

Pesquisa Operacional

Igor M. Coelho

18 de Junho de 2020

- 1 Introdução à Pesquisa Operacional
- 2 O que é Pesquisa Operacional?
- 3 Um breve histórico da PO
- 4 Modelagem em PO
- 5 Conceitos de Otimização
- 6 Aplicações de PO

Introdução à Pesquisa Operacional
O que é Pesquisa Operacional?
Um breve histórico da PO
Modelagem em PO
Conceitos de Otimização
Aplicações de PO
Agradecimentos

7 Agradecimentos

Section 1

Introdução à Pesquisa Operacional

Sobre esse material

Esses slides foram preparados com base em diversos materiais da literatura, em especial:

- [1] Profa. Maristela Oliveira dos Santos (ICMC/USP):
“Introdução à Pesquisa Operacional - Otimização Linear”, 2010.
- [2] Tutorial ilectures
(<https://igormcoelho.github.io/ilectures-pandoc/>)

Section 2

O que é Pesquisa Operacional?

O que é pesquisa operacional?

Pesquisa Operacional - PO (pt-br), Investigación Operacional (pt), Operational Research (en-gb), Operations Research (en), Investigación Operativa (es), Recherche Opérationnelle (fr), ...

Da Wikipedia:

“Ramo interdisciplinar da matemática aplicada que faz uso de modelos matemáticos, estatísticos e de algoritmos na ajuda à tomada de decisões”.

Associações de PO no Brasil e no Mundo

- IFORS - International Federation of Operational Research Societies
- EURO - The Association of European Operational Research Societies
- APDIO - Associação Portuguesa de Investigação Operacional.
- SOBRAPO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional

INFORMS Journals

Alguns journals do *Institute for Operations Research and the Management Sciences* (INFORMS):

- Decision Analysis
- Information Systems Research
- INFORMS Journal on Computing
- INFORMS Transactions on Education
- Management Science
- Manufacturing & Service Operations Management
- Marketing Science
- Mathematics of Operations Research
- Operations Research
- Organization Science
- Service Science

Onde pode ser aplicada?

- Pode ser aplicada a problemas onde é necessário especificar, de forma quantitativa, a condução e a coordenação das operações ou atividades dentro de uma organização.
- A natureza da organização pode ser financeira, industrial, militar, governamental, etc.

Tomada de decisões (escopo)

- (Em uma estrada) Qual o melhor caminho a tomar?
- (Na bolsa de valores) Em que companhias investir?
- (Em uma indústria) O que e em que ordem produzir?
- (Em um trabalho em grupo) Que pessoas alocar a que tarefas?
- (Em uma companhia de distribuição) Que rede (elétrica, de gás, etc.) instalar?

Section 3

Um breve histórico da PO

Um breve histórico da PO

- **1939-1945:** Durante a 2ª Guerra Mundial, as gerências militares britânica e americana empregaram uma abordagem científica para tratamento de problemas de gerenciamento de recursos escassos (radares, tropas, munição, remédios etc.), de forma eficaz.
- **1936:** *British Military Applications* utilizaram o termo “operational research” (*en-gb*).
- **Problema:** Como usar radares? (Como aumentar a eficiência da informação fornecida por radares)

Um breve histórico da PO

- Segunda Guerra Mundial: Problema: Tamanho dos comboios!
- O que é melhor usar ?
- vários comboios pequenos (mais rápidos)?
- poucos comboios grandes (mais protegidos)?

II Guerra Mundial

- Melhoria das operações utilizadas:
- Operations research - Pesquisa Operacional

Um breve histórico da PO

- 1947: Início do interesse das indústrias na utilização das técnicas desenvolvidas na área militar, para auxiliar no planejamento e controle da produção.
- A maioria desses problemas é formulada através de modelos matemáticos lineares.

Um breve histórico da PO

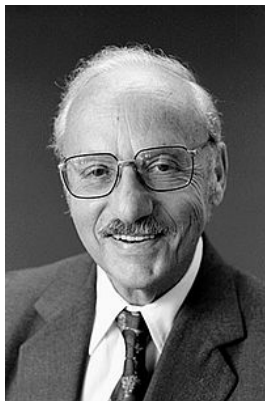


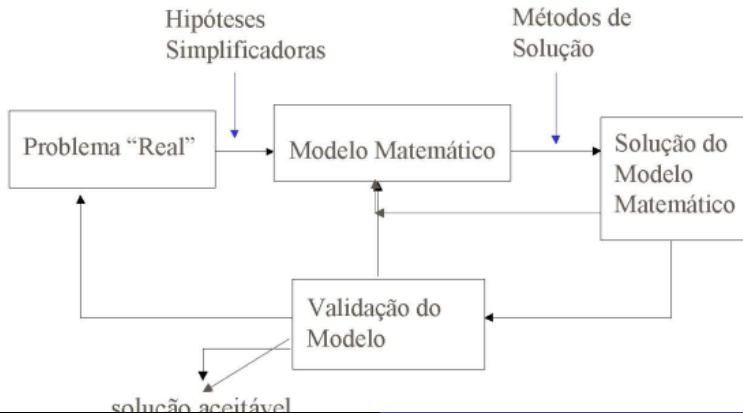
Figure 1: George Dantzig
(1914-2005) - “pai da
programação linear”

- 1949: George B. Dantzig apresenta o Método Simplex para resolver problemas de otimização linear (equações e (ou) inequações lineares).
- George B. Dantzig - propõe o Método Simplex enquanto trabalhava como Consultor em Matemática no controle da força aérea americana.
- mais datas(
<http://www.lionhrtpub.com/orms/orms-10-02/frhistorysb1.html>)

Section 4

Modelagem em PO

Diagrama de um projeto de PO



Construindo um modelo matemático

- **Passo Fundamental:** Ouvir aquele que lida com o problema real.
- **Passo 1:** Descobrir o que deve ser determinado (variáveis do problema).
- **Passo 2:** Descobrir o que está disponível (dados do problema).
- **Passo 3:** Reproduzir os caminhos que levam a uma solução (equações/formulações)

Section 5

Conceitos de Otimização

Problema de Otimização

- A busca de uma *solução mais adequada* entre diversas *soluções alternativas* traz consigo os elementos de um **Problema de Otimização**
- Um critério de avaliação das soluções alternativas, o qual nos permite dizer que uma solução é “melhor” que outra (objetivo ou subjetivo).
- A este critério de avaliação chamamos de **função objetivo**, que buscamos otimizar, ou seja, *maximizar* ou *minimizar*.
- Por outro lado, as soluções alternativas devem ser passíveis de execução indicando a presença de restrições que devem ser respeitadas.

Problema de Otimização

- De outra forma: temos uma função z , chamada função objetivo, definida no conjunto de soluções alternativas (viáveis), digamos \mathcal{S}_f , tipicamente mapeada nos reais: $z : \mathcal{S}_f \mapsto \mathbb{R}$
- Um problema de otimização (de *minimização*) é definido por:

$$\min z(s)$$

$$\text{sujeito a : } s \in \mathcal{S}_f$$

Problema de Otimização

Dependendo do comportamento de $z(s)$ e de como o conjunto \mathcal{S}_f é descrito, temos diferentes classes de problemas de otimização, para os quais uma variedade de métodos de solução tem sido desenvolvida:

- Otimização linear.
- Otimização não linear.
- Otimização Inteira.
- Controle ótimo.

Section 6

Aplicações de PO

Algumas aplicações

- indústria de petróleo: extração, refinamento, mistura e distribuição.
- indústria de alimentos: ração animal (problema da mistura).
- planejamento da produção: dimensionamento de lotes (o que, quando e quanto produzir?).
- indústria siderúrgica: ligas metálicas (problema da mistura).
- indústria de papel: otimização do processo de cortagem de bobinas.
- indústrias de móveis: otimização do processo de cortagem de placas retangulares.
- aplicações financeiras: otimização do fluxo de caixa, análise de carteiras de investimento.

teste plotly

Columns Part 1/3 (b) Code Chunk executing on Atom Columns
Part 2/3 This is a Plotly figure

```
““{.plotly_python caption="This is a Plotly figure"} from  
figs.fig_plotly_canada import draw_fig fig =  
draw_fig('figs/fig_plotly_canada.png') ““
```

Boas vindas

Bem-vind@s ao curso de Pesquisa Operacional!

Curso:

- Pesquisa Operacional - TCC00318 - C.H. 64
- Site:
<https://igormcoelho.github.io/curso-pesquisa-operacional-i>

Links úteis:

- <http://www.ic.uff.br/index.php/pt/curriculo-e-disciplinas/disciplinas-obrigatorias>
- <https://app.uff.br/graduacao/quadrodehorarios>
- Instituto de Computação (IC/UFF) - www.ic.uff.br
- Universidade Federal Fluminense (UFF) - www.uff.br

Sobre mim



Figure 3: Prof. Igor M. Coelho

imcoelho at ic.uff.br
(preferência)

igor.machado at gmail.com
(emergência)

Me chamo Igor, e é um prazer apresentar esse curso para vocês! Sou professor e pesquisador da UFF, apaixonado pela área de pesquisa operacional, em especial, técnicas de otimização e meta-heurísticas (*ao final desse curso vocês também saberão bem o que é isso!*). Podem me contactar pelos emails ao lado (*substituem o 'at' por '@'*). Esse curso está disponível no meu site pessoal no github: igormcoelho.github.io/curso-pesquisa-operacional-i

Sobre vocês

Gostaria que se apresentassem também (*nas aulas síncronas*) para nos conhecermos melhor!

Ninguém aprende 100% do que o professor ensina, e nem o professor consegue ensinar 100% de um conteúdo, então cabe aos alunos: *ler, estudar e questionar* (muito!). **Juntos** podemos trabalhar para transmitir esse conhecimento valioso para cada um de vocês.

Sempre que tiverem uma dúvida ou curiosidade, perguntem! Toda pergunta é valiosa, e o conhecimento é construído em pequenas porções.

Acordo Aluno-Professor

Para esse curso funcionar: tenham dedicação!

É fundamental:

- Não atrasar entrega de trabalho, mas caso precisem de uma extensão, solicitem antes do prazo! (*atrasos podem reduzir ou até zerar notas*)
- Buscar ao máximo não perder nenhuma aula (síncrona), e caso percam, busquem o quanto antes suprir esse conteúdo
- Nunca, em hipótese alguma, copiem um trabalho pronto! Além dos efeitos práticos (como perda de nota ou demais sanções previstas nas normas), não se enganem: quem mais perde é o aluno. Conhecimento é o bem mais valioso!
- Sempre citem as fontes, especialmente para trechos de textos. Sempre que possível, indique a licença de uso de imagens e

Contexto ACE

Atividades Acadêmicas Emergenciais (ACE)

- Definição de plano de trabalho: 26/06/2020
- Período: 29/06/2020 (segunda-feira) - 31/08/2020 (segunda-feira)
- Lançamento de notas: 31/08/2020

Teremos aulas síncronas no horários regulares, e devido ao período mais curto, teremos outras diversas atividades assíncronas complementares (vídeos, textos, trabalhos, ...) para suprir toda a carga horária.

Ementa

- 1 INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE PESQUISA OPERACIONAL: ORIGEM, DESENVOLVIMENTO E ESTADO DA ARTE;
- 2 PRINCIPAIS ÁREAS DA PESQUISA OPERACIONAL (PO);
- 3 CONCEITOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR, MODELAGEM, MÉTODOS;
- 4 CONCEITOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA, APLICAÇÕES;
- 5 ALGORITMOS HEURÍSTICOS E META-HEURÍSTICOS PARA PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA;
- 6 SOFTWARES DE OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA (CPLEX, XPRESS, ETC);
- 7 OUTROS TÓPICOS DE PESQUISA OPERACIONAL E SUAS APLICAÇÕES

Avaliação

Toda semana haverá atividades avaliativas assíncronas (A), como listas de exercícios e resumos de textos/vídeos. Além disso, haverá uma prova escrita (E) e dois trabalhos de implementação (I), com apresentação.

A nota do curso será:

$$T = 30\%A + 70\%I$$

$$N = (E + T)/2$$

De acordo com as normas regulares da UFF, a nota mínima para aprovação é 6.

Cronograma

- Período: 29/06/2020 - 31/08/2020

Tipo = Sinc./Assinc.

Data	Atividade	Tipo
29/06/2020	Introdução à PO	Sinc.
06/07/2020	(Meta-)Heurísticas Parte 1	Sinc.
13/07/2020	Programação Linear e Inteira	Sinc.
20/07/2020	*	Sinc.
27/07/2020	Prática	Sinc.
03/08/2020	Prova Escrita (E)	Sinc.
10/08/2020	(Meta-)Heurísticas Parte 2	Sinc.
17/08/2020	*	Sinc.
24/08/2020	Apresentação (I)	Sinc.

Ferramentas Necessárias

Para o andamento do curso e reprodução dos exemplos oferecidos, serão necessários alguns softwares, como:

- Python3 (preferência pela Anaconda3 com todos pacotes)
 - pacote `python-mip`: `pip3 install python-mip`
- Compilador C++ com suporte C++20 (GCC-10.1 ou clang-11)

No GNU/Linux, em especial família Debian/Ubuntu, a instalação é direta utilizando o sistema de pacotes `apt` ou executáveis providos nos respectivos sites dos projetos. No Windows é recomendado instalar versões nativas. Ou opção para utilizar os mesmos pacotes Linux no Windows, é utilizar o WSL para simular um terminal Ubuntu:

- Tutorial WSL (cortesia Anderson Zudio):

Bibliografia Recomendada

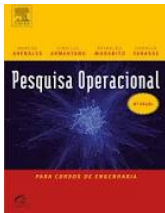


Figure 4: Livro Referência

Buscaremos suprir o conteúdo especialmente através de materiais com licença livre (slides, apostilas, vídeos, textos, ...). Como livro texto, recomendamos o livro: *“Arenales M., Armentano V., Morabito R., Yanasse H. Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro: Editora Campus. (2007)”*.

Section 7

Agradecimentos

Software

Esse material de curso só é possível graças aos inúmeros projetos de código-aberto que são necessários a ele, incluindo:

- pandoc
- LaTeX
- GNU/Linux
- git
- markdown-preview-enhanced (github)
- visual studio code
- atom
- revealjs
- ...

Empresas

Agradecimento especial a empresas que suportam projetos livres envolvidos nesse curso:

- github
- gitlab
- microsoft
- google
- ...

Pessoas

Em especial, agradeço a colaboradores que tornaram esse material possível (em ordem alfabética):

- Anderson Zudio (tutorial)
- Haroldo Gambini (python-mip)
- Luiz Satoru Ochi (slides)
- Marccone Jamilson Freitas Souza (slides)
- Vitor Nazário Coelho (site)
- ...

Reprodução do material

Esses slides foram escritos utilizando pandoc, segundo o tutorial ilectures:

- <https://igormcoelho.github.io/ilectures-pandoc/>

Licença: Creative Commons 2020

Igor Machado Coelho