

PESQUISA OPERACIONAL PARA CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDER OLIVEIRA ABENSUR

Blucher

Eder Oliveira Abensur

PESQUISA OPERACIONAL
PARA CURSOS DE
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Pesquisa operacional para cursos de Engenharia de Produção

© 2018 Eder Oliveira Abensur

Editora Edgard Blücher Ltda.

Imagem da capa: iStockphoto

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme

5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua*

Portuguesa, Academia Brasileira de Letras,

março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por
quaisquer meios sem autorização escrita da
editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Abensur, Eder Oliveira

Pesquisa operacional para cursos de
Engenharia de Produção / Eder Oliveira Abensur.
– São Paulo: Blucher, 2018.

200 p.: il.

Bibliografia

ISBN 978-85-212-1200-3

1. Engenharia de Produção 2. Pesquisa
operacional 3. Modelos matemáticos
4. Programação linear I. Título.

17-0710

CDD 658.404

Índice para catálogo sistemático:
1. Engenharia de Produção: Pesquisa operacional

CONTEÚDO

INTRODUÇÃO	11
1. ORIGENS DA PESQUISA OPERACIONAL	13
1.1 No mundo	13
1.2 No Brasil	14
1.3 Interfaces com a engenharia de produção	14
2. MODELAGEM MATEMÁTICA	17
2.1 Conceito	17
2.2 O problema do exame final	19
2.3 Fluxo lógico da modelagem matemática	23
3. PROGRAMAÇÃO LINEAR	27
3.1 Contextualização e teoremas	27
3.2 Problema introdutório e resolução gráfica	30
3.3 Algoritmo simplex	33
3.4 Resolução por computador	36

3.5 Dualidade	40
3.6 Análise de sensibilidade	43
3.7 Problemas de transporte	45
3.7.1 <i>Resolução na forma tabular</i>	48
3.7.2 <i>Resolução na forma de rede</i>	49
3.7.3 <i>Aplicação não convencional do modelo de transportes</i>	51
3.8 Aplicações de PL em engenharia de produção	53
3.8.1 <i>Composição química</i>	53
3.8.2 <i>Planejamento agregado da produção</i>	54
3.8.3 <i>Logística</i>	55
4. PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA	67
4.1 Contextualização e o algoritmo <i>branch-and-bound</i>	67
4.2 Programação inteira e binária e resolução por computador	71
4.3 Aplicações em engenharia de produção	77
4.3.1 <i>Gestão de estoques</i>	77
4.3.2 <i>Roteirização de assistência técnica</i>	80
4.3.3 <i>Localização de instalações</i>	83
4.3.4 <i>Programação de corte de bobinas</i>	87
5. PROGRAMAÇÃO DINÂMICA DETERMINÍSTICA	99
5.1 Conceitos e terminologia	99
5.2 Recursão progressiva	101
5.3 Recursão regressiva	104
5.4 Aplicações em engenharia de produção	105
5.4.1 <i>Substituição de equipamentos</i>	105
5.4.2 <i>Gestão de estoques</i>	108

6. PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR	115
6.1 Conceito e características	115
6.2 Otimização clássica	117
6.3 Resolução por computador	124
6.4 Tipos de problemas de programação não linear	127
6.4.1 Programações quadráticas	127
6.4.2 Programações côncava e convexa	127
6.4.3 Programação fracionária	128
6.5 Aplicações em engenharia de produção	130
6.5.1 Arbitragem cambial	130
7. SISTEMAS DE FILAS	137
7.1 Conceito, classificação e terminologia	138
7.2 Probabilidade aplicada aos sistemas de filas	143
7.3 Sistema M/M/1	145
7.4 Sistema M/M/1/K	148
7.5 Sistema M/M/m	150
7.6 Sistema M/M/m/K	152
7.7 Aplicações em engenharia de produção	156
7.7.1 Dimensionamento de pontos de carregamento de combustíveis	156
8. HEURÍSTICAS	163
8.1 Conceito e contextualização	163
8.2 Heurística construtiva	164
8.3 Heurística de melhoria	166
8.4 Programação Visual Basic para o problema da mochila	168
8.5 Regras de despacho	173
8.6 Aplicações em engenharia de produção	180
8.6.1 Sequenciamento de projetos de investimento	180

REFERÊNCIAS	187
RESULTADOS DE ALGUNS EXERCÍCIOS	191
ÍNDICE REMISSIVO	195

CAPÍTULO 1

ORIGENS DA PESQUISA OPERACIONAL

1.1 NO MUNDO

Ao contrário de outras disciplinas cujo nome é facilmente associado à sua aplicação ou conteúdo teórico (por exemplo, Arranjo Físico, Tempos e Métodos, Planejamento e Controle da Produção, Desenvolvimento de Produto, Custos, Cálculo Diferencial e Integral), o nome Pesquisa Operacional (PO) não ajuda a estabelecer sua relação com o método científico que suporta a tomada de decisão de uma série enorme de situações e problemas reais. Entretanto, é este o nome historicamente consagrado desse método e/ou disciplina, uma tradução direta de “Operations Research” ou “Operational Research”.

Muitas referências literárias (ARENALES; ARMENTANO; MORABITO, 2007; COLIN, 2007; HILLIER; LIEBERMAN, 2006; LACHTERMACHER, 2002; TAHA, 2008) apontam que só por ocasião da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) o termo pesquisa operacional foi usado para descrever um método nascido de grupos interdisciplinares de cientistas que pretendiam resolver problemas estratégicos, táticos e operacionais de administração militar. Após a guerra, esse método disseminou-se pelo mundo empresarial, mas só alcançou popularidade quando foi incorporado a ferramentas computacionais comuns e acessíveis ao público, como as planilhas eletrônicas (Excel, LibreOffice). Isso só foi possível com o advento e desenvolvimento dos computadores pessoais a partir de 1980.

Em linhas gerais, a pesquisa operacional pode ser usada sempre que houver uma necessidade de alocação eficiente de recursos limitados e que são disputados por atividades alternativas. Por causa da diversidade e da relevância das aplicações de PO, várias das principais universidades americanas denominam o curso de Engenharia de Produção como “Industrial Engineering and Operations Research” (Berkeley, Columbia University, University of Michigan).

No Brasil, a pesquisa operacional é um tipo de abordagem comum aplicada por alunos, acadêmicos e profissionais de várias atividades, mas principalmente por engenheiros de produção.

1.2 NO BRASIL

Não há uma data específica, evento ou um nome com o qual possa ser relacionada a introdução da pesquisa operacional no Brasil. Entretanto, a coletânea de aplicações do método simplex, publicadas a partir de 1955 pelo professor Ruy Leme, foi um marco para a sua disseminação no país (Figura 1.1). Essa obra apresentava várias aplicações de programação linear amparadas pelo método simplex a problemas brasileiros da época (agricultura, programação da produção, transporte marítimo) exaustivamente resolvidos com as limitadas ferramentas de cálculo do período. Além da otimização dos resultados em si, esse trabalho é de grande valor conceitual, pois explicava e difundia o algoritmo simplex, até então uma novidade.

Se não há um marco para a PO, ele existe para a engenharia de produção no Brasil. O professor Ruy Leme foi o criador do primeiro curso implantado na Escola Politécnica da USP em abril de 1955 (ABEPRO, 2015). Desde então, a PO é uma das áreas de conhecimento típicas dos cursos de Engenharia de Produção brasileiros.

Casos especiais na programação linear

Eng. RUY AGUIAR DA SILVA LEME
Livre-docente e Prof. Interino da Ca-
deira de Economia Política da Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo — Membro titular do Instituto
de Engenharia

Com este trabalho, encerramos uma série de publicações, nas quais procuramos apresentar um resumo dos aspectos operacionais da Programação Linear na Indústria. Após termos examinado os campos de aplicação desta nova técnica (Silva Leme, 1955, a) e estudado em detalhe o processo mais geral de resolução — o Simplex (Silva Leme, 1955, b) trataremos, neste trabalho, dos casos especiais em que somos obrigados a introduzir modificações no processo Simplex como no das igualdades ou onde podemos aplicar processos mais simples, como os da Distribuição e o Gráfico.

1) PROCESSO SIMPLEX PARA IGUALDADES

Paradoxalmente, o processo simplex é mais complexo no caso de igualdades do que no de desigualdades. De fato, vimos que no caso das desigualdades

$$a_{11} x_1 + a_{21} x_2 + \dots + a_{n1} x_n \leq s_1$$

$$a_{12} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{n2} x_n \leq s_2$$

$$\dots$$

$$a_{1m} x_1 + a_{2m} x_2 + \dots + a_{nm} x_n \leq s_m$$

introduzimos novas variáveis $x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$ por duas razões:

1) transformar as desigualdades em igualdades:

maior do que qualquer outra quantia com que fôr comparado no problema.

A melhor forma para explicar este procedimento é por meio de um exemplo. Consideremos (Symonds, 1955) o caso da refinaria de petróleo, que para obter óleo fuel mistura três componentes: Pitch (P), Tar (T) e Flux (F), cujas características estão resumidas na tabela 1.

Componente	Viscosidade	Ptso específico
P	5	8
T	11	7
F	37	24

O óleo fuel, cujas características são as médias aritméticas ponderadas das características dos componentes, tem que ter uma viscosidade superior a 21 e um ptso específico superior a 12. A refinaria possui matéria prima que pretende esgotar na produção de óleo fuel e que pode fornecer ou 1.000 unidades de pitch ou 800 de tar. O flux é adquirido em qualquer quantidade ao preço de 8 por unidade e o óleo fuel vende-se na base de 5 por unidade.

Designando respectivamente por x_1, x_2, x_3 a quantidade de pitch

Figura 1.1 Parte da coletânea publicada sobre aplicações de programação linear.

1.3 INTERFACES COM A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Figura 1.2 a seguir mostra algumas das muitas e fortes interseções da PO com a engenharia de produção, provendo suporte à otimização de decisões típicas como

QUADRO 1.1 PROFESSOR RUY AGUIAR DA SILVA LEME

Engenheiro civil formado em 1949 pela Escola Politécnica da USP, tendo atuado como professor-assistente entre 1949 e 1953 e professor interino em 1953.

Fundou o curso de Engenharia de Produção em abril de 1955. O curso formou sua primeira turma em 1960 e permaneceu como opção da Engenharia Mecânica até 1970. Com a aprovação pela Congregação da Escola Politécnica da USP, houve a criação de uma graduação autônoma em Engenharia de Produção.

Como diretor da Faculdade de Ciências Econômicas e Administrativas da USP de 1957 a 1960, fundou o Departamento de Administração da FEA/USP e implantou cursos de pós-graduação. Foi também presidente do Banco Central do Brasil entre 1967 e 1968.

Além da relevante vida pública, o professor Ruy Leme era aficionado pela programação linear. Suas publicações de 1955 com aplicações do método simplex na indústria, agricultura e transporte marítimo ajudaram a disseminar a pesquisa operacional (PO) no Brasil.

Fonte: FEA/USP.



programação da produção, substituição de equipamentos, localização de instalações, desenvolvimento de produto, programa de manutenção preventiva, arranjo físico, gestão de portfólio de investimentos, programa de distribuição de produtos acabados, sequenciamento de tarefas de produção ou serviços, dimensionamento de postos de atendimento etc.

Simultaneamente, a PO requisita dados de fontes típicas de atuação da engenharia de produção, como custos, posição e demanda de itens de estoque, controle estatístico do processo (CEP), entre outras. Em particular, os dados de custos são de grande interesse, pois em geral os modelos matemáticos de engenharia minimizam os custos do processo analisado ou maximizam o lucro (receita menos custos).

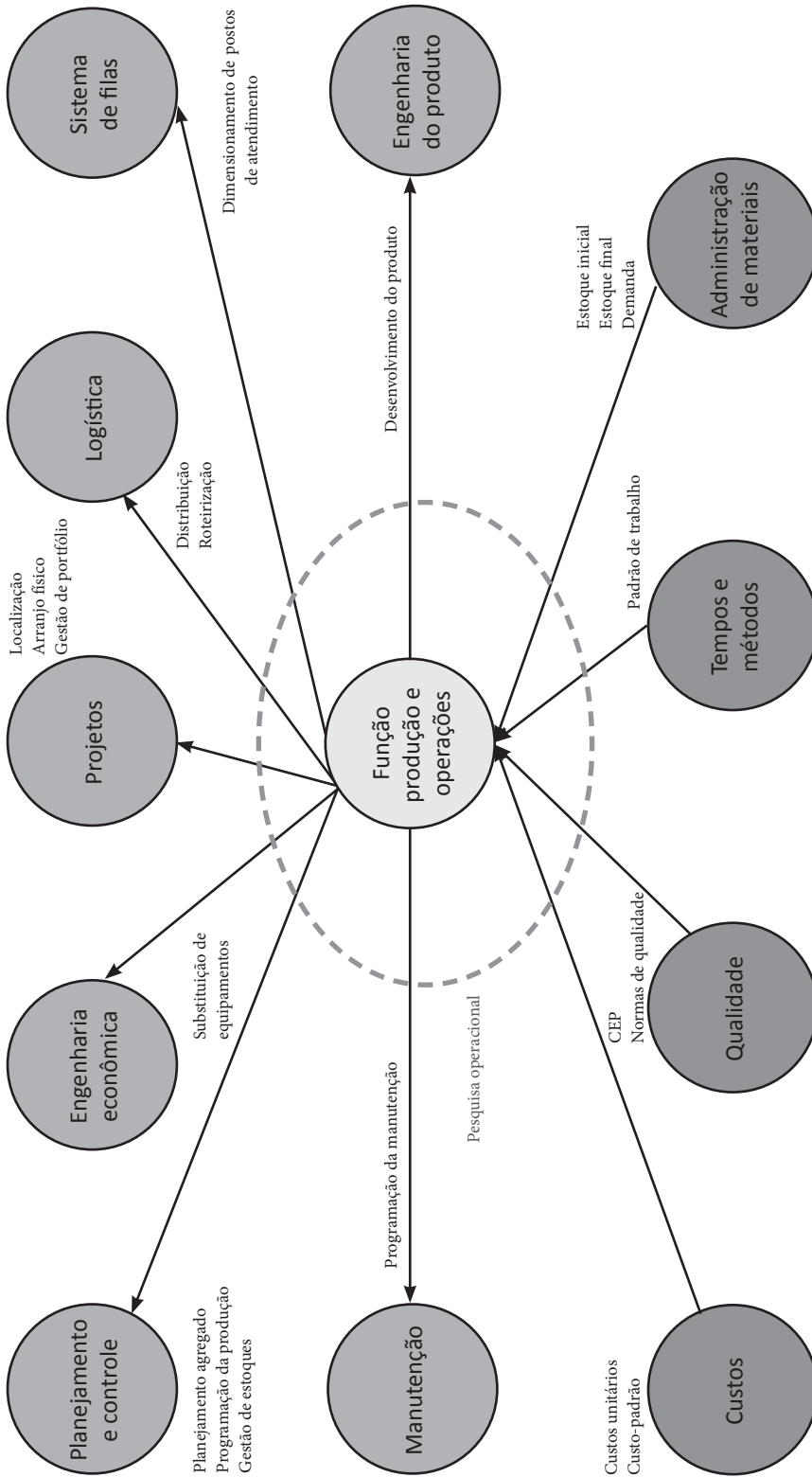
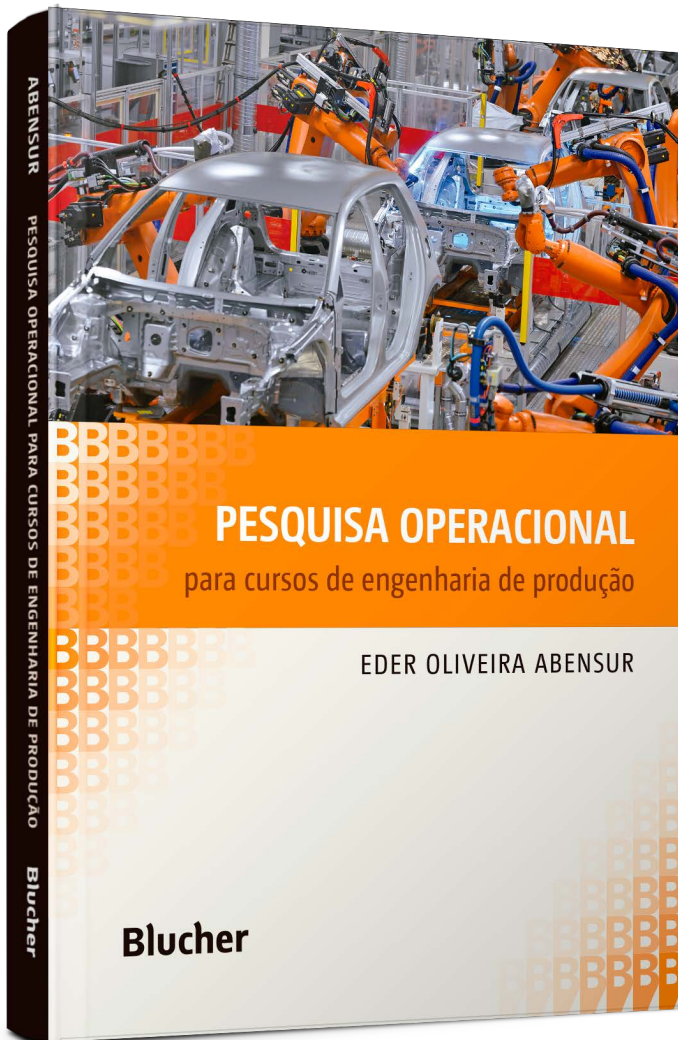


Figura 1.2 Contexto da pesquisa operacional na função produção e operações.



Clique aqui e:

[Veja na loja](#)

Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia de Produção

Eder Oliveira Abensur

ISBN: 9788521212003

Páginas: 200

Formato: 17 x 24 cm

Ano de Publicação: 2018
