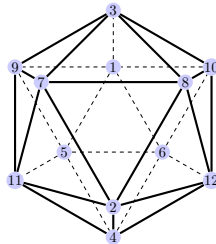


# Metaheurísticas - 8 - Iterated Local Search (ILS)

Alexandre Checoli Choueiri

16/04/2023



- ① A idéia geral
- ② No *fitness landscape*
- ③ Pseudocódigo
- ④ Exemplo - TSP
- ⑤ Atividades

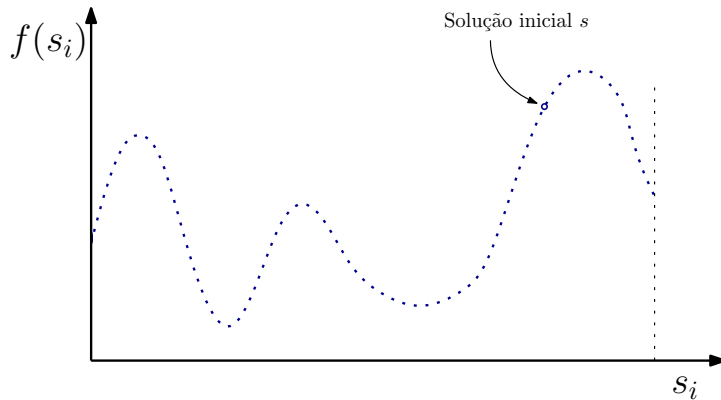
## ILS - A idéia geral

A qualidade do **ótimo local** obtido pela busca local é muito dependente da escolha da solução inicial, como já havíamos mencionado. A idéia do ILS (*Iterated Local Search* - busca local iterativa) é **gerar diversas soluções** iniciais com alta variabilidade, e aplicar um **componente de intensificação** (como a busca local) em cada uma delas.

## ILS - A idéia geral

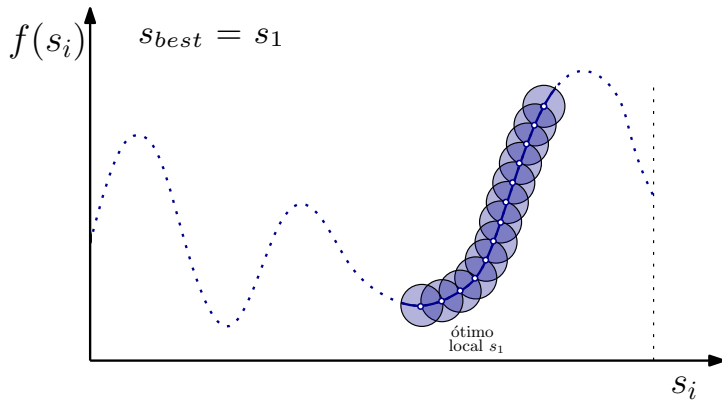
Na prática, **o ILS não gera soluções aleatórias iniciais**, mas sim aplica um componente de **perturbação** no ótimo local e reaplica a **intensificação**. Dessa forma busca-se manter alguma parte do ótimo local encontrado, porém "jogá-lo" para uma outra região do *fitness-landscape*.

## No *fitness landscape*



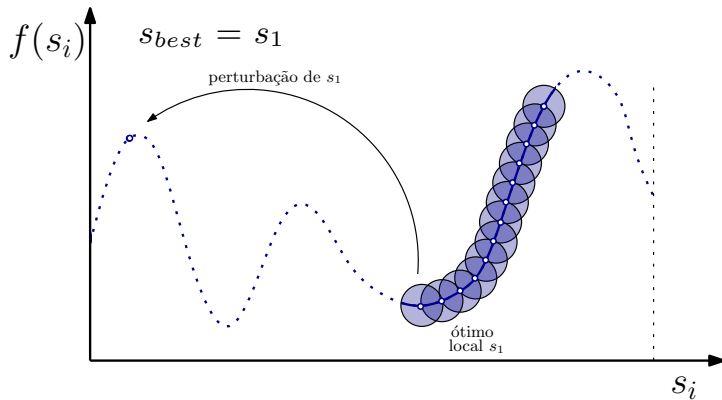
Inicialmente geramos uma solução inicial.

## No *fitness landscape*



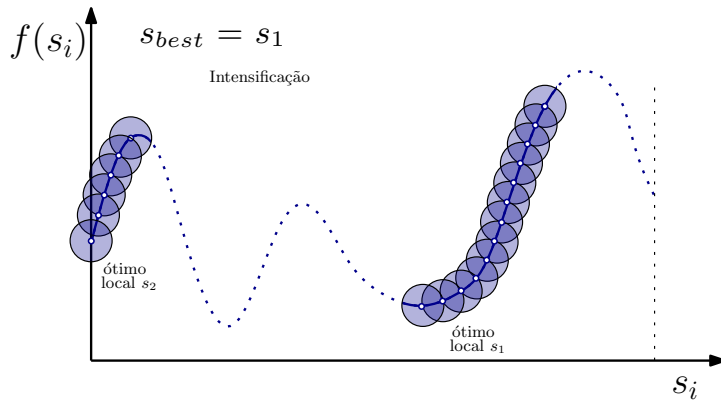
E aplicamos um componente de intensificação (como a **busca local**).

## No *fitness landscape*



Em seguida perturbamos o ótimo local, mandando-o a outra região do *fitness landscape*.

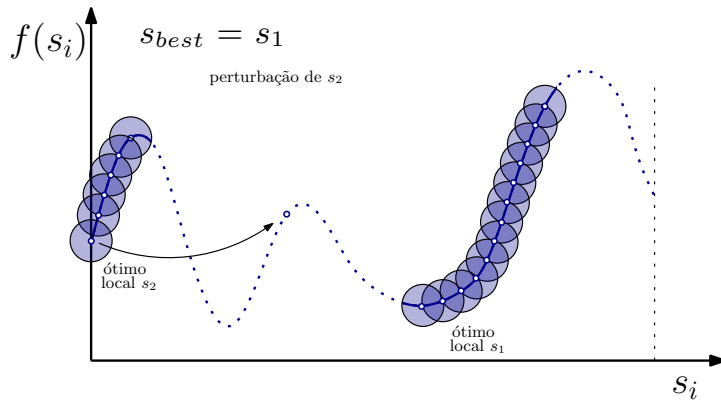
## No fitness landscape



E o componente de intensificação é novamente aplicado.

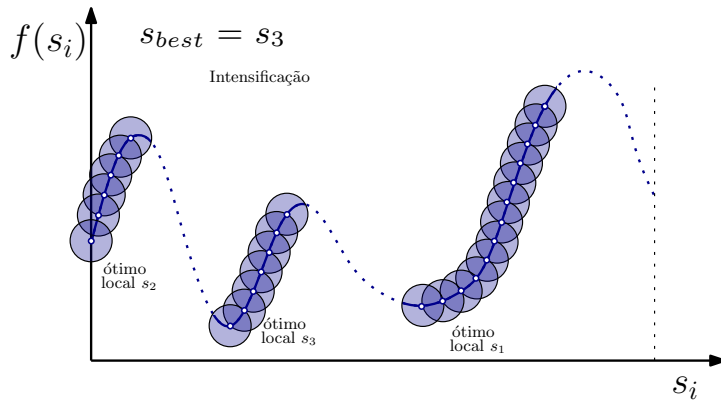


## No fitness landscape



O processo é repetido por um **número determinado** de iterações.

## No fitness landscape



E sempre a melhor solução até o momento deve ser armazenada.

# Pseudocódigo

Abaixo segue um pseudocódigo template da busca local.

---

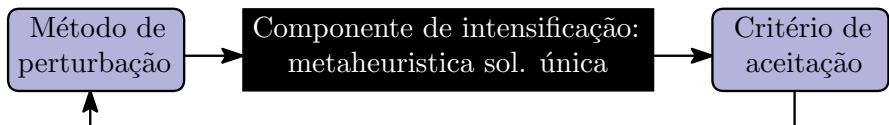
**Algorithm 1** Template genérico busca local

---

```
 $s_0 = \text{GeraSolInicial}()$                                 ▷ Gera uma solução inicial  
 $s_* = \text{Intensificacao}(s_0)$                                 ▷ Busca local  
repeat  
     $s' = \text{PerturbaSol}(s_*)$   
     $s'_* = \text{Intensificacao}(s')$   
     $s_* = \text{CritérioDeAceite}(s_*, s'_*)$                     ▷ Aceita  $s'_*$  ou não  
until Critério de parada  
return melhor  $s$ .                                ▷ Melhor  $s$  deve ser armazenada
```

---

## Componentes de *design*



De forma geral o ILS possui 3 componentes de *design*:

1. **O método de perturbação:** é o componente de exploração do algoritmo.
2. **Intensificação:** é o componente de intensificação, pode ser uma caixa preta, ou seja, qualquer metaheurística de solução única pode ser usada.
3. **Aceitação:** critério que decide se a nova solução intensificada será usada na próxima iteração.

## Componentes de *design*

A premissa do ILS é que a componente de **perturbação** deve ser mais eficiente do que um **reinício aleatório**, onde uma solução independente aleatória seria gerada em toda iteração. Perturbando **uma parte** da solução garante que estaremos explorando o espaço de busca, mas em uma região não muito afastada do ótimo local.

Vale ressaltar que essa abordagem depende do *fitness landscape*, pode ser que um algoritmo com reinício aleatório seja mais eficiente. Dessa forma, um primeiro exercício no design de um ILS é **executar uma perturbação enviesada e comparar com o reinício totalmente aleatório**.

### OBSERVAÇÃO

Podemos usar as próprias vizinhanças para o componente de perturbação. Por exemplo, para o TSP podemos perturbar uma solução com diversos movimentos SWAPS aleatórios. Uma boa decisão de design é usar uma vizinhança para a perturbação **diferente daquela usada na componente de intensificação**. Dessa forma a probabilidade de **ciclagem** das soluções é reduzida.

## Exemplo - TSP

**EXEMPLO:** Implemente um algoritmo ILS para a resolução do TSP com as seguintes características:

1. Intensificação: busca local com 2-opt
2. Perturbação: SWAP e reinício aleatório (2 algoritmos diferentes)

Use as instancias do TSPLib para verificar a sua eficácia. Lembre de rodar diversos testes para calibrar os parâmetros do algoritmo. Compare o desempenho do reinício aleatório e do enviesado com SWAP salvando no seu arquivo de *benchmarks*.

# Atividade I

- 1 Qual o principal componente do ILS que o permite sanar a deficiência da busca local?
- 2 Quais são os parâmetros do ILS que devem ser calibrados?
- 3 Entenda como funciona o algoritmo *Variable Neighborhood Search* (livro Talbi - pag. 175 - 179 do pdf) e explique.



## Atividade II

- 1 Considerando o seu problema escolhido para a disciplina. Encontre 2 artigos científicos que usam ILS (ou usam ILS como uma parte de outro algoritmo) para resolver o problema.
- 2 Implemente um algoritmo de ILS para o seu problema.