

# Fundamentos

## Pesquisa operacional e otimização

Prof. Marcelo de Souza

55MQU – Métodos Quantitativos  
Universidade do Estado de Santa Catarina





## Pesquisa operacional (PO)

- ▶ Origem na Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial: **tomar decisões** quanto ao **melhor** uso do material de guerra.



## Pesquisa operacional (PO)

- ▶ Origem na Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial: **tomar decisões** quanto ao **melhor** uso do material de guerra.

## Otimização

- ▶ Dado um problema, encontrar a **melhor solução**;
- ▶ Melhor: aquela de **maior** qualidade ou **menor** custo.



## Pesquisa operacional (PO)

- ▶ Origem na Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial: **tomar decisões** quanto ao **melhor** uso do material de guerra.

## Otimização

- ▶ Dado um problema, encontrar a **melhor solução**;
- ▶ Melhor: aquela de **maior** qualidade ou **menor** custo.

## O foco desta disciplina é

- ▶ resolver problemas de otimização;
- ▶ encontrar as melhores soluções tendo em vista a melhor tomada de decisões.

# Exemplo

## Viagens a trabalho



Um consultor de Florianópolis foi contratado para prestar serviços em uma empresa de São Paulo. A contratação inclui atividades presenciais de segunda a quarta por um período de cinco semanas. A empresa contratante é responsável pela compra das passagens e deseja gastar o *mínimo* possível. Os custos e condições são:

- ▶ A passagem de ida e volta (FLN–SAO–FLN ou SAO–FLN–SAO) custa \$ 400;
- ▶ Se as datas abrangerem um fim de semana, o custo é reduzido para \$ 320;
- ▶ Uma passagem só de ida (FLN–SAO ou SAO–FLN) custa \$ 300;
- ▶ O consultor ficará em São Paulo somente nos dias de trabalho.

# Exemplo

## Viagens a trabalho



### Soluções (ou alternativas):

1. Cinco passagens FLN–SAO–FLN indo na segunda e voltando na quarta;
2. Uma passagem FLN–SAO, quatro SAO–FLN–SAO que abranjam fins de semana, e uma SAO–FLN;
3. Uma passagem FLN–SAO–FLN para a primeira ida e a última volta, e quatro SAO–FLN–SAO para as viagens restantes. Todos esses bilhetes abrangem fins de semana.

# Exemplo

## Viagens a trabalho



### Soluções (ou alternativas):

1. Cinco passagens FLN–SAO–FLN indo na segunda e voltando na quarta;
2. Uma passagem FLN–SAO, quatro SAO–FLN–SAO que abranjam fins de semana, e uma SAO–FLN;
3. Uma passagem FLN–SAO–FLN para a primeira ida e a última volta, e quatro SAO–FLN–SAO para as viagens restantes. Todos esses bilhetes abrangem fins de semana.

### Custo de cada solução:

1.  $5 \times 400 = \$ 2000$ ;
2.  $2 \times 300 + 4 \times 320 = \$ 1880$ ;
3.  $5 \times 320 = \$ 1600$ .

# Exemplo

## Viagens a trabalho



### Soluções (ou alternativas):

1. Cinco passagens FLN–SAO–FLN indo na segunda e voltando na quarta;
2. Uma passagem FLN–SAO, quatro SAO–FLN–SAO que abranjam fins de semana, e uma SAO–FLN;
3. Uma passagem FLN–SAO–FLN para a primeira ida e a última volta, e quatro SAO–FLN–SAO para as viagens restantes. Todos esses bilhetes abrangem fins de semana.

### Custo de cada solução:

1.  $5 \times 400 = \$ 2000$ ;
2.  $2 \times 300 + 4 \times 320 = \$ 1880$ ;
3.  $5 \times 320 = \$ 1600$ . → melhor solução (menor custo)





# Exemplo

## Viagens a trabalho

Um modelo para um problema de otimização possui

- ▶ um conjunto de **variáveis de decisão** (e.g. quais passagens comprar);
- ▶ uma **função objetivo** (e.g. custo total das passagens);
- ▶ um conjunto de **restrições** (e.g. os dias de trabalho e descanso);
- ▶ um conjunto de **soluções** ou alternativas (e.g. possibilidades de compra).

# Exemplo

## Viagens a trabalho



Um modelo para um problema de otimização possui

- ▶ um conjunto de **variáveis de decisão** (e.g. quais passagens comprar);
- ▶ uma **função objetivo** (e.g. custo total das passagens);
- ▶ um conjunto de **restrições** (e.g. os dias de trabalho e descanso);
- ▶ um conjunto de **soluções** ou alternativas (e.g. possibilidades de compra).

Algumas definições

- ▶ Existem soluções com melhores valores de custo, mas que violam restrições. Elas são chamadas de soluções **inviáveis** ou **infectíveis**;
  - ▶ e.g. comprar uma única passagem FLN–SAO–FLN para todo o período;
  - ▶ analogamente, soluções que satisfazem as restrições são chamadas **viáveis** ou **factíveis**.



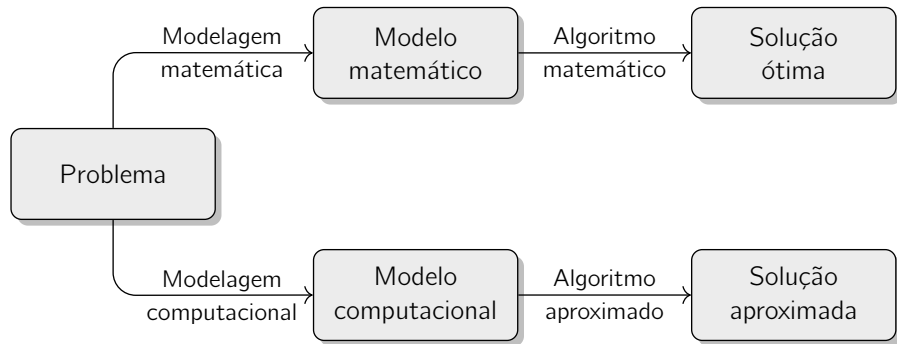
Um modelo para um problema de otimização possui

- ▶ um conjunto de **variáveis de decisão** (e.g. quais passagens comprar);
- ▶ uma **função objetivo** (e.g. custo total das passagens);
- ▶ um conjunto de **restrições** (e.g. os dias de trabalho e descanso);
- ▶ um conjunto de **soluções** ou alternativas (e.g. possibilidades de compra).

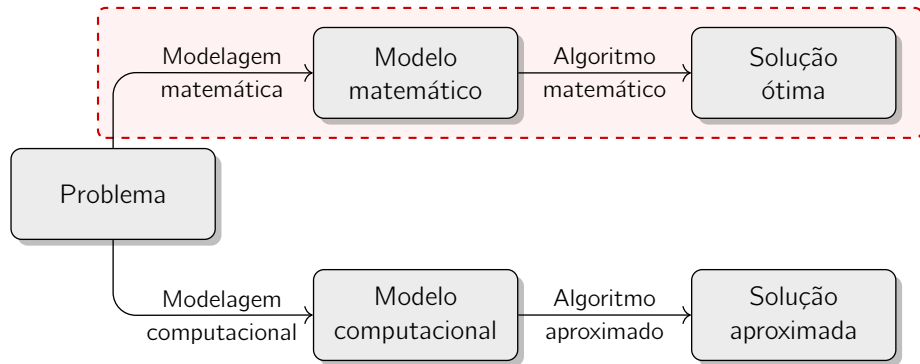
Algumas definições

- ▶ Existem soluções com melhores valores de custo, mas que violam restrições. Elas são chamadas de soluções **inviáveis** ou **infactíveis**;
  - ▶ e.g. comprar uma única passagem FLN–SAO–FLN para todo o período;
  - ▶ analogamente, soluções que satisfazem as restrições são chamadas **viáveis** ou **factíveis**.
- ▶ A melhor solução é chamada de **solução ótima**.
  - ▶ além de ser viável, a solução apresenta o melhor valor segundo a função objetivo;
  - ▶ as demais são soluções **subótimas**.

# Etapas, elementos e técnicas da PO



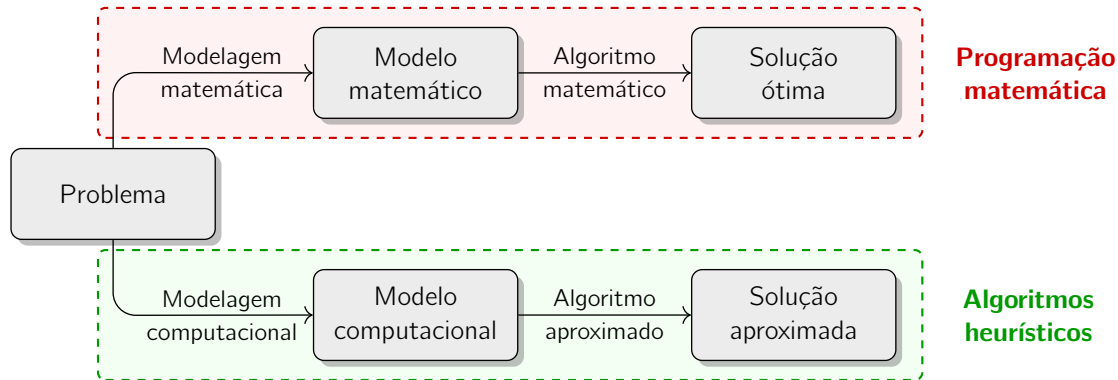
# Etapas, elementos e técnicas da PO



**Programação  
matemática**

↪ Programação linear, programação inteira ...

# Etapas, elementos e técnicas da PO



➡ Programação linear, programação inteira ...

➡ Buscas por construção, modificação, recombinação ...

# Aplicações de sucesso na indústria



Texaco

Mistura de gasolina  
**\$ 30 milhões** anuais



Intel

*Supply chain*  
**\$ 25,2 bilhões** (até 2020)



AT&T

Localização de instalações  
**\$ 1 milhão** (12 clientes)



P&G

Otimização de inventário  
**\$ 1,5 bilhão**



Coca-Cola

Rotas de distribuição  
**\$ 45 milhões** anuais



Eletrobras

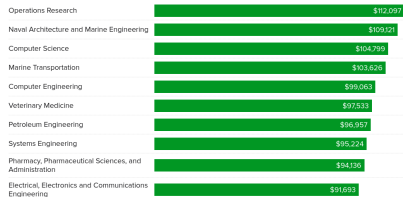
Alocação de recursos  
**\$ 43 milhões** anuais

# Pesquisa operacional como carreira



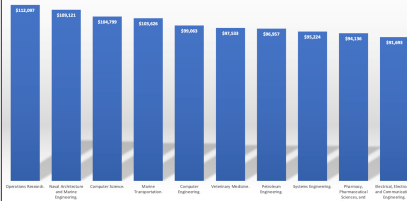
## Top-paying college majors

Students who study one of these fields earn, on average, the highest salaries of any college grads four years after they receive their diploma. But many of these fields aren't the most popular among students, despite their high salaries.



Fonte

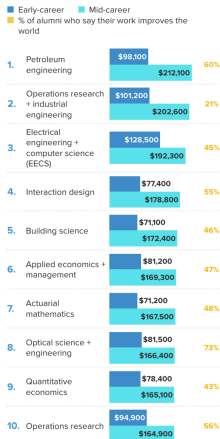
## Top Earning College Majors Bachelor Degree Programs



Fonte

## Highest paying bachelor degrees in the U.S.

Average early- and mid-career annual earnings



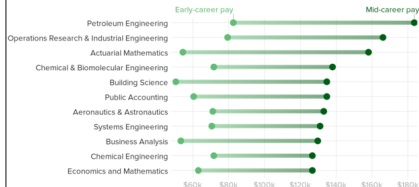
Graphic: Gabriel Cortes / CNBC  
Source: PayScale



Fonte

## The majors that pay the most

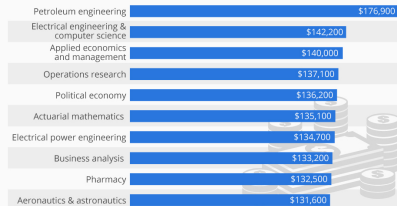
Holders of bachelor's degrees in these fields can expect to earn back their college investment fastest



Fonte

## The American Bachelor Degrees That Really Pay Off

Mid-career median pay by bachelor degree in 2019\*



Fonte



55MQU – Métodos Quantitativos  
Prof. Marcelo de Souza