

# Heurísticas de busca

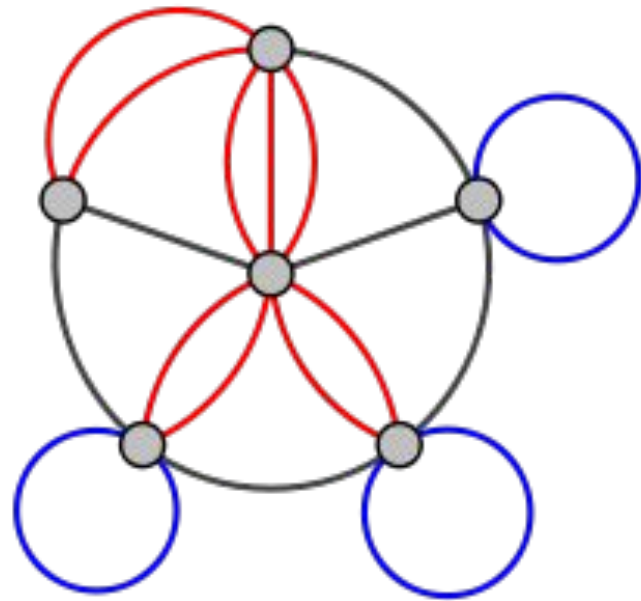
---

GRAFOS

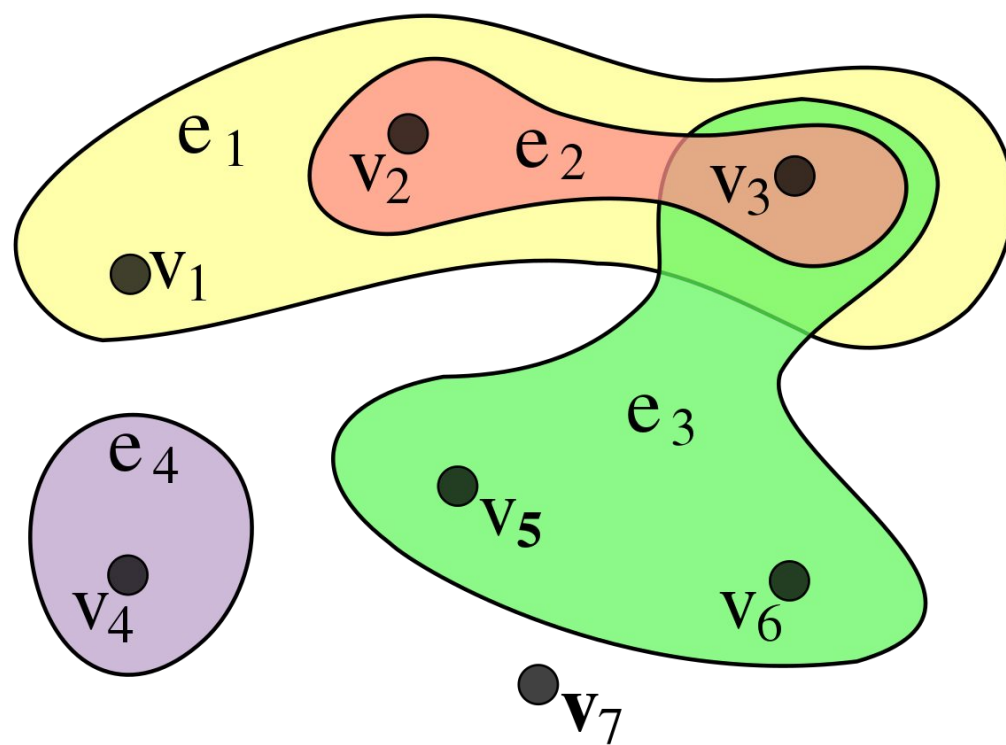
# O que vimos em grafo?

- Vimos uma pequena parcela da área de grafos, deixamos passar muita coisa:
  - Problemas,
  - Algoritmos,
  - Tipos de grafos

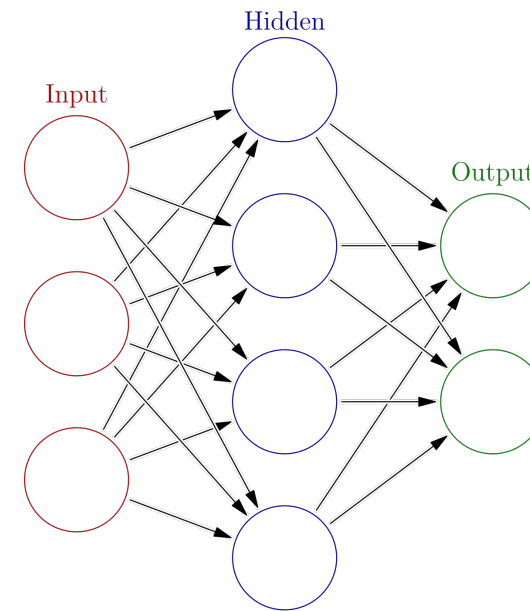
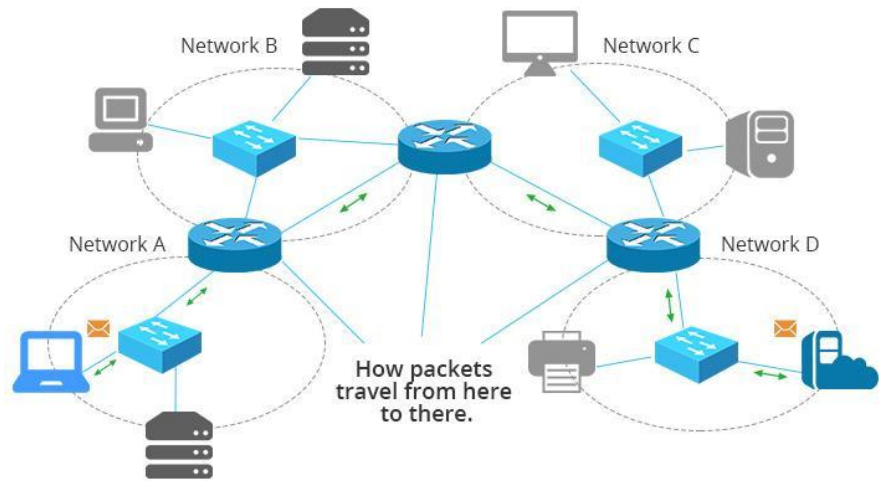
# Multigrafos



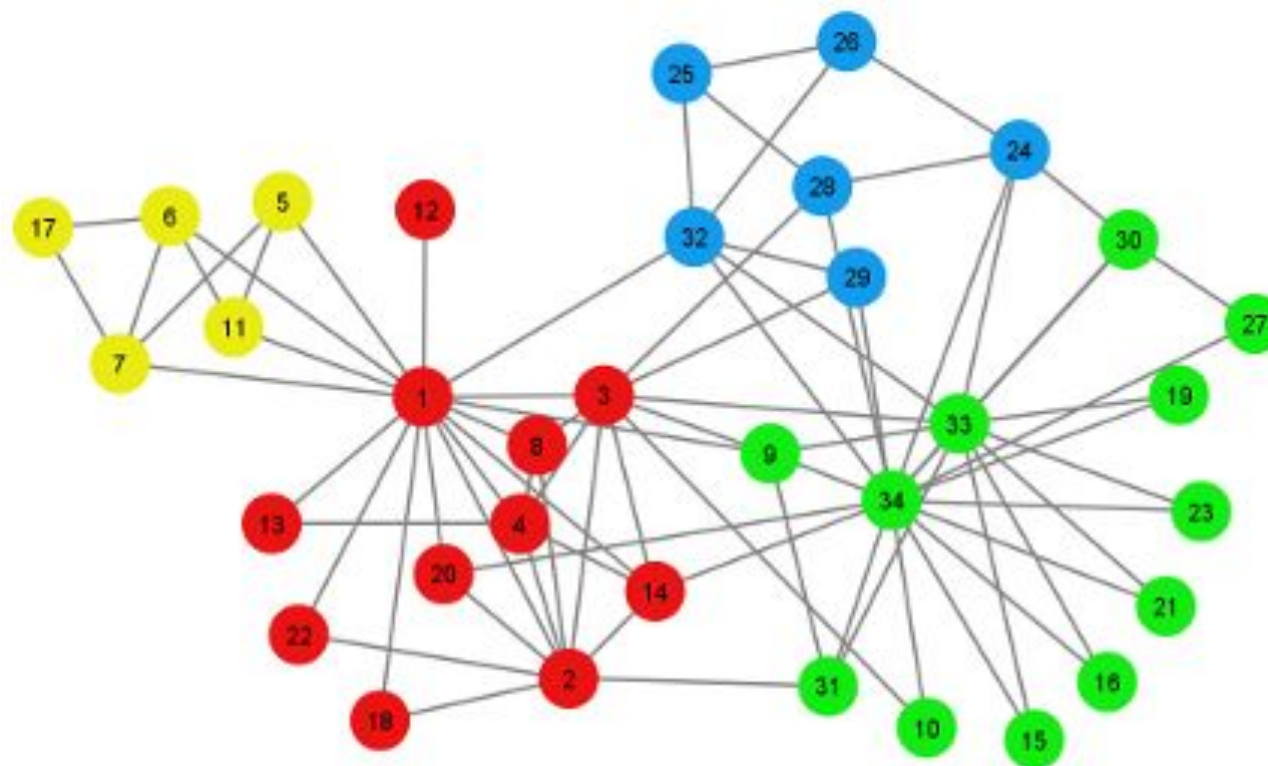
# Hipergrafos



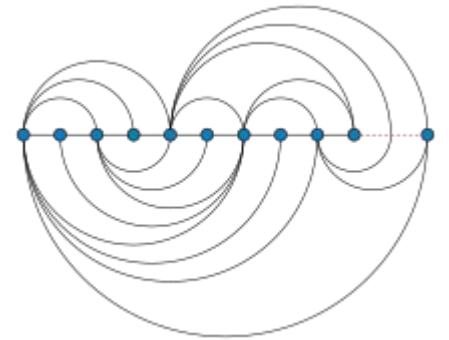
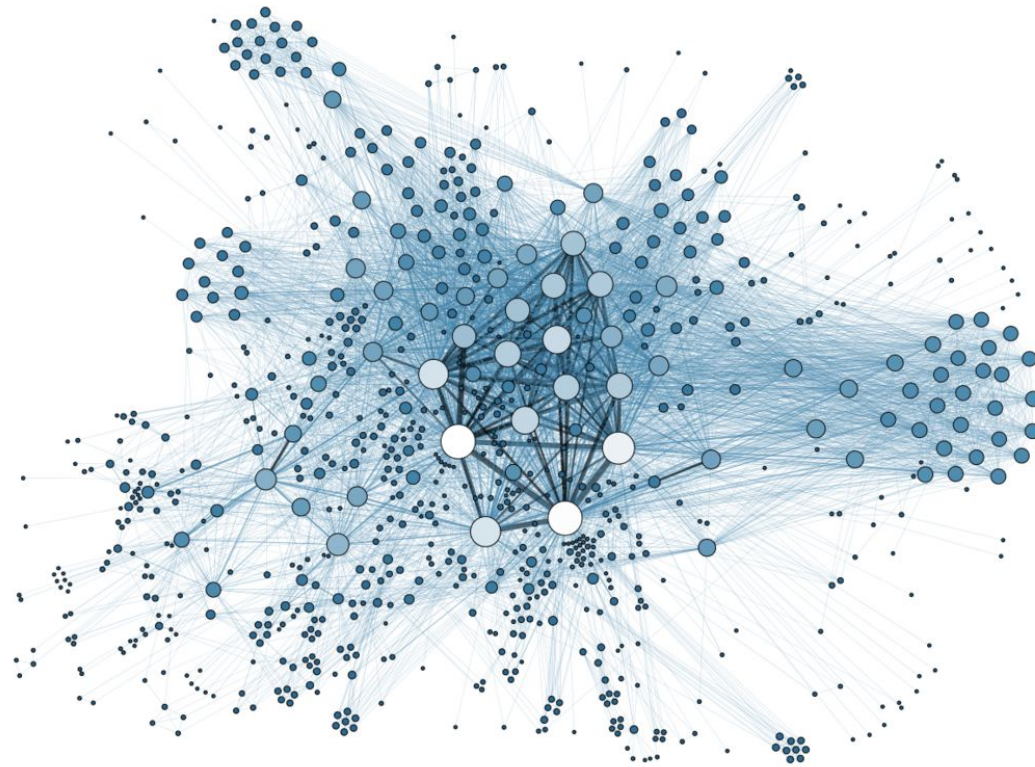
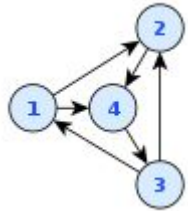
# Uso em outras áreas



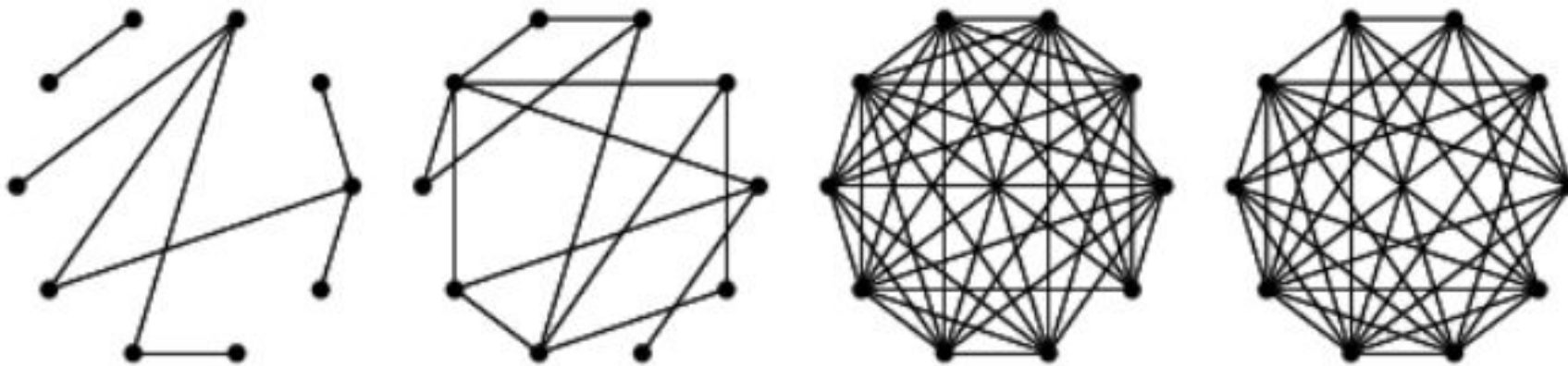
# Problema de detecção de comunidades



# Problema de desenho em grafos



# Grafos aleatórios e infinitos





# Heurísticas de busca

Já vimos alguns algoritmos e heurísticas de busca:

- Busca em largura
- Busca em profundidade
- Best-First Search
- $A^*$

Mas dependendo da complexidade do problema, outros tipos de busca são importantes, principalmente em problemas de alta complexidade combinatória.

# Buscas - Terminologia

## **Espaço de soluções**

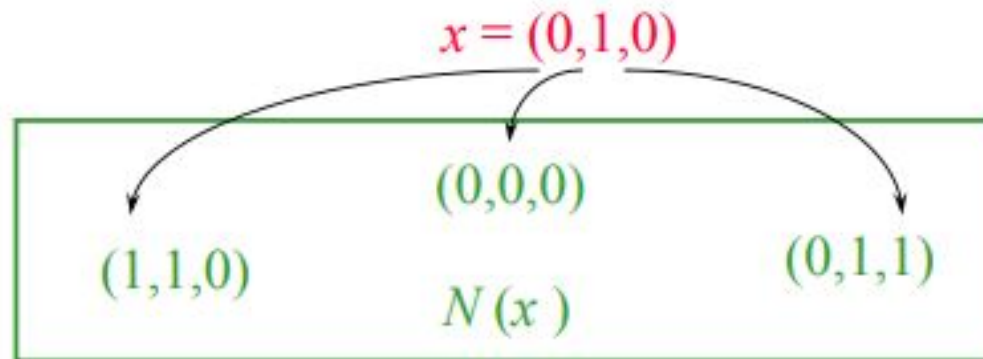
\* O conjunto de todas as soluções (viáveis) possíveis (satisfazendo as restrições do problema)

## **Vizinhança**

\* Dada uma solução  $x$ , os elementos da vizinhança  $N(x)$  de  $x$  são aquelas soluções  $y$  que pode ser obtida aplicando uma perturbação elementar sobre  $x$ . \*

# Buscas - Terminologia

Exemplo:



# Buscas - Terminologia

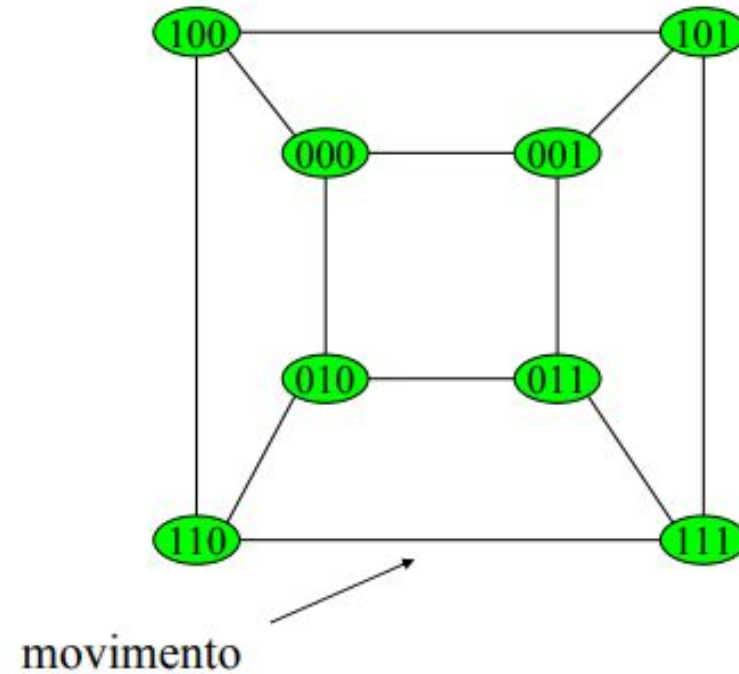
## **Movimento**

\* É a transição de uma solução para outra solução vizinha.

## **Espaço de busca**

\* O conjunto das soluções obtidas por meio de uma vizinhança.

# Buscas - Terminologia



# Buscas - Terminologia

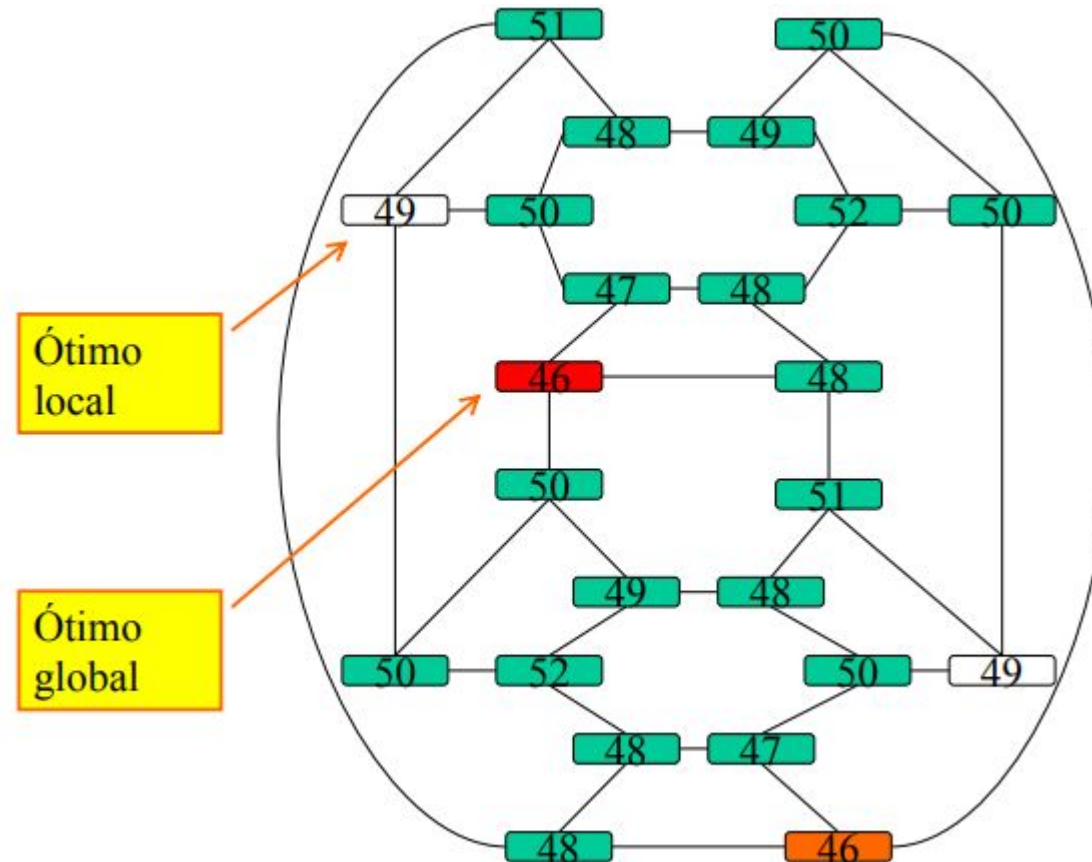
## **Ótimo local**

\* é uma solução tão boa ou melhor do qualquer das soluções vizinhas •

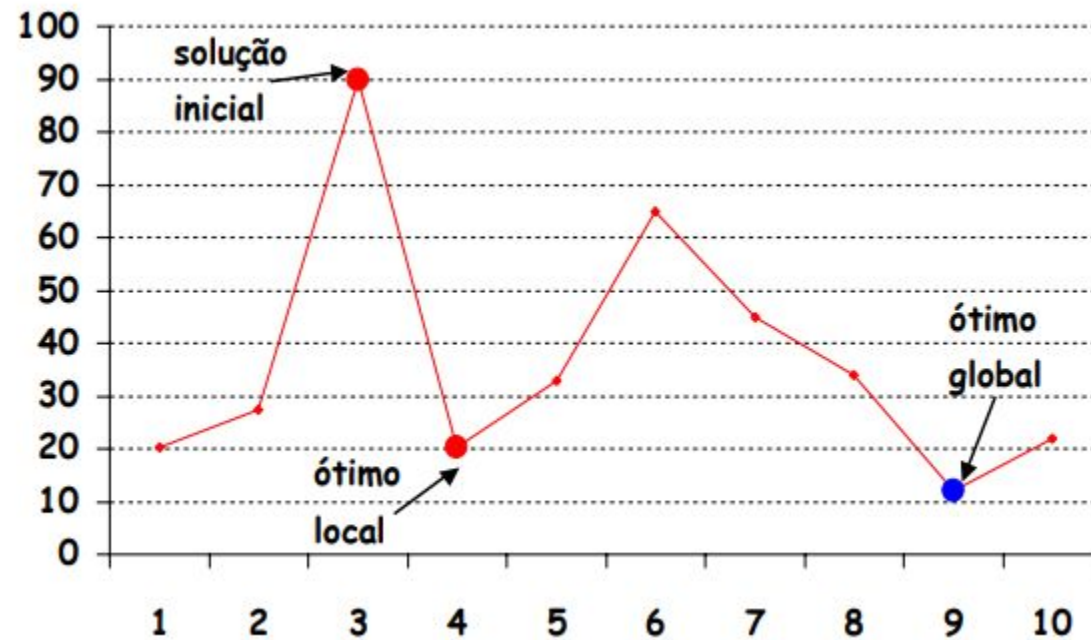
## **Ótimo global (solução ótima).**

\* É a melhor solução dentre todos os ótimos locais.

# Buscas - Terminologia



# Buscas - Busca Local - Minimização





# Buscas - Busca Local

- Algoritmos de busca local são construídos como uma forma de exploração do espaço de busca.
  - **Partida:** solução inicial obtida através de um método construtivo
  - **Iteração:** melhoria sucessiva da solução corrente através de uma busca na sua vizinhança
  - **Parada:** primeiro ótimo local encontrado, ou seja, não existe solução vizinha melhor.

# Buscas - Busca Local

- O espaço de busca pode ser visto como um grafo onde os vértices são as soluções e existem arestas entre pares de vértices associados a soluções vizinhas.
- Este espaço pode ser visto como uma superfície com vales e cumes definidos pelo valor e pela proximidade (vizinhança) das soluções.
  - Um caminho no espaço de busca consiste numa sequência de soluções, onde duas soluções consecutivas quaisquer são vizinhas.

# Buscas - Busca Local

Questões fundamentais:

- Definição da vizinhança
- Estratégia de busca na vizinhança
- Complexidade de cada iteração:
  - Proporcional ao tamanho da vizinhança
  - Eficiência depende da forma como é calculada a variação da função objetivo para cada solução vizinha: algoritmos eficientes são capazes de recalculas as variações de modo a atualizá-las quando a solução corrente se modifica, evitando cálculos repetitivos e desnecessários da função objetivo.

# Buscas - Busca Local - Minimização

Inicie com uma solução  $S$

faça

    melhorou  $\leftarrow$  false

$S' \leftarrow$  selecionaMelhorVizinho

$\Delta\text{custo} \leftarrow \text{custo}(S') - \text{custo}(S)$

    se  $\Delta\text{custo} < 0$  então

$S \leftarrow S'$

        melhorou  $\leftarrow$  true

enquanto (melhorou)

# Buscas - Busca Local - Minimização

- Dificuldades:
  - \* Término prematuro no primeiro ótimo local encontrado
  - \* Sensível à solução de partida
  - \* Sensível à vizinhança escolhida
  - \* Sensível à estratégia de busca
  - \* Pode exigir um número exponencial de iterações

# Buscas - Meta-heurísticas

Meta-heurísticas são modelos gerais que servem como guia para construção de algoritmos heurísticos.

- Muitos dos modelos são baseados na natureza ( físicos, biológicos, evolutivos)
- Uma meta-heurística representa uma classe de heurísticas.
- As estratégias meta-heurísticas têm como objetivo superar as falhas da busca local, como por exemplo, o término prematuro em um ótimo local.

# Buscas - Meta-heurísticas - Exemplos

- Busca Tabu
- Algoritmos Genéticos
- Ant Colony
- Variable Neighborhood Search (VNS)
- Bee Swarm