

Busca Tabu

Airton Bordin Junior

[airtonbjunior@gmail.com]

Metaheurísticas - Prof. Dr. Celso Gonçalves Camilo Junior

Mestrado em Ciência da Computação 2017/2

Universidade Federal de Goiás (UFG) - Instituto de Informática – Setembro/2017

Programação

- Introdução
- Busca Local
- Busca Tabu
- Referências





Busca Local

- Algoritmos de busca local operam sobre um único estado corrente, ao invés de vários caminhos;
- Em geral se movem apenas para os vizinhos desse estado;
- Geralmente, cada solução candidata tem mais de uma solução vizinha
 - A escolha de qual será a próxima deve ser feita tomando em consideração apenas a vizinhança da solução atual.
- O caminho seguido pelo algoritmo não é guardado*.



Busca Tabu

- Glover, 1986
 - *"Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence," Computers and Operations Research, Vol. 13, No. 5, 533-549, 1986.*
- Procedimentos que permitem explorar o espaço de busca e encontrar novas soluções além daquelas encontradas em uma busca local;
- Permitir métodos de busca local escapar de ótimos locais.



Busca Tabu

- Método de busca local;
- Explorar o espaço de busca movendo-se de uma solução para outra - melhor vizinho;
- Estrutura de memória para armazenar as soluções encontradas (e/ou suas características);
- Permite que o processo de Busca Tabu escape de ótimos locais.



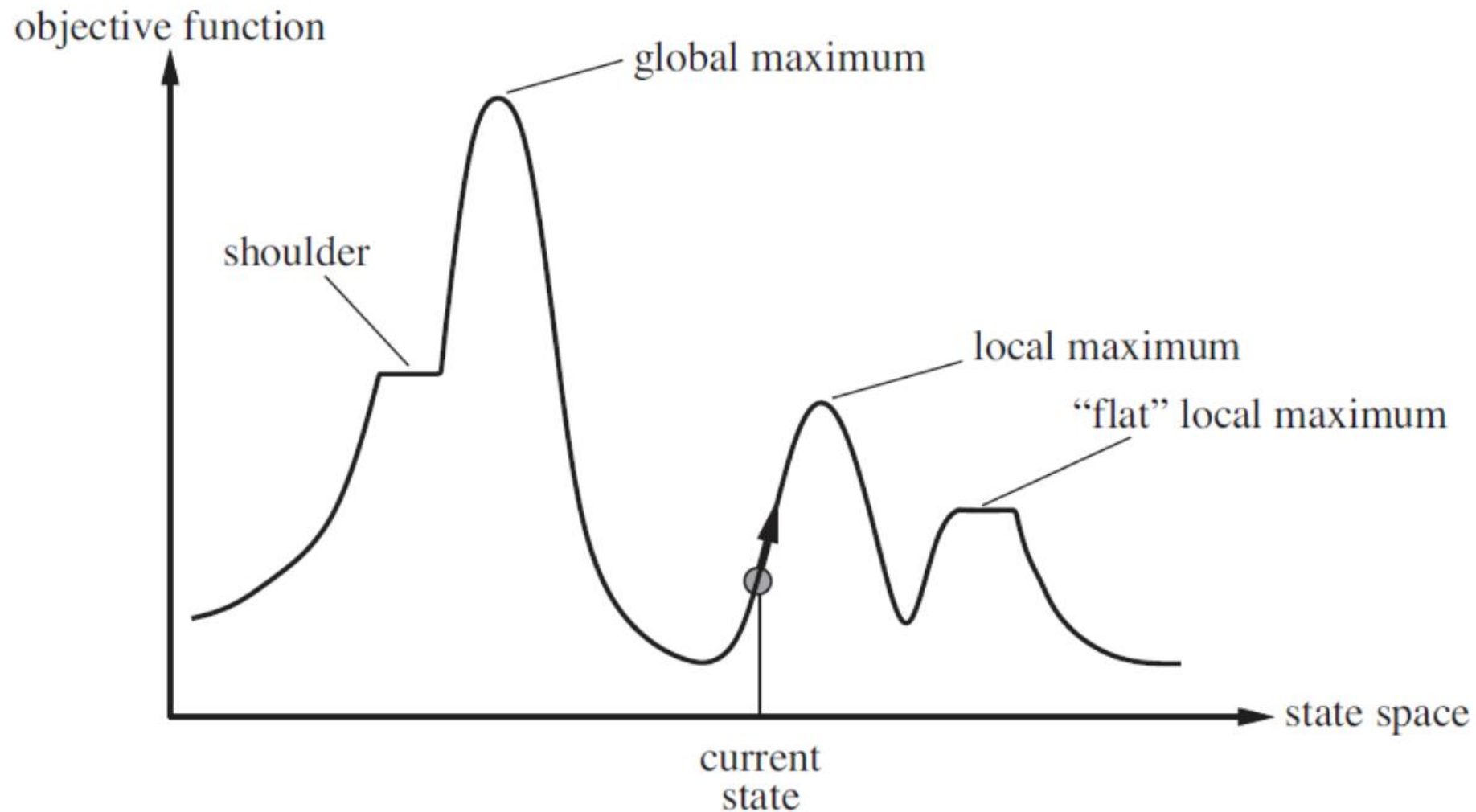
Busca Tabu

- *“No campo da pesquisa operacional, uma variante da subida de encosta chamada busca tabu ganhou popularidade (Glover e Laguna, 1997). Esse algoritmo mantém uma lista tabu de k estados visitados anteriormente que não podem ser revisitados; essa lista tanto pode melhorar a eficiência na busca em grafos, como pode permitir que o algoritmo escape de alguns mínimos locais.”*

(Norvig, Russel)



Busca Tabu





Busca Tabu

S : solução atual

S^* : melhor solução conhecida

f^* : valor de S^*

$N(S)$: vizinhança de S

$\tilde{N}(S)$: subconjunto admissível de $N(S)$

Não-tabu, permitida por *aspiration*, etc.

T : Lista Tabu



Busca Tabu

- Critérios de parada mais comuns
 - Após um número fixo de iterações (ou uma quantidade de tempo de CPU);
 - Após um número de iterações sem evoluções no valor da função objetivo;
 - Quanto atingir um *threshold* especificado.



Busca Tabu

- Inviável armazenar todas as soluções geradas
 - Armazenar apenas as últimas $|T|$ soluções;
- Lista com as $|T|$ últimas soluções evita ciclos de até $|T|$ iterações;
- Pode ser difícil armazenar $|T|$ soluções e testar se uma solução está ou não na Lista Tabu.



Busca Tabu

- Busca começa partindo de uma solução inicial S_0 ;
- BT explora, a cada iteração, um subconjunto V da vizinhança $N(s)$ da solução corrente S ;
- O membro S' de V com melhor valor nessa região (conforme função f) torna-se a nova solução corrente
 - Mesmo que S' seja pior que S .



Busca Tabu

- Escolha do melhor vizinho é usado para escapar de um ótimo local.
- Estratégia pode fazer com que o algoritmo tenha ciclos;
- T clássica
 - Contém os movimentos reversos dos últimos $|T|$ movimentos realizados;
 - Fila de tamanho fixo.



Busca Tabu

- Ao explorar V em $N(s)$ da solução corrente, ficam excluídos da busca os vizinhos S' que são obtidos de S por movimentos m que constam na lista tabu.



Critério de aspiração

- Retirar o *status* tabu de um movimento sob determinadas circunstâncias;
 - Por objetivo: aceitar um movimento, mesmo que tabu, se ele melhorar o valor da função objetivo global;
 - Por default: Realizar o movimento tabu mais antigo se todos os possíveis movimentos forem tabus.

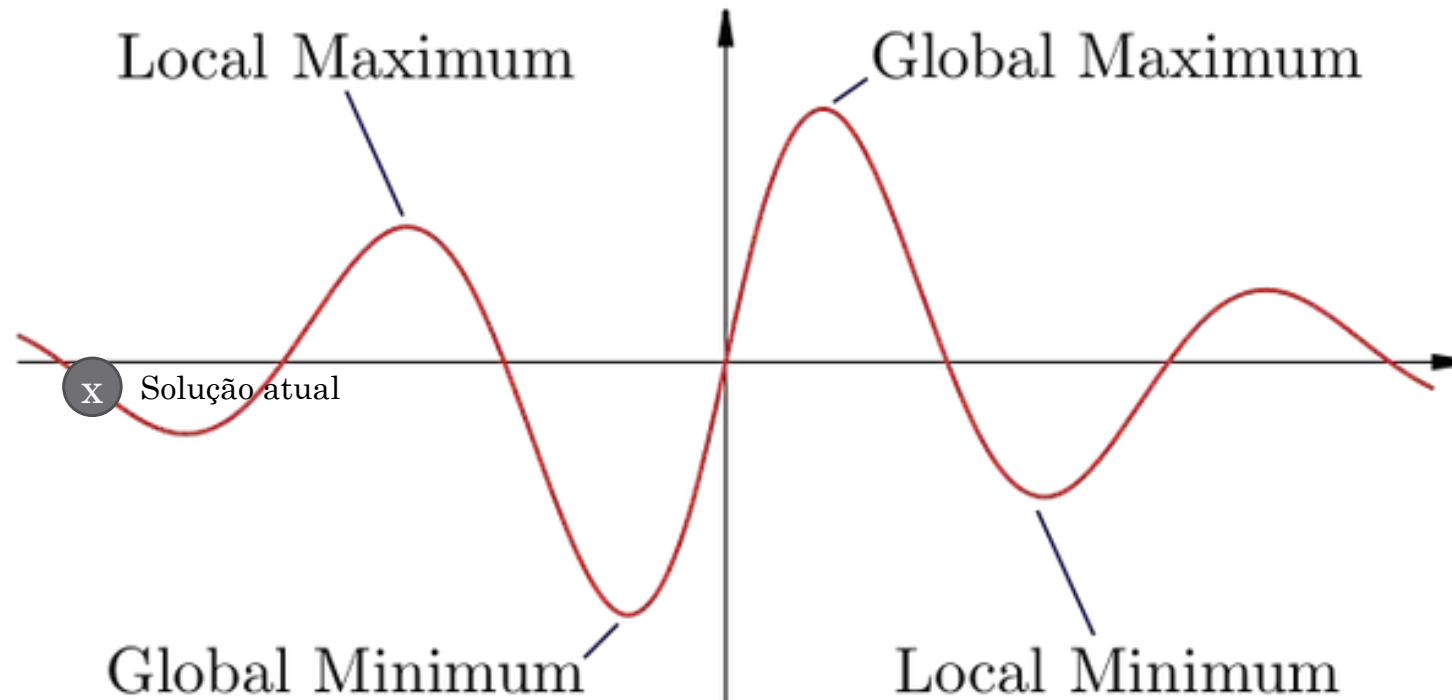


Busca Tabu

- Principais parâmetros de controle
 - Cardinalidade $|T|$ da lista tabu;
 - Função de aspiração A ;
 - Cardinalidade do conjunto V de soluções vizinhas verificadas em cada iteração;
 - Número máximo de iterações sem melhora na melhor solução conhecida.



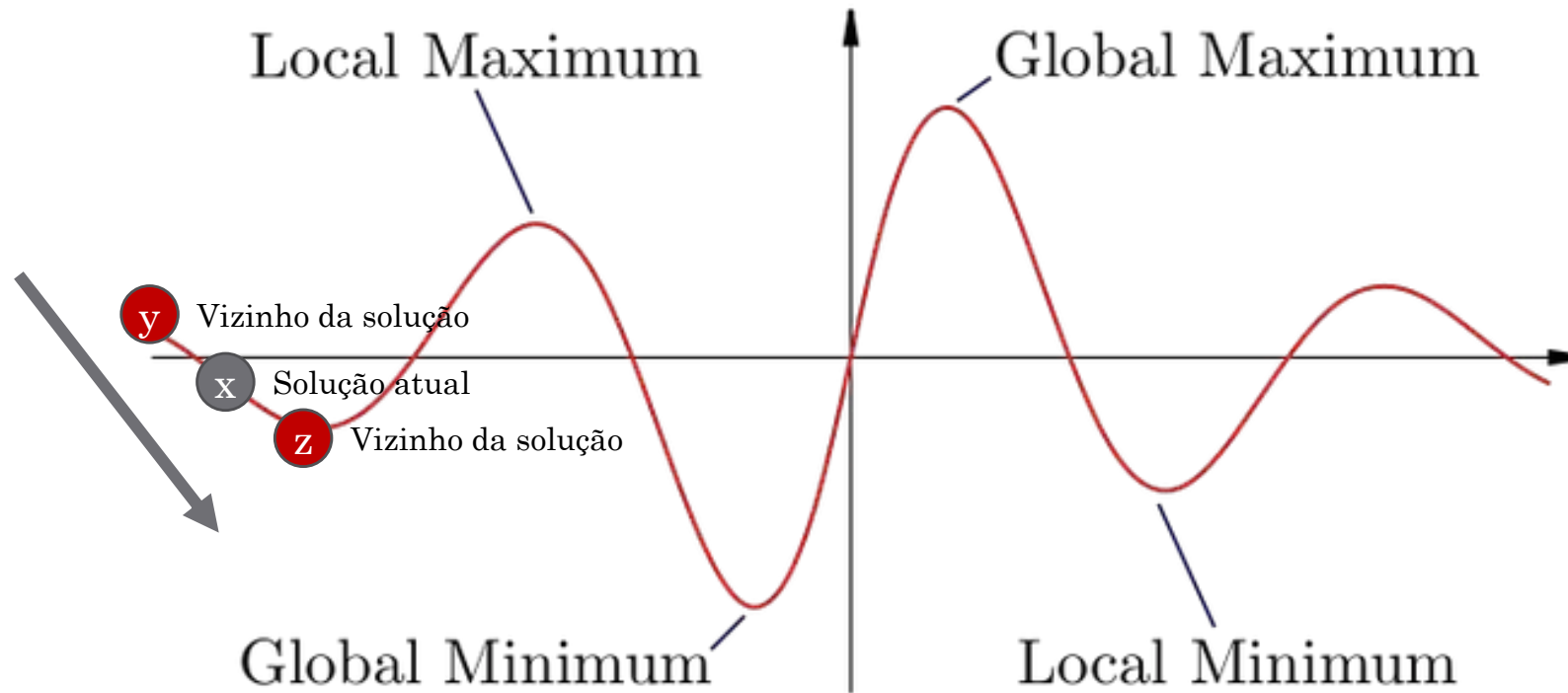
Busca Tabu



Lista Tabu



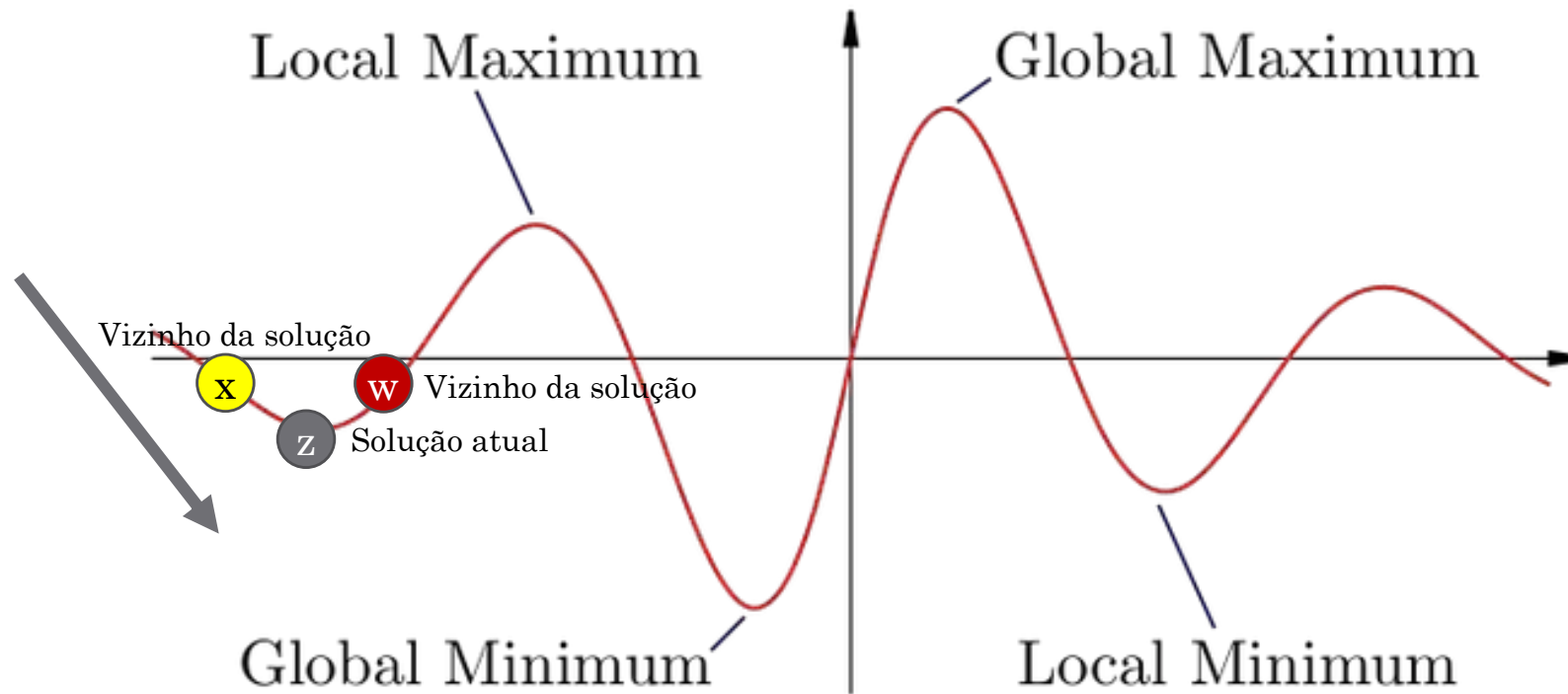
Busca Tabu



Lista Tabu



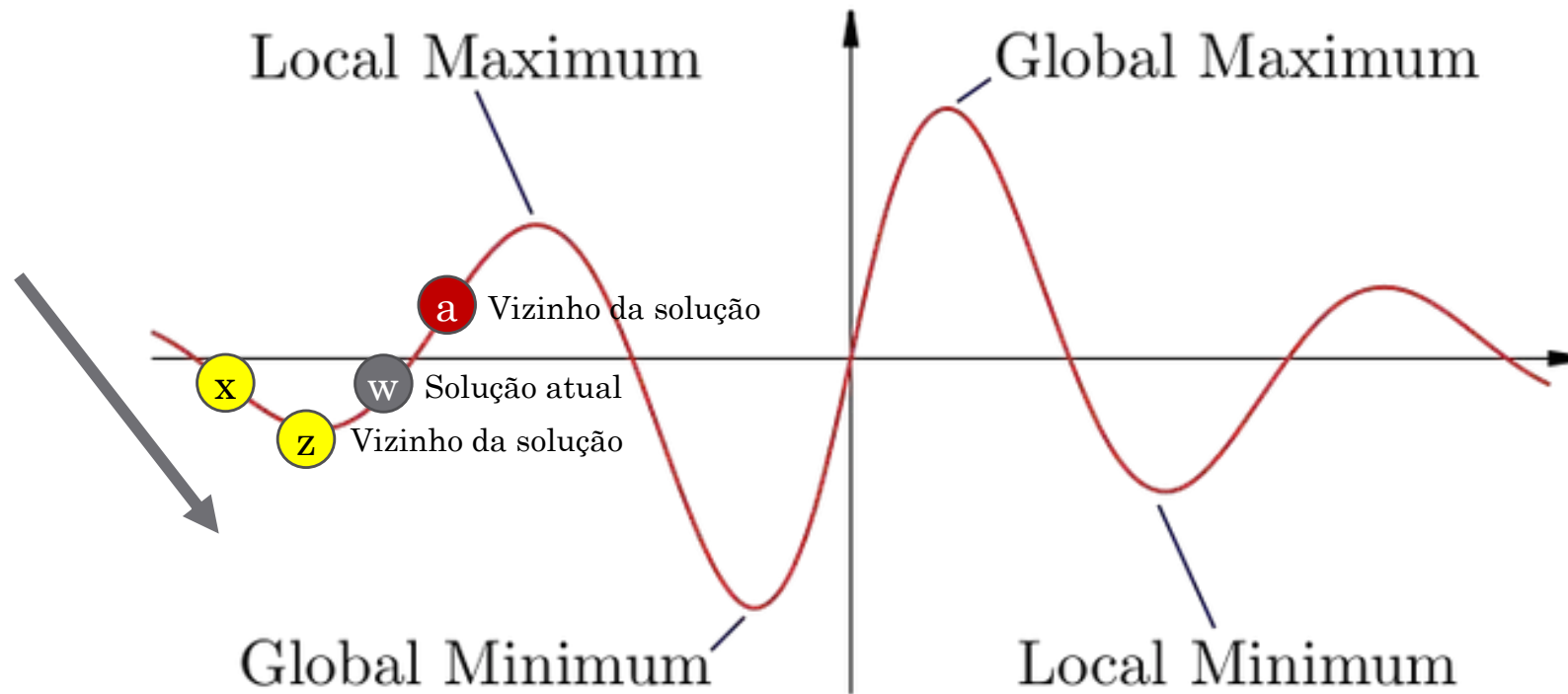
Busca Tabu



Lista Tabu 



Busca Tabu



Lista Tabu x z



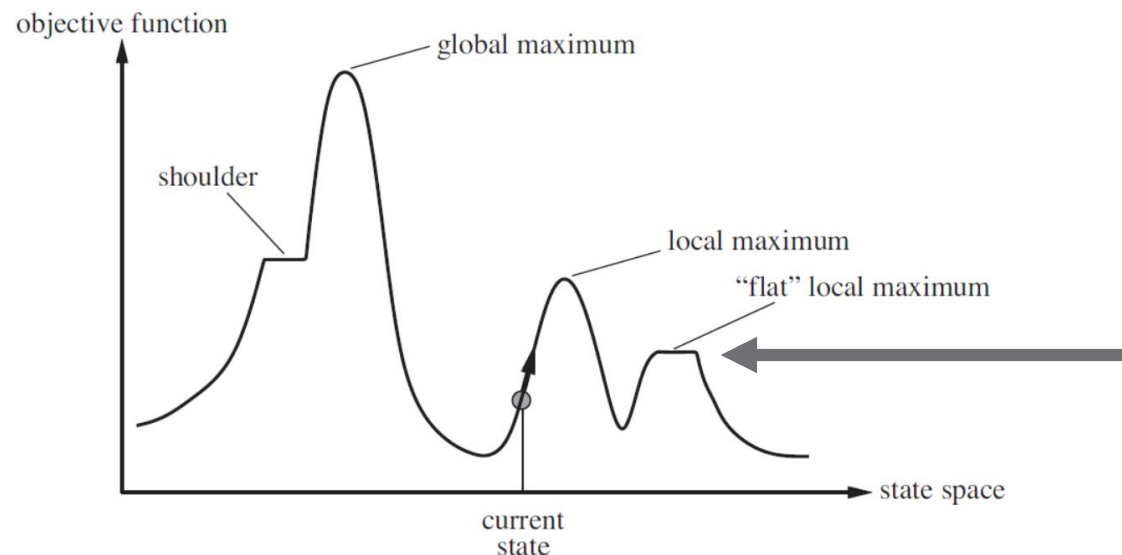
Prescrições especiais

- Lista tabu dinâmica
 - Tamanho variável no intervalo $[T_{min}, T_{max}]$;
 - Tamanho deve ser mudado periodicamente;
 - Se há ciclagem com um determinado tamanho, mudando-se o mesmo, muda-se a quantidade de movimentos tabu e possivelmente a sequência de soluções geradas
 - Consequentemente, diminui-se a probabilidade de ciclagem.



Prescrições especiais

- Passagem por regiões planas
 - Aumentar o tamanho da lista tabu quando estiver percorrendo a região plana;
 - Retornar ao tamanho original quando houver mudança no valor da função f .





Estruturas de memória

- Armazenam informações sobre a mudança de atributos do problema durante a transição de soluções;
- Informações de qualidade permitem avaliar o mérito das configurações visitadas durante a busca
 - Identificar elementos que são comuns em soluções de boa qualidade ou em direções que levem a bons resultados;
- Traduz em aprendizado por incentivo - ações que direcionam às boas soluções são reforçados e penalidades são aplicadas àquelas que levem a soluções de qualidade inferior;
- Curto prazo e longo prazo.



Memória de curto prazo

- Armazena registros dos atributos que foram alterados durante os mais recentes movimentos feitos pelo algoritmo;
- Permitem rotular como *tabu* (proibidos) atributos selecionados de configurações que foram visitadas em um passado recente;
 - Evita que o algoritmo volte a elas, dirigindo a busca para novas regiões.
- Armazenamento dos atributos traz um problema adicional: pode impedir o algoritmo de visitar configurações de boa qualidade se tiverem um atributo proibido;
- Contornado criando-se um mecanismo que permite a eliminação do rótulo *tabu* dos elementos de acordo com algum critério
 - Critério de Aspiração



Memória de longo prazo

- Aperfeiçoamento adicionado ao algoritmo básico, permite encontrar novas configurações de alta qualidade, usando informações armazenadas durante o processo de memória de curto prazo;
- Componentes principais da memória de longo prazo: Memória baseada em **frequência**, **intensificação** e **diversificação**
 - Baseada em frequência
 - Fornece informações a respeito de movimentos preferenciais, levando em conta a influência do movimento na qualidade da solução;
 - Armazenamento de atributos que produzam soluções de alta qualidade, baixa qualidade ou ambas em uma determinada trajetória da busca é chamado de frequência de residência.



Intensificação

- Explorar mais detalhadamente partes do espaço de busca que parecem promissoras para garantir que as melhores soluções nessas áreas sejam encontradas;
- De tempos em tempos o processo de busca normal é parado para realizar uma processo de intensificação;
- Uma abordagem típica para a intensificação é reiniciar a pesquisa a partir da melhor solução atualmente conhecida;
- Nem sempre é necessário, pois em muitas situações a pesquisa realizada pelo processo normal é completa o suficiente.



Diversificação

- Um dos principais problemas dos métodos de busca local é que eles tendem a gastar a maioria de seu tempo em uma parte restrita do espaço de busca;
- Embora possam ser obtidas boas soluções, pode-se deixar de explorar as partes mais interessantes do espaço de busca;
- Mecanismo que tenta aliviar esse problema forçando a busca em áreas anteriormente inexploradas do espaço de busca;
- Duas principais técnicas de diversificação
 - Reiniciar a diversificação: forçar alguns componentes raramente usados na solução atual (ou a solução mais conhecida) e reiniciar a partir desse;
 - Diversificação contínua: integra considerações de diversificação diretamente no processo de busca regular.



Referências

- RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter; **Artificial Intelligence: A modern approach**. Artificial Intelligence. Prentice-Hall, Egnlewood Cliffs, v. 25, p. 27, 1995
- GENDREAL, M. **An Introduction To Tabu Search**. Département d'informatique et de recherche opérationnelle Université de Montréal
- GOMES, A. **Uma Introdução à Busca Tabu**. Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, SP, Brasil
- CHAVES, A. LORENA, L. A. N. **Otimização Combinatória**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- MELLO, M. P. **Busca Tabu**. Instituto de Matemática, estatística e Computação Científica, UNICAMP
- DEUS, G. P. R. **Análise Comparativa Entre A Maximização Da Margem De Potência E Minimização Das Perdas Técnicas Em Sistemas De Distribuição De Energia Elétrica**. PUC-Rio