(i, j) = capacidade_total$		2.23

Fonte: autor (2017)

QUADRO 18 – Restrições 2.17 até 2.23 do modelo de redução dos custos operacionais.

As restrições 2.17, 2.18 e 2.19 somam a quantidade de colaboradores contratados para cada grupo função, de coordenação e de sala, para cada tipo de função; tem-se como resultado a quantidade de colaboradores para cada função de contratação.

Por questões de segurança, em todos os eventos é determinado um número de sala reserva por coordenação, dessa maneira, a restrição 2.20 define que a subtração entre $salas_disponiveis(i)$ e $salas_utilizadas(i)$, menos $sala_reserva$ deve ser maior ou igual a zero. Dessa maneira, a quantidade de salas utilizadas será menor ou igual a soma das salas utilizadas com a sala reserva.

5.3.2.6 Implementação no Lingo

O modelo foi elaborado no *software* Lingo 17.0 e utiliza conexão com arquivo do Excel para o registro dos parâmetros e do retorno de variáveis de decisão. O modelo completo está no Apêndice A e foi intitulado de Sistema para Alocação dos Candidatos Inscritos (SACI).

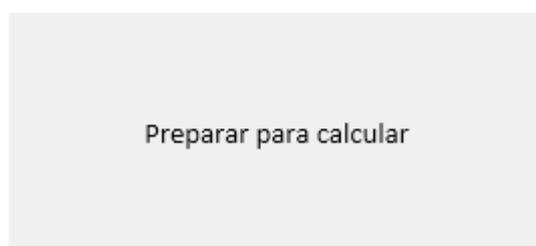
Capacidade	800	800	800	800	800	800	800
Custo Locação	R\$ 5,00	R\$ 8,00	R\$ 6,50	R\$ 6,00	R\$ 6,00	R\$ 6,00	R\$ 5,00
Sala\Coord.	Coord. 1	Coord. 2	Coord. 3	Coord. 4	Coord. 5	Coord. 6	Coord. 7
1	50	50	30	40	30	60	35
2	50	50	30	40	30	60	35
3	50	50	30	40	30	60	35
4	50	50	30	40	30	60	35
5	50	50	40	40	30	60	35
6	50	50	40	40	30	60	35
7	50	50	50	40	30	60	35
8	50	50	50	40	30	60	35
9	40	50	50	40	30	60	35
10	40	50	50	40	30	60	35
11	40	50	50	40	30	60	35
12	40	50	50	40	30	60	35
13	40	50	50	40	30	80	35
14	40	50	50	40	30	0	35
15	40	50	50	40	30	0	35
16	40	50	50	40	30	0	35
17	40	0	50	40	30	0	35
18	40	0	50	40	30	0	35
19	0	0	0	40	30	0	35
20	0	0	0	40	30	0	35
21	0	0	0	0	30	0	35
22	0	0	0	0	30	0	35
23	0	0	0	0	30	0	30
24	0	0	0	0	50	0	0
25	0	0	0	0	60	0	0

Fonte: autor (2017)

FIGURA 9 – Informações de capacidade para o modelo de redução dos custos operacionais.

A primeira etapa no Excel é informar as coordenações disponíveis, com a informação do custo de locação, assim como a capacidade de cada sala, conforme FIGURA 9.

Item	Quantidade
Inscritos	2.000
Nº de salas reserva por coordenação	1



Fonte: autor (2017)

FIGURA 10 – Informações sobre o evento para o modelo de redução dos custos operacionais.

O segundo passo é informar a quantidade de inscritos e o número de salas por coordenação, assim como clicar no botão “Preparar para calcular” para que os dados sejam ordenados para a importação do Lingo, apresentado na FIGURA 10.

Função de coordenação	Salas	Remuneração	Função de coordenação	Participantes	Remuneração	Função de sala	Participantes	Remuneração
Coordenador_de_Aplicacao	0	700	Limpeza_1	0	70	Chefe_de_sala	0	140
Representante_de_escola	0	210	Limpeza_2	0	70	Fiscal_de_sala_1	0	105
Porteiro	0	70	Limpeza_3	500	70	Fiscal_de_sala_2	60	105
Assistente_de_Aplicacao	15	410	Limpeza_4	1000	70	Fiscal_de_sala_3	80	105
Inspetor_1	0	105	Limpeza_5	1500	70	Fiscal_de_sala_4	100	105
Inspetor_2	0	105	Limpeza_6	2000	70			
Inspetor_3	15	105	Limpeza_7	2500	70			
Inspetor_4	15	105						
Inspetor_5	30	105						
Inspetor_6	30	105						
Inspetor_7	45	105						
Inspetor_8	45	105						
Inspetor_9	80	105						
Inspetor_10	80	105						

Fonte: autor (2017)

FIGURA 11 – Registro de funções do modelo de redução dos custos operacionais.

Por fim, é necessário cadastrar as funções de função de coordenação com contratação pela quantidade de salas, as funções de coordenação com contratação pela quantidade de participantes na coordenação e as funções de sala com contratação na quantidade de participantes na sala; são informados os nomes das funções a regra para contratação e a remuneração para o colaborador.

Candidatos	680	0	600	0	0	720	0
Sala\Coord.	Coord. 1	Coord. 2	Coord. 3	Coord. 4	Coord. 5	Coord. 6	Coord. 7
1	50	0	0	0	0	0	0
2	50	0	0	0	0	60	0
3	50	0	0	0	0	60	0
4	50	0	0	0	0	60	0
5	50	0	0	0	0	60	0
6	50	0	0	0	0	60	0
7	50	0	50	0	0	60	0
8	50	0	50	0	0	60	0
9	40	0	50	0	0	60	0
10	40	0	50	0	0	60	0
11	40	0	50	0	0	60	0
12	40	0	50	0	0	60	0
13	40	0	50	0	0	60	0
14	0	0	50	0	0	0	0
15	40	0	50	0	0	0	0
16	40	0	50	0	0	0	0
17	0	0	50	0	0	0	0
18	0	0	50	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: autor (2017)

FIGURA 12 – Configuração que os participantes devem ser alocados.

Após a execução do Lingo, os valores das variáveis de decisão que determinam a quantidade de participantes que devem ser alocados em cada sala de cada coordenação são exportados para o Excel, conforme FIGURA 12; também é possível verificar a quantidade de participantes que serão alocados por coordenação.

Além da informação da quantidade de participantes que devem ser alocados por coordenação, o modelo indica o número total de colaboradores que devem participar da aplicação, a quantidade de colaboradores por coordenação, a quantidade de

salas disponíveis e utilizadas. O Lingo apresenta essas informações no relatório de solução gerado após a solução da otimização.

5.3.2.7 Desempenho

O problema é do tipo programação linear inteira binária mista. Foi utilizado um exemplo com dados aleatórios, onde foi necessário alocar 2.000 participantes em até sete coordenações, cada uma com capacidade de alocação e custo de locação distinto. O modelo totalizou 1.639 variáveis e 1.823 constantes.

A resolução ocorreu após 3.722 interações e 0.81 segundos no *software* LINGO 17.0, com licença educacional. Executado em um computador com o sistema operacional Windows 7 com processador Intel Core i3-4170 @ 3.70GHZ e 12 GB de memória RAM.

5.4 Indicadores

Foram elaborados dois métodos para a mensuração dos resultados obtidos, sendo: indicador de custo por participante e indicador de distância percorrida por participante.

5.4.1 Indicador de distância percorrida

$$\text{Distância média percorrida} = \frac{\text{Distância global percorrida}}{\text{Total de participantes}}$$

$$\text{Distância média percorrida} = \frac{10.365.390}{2.000}$$

$$\text{Distância média percorrida} = 5.182,66$$

A distância média percorrida pelos participantes no resultado ótimo obtido no modelo 1 foi de 5,18 quilômetros.

5.4.2 Indicador de custo por participante

$$\text{Custo por participante} = \frac{\text{Custo total}}{\text{Número de participantes}}$$

$$\text{Custo por participante} = \frac{25.375}{2.000}$$

$$\text{Custo por participante} = 12,68$$

Utilizando dados aleatórios, no modelo 2, o custo por candidato foi de R\$ 12,68.

5.5 Trade-off

Em um primeiro momento, os modelos matemáticos foram analisados separadamente, todavia, para a elaboração da curva de *trade-off* entre o custo por participante e a distância percorrida, os modelos foram consolidados.

Para a consolidação dos modelos, a função objetivo do modelo 1, que maximiza o nível de serviço, medido pela somatória da distância entre participante e coordenação que o participante está alocado, entrou como restrição do modelo 2.

$\sum_{pc} \text{percorrer}(p, c) * \text{designar}(p, c) \leq X$	$\forall c$	(3.1)
---	-------------	-------

Fonte: autor (2017)

QUADRO 19 – Restrição da distância máximo do modelo

No novo modelo, a minimização do modelo compreende o custo de locação e custo de pessoal, todavia, com um nível de serviço mínimo a ser respeitado. A restrição 3.1 determina que a distância total percorrida pelos participantes seja menor ou igual a um valor X , definido pelo gestor.

Assim como a restrição 1.2 foi alterada para:

$\sum_p \text{designar}(p, c) \leq \text{alocados_coord}(c)$	$\forall c$	(3.2)
---	-------------	-------

Fonte: autor (2017)

QUADRO 20 – Restrição da quantidade de alocados por coordenação

Para a conexão dos modelos, a variável *limite(c)* foi substituída para *alocados_coord(c)*, a quantidade de participantes designados para a coordenação *c* deve respeitar o número de participantes a ser alocado nesta coordenação.

Todas as demais restrições permaneceram como definidas anteriormente, o modelo elaborado no Lingo está disponível no Apêndice C.

Após as simulações com o modelo matemático, em que foi alterada a distância mínima a ser percorrida pelo candidato, foi possível determinar o *trade-off* entre custo e nível de serviço, os valores observados estão apresentados na TABELA 2 e na TABELA 3.

TABELA 2 – Relação entre distância e custo global.

Distância (KM)	Custo
10.365	R\$ 33.890
10.370	R\$ 33.510
10.380	R\$ 31.920
10.400	R\$ 31.685
10.500	R\$ 31.145
11.000	R\$ 29.255
11.500	R\$ 28.905
12.000	R\$ 27.605
12.500	R\$ 27.130
13.000	R\$ 26.825
13.500	R\$ 26.315
14.000	R\$ 25.810
14.500	R\$ 25.810
15.000	R\$ 25.810
15.500	R\$ 25.810
16.000	R\$ 25.810
16.500	R\$ 25.375

Fonte: autor (2017)

A TABELA 2 apresenta as informações totais do menor custo de aplicação, dada uma distância máxima de deslocamento que deve ser respeitada. Com as informações da tabela, o gestor pode decidir qual será o nível de serviço oferecido considerando o custo de aplicação.

TABELA 3 – Relação entre distância e custo por candidato.

Distância (KM)	Custo
5,2	R\$ 16,95
5,2	R\$ 16,76
5,2	R\$ 15,96
5,2	R\$ 15,84
5,3	R\$ 15,57
5,5	R\$ 14,63
5,8	R\$ 14,45
6,0	R\$ 13,80
6,3	R\$ 13,57
6,5	R\$ 13,41
6,8	R\$ 13,16
7,0	R\$ 12,91
7,3	R\$ 12,91
7,5	R\$ 12,91
7,8	R\$ 12,91
8,0	R\$ 12,91
8,3	R\$ 12,69

Fonte: autor (2017)

A TABELA 3 apresenta as informações por candidato do menor custo de aplicação, dada uma distância máxima de deslocamento que deve ser respeitada. O maior nível de serviço que pode ser oferecido no exemplo, o participante deve percorrer uma distância média de 5,2 km até a sua coordenação, entretanto, existiria um custo de aplicação de 16,95 reais por participante, por outro lado, o menor custo de aplicação, é de 12,69 reais e o participante teria que percorrer em média 8,3 km.

Na FIGURA 13 é possível compreender a curva do *trade-off* entre custo e nível de serviço, o eixo utiliza os valores globais.

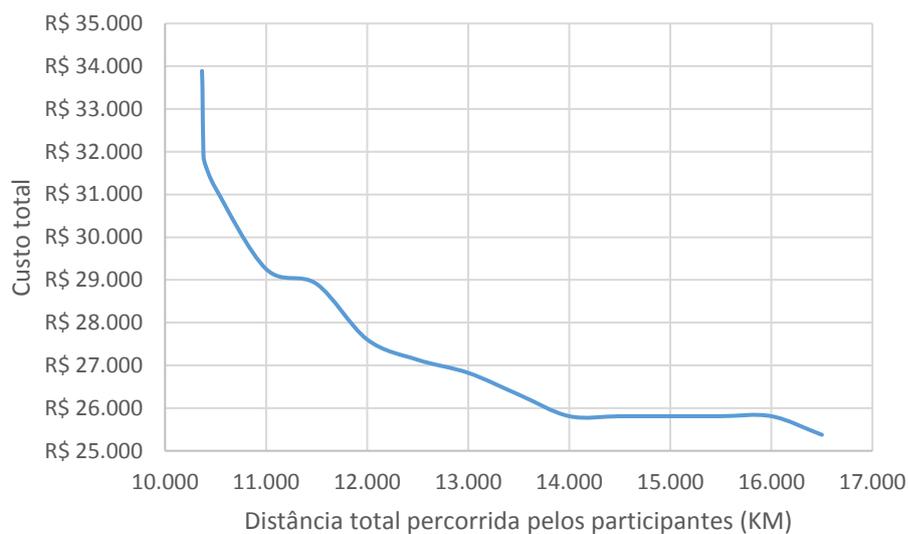


FIGURA 13 – Curva de *trade-off* entre custo e nível de serviço

Fonte: autor (2017)

A FIGURA 13 apresenta o custo logístico da aplicação para determinado nível de serviço, é possível verificar que quanto menor a distância a ser percorrida pelos participantes até o local de prova maior será o custo.

Considerando-se a FIGURA 14 e a TABELA 2, no cenário em que existe o menor custo de aplicação e conseqüentemente o menor nível de serviço com 14.000 km percorridos, a redução de distância é de 15,15% e o custo aumenta em 1,71%. Todavia, considerando a distância global percorrida de 11.000 km e comparando com a menor distância possível, tem-se uma redução na distância percorrida de 5,72% e um aumento no custo de 15,84%.

Na FIGURA 14 é possível compreender a curva do *trade-off* entre custo e nível de serviço, o eixo utiliza os valores por candidato.

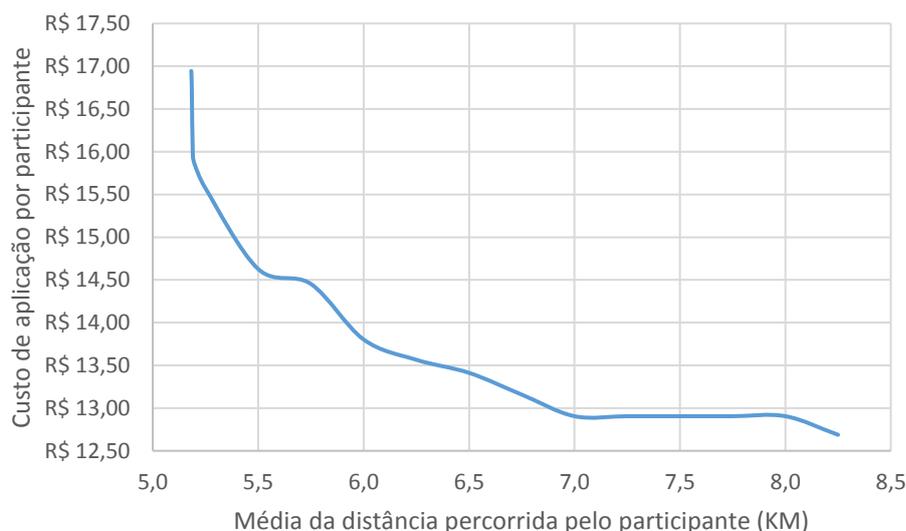


FIGURA 14 – Curva de *trade-off* entre custo e nível de serviço por candidato

Fonte: autor (2017)

Na FIGURA 14 apresenta-se o valor médio por candidato, facilitando a interpretação dos resultados e permitindo que o gestor tome a decisão de como alocar os participantes. A visualização da curva de *trade-off* permite a visualização do custo para cada nível de serviço. A organização e o gestor devem definir até qual ponto deve ser realizado incremento na melhora do nível de serviço, considerando-se o aumento no custo.

Na FIGURA 13 e na FIGURA 14 apresenta-se a fronteira de possibilidade de produção - uma curva de eficiência. Não é possível a ocorrência de um evento que esteja à esquerda e/ou abaixo da curva em azul, uma vez que essa curva apresenta a melhor solução para determinado custo e nível de serviço que respeite as restrições estabelecidas.

Para ilustrar, não é possível, por exemplo, a realização de custo de R\$ 13,80 por candidato para uma distância a ser percorrida de 5,5 km - a melhor solução nessa região retorna uma distância mínima de 6 km para esse custo ou que o custo por candidato seja de R\$ 14,63 para a distância a ser percorrida ser de 5,5 km por participante.

Todavia, ocorrem casos em que os eventos não são eficientes, sendo possível que a aplicação de um evento fique em um ponto acima e/ou a direita da curva da FIGURA 14. Nesses casos, a implementação do modelo poderá resultar em redução do custo de aplicação e/ou otimização do nível de serviço.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste último capítulo são apresentadas as considerações finais, com resumo dos resultados obtidos; discorre-se sobre o alcance dos objetivos, as contribuições proporcionadas e as limitações durante o estudo; e, por fim, indica-se sugestões para estudos futuros.

6.1 Considerações finais

Os custos operacionais logísticos em uma organização com atividades de logística são significativamente altos, parte substancial do orçamento disponível para o projeto é destinada a essa área. Considerando que as organizações estão inseridas em um sistema globalizado e competitivo é necessário que, para permanência no mercado, sejam tomadas decisões com a intenção de otimizar os processos operacionais.

Embora os gestores das organizações almejem melhores práticas, há casos em que desconhecem as possibilidades e alternativas para otimização dos processos organizacionais. O estudo de caso em questão permitiu que conhecimentos acadêmicos fossem aplicados em uma organização – disponibilizando conhecimento aos gestores – e gerassem melhorias significativas nos processos realizados.

Em uma das etapas do estudo foram realizadas entrevistas com os colaboradores da organização. Observou-se que parte dos processos de definição dos locais de prova e alocação dos participantes poderiam ser otimizados. Também ficou evidente a complexidade das variáveis a serem calculadas e analisadas para definições relativas aos eventos. Esses cálculos dificilmente poderiam ser realizados – de maneira ótima – sem a utilização de ferramentas computacionais de otimização.

Na primeira versão do modelo matemático para redução dos custos operacionais, disponível no Apêndice B, utilizou-se a modelagem não linear inteira mista e as funções dos colaboradores não estavam vinculadas em um índice, esses pontos foram alterados após a reformulação do modelo.

A criação de três índices com as funções dos colaboradores transformou 24 restrições em 3 restrições que determinam a contratação ou não dos colaboradores para as funções de coordenação e de sala.

A criação de índices para as funções dos colaboradores é essencial para viabilizar a linearização do modelo. No primeiro momento, as variáveis que determinam a quantidade de colaboradores em cada função já apresentava o valor final de pessoas que deveriam ser contratadas, todavia, essas restrições utilizavam o $@IF()$, ou seja, o SE, sendo assim restrições não lineares. Já no segundo modelo, esse processo foi separado em duas etapas. Na primeira, as restrições que possuem variáveis binárias indicam se é necessária a contratação de colaborador para determinada função e, na segunda etapa, outra restrição realiza a soma da quantidade de colaboradores que necessitam ser contratados.

A partir dessas observações elaborou-se modelo matemático para a designação dos locais onde os participantes poderiam realizar prova objetiva e/ou dissertativa. Esse modelo foi desenvolvido no *software Lingo* e, conforme simulações em eventos já realizados, é estimada uma economia entre 5% e 25% nos custos logísticos, a depender das características dos eventos. Além da economia financeira, existe a economia de tempo no processamento das informações, o modelo exemplo foi solucionado em menos de 1 segundo, com a solução ótima.

Além do aspecto financeiro, o estudo verificou que pode existir otimização no nível de serviço do participante, ao elaborar um modelo matemático que busca reduzir a distância global percorrida pelos participantes. No exemplo analisado com 2.000 participantes, comparando o resultado do modelo com a distância estimada caso a simulação fosse real, verificou-se a possibilidade de reduzir em 9.866,46 quilômetros a distância a ser percorrida, o equivalente a 48,77%. Nesse item também é possível verificar o aspecto ambiental, no momento que ao percorrer uma distância menor, existirá uma redução da emissão dos gases poluentes dos veículos que levam os participantes.

Destarte, comprovou-se ser plausível tanto reduzir os custos logísticos do Cebraspe, quanto aumentar o nível de serviço em benefício dos participantes nos eventos aplicados pelo Centro.

A curva de *trade-off* elaborada com os resultados do terceiro modelo matemático permite a visualização das alternativas que podem ser realizadas, considerando os custos e o nível de serviço do candidato. Dessa maneira essa informação auxilia na visualização dos cenários possíveis para a tomada de decisão.

Assim, o gestor pode utilizar essa ferramenta para determinar quais serão os níveis determinados de custo e de nível de serviço para cada evento.

Foram utilizados os indicadores de custo por candidato, distância global percorrida e indicador de distância percorrida para auxiliar na mensuração da melhoria obtida por meio da pesquisa operacional.

O objetivo geral foi alcançado com a elaboração do modelo matemático para a redução dos custos operacionais que auxilia no processo de decisão na designação dos locais de prova, em avaliações, seleções e certificações.

Os objetivos específicos que auxiliaram para o alcance do objetivo geral foram atingidos principalmente por meio da entrevista que foi realizada com os colaboradores do Centro, juntamente com a análise documental de informações públicas.

O *Lingo* permitiu que os modelos matemáticos fossem resolvidos, assim, foi possível verificar as melhorias obtidas por meio da pesquisa operacional.

Conclui-se que os modelos elaborados nesse estudo são capazes de proporcionar melhorias para a organização, assegurando a transparência do processo de designação dos locais de aplicação e contribuindo para a realização de pesquisas futuras para aperfeiçoar a aplicação de modelos matemáticos. Desta maneira, pode-se dizer que as esferas do viés organizacional, acadêmico e social foram alcançadas.

Finalmente, o estudo de caso apresentou claramente os ganhos que podem ser obtidos com a realização de pesquisa operacional e com a elaboração de modelos matemáticos que buscam a otimização de processos; deste modo, ficam explícitas as melhorias que as organizações podem alcançar com a busca por melhores práticas.

6.2 Limitações de pesquisa

As limitações encontradas na pesquisa estão principalmente relacionadas à falta de estudos sobre a aplicação e execução de pesquisa operacional em organizações.

Outra limitação encontrada foi imposta pelo *Google Maps APIs* que estabelece limite máximo de 2.500 consultas diárias gratuitas; para a realização desse estudo não foi necessário o pagamento de uso adicional, uma vez que foi utilizado código promocional que disponibilizou período gratuito de testes, entretanto em estudos que utilizem mais dados, pode ser necessário o pagamento de 50 centavos de dólar por mil consultas ou a utilização de outra ferramenta que disponibilize as informações relativas a geolocalização e a distância entre locais.

Embora seja evidente que existiram limitações, esses fatores não impossibilitaram a realização deste trabalho. Os itens citados aqui irão auxiliar no planejamento e execução de pesquisas futuras.

6.3 Sugestões para estudos futuros

Após o processo de revisão do referencial teórico, coleta de dados e processamento das informações foram observados pontos que podem ser abordados e desenvolvidos em pesquisas futuras.

Em relação ao modelo para redução da distância a ser percorrida pelos participantes, existe o pressuposto de que quanto menor a distância a ser percorrida menor será a abstenção dos participantes. Entretanto, o presente estudo não verificou se essa premissa é verdadeira, uma vez que seria necessário uma análise contínua de eventos para comprovar esse fato, o que sairia do escopo dessa pesquisa. Sendo, então, uma sugestão para estudo futuro.

O modelo utilizado na redução da distância total a ser percorrida pelos participantes pode ser adaptado com o objetivo de utilização para a definição dos colaboradores que irão ser convocados para auxiliar em uma aplicação e designando o local em

que ele irá atuar, com o objetivo de reduzir a distância a ser percorrida e consequentemente reduzir a taxa de abstenção dos colaboradores.

Estudos similares que buscam realizar a elaboração de um modelo matemático podem contribuir para o meio acadêmico abordando outras atividades e áreas que estão associadas à logística, como por exemplo otimizar a rota que o material de prova e administrativo deverão percorrer, considerando que o trajeto deve ser seguro.

Considerando um olhar social, os estudos futuros podem verificar e estimar a redução da emissão de gases tóxicos e poluentes que deixam de ser emitidos pela redução da distância que os participantes devem percorrer, além de verificar os ganhos dos participantes pela redução da distância a ser percorrida. Do olhar organizacional, os próximos estudos podem verificar qual é a redução de custos pela implementação do modelo matemático para a alocação e designação do local de prova aos participantes.

Em pesquisas futuras podem ser utilizados *softwares* e ferramentas alternativos ao *Google Maps APIs*, *Python 3* e *Lingo*.

REFERÊNCIAS

ARENALES, Marcos *et al.* **Pesquisa operacional: para cursos de engenharia.** Elsevier Brasil, 2015.

ARRAES, Jeremias Pereira da Silva. **Concurso público executado pelo CESPE/CEBRASPE: um estudo sobre a oferta de espaço físico público disponível no Distrito Federal.** 2016.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial.** Bookman Editora, 2006.

BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia.** Elsevier Brasil, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. ENEM 2015: A segunda maior prova de acesso ao ensino superior do mundo. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article/418-noticias/enem-946573306/31151-a-segunda-maior-prova-de-acesso-ao-ensino-superior-do-mundo?Itemid=164>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. MEC anuncia mais de 8,6 milhões de estudantes inscritos no Enem 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/educacao/2016/05/mec-anuncia-mais-de-8-6-milhoes-de-estudantes-inscritos-no-enem-2016>>. Acesso em: 1 abr. 2017.

BRASIL. IBGE. Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtml>. Acesso em: 1 abr. 2017.

BOWERSOX, Donald J. et al. **Gestão logística da cadeia de suprimentos.** AMGH Editora, 2014.

COLEMAN, Kevin et al. **The landscape model: A model for exploring trade-offs between agricultural production and the environment.** Science of The Total Environment, v. 609, p. 1483-1499, 2017.

Distance Matrix API. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/start>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

FARIA, Ana Cristina de; COSTA, Maria de Fátima Gameiro da. **Gestão de custos logísticos**. São Paulo: Atlas, p. 147-161, 2013.

FARIAS, Everton da Silveira; BORENSTEIN, Denis. **Modeling the logistics design of a multi-commodity industry**. Gestão & Produção, n. AHEAD, p. 0-0, 2017.

Geocoding API. Disponível em: <<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/start>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Programação linear e otimização combinatória: modelos e algoritmos**. Rio de Janeiro: Campus, v. 1, p. 639, 2000.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operations research**. Tata McGraw-Hill Education, 2012.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. Elsevier, 2007.

Lindo Systems. **LINGO: the modeling language and optimizer**. <http://www.lindo.com/>.

LIMA, Angela; LIMA FILHO, Raimundo Cosmo de. **O papel do Cespe/UnB na sociedade: processos de prestação de serviços**. 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOORE, Jeffrey H.; WEATHERFORD, Larry R. **Tomada de decisão em administração com planilhas**. Bookman, 2005.

MORESI, Eduardo *et al.* **Metodologia da pesquisa**. Universidade Católica de Brasília, 2003.

MUNHOZ, José Renato; MORABITO, Reinaldo. **Uma abordagem de otimização robusta no planejamento agregado de produção na indústria cítrica**. Produção, v. 23, n. 2, p. 422-435, 2013.

Nishi B. S.; Reis S. A.; Guarnieri P. **Análise de *trade-off* entre custo e nível de serviço: estudo de caso em uma empresa no setor de distribuição de bebidas**. ENEGEP, 2016.

NIXON, J. D. **Designing and optimising anaerobic digestion systems: A multi-objective non-linear goal programming approach**. Energy, v. 114, p. 814-822, 2016.

NOVAES, Antonio. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Elsevier Brasil, 2016.

RELATÓRIO DE GESTÃO – Cebraspe – 2014. Disponível em: <http://www.cespe.unb.br/cebraspe/arquivos/Relat%C3%B3rio_de_Gest%C3%A3o_Cebraspe_2014.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

RELATÓRIO DE GESTÃO – Cebraspe – 2015. Disponível em: <http://www.cespe.unb.br/cebraspe/arquivos/Relatorio_de_Gestao_2015.pdf>Acesso em: 15 nov. 2017.

RELATÓRIO DE GESTÃO – Cebraspe – 2016. Disponível em: <http://www.cespe.unb.br/cebraspe/arquivos/Relatorio_de_Gestao_2016.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

PAUL, Sanjoy Kumar; SARKER, Ruhul; ESSAM, Daryl. **A quantitative model for disruption mitigation in a supply chain**. European Journal of Operational Research, v. 257, n. 3, p. 881-895, 2017.

PORTER, Michael. **Estratégia competitiva**. Elsevier Brasil, 2004.

SÊMOLA, Marcos. **Gestão da segurança da informação**. Elsevier Brasil, 2003.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

TAHA, Hamdy A.; MARQUES, Arlete Simille; SCARPEL, Rodrigo Arnaldo. **Pesquisa operacional**. Pearson Education do Brasil, 2008.

WINSTON, Wayne L.; GOLDBERG, Jeffrey B. **Operations research: applications and algorithms**. Boston: Duxbury press, 2004.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2010.

APÊNDICES

Apêndice A – Modelo de redução dos custos operacionais

!(SACI) - Sistema para Alocação dos Candidatos Inscritos;

```

model:
title: SACI;
sets:
coord/@ole('saci.xlsm')/: custo_locacao, custo_pessoal,
custo_coord_pessoal_sala, custo_coord_pessoal_part,
custo_sala_pessoal_part, locacao, qtd_colab_coord, capacidade_coord,
alocados_coord, salas_utilizadas, salas_disponiveis;
sala/@ole('saci.xlsm')/::;
coord_sala(coord, sala): capacidade, alocar, usa_sala, sala_disponivel;
funcao_coord_sala/@ole('saci.xlsm')/: regra_funcao_coord_sala,
remun_funcao_coord_sala, qtd_colab_coord_sala;
funcao_coord_part/@ole('saci.xlsm')/: regra_funcao_coord_part,
remun_funcao_coord_part, qtd_colab_coord_part;
funcao_sala_part/@ole('saci.xlsm')/: regra_funcao_sala_part,
remun_funcao_sala_part, qtd_colab_sala_part;
funcao_coord_coord_sala(funcao_coord_sala, coord): colab_funcao_coord_sala;
funcao_coord_coord_part(funcao_coord_part, coord): colab_funcao_coord_part;
funcao_essa_part(funcao_sala_part, coord_sala): colab_funcao_sala_part;
candidatos/total/: inscritos;
custos/total/: qtd_total_colab, custo_total_locacao, custo_total_pessoal;
endsets

data:
inscritos, capacidade, locacao, sala_reserva, remun_funcao_coord_sala,
remun_funcao_coord_part, remun_funcao_sala_part, regra_funcao_coord_sala,
regra_funcao_coord_part, regra_funcao_sala_part = @ole('saci.xlsm');
M = 1000000;
enddata

!A minimizacao busca trazer os menores custos totais (de espaço físico e de
pessoal);
min = custo_total_locacao(1) + custo_total_pessoal(1);

!Custo total de locacao:;
@sum(coord(i):custo_locacao(i)) = custo_total_locacao(1);

!Custo total de pessoal;
@sum(coord(i): custo_pessoal(i)) = custo_total_pessoal(1);

!Custo de locação por coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):alocar(i,j)*locacao(i)) = custo_locacao(i));

!Custo de pessoal com função de coordenação com regra de contratação por
quantidade de sala;
@for(coord(i):@sum(funcao_coord_sala(f): colab_funcao_coord_sala(f,i) *
remun_funcao_coord_sala(f)) = custo_coord_pessoal_sala(i));

!Custo de pessoal com função de coordenação com regra de contratação por
quantidade de participantes na coordenação;

```

```

@for(coord(i):@sum(funcao_coord_part(g): colab_funcao_coord_part(g,i) *
remun_funcao_coord_part(g)) = custo_coord_pessoal_part(i));

!Custo de pessoal com função de sala com regra de contratação por
quantidade de participantes na sala;
@for(coord(i):@sum(funcao_essa_part(h,i,j): colab_funcao_sala_part(h,i,j) *
remun_funcao_sala_part(h)) = custo_sala_pessoal_part(i));

!Custo de pessoal por coordenação;
@for(coord(i): custo_coord_pessoal_sala(i) + custo_coord_pessoal_part(i) +
custo_sala_pessoal_part(i) = custo_pessoal(i));

!Identificação das salas disponíveis;
@for(coord_sala(i,j):@sum(sala(j):capacidade(i,j)) >=
sala_disponivel(i,j));
@for(coord_sala(i,j):@sum(sala(j):capacidade(i,j)) <= M *
sala_disponivel(i,j));

!Identificação das salas utilizadas;
@for(coord_sala(i,j):@sum(sala(j):alocar(i,j)) <= M * usa_sala(i,j));

!Salas utilizadas por coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):usa_sala(i,j)) = salas_utilizadas(i));

!Salas disponíveis por coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):sala_disponivel(i,j)) = salas_disponiveis(i));

!Colaboradores com regra de contratação por coordenação por quantidade de
salas;
@for(funcao_coord_coord_sala(f,i):salas_utilizadas(i) -
regra_funcao_coord_sala(f) <= M * colab_funcao_coord_sala(f,i));

!Colaboradores com regra de contratação por coordenação por quantidade de
participantes;
@for(funcao_coord_coord_part(g,i):alocados_coord(i) -
regra_funcao_coord_part(g) <= M * colab_funcao_coord_part(g,i));

!Colaboradores com regra de contratação por sala por quantidade de
participantes;
@for(funcao_essa_part(h,i,j):alocar(i,j) - regra_funcao_sala_part(h) <= M *
colab_funcao_sala_part(h,i,j));

!Todos os candidatos devem ser ensalados!;
@sum(coord_sala(i,j):alocar(i,j)) = inscritos(1);

!A capacidade das salas deve ser respeitada!;
@for(coord_sala(i,j):alocar(i,j) <= capacidade(i,j));

!Quantidade de colaboradores por coordenação;
@for(coord(i):@sum(funcao_coord_sala(f):colab_funcao_coord_sala(f,i)) +
@sum(funcao_coord_part(g):colab_funcao_coord_part(g,i)) +
@sum(funcao_essa_part(h,i,j):colab_funcao_sala_part(h,i,j)) =
qtd_colab_coord(i));

!Quantidade total de colaboradores;
@sum(coord(i):qtd_colab_coord(i)) = qtd_total_colab(1);

!Quantidade de colaboradores por função de coordenação por sala;
@for(funcao_coord_sala(f):@sum(coord(i):colab_funcao_coord_sala(f,i)) =
qtd_colab_coord_sala(f));

```

```

!Quantidade de colaboradores por função de coordenação por participante;
@for(funcao_coord_part(g):@sum(coord(i):colab_funcao_coord_part(g,i)) =
qtd_colab_coord_part(g));

!Quantidade de colaboradores por função de sala por participante;
@for(funcao_sala_part(h):@sum(funcao_essa_part(h,i,j):colab_funcao_sala_part
(h,i,j)) = qtd_colab_sala_part(h));

!Sala reserva;
@for(coord(i):salas_disponiveis(i) - salas_utilizadas(i) - sala_reserva >=
0);

!Informativo: Capacidade de candidatos na coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):capacidade(i,j)) = capacidade_coord(i));

!Informativo: Candidatos alocados coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):alocar(i,j)) = alocados_coord(i));

!Informativo: Capacidade de candidatos no total;
@sum(coord_sala(i,j):capacidade(i,j)) = capacidade_total;

!Tornamos as variáveis inteiras, não é possível existir décimos de
candidatos;
@for(coord_sala(i,j):@gin(alocar(i,j)));

!Tornamos as variáveis binárias, definindo se deve ou não ser contratado
colaborador para determinada função;
@for(funcao_coord_coord_sala(f,i):@bin(colab_funcao_coord_sala(f,i)));
@for(funcao_coord_coord_part(g,i):@bin(colab_funcao_coord_part(g,i)));
@for(funcao_essa_part(h,i,j):@bin(colab_funcao_sala_part(h,i,j)));

!Binária referente a utilização da sala;
@for(coord_sala(i,j):@bin(usa_sala(i,j)));

!Binária referente a sala disponível;
@for(coord_sala(i,j):@bin(sala_disponivel(i,j)));

!Registro das informações no Excel;
data:
@ole('saci.xlsx') = alocar, alocados_coord;
enddata

```

Fonte: autor (2017)

Apêndice B – Modelo de redução dos custos operacionais – Primeira versão não linear inteira mista

```

!(SOAAP) - Sistema Otimizador Automatico da Alocação dos Participantes;
model:
title: SOAAP;
sets:
escola/@ole('soaap.xlsm')/: custo_locacao, custo_pessoal, locacao,
qtdcoord, remcoord, qtdsub, qtdchefe, qtdfiscal, qtdlimp, qtdport,
qtdinspetor, qtdrepre, capacidade_escola, alocados_escola,
salas_utilizadas_escola;
sala/@ole('soaap.xlsm')/::;
essa(escola, sala): capacidade, alocar;
candidatos/total/: inscritos;
endsets

data:
inscritos, capacidade, locacao, sala_reserva = @ole('soaap.xlsm');
enddata

!A minimizacao busca trazer os menores custos totais (de espaço físico e de
pessoal);
min = @sum(escola(i): custo_locacao(i) + custo_pessoal(i));

!Custo de locação;;
@for(escola(i):@sum(sala(j):alocar(i,j)*locacao(i)) = custo_locacao(i));

!Custo de pessoal;;
@for(escola(i):@sum(escola(i): qtdcoord(i)*700 + qtdsub(i)*410 +
qtdchefe(i)*140 + qtdfiscal(i)*105 + qtdlimp(i)*70 + qtdport(i)*70 +
qtdinspetor(i)*105 + qtdrepre(i)*210) = custo_pessoal(i));

!Coordenador, se existe ao menos um candidato na coordenação, será;
necessário a contratação;
@for(escola(i):@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#0, 1, 0) = qtdcoord(i));

!Subcoordenador;
@for(escola(i):@if(@sum(sala(j):@if(alocar(i,j)#GT#0, 1, 0))#GT#15, 1, 0) =
qtdsub(i));

!Chefe de sala;
@for(escola(i):@sum(sala(j):@if(alocar(i,j)#GT#0, 1, 0)) = qtdchefe(i));

!Fiscal;
@for(escola(i):@sum(sala(j):@if(alocar(i,j)#GT#0, 1, 0) +
@if(alocar(i,j)#GT#60, 1, 0) + @if(alocar(i,j)#GT#80, 1, 0) +
@if(alocar(i,j)#GT#100, 1, 0)) = qtdfiscal(i));

!Limpeza;
@for(escola(i):@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#0, 2, 0) +
@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#500, 1, 0) +
@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#1000, 1, 0) +
@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#1500, 1, 0) +
@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#2000, 1, 0) +
@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#2500, 1, 0) = qtdlimp(i));

```

```

!Porteiro;
@for(escola(i):@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#0, 1, 0) = qtdport(i));

!Inspetor;
@for(escola(i):@if(salas_utilizadas_escola#GT#0, 2, 0) +
@if(salas_utilizadas_escola#GT#15, 2, 0) +
@if(salas_utilizadas_escola#GT#30, 2, 0) +
@if(salas_utilizadas_escola#GT#45, 2, 0) +
@if(salas_utilizadas_escola#GT#80, 2, 0) = qtdinspetor(i));

!Representante da escola;
@for(escola(i):@if(@sum(sala(j):alocar(i,j))#GT#0, 1, 0) = qtdrepre(i));

!Todos os candidatos devem ser ensalados!;
@sum(essa(i,j):alocar(i,j)) = inscritos(1);

!A capacidade das salas deve ser respeitada!;
@for(essa(i,j):alocar(i,j) <= capacidade(i,j));

!Tornamos as variáveis inteiras, não é possível existir décimos de
candidatos;
@for(essa(i,j):@gin(alocar(i,j)));

!Sala reserva;
@for(escola(i):@sum(sala(j):@if(capacidade(i,j)#GT#0, 1, 0)) >
@sum(sala(j):@if(alocar(i,j)#GT#0, 1, 0)) + sala_reserva);

!Informativo: Capacidade de candidatos na escola;
@for(escola(i):@sum(essa(i,j):capacidade(i,j)) = capacidade_escola(i));

!Informativo: Candidatos alocados escola;
@for(escola(i):@sum(essa(i,j):alocar(i,j)) = alocados_escola(i));

!Informativo: Numero de salas utilizadas;
@for(escola(i):@sum(sala(j):@if(alocar(i,j)#GT#0, 1, 0)) =
salas_utilizadas_escola(i));

!Informativo: Capacidade de candidatos no total;
@sum(essa(i,j):capacidade(i,j)) = capacidade_total;

!Registro das informações no Excel;
data:
@ole('soap.xlsm') = aloca, alocados_escola;
enddata

```

Fonte: autor (2017)

Apêndice C – Modelo entre otimização da distância percorrida e redução de custos operacionais

```

model:
title:RDGPxSACI;

sets:
participantes/@ole('matriz_distancia.xlsx')/:participante;
coordenacoes/@ole('matriz_distancia.xlsx')/:limite;
distancia(participantes, coordenacoes):percorrer, designar;

coord/@ole('saci.xlsm')/: custo_locacao, custo_pessoal,
custo_coord_pessoal_sala, custo_coord_pessoal_part,
custo_sala_pessoal_part, locacao, qtd_colab_coord, capacidade_coord,
alocados_coord, salas_utilizadas, salas_disponiveis;
sala/@ole('saci.xlsm')/::;
coord_sala(coord, sala): capacidade, alocar, usa_sala, sala_disponivel;
funcao_coord_sala/@ole('saci.xlsm')/: regra_funcao_coord_sala,
remun_funcao_coord_sala, qtd_colab_coord_sala;
funcao_coord_part/@ole('saci.xlsm')/: regra_funcao_coord_part,
remun_funcao_coord_part, qtd_colab_coord_part;
funcao_sala_part/@ole('saci.xlsm')/: regra_funcao_sala_part,
remun_funcao_sala_part, qtd_colab_sala_part;
funcao_coord_coord_sala(funcao_coord_sala, coord): colab_funcao_coord_sala;
funcao_coord_coord_part(funcao_coord_part, coord): colab_funcao_coord_part;
funcao_essa_part(funcao_sala_part, coord_sala): colab_funcao_sala_part;
candidatos/total/: inscritos;
custos/total/: qtd_total_colab, custo_total_locacao, custo_total_pessoal;
endsets

data:
percorrer, limite = @ole('matriz_distancia.xlsx');
inscritos, capacidade, locacao, sala_reserva, remun_funcao_coord_sala,
remun_funcao_coord_part, remun_funcao_sala_part, regra_funcao_coord_sala,
regra_funcao_coord_part, regra_funcao_sala_part = @ole('saci.xlsm');
M = 1000000;
enddata

!A minimizacao busca trazer os menores custos totais (de espaço físico e de
pessoal);
min = custo_total_locacao(1) + custo_total_pessoal(1);

!Deslocamento global;
@sum(distancia(p,c):percorrer(p,c) * designar(p,c)) >= X;

!É necessário designadar cada participante em exatamente uma Coordenação;
@for(participantes(p):@sum(coordenacoes(c): designar(p,c)) = 1);

!Cada coordenação possui um limite máximo de participantes;
@for(coordenacoes(c):@sum(participantes(p): designar(p,c)) <=
alocados_coord(c));

!Custo total de locacao;;
@sum(coord(i):custo_locacao(i)) = custo_total_locacao(1);

!Custo total de pessoal;
@sum(coord(i): custo_pessoal(i)) = custo_total_pessoal(1);

```

```

!Custo de locação por coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):alocar(i,j)*locacao(i)) = custo_locacao(i));

!Custo de pessoal com função de coordenação com regra de contratação por
quantidade de sala;
@for(coord(i):@sum(funcao_coord_sala(f): colab_funcao_coord_sala(f,i) *
remun_funcao_coord_sala(f)) = custo_coord_pessoal_sala(i));

!Custo de pessoal com função de coordenação com regra de contratação por
quantidade de participantes na coordenação;
@for(coord(i):@sum(funcao_coord_part(g): colab_funcao_coord_part(g,i) *
remun_funcao_coord_part(g)) = custo_coord_pessoal_part(i));

!Custo de pessoal com função de sala com regra de contratação por
quantidade de participantes na sala;
@for(coord(i):@sum(funcao_essa_part(h,i,j): colab_funcao_sala_part(h,i,j) *
remun_funcao_sala_part(h)) = custo_sala_pessoal_part(i));

!Custo de pessoal por coordenação;
@for(coord(i): custo_coord_pessoal_sala(i) + custo_coord_pessoal_part(i) +
custo_sala_pessoal_part(i) = custo_pessoal(i));

!Identificação das salas disponíveis;
@for(coord_sala(i,j):@sum(sala(j):capacidade(i,j)) >=
sala_disponivel(i,j));
@for(coord_sala(i,j):@sum(sala(j):capacidade(i,j)) <= M *
sala_disponivel(i,j));

!Identificação das salas utilizadas;
@for(coord_sala(i,j):@sum(sala(j):alocar(i,j)) <= M * usa_sala(i,j));

!Salas utilizadas por coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):usa_sala(i,j)) = salas_utilizadas(i));

!Salas disponíveis por coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):sala_disponivel(i,j)) = salas_disponiveis(i));

!Colaboradores com regra de contratação por coordenação por quantidade de
salas;
@for(funcao_coord_coord_sala(f,i):salas_utilizadas(i) -
regra_funcao_coord_sala(f) <= M * colab_funcao_coord_sala(f,i));

!Colaboradores com regra de contratação por coordenação por quantidade de
participantes;
@for(funcao_coord_coord_part(g,i):alocados_coord(i) -
regra_funcao_coord_part(g) <= M * colab_funcao_coord_part(g,i));

!Colaboradores com regra de contratação por sala por quantidade de
participantes;
@for(funcao_essa_part(h,i,j):alocar(i,j) - regra_funcao_sala_part(h) <= M *
colab_funcao_sala_part(h,i,j));

!Todos os candidatos devem ser ensalados!;
@sum(coord_sala(i,j):alocar(i,j)) = inscritos(1);

!A capacidade das salas deve ser respeitada!;
@for(coord_sala(i,j):alocar(i,j) <= capacidade(i,j));

!Quantidade de colaboradores por coordenação;

```

```

@for(coord(i):@sum(funcao_coord_sala(f):colab_funcao_coord_sala(f,i)) +
@sum(funcao_coord_part(g):colab_funcao_coord_part(g,i)) +
@sum(funcao_essa_part(h,i,j):colab_funcao_sala_part(h,i,j)) =
qtd_colab_coord(i));

!Quantidade total de colaboradores;
@sum(coord(i):qtd_colab_coord(i)) = qtd_total_colab(1);

!Quantidade de colaboradores por função de coordenação por sala;
@for(funcao_coord_sala(f):@sum(coord(i):colab_funcao_coord_sala(f,i)) =
qtd_colab_coord_sala(f));

!Quantidade de colaboradores por função de coordenação por participante;
@for(funcao_coord_part(g):@sum(coord(i):colab_funcao_coord_part(g,i)) =
qtd_colab_coord_part(g));

!Quantidade de colaboradores por função de sala por participante;
@for(funcao_sala_part(h):@sum(funcao_essa_part(h,i,j):colab_funcao_sala_part(h,i,j)) = qtd_colab_sala_part(h));

!Sala reserva;
@for(coord(i):salas_disponiveis(i) - salas_utilizadas(i) - sala_reserva >=
0);

!Informativo: Capacidade de candidatos na coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):capacidade(i,j)) = capacidade_coord(i));

!Informativo: Candidatos alocados coordenação;
@for(coord(i):@sum(sala(j):alocar(i,j)) = alocados_coord(i));

!Informativo: Capacidade de candidatos no total;
@sum(coord_sala(i,j):capacidade(i,j)) = capacidade_total;

!Tornamos as variáveis inteiras, não é possível existir décimos de
candidatos;
@for(coord_sala(i,j):@gin(alocar(i,j)));

!Tornamos as variáveis binárias, definindo se deve ou não ser contratado
colaborador para determinada função;
@for(funcao_coord_coord_sala(f,i):@bin(colab_funcao_coord_sala(f,i)));
@for(funcao_coord_coord_part(g,i):@bin(colab_funcao_coord_part(g,i)));
@for(funcao_essa_part(h,i,j):@bin(colab_funcao_sala_part(h,i,j)));

!Binária referente a utilização da sala;
@for(coord_sala(i,j):@bin(usa_sala(i,j)));

!Binária referente a sala disponível;
@for(coord_sala(i,j):@bin(sala_disponivel(i,j)));

!Registro das informações no Excel;
data:
@ole('matriz_distancia.xlsx') = designar;
@ole('saci.xlsm') = alocar, alocados_coord;
enddata

```

Apêndice D – Resumo das entrevistas realizadas com os colaboradores do Cebraspe

Para a elaboração dos modelos matemáticos foram realizadas entrevistas com colaboradores da Coordenadoria de Logística do Cebraspe. Optou-se pela entrevista não estruturada uma vez que o objetivo era conhecer como é realizado o processo de escolha dos locais que serão utilizados e alocação dos participantes, considerando as instituições de ensino disponíveis para utilização.

A atividade de alocação dos participantes é um *know-how* do Centro, pois o processo possui informações sensíveis e sigilosas da organização. Por isso, no resumo é apresentado o processo que deve ser realizado, não expondo detalhes das atividades do Cebraspe.

Em entrevista com o colaborador responsável em selecionar as coordenações a serem utilizadas e posteriormente e alocar os participantes, foi possível compreender a visão geral em relação ao espaço físico. E, em entrevista com outro colaborador que atua na contratação dos colaboradores, foi apresentado o processo de contratação de pessoal para atuar nos eventos.

O primeiro passo do planejamento é identificar e listar os locais disponíveis, verificar a capacidade das salas e o valor cobrado pela locação do espaço físico. Paralelamente a essa atividade, são definidas as funções, remunerações e regras de contratação dos colaboradores que atuarão no evento. Essas informações auxiliam o processo de escolha dos locais a serem utilizados.

As funções dos colaboradores podem estar vinculadas à coordenação e ter a contratação determinada pela quantidade de salas no local ou pela quantidade de participantes no local; ou estar vinculada a uma sala específica da coordenação, e ter a contratação dependente da quantidade de pessoas que estão nesta sala.

Um dos colaboradores detalhou a regra geral de contratação para as principais funções e a remuneração média. Uma das funções de coordenação que possui a contratação pela quantidade de salas na coordenação é o Assistente de Aplicação; o Apoio Limpeza é uma função de colaborador de coordenação que tem a contratação definida pela quantidade de pessoas na coordenação; já os Fiscais de Sala são

associados a uma sala específica e a quantidade de colaboradores é determinada pelo total de participantes em cada sala da coordenação.

Em relação ao espaço físico, um colaborador informou que nos eventos é designada ao menos uma sala reserva por coordenação, visto que podem ocorrer imprevistos no local e ser necessário transferir os participantes para uma sala reserva.

Foi observado na entrevista que existem custos de aplicação em relação à locação do espaço físico e à contratação dos colaboradores. Assim, decidiu-se que o objetivo deve ser a redução do custo total e não a redução de um item que compõe o custo total.

Em entrevista realizada com os Coordenadores da Logística, as informações prévias foram verificadas com um olhar gerencial. Nesse quesito, embora existam diversas maneiras de realizar a alocação dos participantes, é necessário uma validação para a aplicação da alternativa proposta.

Por exemplo, caso seja verificada vantagem econômica em colocar somente 100 participantes em uma instituição com capacidade de atender 2.000 pessoas, em alguns casos não será uma solução viável, uma vez que provavelmente a instituição de ensino dificilmente terá interesse em locar o espaço para poucos participantes, dado que o pagamento do espaço físico normalmente é realizado em função da quantidade de participantes no local.

Com as informações coletadas nas entrevistas e com a consolidação das informações públicas do Relatório de Gestão do Cebraspe dos anos de 2014, 2015 e 2016 foi possível dar prosseguimento à elaboração dos modelos matemáticos apresentados no Capítulo 5 de Resultados e Discussão.

ANEXOS

Anexo A – Relatório de Gestão do Cebraspe – 2014

Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) – 2014

Enem – Quantitativos sob responsabilidade do Cebraspe					
UF	Participantes	Sabatistas	Atendimento Especial	Salas	Colaboradores
AC	68.532	516	502	2.037	6.516
BA	662.282	8.044	7.944	20.178	65.004
DF	163.956	1.131	1.112	4.627	17.940
ES	167.165	2.325	2.278	4.958	15.631
GO	267.237	1.900	1.867	7.573	25.135
MA	304.336	5.325	5.271	8.744	28.610
MG	972.250	4.123	4.045	28.596	89.895
MS	162.129	1.241	1.214	4.955	15.630
PA	431.760	5.792	5.696	12.354	39.872
PI	195.394	1.242	1.230	5.552	18.983
RO	105.124	1.990	1.941	3.381	10.310
RS	473.291	2.043	2.010	14.617	45.749
SE	127.327	1.298	1.281	3.714	11.996
TO	68.591	708	694	2.040	6.302
TOTAL	4.169.374	37.678	37.085	123.326	397.573

2.5 Diretoria de Logística (DL)

2.5.1 Atividades da Diretoria

A Diretoria de Logística (DL) é o setor do Cebraspe responsável pela contratação de espaço físico, de equipes de aplicação e de todos os transportes necessários à realização dos eventos, como também pelo ensalamento dos participantes de cada evento.

Em 2014, essa diretoria realizou estudos para reavaliar as metodologias utilizadas na logística de aplicação de eventos, por todas as suas gerências, buscando atingir o máximo de eficiência, eficácia e economicidade nos seus processos. Esses estudos resultaram nas seguintes mudanças nos procedimentos até então utilizados pelo Cebraspe.

Escolha dos locais de prova para alocação de participantes

A análise e a escolha dos locais de prova, além de determinarem o custo com locação de espaço físico, impactam nos custos com contratação de pessoal, já que a quantidade de salas disponíveis em um mesmo local de aplicação é um dos fatores que determinam o quantitativo de pessoal a ser contratado. Além disso, quanto maior for a quantidade de locais necessária para a aplicação de um evento, mais difícil é a manutenção de condições ótimas para essa aplicação. Por esses motivos, iniciou-se um estudo com o objetivo de definir critérios de escolha de instituições a serem utilizadas nos eventos, que levem a otimizar o quantitativo das instituições a serem utilizadas no evento.

Anexo B – Relatório de Gestão do Cebraspe – 2015

Tabela 2 – Quantitativo de pessoal envolvido na realização do Enem Geral 2015 (Cebraspe)

UF	Coordenador			Assistente		Chefe de sala	Aplicador/fiscal de sala	Fiscal/inspetor	Equipe de apoio	Total
	estadual	municipal	de aplicação	municipal	de aplicação					
AC	1	17	138	4	165	1.741	1.718	749	485	5.018
BA	1	163	1.441	26	1.813	18.362	17.618	9.007	8.729	57.160
DF	1	9	239	1	410	6.421	6.819	2.684	1.040	17.624
ES	1	38	280	9	404	4.393	4.699	2.010	1.072	12.906
GO	1	57	563	10	725	7.520	8.133	3.562	3.403	23.974
MA	1	80	768	11	2.776	8.190	8.064	3.875	2.536	26.301
MG	1	189	1.687	45	2.392	25.983	27.250	12.033	6.574	76.154
MS	1	41	297	7	377	4.123	4.147	1.776	1.066	11.835
PA	1	75	883	22	1.116	11.099	10.976	5.032	3.121	32.325
PI	1	33	407	9	479	4.631	4.755	2.196	1.401	13.912
RO	1	24	189	4	269	2.832	2.885	1.189	728	8.121

(Continua)

(Continuação)

UF	Coordenador			Assistente		Chefe de sala	Aplicador/fiscal de sala	Fiscal/inspetor	Equipe de apoio	Total
	estadual	municipal	de aplicação	municipal	de aplicação					
RS	1	106	857	19	1.237	13.293	13.760	6.473	3.311	39.057
SE	1	30	267	5	338	3.375	3.196	1.633	970	9.815
TO	1	31	146	3	188	2.053	2.007	939	537	5.905
Total	14	893	8.162	175	12.689	114.016	116.027	53.158	34.973	340.107

Anexo C – Relatório de Gestão do Cebraspe – 2016

Tabela 2 – Quantitativo de pessoal contratado pelo Cebraspe para a 1ª aplicação do Enem 2016.

UF	Estadual	Coordenador municipal	Coordenador de aplicação	Assistente municipal	Assistente de aplicação	Chefes de Sala	Aplicador ou Fiscais	Fiscal ou Inspetor	Equipe de apoio	Total
AC	1	17	157	3	187	1.886	1.912	547	828	5.538
BA	3	162	1.729	23	2.132	21.047	20.067	6.089	10.043	61.295
DF	1	3	239	9	352	5.898	6.479	1.269	2.568	16.818
ES	1	38	324	7	447	5.006	5.226	1.225	2.245	14.519
GO	2	57	591	11	763	8.135	8.887	2.144	3.774	24.364
MA	2	80	933	11	1.057	9.877	9.736	3.076	4.699	29.471
MG	4	190	1.879	35	2.617	28.250	29.756	7.154	12.982	82.867
MS	1	41	318	6	399	4.342	4.343	1.126	1.885	12.461
PA	2	75	1.089	19	1.317	13.182	13.151	3.763	6.129	38.727
PI	1	33	512	8	586	5.593	5.683	1.705	2.689	16.810
RO	1	24	221	3	298	3.168	3.188	812	1.352	9.067
RS	3	106	882	15	1.264	13.253	13.692	3.253	6.285	38.753
SE	1	30	289	4	365	3.640	3.460	1.061	1.737	10.587
TO	1	31	165	3	214	2.313	2.272	601	1.055	6.655
Total	24	887	9.328	157	11.998	125.590	127.852	33.825	58.271	367.932

Fonte: Coordenação de Logística.

Tabela 4 – Quantitativo de pessoal envolvido na realização da 2ª aplicação do Enem 2016

UF	Coordenador Estadual	Coordenador municipal	Coordenador de aplicação	Assistente municipal	Assistente de aplicação	Chefes de Sala	Aplicador ou Fiscais	Fiscal ou Inspetor	Equipe de apoio	Total
BA	3	162	23	75	105	1.102	1.138	329	446	3.383
DF	1	3	9	11	21	336	370	58	124	933
ES	1	38	7	32	53	612	685	163	223	1.814
GO	2	57	11	18	23	233	253	72	105	774
MA	2	80	11	10		154	188	44	57	546
MG	4	190	35	111	16	1.855	2.342	534	655	5.742
MS	1	41	6	1	161	17	16	5	8	256
PA	2	75	19	20	2	235	273	76	99	801
PI	1	33	8	9	23	122	187	35	48	466
RO	1	1	3	1	13	1	1	0	1	22
RS	3	106	15	7	8	80	70	29	36	354
SE	1	30	4	15	16	133	125	45	75	444
TO	1	31	3	6	9	89	110	28	43	320
Total	23	847	154	316	450	4.969	5.758	1.418	1.920	15.855

Fonte: Coordenação de Logística.

Quadro 5 – Descrição das atribuições dos setores ligados à Diretoria de Operações em Eventos

Coordenação de Logística

- Contratar espaços e fazer a distribuição de participantes.
- Preparar infraestrutura de aplicação.
- Contratar e capacitar equipes.
- Aplicar etapas de eventos.
- Retornar material de aplicação.
- Fazer a manutenção de veículos.
- Gerir rotas e utilização de veículos.

Visão geral da organização

1.1 Identificação

Denominação completa

Centro Brasileiro de Pesquisa em Avaliação e Seleção e de Promoção de Eventos

Natureza jurídica

Associação civil sem fins lucrativos, qualificada como organização social

Denominação abreviada

Cebraspe

CNPJ

18.284.407/0001-53

Telefones

(55 61) 2109-0100 / (55 61) 2109-0110

FAX

(55 61) 2109-5919

Endereço eletrônico

sac@cebraspe.org.br

Página na internet

www.cebraspe.org.br

Endereço postal

Campus Universitário Darcy Ribeiro
Edifício-Sede do Cebraspe
Asa Norte – Brasília – DF
CEP 70904-970

1.2 Finalidade e competência

O Cebraspe, de acordo com o art. 5º do capítulo II de seu estatuto, tem por finalidade precípua fomentar o ensino, a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento institucional por meio das seguintes ações:

- | | |
|--|---|
| <p>I. promoção e realização de estudos e pesquisas nas áreas de ensino, de desenvolvimento tecnológico e de políticas públicas;</p> | <p>III. realização de estudos e pesquisas, desenvolvimento de novas tecnologias e produção de informações e conhecimentos técnicos e científicos relacionados à sua finalidade;</p> |
| <p>II. promoção e realização de programas e projetos científicos, tecnológicos, de inovação e de formação de pessoas na área de avaliação e seleção;</p> | <p>IV. desenvolvimento, na área de avaliação e seleção, de atividades de suporte técnico e logístico a instituições públicas e privadas;</p> |

V. prestação de serviços relacionados à sua finalidade, especialmente a realização de concursos públicos, processos de seleção, exames, avaliações, certificações, creditações e correlatos; e

VI. fomento das atividades de ensino, pesquisa e extensão universitária.

Para atender seus objetivos estatutários e cumprir sua finalidade, o Cebraspe teve suas atividades agrupadas em seis áreas de atuação social.

I. Avaliações educacionais

IV. Seleções

II. Cursos de formação e de capacitação

V. Pesquisa em avaliação

III. Certificações

VI. Provas realizadas em computadores