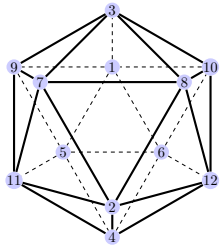
# Metaheuristicas - 6 - Busca local (*local search*)

Alexandre Checoli Choueiri

29/03/2023



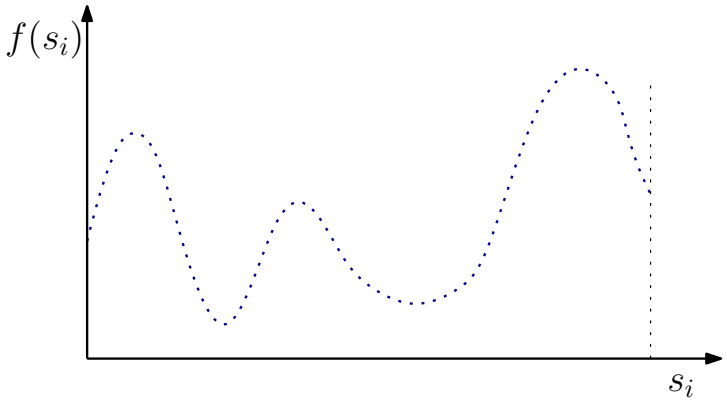
# Busca local

# Introdução

A **Busca Local** (*Local Search*) é provavelemnte a mais simples e mais antiga metaheuristica. Ela começa com uma solução inicial, e a cada iteração faz a substituição da solução por uma solução vizinha com melhor valor da função objetivo. A busca é interrompida quando todos os vizinhos da solução atual tem valores piores da função objetivo, ou seja, atinge-se um **ótimo local**.

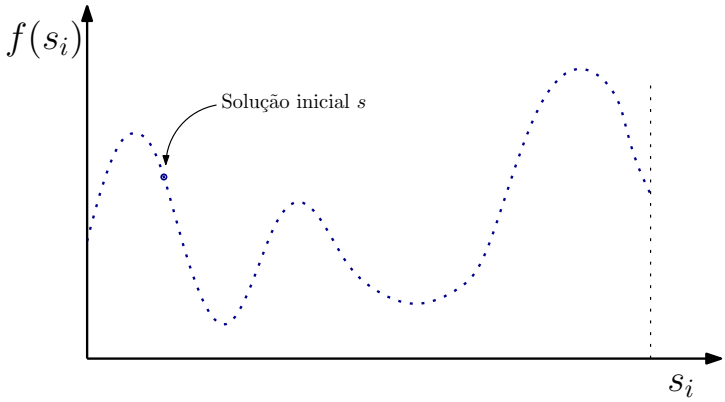
# Representação visual

# Representação visual



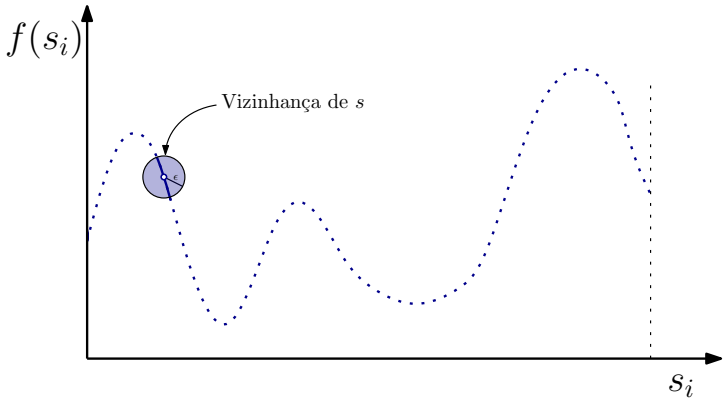

Podemos entender o que a busca local faz usando a nossa representação do *fitness landscape* (considerando um problema de minimização).

# Representação visual



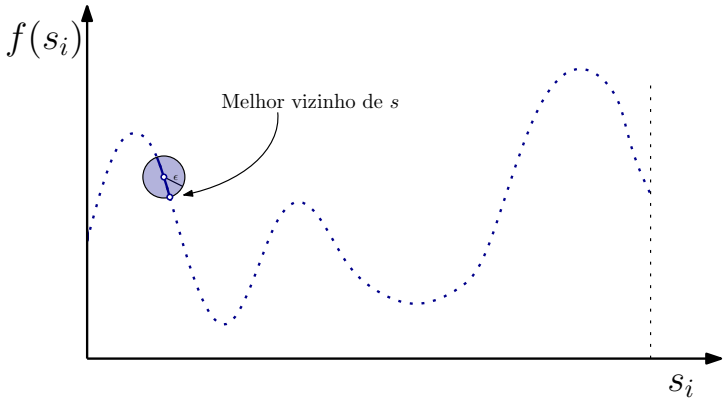

Precisamos de uma solução inicial $s$ para dar início à busca.

# Representação visual



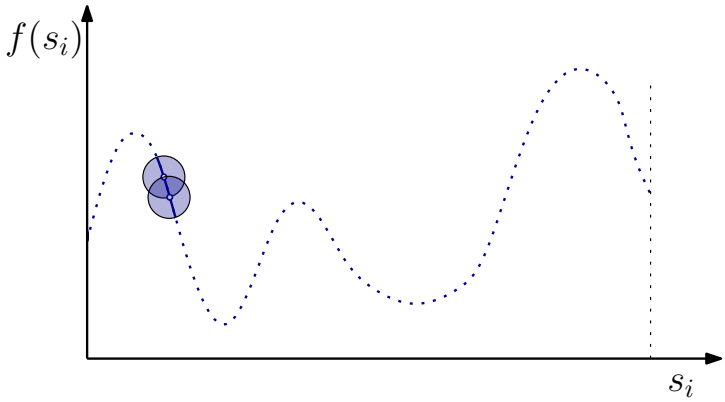

Em seguida, considerando alguma estrutura de vizinhança $N$ geramos os vizinhos de $s$.

# Representação visual



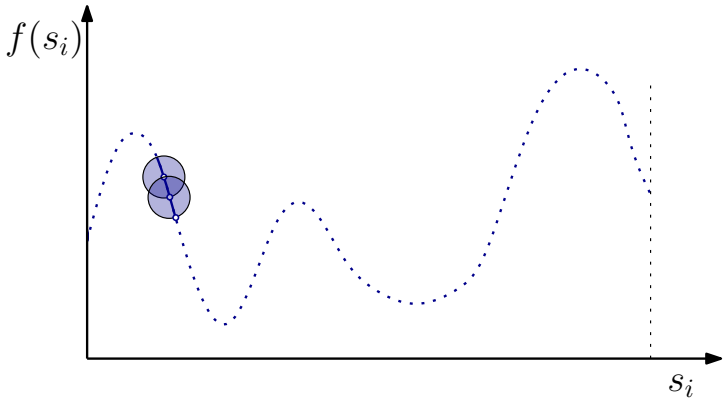

Verificamos então se existe alguma solução vizinha $s'$ com valor da função objetivo melhor do que a solução atual.

# Representação visual



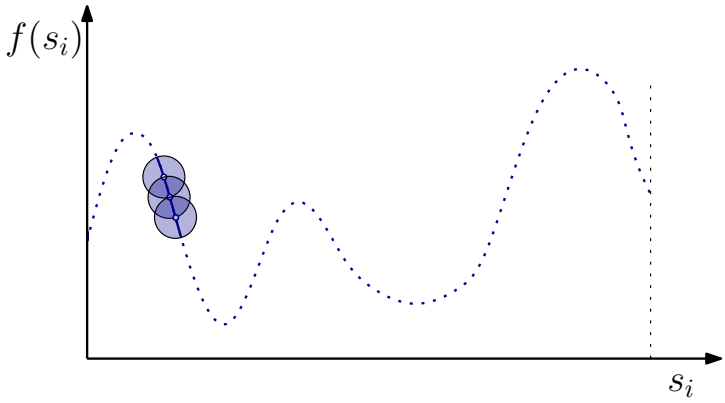

Se existe, substituímos a solução inicial pelo vizinho encontrado $s'$, e novamente geramos os seus vizinhos.

# Representação visual



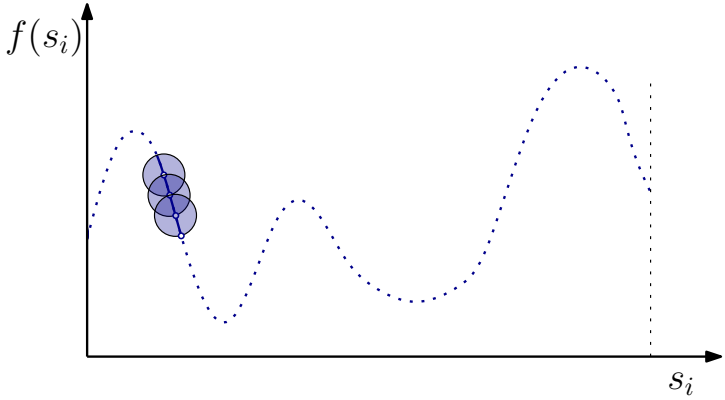

O processo é então repetido até que nenhuma solução vizinha tenha um valor de função objetivo melhor do que a solução atual.

# Representação visual



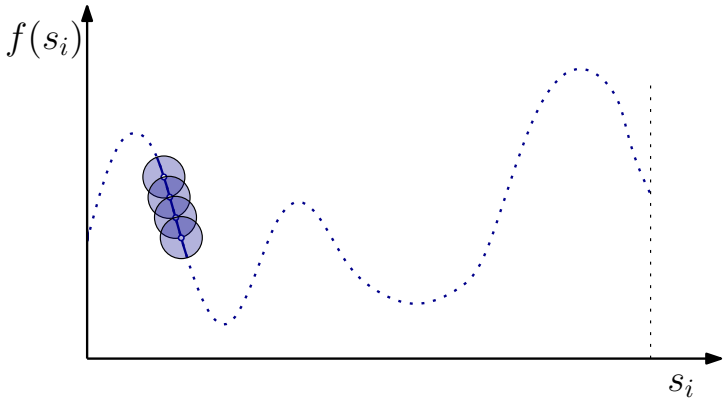

O processo é então repetido até que nenhuma solução vizinha tenha um valor de função objetivo melhor do que a solução atual.

# Representação visual



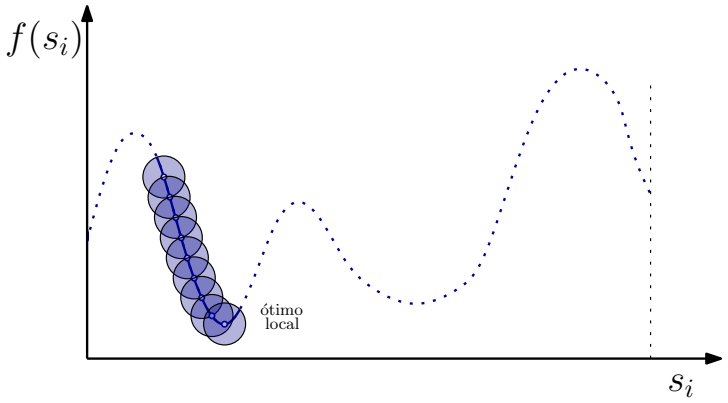

O processo é então repetido até que nenhuma solução vizinha tenha um valor de função objetivo melhor do que a solução atual.

# Representação visual




O processo é então repetido até que nenhuma solução vizinha tenha um valor de função objetivo melhor do que a solução atual.

# Representação visual




No fim do algoritmo a busca local **encontra o ótimo local** em relação à vizinhança $N$.

# Pseudocódigo

# Pseudocódigo

Abaixo segue um pseudocódigo template da busca local.

**Algorithm 1** Template genérico busca local

$s$ = GeraSolInicial() ▷ Gera uma solução inicial
**while** Critério de parada não for satisfeito **do**
  $V$ = GeraVizinhos($\mathbb{N}(s)$) ▷ Gera vizinhos de $s$
  $s'$ = Seleciona($V$) ▷ Seleciona um vizinho de $s$, $s'$
  **if** $s'$ for melhor do que $s$ **then**
    $s = s'$ ▷ Substitui $s$ por $s'$
  **else**
    Pare
  **end if**
**end while**
**return** $s$.

# Pseudocódigo

## Componentes no design do algoritmo

Em que:

1. GeraSolInicial(): Gera uma solução inicial para o problema (*Greedy*, por exemplo).
2. GeraVizinhos($\mathbb{N}(s)$): Gera os vizinhos de $s$ pela estrutura de vizinhança $\mathbb{N}$.
3. Seleciona($V$): Seleciona algum vizinho de $s \in \mathbb{N}(s)$.

Em que:

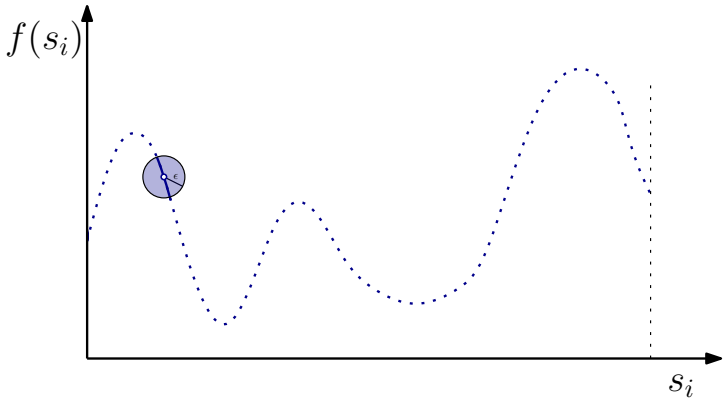
1. GeraSolInicial(): Gera uma solução inicial para o problema (*Greedy*, por exemplo).
2. GeraVizinhos($\mathbb{N}(s)$): Gera os vizinhos de $s$ pela estrutura de vizinhança $\mathbb{N}$.
3. Seleciona($V$): Seleciona algum vizinho de $s \in \mathbb{N}(s)$.

Dessa forma, **existem 3 decisões importantes** ao se fazer o design da Busca Local. Já vimos métodos para gerar uma solução inicial e os conceitos de geração de vizinhança, falta definir a **forma de seleção do vizinho**.

# Seleção do vizinho

# Busca Local

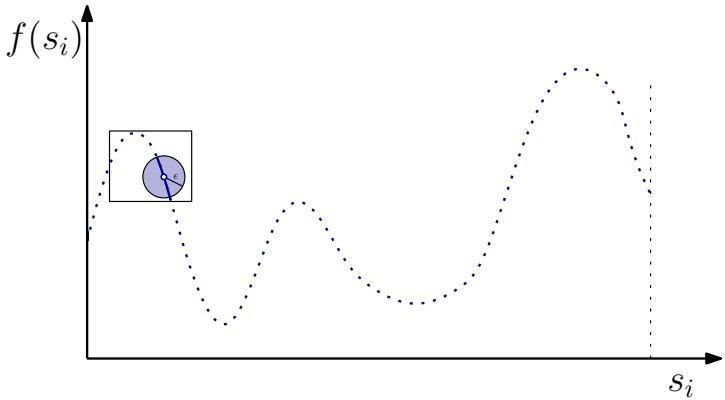
## Seleção do vizinho




Verificando o *fitness landscape* para a busca local

# Busca Local

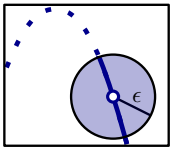
## Seleção do vizinho




Mais especificamente na etapa de geração dos vizinhos.

# Busca Local

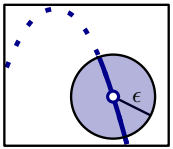
## Seleção do vizinho




A busca local **nunca** aceita vizinhos com valores piores da função objetivo.

# Busca Local

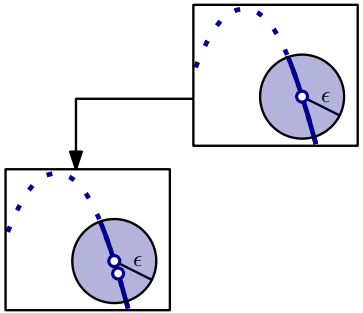
## Seleção do vizinho




Mas podem existir **diversos vizinhos** com valores melhores, qual escolher então?

# Busca Local

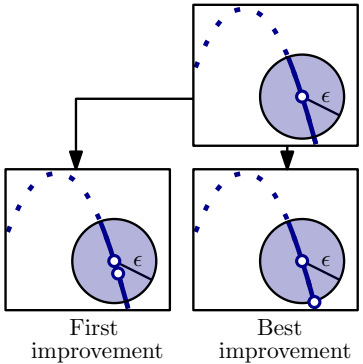
## Seleção do vizinho




Uma opção é escolher o primeiro vizinho com função melhor que a solução atual, esse método de seleção é chamado de *first improvement* (primeira melhoria).

# Busca Local

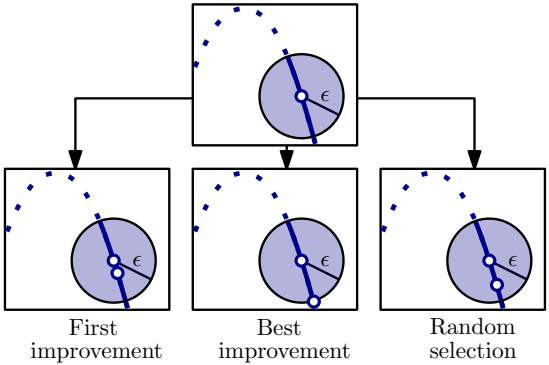
## Seleção do vizinho




Podemos ainda gerar toda a vizinhança e escolher o vizinho com a melhor função objetivo, esse método de seleção é chamado de *best improvement* (melhor "melhoria").

# Busca Local

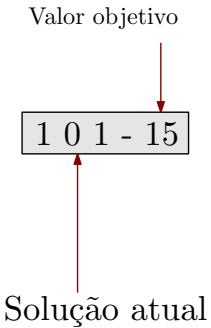
## Seleção do vizinho




Um terceiro método consiste em, dentre todos os vizinhos que são melhores que a solução atual, selecionar um aleatoriamente, esse método é chamado de *random selection* (seleção aleatória).

# Busca Local

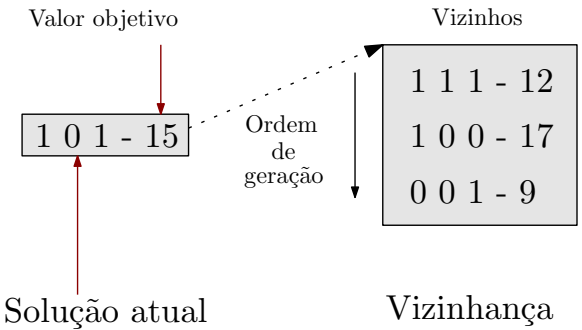
## Seleção do vizinho - exemplo




Por exemplo, considere um problema (de minimização) com representação binária e o operador *flip*.

# Busca Local

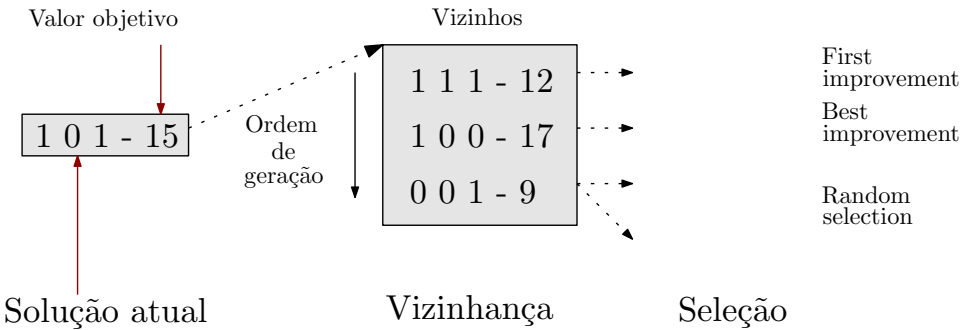
## Seleção do vizinho - exemplo




Os vizinhos da solução inicial, bem como seus valores de função objetivo são mostrados acima.

# Busca Local

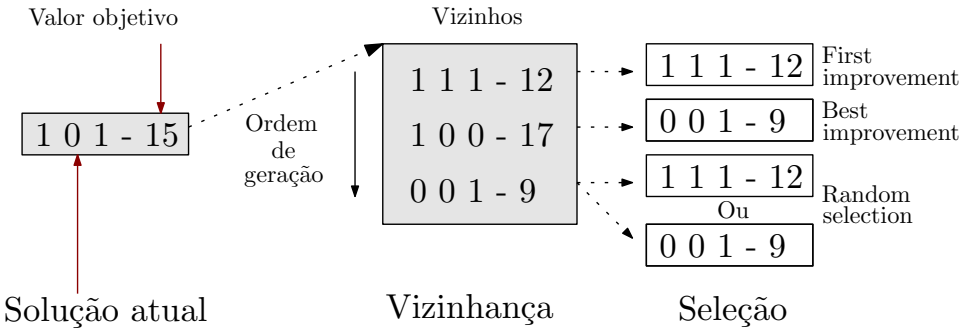
## Seleção do vizinho - exemplo




Quais soluções seriam escolhidas, de acordo com os tipos de seleção possíveis?

# Busca Local

## Seleção do vizinho - conclusões




Quais soluções seriam escolhidas, de acordo com os tipos de seleção possíveis?

## Conclusões

Nota-se que o método *Best Improvement* gera **toda** a vizinhança da solução $s$, o que pode ser **computacionalmente caro**. Já o *First Improvement* não seleciona o melhor vizinho, porém o tempo de geração é muito menor. Em muitas aplicações na prática têm-se observado que estratégia *First Improvement* leva a soluções de **mesma qualidade** da *Best Improvement* em menos tempo computacional (mas isso não é uma regra!).

# Atividade

# Atividade 1

1. Considerando o problema de sua escolha, busque pelo menos 2 artigos científicos em que o algoritmo de busca local é utilizado (geralmente a etapa de busca local é usada como uma parte de outros algoritmos). Nesses artigos identifique:
   1.1 As estruturas de vizinhança utilizadas.
   1.2 Qual o método de seleção do vizinho utilizado.