ALGORITMOS GENÉTICOS CAPÍTULO II	Mª CRISTINA FELIPPETTO DE CASTRO	FL & GA 09 04 2003

II.1 INTRODUÇÃO À OTIMIZAÇÃO

→ OTIMIZAÇÃO É UM PROCESSO QUE POSSIBILITA TORNAR ALGO MELHOR. ←

→ UM ENGENHEIRO OU CIENTISTA CRIA UMA NOVA IDÉIA E UM PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO É USADO PARA MELHORÁ-LA. ←

→ OTIMIZAÇÃO CONSISTE EM TENTAR VARIAÇÕES SOBRE UM CONCEITO INICIAL E USAR A INFORMAÇÃO OBTIDA PARA MELHORAR A IDÉIA. ←

ENCONTRANDO A MELHOR SOLUÇÃO

A TERMINOLOGIA **MELHOR SOLUÇÃO** IMPLICA EM HAVER MAIS DO QUE UMA SOLUÇÃO E EM QUE AS SOLUÇÕES NÃO SÃO DE IGUAL VALOR.

A DEFINIÇÃO DE **MELHOR** É RELATIVA A:

- O PROBLEMA ALVO,
- O MÉTODO DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA ALVO E
- TOLERÂNCIAS PERMITIDAS.

A SOLUÇÃO **ÓTIMA** DEPENDE DA PESSOA QUE ESTÁ FORMULANDO O PROBLEMA: EDUCAÇÃO, OPINIÕES E A QUANTIDADE DE SONO SÃO FATORES QUE INFLUENCIAM A DEFINIÇÃO DE **MELHOR**.

ALGUNS PROBLEMAS TÊM RESPOSTAS EXATAS OU RAÍZES E O CONCEITO DE MELHOR TEM UMA DEFINIÇÃO EXATA

OUTROS PROBLEMAS TÊM VÁRIAS SOLUÇÕES MÍNIMAS OU MÁXIMAS, CONHECIDAS COMO PONTOS ÓTIMOS, E O CONCEITO DE MELHOR PODE SER UMA DEFINIÇÃO RELATIVA.

II.1.1 O QUE É OTIMIZAÇÃO

OPORTUNIDADES PARA OTIMIZAÇÃO (COTIDIANAS):

→ QUAL A HORA DE DESPERTAR PELA MANHÃ, DE FORMA A MAXIMIZAR O TEMPO DE SONO E CONSEGUIR CHEGAR AO TRABALHO EM TEMPO?

→ QUAL O MELHOR TRAJETO PARA CHEGAR À UNIVERSIDADE?

→ QUAL PROJETO DEVE SER INICIADO ANTES?

QUANDO PROJETAMOS ALGO "ENCURTAMOS O TAMANHO DISTO" OU "DIMINUÍMOS O PESO DAQUILO", DE FORMA A MINIMIZAR O CUSTO OU MAXIMIZAR A ATRATIVIDADE DO PRODUTO.

OTIMIZAÇÃO É O PROCESSO DE AJUSTAR AS ENTRADAS OU CARACTERÍSTICAS DE UM DISPOSITIVO, PROCESSO MATEMÁTICO OU EXPERIMENTO, PARA ENCONTRAR A SAÍDA (OU RESULTADO) MÍNIMA OU MÁXIMA.

MCFC
GA
II.4

FIGURA II.1 :
- DIAGRAMA DE UMA FUNÇÃO OU PROCESSO QUE SE DESEJA OTIMIZAR.
- OTIMIZAÇÃO VARIA A ENTRADA PARA OBTER UMA SAÍDA DESEJADA.

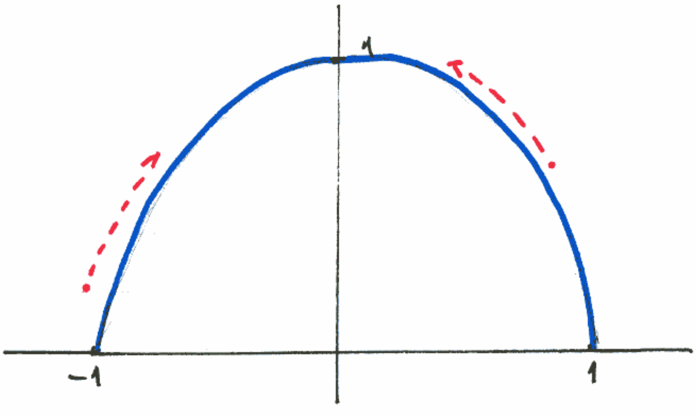
ENTRADA : CONSISTE DE PARÂMETROS

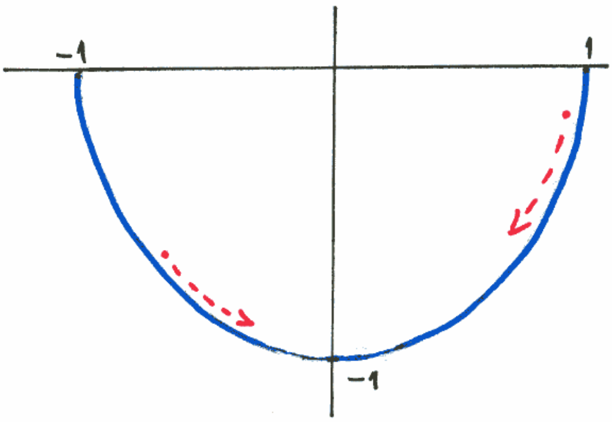
PROCESSO OU FUNÇÃO : CONHECIDO COMO FUNÇÃO DE CUSTO, FUNÇÃO OBJETIVO OU FUNÇÃO DE FITNESS

SAÍDA : CUSTO OU FITNESS

SE A SAÍDA É DEFINIDA COMO CUSTO E CUSTO DEVE SER MINIMIZADO, <u>OTIMIZAÇÃO</u> SE TORNA <u>MINIMIZAÇÃO</u>.

MAXIMIZAR $(1-x^2)$ $\equiv$ MINIMIZAR $-(1-x^2)$
SOBRE $-1 \leq x \leq 1$



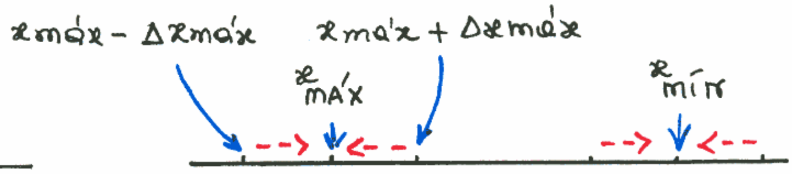


VIDA → MUITAS DECISÕES E EVENTOS <u>ALEATÓRIOS</u> OCORREM.
→ ALTAMENTE <u>NÃO-LINEAR</u> (<u>CAOS</u>: UMA PEQ. PERTURBAÇ NAS CONDIÇÕES INICIAIS CONDUZ A SOLUÇÕES MUITO DIFERENTES E IMPREVISÍVEIS)

ESTUDAR NATUREZA, PROJETAR PRODUTOS → ALTO GRAU <u>COMPLEXIDD</u>

MODELOS SIMPLES E LINEARES PRECISAM SER OTIMIZADOS

II.1.2 ROOT FINDING x OTIMIZAÇÃO



2 PONTOS CARACTERIZAM UM ZERO $(+;-)$

3 PONTOS CARACTERIZAM UM PONTO DE MÁXIMO OU MÍNIMO $(x-\Delta x;\ x;\ x+\Delta x)$

* DETERMINAÇÃO DE RAÍZES (ZEROS)

MATEMATICAMENTE

* DETERMINAR OS ZEROS DE UMA FUNÇÃO

* UMA RAÍZ É TÃO BOA QUANTO OUTRA (TODAS AS RAÍZES ZERAM A FUNÇÃO)

* OTIMIZAÇÃO
DETERMINAÇÃO DE PONTOS DE MÁXIMO OU MÍNIMO

MATEMATICAMENTE

* DETERMINAR OS ZEROS DA DERIVADA DA FUNÇÃO

* PONTO DE MÍNIMO

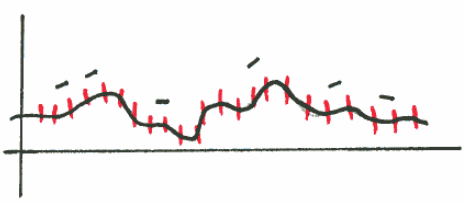
?

ÓTIMO (GLOBAL)

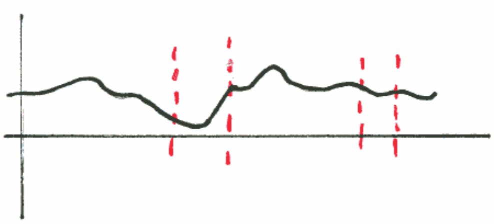
SUB-ÓTIMO (LOCAL)

* PONTO DE MÍNIMO DE UMA FUNÇÃO NÃO-LINEAR

ABORDAGENS TÍPICAS ENVOLVEM:



→ LINEARIZAR O PROBLEMA EM REGIÕES EXTREMAMENTE CONFINADAS



→ RESTRINGIR A OTIMIZAÇÃO A UMA PEQUENA REGIÃO

MCFC
GA
II.6

II.1.3 CATEGORIAS DE OTIMIZAÇÃO

OTIMIZAÇÃO

2

ÚNICO PARÂMETRO

* OTIMIZAÇÃO UNIDIMENSIONAL

PARÂMETROS MÚLTIPLOS

* OTIMIZAÇÃO MULTIDIMENS.
  ↑ Nº DIMENSÕES
  ↑ DIFICULDADE EM OTIMIZAR

1

TENTATIVA E ERRO

* AJUSTAR PARÂMETROS QUE AFETAM A SAÍDA SEM CONHECER MUITO SOBRE O PROCESSO QUE PRODUZ A ENTRADA

FUNÇÃO

* QUANDO É POSSÍVEL DESCREVER UM PROCESSO POR SUA EXPRESSÃO ANALÍTICA
* MÉTODOS MAT. SÃO APLICADOS À F P/ ENCONTRAR SOL. ÓTIMA

3

ESTÁTICA

* SAÍDA É INDEPENDENTE DO TEMPO.

ROTA SOB O PONTO DE VISTA DA DIST.

DINÂMICA

* QUANDO A SAÍDA É UMA FUNÇÃO DO TEMPO.

ROTA SOB O PONTO DE VISTA DE TEMPO DE PERCURSO

4

DISCRETA

* OTIM. COMBINATORIAL
* POSSUI APENAS UM Nº FINITO DE VALORES POSSÍVEIS

EM QUE ORDEM EXECUTAR TAREFAS DE UMA LISTA.

CONTÍNUA

* POSSUI UM Nº INFINITO DE POSSÍVEIS VALORES

DET. O VALOR MÍN. DE F CONTÍNUA $f(x)$

6

ALEATÓRIA

* CONVERGEM MELHOR P/ MÍN. GLOB.
* MÉTODOS ALEATÓRIOS USAM CÁLCULOS PROBABILÍSTICOS P/ DET. OS PARÂMETROS.
* LENTOS

BUSCA PELO MÍNIMO

* MÉTODOS TRADIC.
* MINIMIZAM CUSTO A PARTIR DE UM CONJUNTO INICIAL DE PARÂMETROS
* PROBL. → MÍN. LOCAIS
* RÁPIDOS
* BASEADOS EM MÉTODOS DE CÁLCULO
* EM PASSOS

5

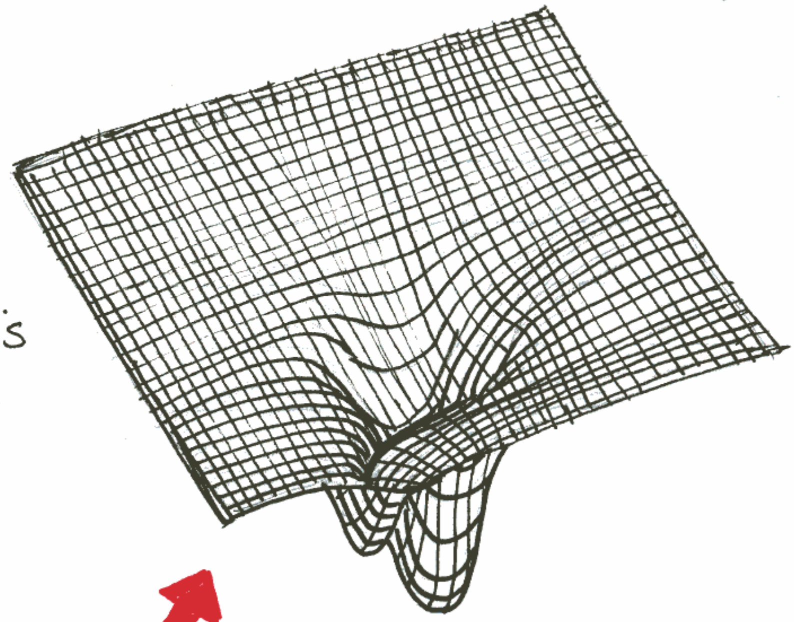
RESTRITA

* PARÂMETROS TÊM RESTRIÇÕES OU LIMITES.
* IGUALDADES E INIGUALDADES NA FUNÇÃO DE CUSTO
  ↗ LINEAR → PROGRAMAÇÃO LINEAR
  ↘ NÃO-LINEAR → " NÃO-LINEAR

NÃO RESTRITA

* PARÂMETROS PODEM ASSUMIR QUAISQUER VALORES

II.2 ALGORITMOS DE MINIMIZAÇÃO



* ROTINAS DE OTIMIZAÇÃO "VARREM" SUPERFÍCIES DE CUSTO (QUE COMPREENDEM TODOS OS POSSÍVEIS VALORES DA FUNÇÃO) EM BUSCA DO PONTO DE MÍNIMO CUSTO.

SUPERFÍCIES DE CUSTO APRESENTAM PICOS E VALES.

* UM ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO INICIALIZA EM ALGUM PONTO ALEATÓRIO DA SUPERFÍCIE E, DE FORMA INTELIGENTE, SE DESLOCA EM DIREÇÃO AO PONTO DE MÍNIMA COTA (OU MÁXIMA COTA).

* QUANDO A SUPERFÍCIE NÃO FOR QUADRÁTICA, NÃO HÁ GARANTIAS DE QUE A COTA ENCONTRADA SEJA DE MÍNIMO (OU MÁXIMO) GLOBAL.

SEMPRE PODERÁ HAVER UM NOVO PICO OU VALE "LOGO ALI".

* ABORDAGENS DO TIPO "DOWNHILL" COSTUMAM FALHAR NA BUSCA DA SOLUÇÃO DE ÓTIMO GLOBAL.

II.2.1 BUSCA EXAUSTIVA

* ABORDAGEM "FORÇA BRUTA".

* A SUPERFÍCIE DE CUSTO É AMOSTRADA E PROCEDE-SE A UMA BUSCA EXAUSTIVA PELO MÍNIMO GLOBAL.

* O QUÃO EXAUSTIVA E ACURADA, DEPENDE DA AMOSTRAGEM.

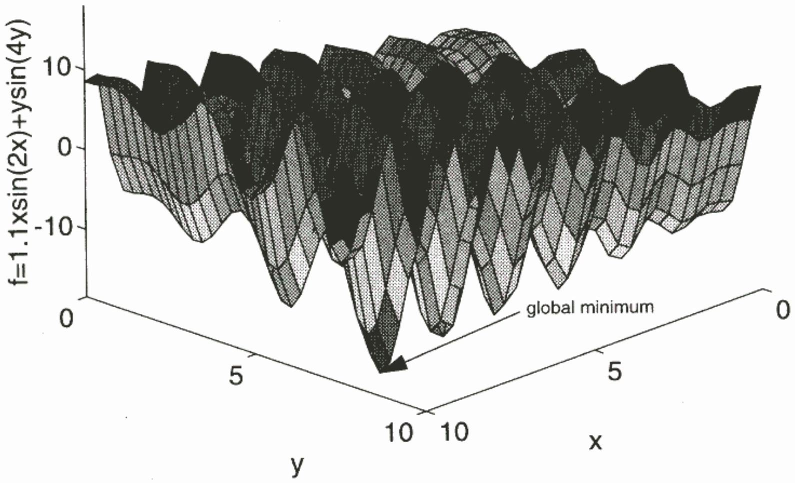


FIG. II.2: GRÁFICO TRI-DIMENSIONAL DE $f(x,y)$, NO QUAL x E y SÃO AMOSTRADOS A INTERVALOS DE 0.1.

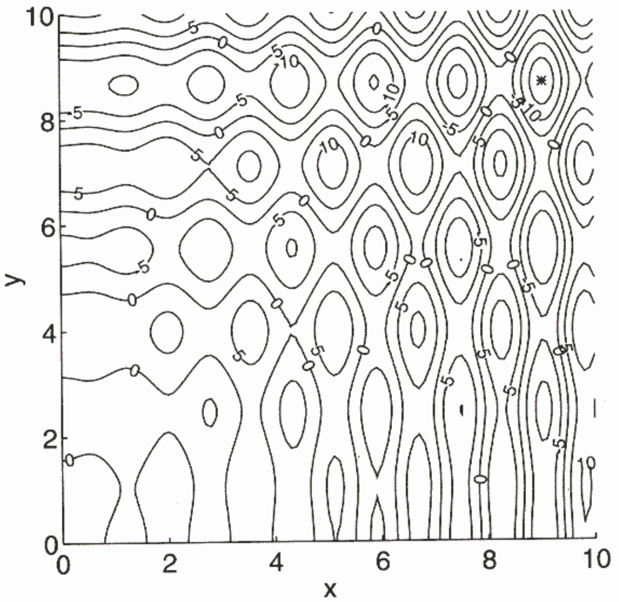


FIG. II.3: GRÁFICO DE CONTORNOS DE $f(x,y) \rightarrow$ MÍNIMO GLOBAL É INDICADO POR ASTERISCO.

* EQUIVALE A "VARRER" UM MAPA TOPOGRÁFICO GERADO AO SEREM CONECTADAS AS LINHAS DE COTAS = DOS PONTOS AMOSTRADOS.

* REQUER UM Nº EXTREMAMENTE GRANDE DE AVALIAÇÕES DA FUNÇÃO DE CUSTO, PARA DETERMINAR O PONTO ÓTIMO.

CONSIDEREMOS O PROBLEMA:

DETERMINAR O MÍNIMO DE

$$f(x,y) = x \operatorname{sen}(4x) + 1.1\, y \operatorname{sen}(2y)$$

COM $0 \leq x \leq 10$ E $0 \leq y \leq 10$

A FIG. II.2 MOSTRA O GRÁFICO TRI-DIMENSIONAL EM QUE x E y SÃO AMOSTRADOS A INTERVALOS DE 0.1, NECESSITANDO DE 101^2 AVALIAÇÕES DE $f(x,y)$.

A FIG. II.3 MOSTRA O GRÁFICO DE CONTORNOS DE $f(x,y)$, COM O MÍNIMO GLOBAL MARCADO POR *.

NO CASO ESTUDADO, O MÍNIMO GLOBAL É FACILMENTE VISÍVEL NOS GRÁFICOS, EM GERAL É GERADA UMA LISTA DE VALORES PARA $f(x,y)$ A PARTIR DOS PARÂMETROS AMOSTRADOS E A LISTA É PERCORRIDA PARA DETERMINAR O MÍNIMO VALOR.

A TÉCNICA "BUSCA EXAUSTIVA", DESDE QUE AMOSTRADA DE FORMA ADEQUADA (AMOSTRAGEM FINA), PERMITE QUE:

↑ ✡ O ALGORITMO NÃO FIQUE PRESO EM MÍNIMOS LOCAIS.

↑ ✡ O ALGORITMO FUNCIONE TANTO PARA PARÂMETROS CONTÍNUOS QUANTO DESCONTÍNUOS.

DESVANTAGENS:

↓ ✡ LONGO TEMPO DE CONVERGÊNCIA.

↓ ✡ O MÍNIMO GLOBAL PODE SER PERDIDO DEVIDO À SUB-AMOSTRAGEM (A SUB-AMOSTRAGEM PODE ACONTECER QUANDO A FUNÇÃO DE CUSTO DEMORAR MUITO PARA SER CALCULADA).

A "BUSCA EXAUSTIVA" É PRÁTICA APENAS PARA UM PEQUENO NÚMERO DE PARÂMETROS, EM UM LIMITADO ESPAÇO DE BUSCA.

REFINAMENTO QUE PODE SER DADO À "BUSCA EXAUSTIVA":

1. COMEÇAR AMOSTRANDO A UMA TAXA MENOR A FUNÇÃO DE FITNESS E UTILIZANDO ESTES PONTOS PARA A BUSCA DO MÍNIMO.
2. ESTREITAR A BUSCA AO REDOR DE REGIÕES MAIS PROMISSORAS. (ANALOGIA: INICIAR A BUSCA SOBRE TODO O TERRENO DE HELICÓPTERO E, APÓS, BUSCAR DETALHADAMENTE APENAS NOS VALES, MAS NÃO NOS PICOS.)

↑ ✡ ESTA ABORDAGEM AUMENTA A VELOCIDADE DE CONVERGÊNCIA E AUMENTA O NÚMERO DE PARÂMETROS QUE PODEM SER BUSCADOS.

↓ ✡ NO ENTANTO, TAMBÉM AUMENTA A POSSIBILIDADE DE PERDER UM MÍNIMO GLOBAL.

→ A MAIOR PARTE DOS ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO EMPREGA UMA VARIAÇÃO DESTA ABORDAGEM E

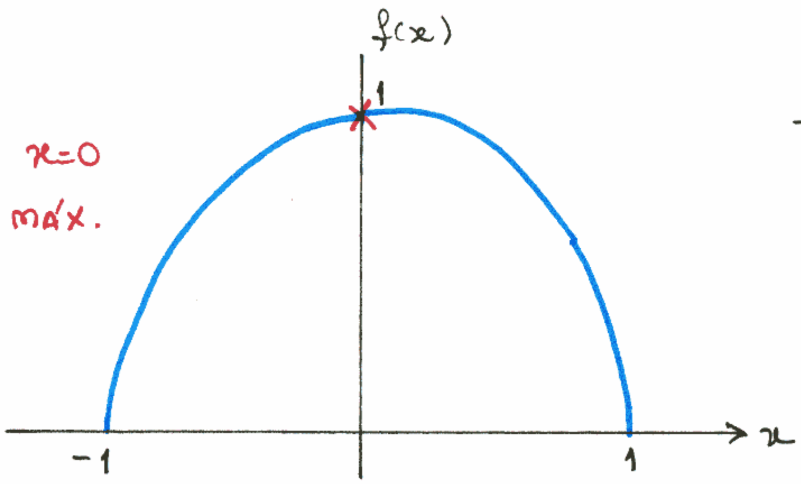
1. COMEÇA EXPLORANDO UMA REGIÃO RELATIVAMENTE GRANDE DA SUPERFÍCIE DE CUSTO, A PASSOS GRANDES, ENTÃO
2. CONTRAI A BUSCA AO REDOR DAS MELHORES SOLUÇÕES, A PASSOS CADA VEZ MENORES.

II. 2.2 OTIMIZAÇÃO ANALÍTICA

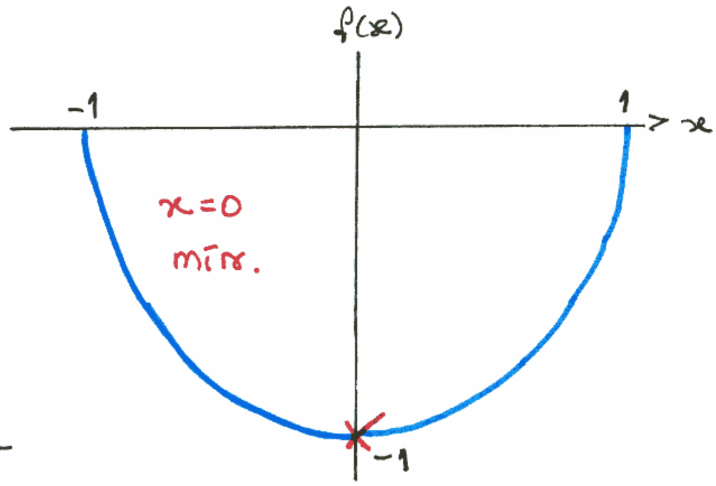
ATRAVÉS DO CÁLCULO PODE-SE BUSCAR O MÍNIMO DE MUITAS FUNÇÕES DE CUSTO, DE FORMA ELEGANTE.

CASO 1 : FUNÇÃO DE 1 PARÂMETRO

→ TOMA-SE A DERIVADA DA FUNÇÃO DE CUSTO
→ IGUALA-SE A DERIVADA A ZERO
→ RESOLVE-SE A EQUAÇÃO PARA O PARÂMETRO → PTO DE EXTREMO
→ TOMA-SE A SEGUNDA DERIVADA DA FUNÇÃO DE CUSTO → PTO. MÍN.
→ PTO. MÁX.



$f(x) = (1 - x^2)$



$f(x) = (x^2 - 1)$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = \frac{\partial (1-x^2)}{\partial x} = -2x$$

$-2x = 0 \Rightarrow x = 0$ É PTO EXTREMO

$$\frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial f(x)}{\partial x} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x}(-2x) = -2$$

$-2 < 0 \Rightarrow x = 0$ É PONTO DE MÁXIMO

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(x^2 - 1) = 2x$$

$2x = 0 \Rightarrow x = 0$ É PTO EXTREMO

$$\frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial f(x)}{\partial x} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x}(2x) = 2$$

$2 > 0 \Rightarrow x = 0$ É PONTO DE MÍNIMO

CASO 2: FUNÇÃO DE 2 OU + PARÂMETROS

→ TOMA-SE O GRADIENTE DA FUNÇÃO DE CUSTO
→ IGUALA-SE O GRADIENTE A ZERO
→ AS EQUAÇÕES RESULTANTES SÃO RESOLVIDAS P/ SUAS RAÍZES
→ AS RAÍZES SÃO UMA FAMÍLIA DE LINHAS
UM PONTO DE EXTREMO OCORRE NA INTERSECÇÃO DESTAS LINHAS.
→ CALCULA-SE O LAPLACIANO DA FUNÇÃO
→ AS RAÍZES SÃO PONTOS DE MÍNIMO QUANDO O LAPLACIANO FOR POSITIVO.
→ O PROCESSO NÃO INDICA QUAL MÍNIMO É GLOBAL.
→ O MÍNIMO GLOBAL SERÁ PROCURADO EM UMA LISTA DE EXTREMOS. ($f(x_m, y_m)$ É AVALIADO EM TODOS OS PONTOS DE EXTREMO)

SEJA A EQUAÇÃO $f(x,y) = x \operatorname{sen}(4x) + 1.1\, y \operatorname{sen}(2y)$,
COM $0 \leq x \leq 10$ E $0 \leq y \leq 10$.

- $\nabla f(x,y) = 0$ ASSIM:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \operatorname{sen}(4x_m) + 4x_m \cos(4x_m) = 0 \qquad 0 \leq x \leq 10 \quad \text{E}$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = 1.1 \operatorname{sen}(2y_m) + 2.2\, y_m \cos(2y_m) = 0 \qquad 0 \leq y \leq 10$$

- AS RAÍZES DESTAS EQUAÇÕES SERÃO x_m E y_m, QUE SÃO UMA FAMÍLIA DE LINHAS. OS EXTREMOS OCORREM NA INTERSECÇÃO DESTAS LINHAS.

- $\nabla^2 f(x,y) \leftarrow$ (LAPLACIANO), OU

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = 8 \cos 4x - 16x \operatorname{sen} 4x, \qquad 0 \leq x \leq 10 \quad \text{E}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = 4.4 \cos 2y - 4.4\, y \operatorname{sen} 2y, \qquad 0 \leq y \leq 10$$

QUANDO $\nabla^2 f(x_m, y_m) > 0$ AS RAÍZES SÃO PTOS DE MÍNIMO.

* A ABORDAGEM "OTIMIZAÇÃO ANALÍTICA" É MATEMATICAMENTE ELEGANTE, SE COMPARADA ÀS BUSCAS EXAUSTIVAS OU ÀS ALEATÓRIAS.

* A "OTIMIZAÇÃO ANALÍTICA" ENCONTRA RAPIDAMENTE UM MÍNIMO, MAS NECESSITA DE UMA HEURÍSTICA DE BUSCA PARA ACHAR O MÍNIMO GLOBAL.

* FUNÇÕES CONTÍNUAS COM DERIVADAS ANALÍTICAS SÃO NECESSÁRIAS.

* SE HÁ MUITOS PARÂMETROS ⇒ DIFÍCIL ENCONTRAR TODOS OS EXTREMOS

* O GRADIENTE DA FUNÇÃO DE CUSTO SERVE COMO UMA BÚSSOLA, APONTANDO PARA O CAMINHO "MONTANHA A BAIXO" (STEEPEST DOWNHILL PATH), QUE FUNCIONA BEM QUANDO O MÍNIMO ESTÁ PRÓXIMO, MAS NÃO LIDA BEM COM PENHASCOS OU LIMITES, ONDE O GRADIENTE NÃO PODE SER CALCULADO.

> A ABORDAGEM BASEADA EM CÁLCULO APRESENTA MUITAS DESVANTAGENS, O QUE A TORNA UM CANDIDATO NÃO PROVÁVEL PARA RESOLVER A MAIOR PARTE DOS PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO ENCONTRADOS NO MUNDO REAL.

NO ENTANTO, A MAIOR PARTE DAS ABORDAGENS NUMÉRICAS SÃO BASEADAS EM OTIMIZAÇÃO ANALÍTICA.

TIPICAMENTE:

- UM ALGORITMO PARTE EM ALGUM PONTO ALEATÓRIO NO ESPAÇO DE BUSCA; • CALCULA UM GRADIENTE; • SEGUE DESCENDO ATÉ O "FUNDO".

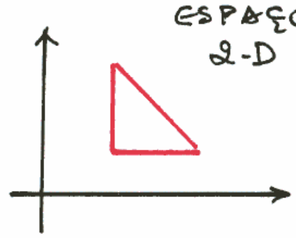
→ SÃO MÉTODOS RÁPIDOS, MAS COSTUMAM FICAR PRESOS EM MÍNIMOS LOCAIS. ALÉM DISSO, NÃO APRESENTAM BOM DESEMPENHO COM PARÂMETROS DISCRETOS.

II. 2. 3 MÉTODO SIMPLEX

→ O MÉTODO SIMPLEX UTILIZA A HEURÍSTICA "DOWNHILL" SEM, NO ENTANTO, REQUERER O CÁLCULO DE DERIVADAS. (NELDER & MEAD, 1965)

→ UM SIMPLEX É A FIGURA GEOMÉTRICA MAIS ELEMENTAR QUE PODE SER FORMADA NA DIMENSÃO n E TEM n+1 LADOS.

ESPAÇO 2-D



→ NA HEURÍSTICA DO ALGORITMO SIMPLEX, CADA ITERAÇÃO GERA UM NOVO VÉRTICE DO SIMPLEX.

→ SE O PONTO GERADO FOR MELHOR DO QUE PELO MENOS 1 DOS VÉRTICES EXISTENTES, IRÁ SUBSTITUIR O PIOR VÉRTICE.

→ DESTA FORMA, O DIÂMETRO DO SIMPLEX FICA MENOR E O ALGORITMO PÁRA QUANDO O DIÂMETRO ATINGIR UMA TOLERÂNCIA PREVIAMENTE ESPECIFICADA.

→ NÃO É UM ALGORITMO RÁPIDO, MAS É ROBUSTO.

PARA NÃO FICAR PRESO EM MÍNIMOS LOCAIS, O ALGORITMO SIMPLEX COSTUMA SER COMBINADO COM O ALGORITMO DE BUSCA ALEATÓRIA, PARA INICIALIZAÇÃO. (COMO NÃO SE CONHECE A SUPERFÍCIE DE CUSTO, UMA INICIALIZAÇÃO ALEATÓRIA É TÃO BOA COMO QUALQUER OUTRA.)

II.2.4 OTIMIZAÇÃO BASEADA EM MINIMIZAÇÃO EM LINHA RETA

* ESTA CATEGORIA DE ALGORITMOS INICIA A BUSCA EM ALGUM PONTO ALEATÓRIO NA SUPERFÍCIE DE CUSTO.

* A PARTIR DESTE PONTO, ESCOLHE UMA DIREÇÃO AO LONGO DA QUAL IRÁ SE MOVER.

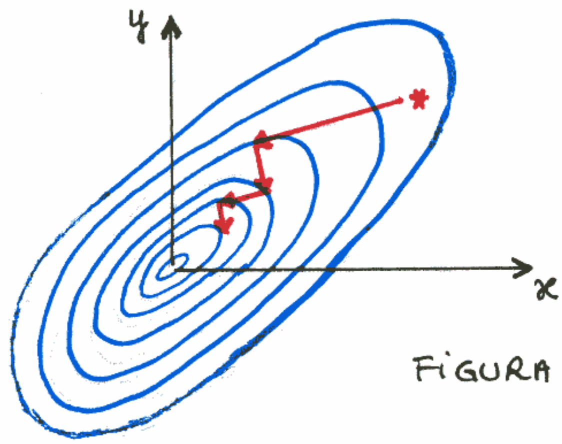
* MOVE-SE NESTA DIREÇÃO ATÉ QUE A FUNÇÃO DE CUSTO COMECE A AUMENTAR DE VALOR.

* ESCOLHE OUTRA DIREÇÃO E O PROCESSO É REPETIDO.

A ESCOLHA DE TAIS DIREÇÕES É CRÍTICA PARA A CONVERGÊNCIA DO ALGORITMO E TEM GERADO UMA GRANDE VARIEDADE DE ABORDAGENS.

A MAIS CONHECIDA DAS ABORDAGENS É O ALGORITMO STEEPEST DESCENT (SD).

O ALGORITMO INICIA A BUSCA A PARTIR DE UM PONTO ARBITRÁRIO NA SUPERFÍCIE DE CUSTO E A MINIMIZAÇÃO É FEITA NO SENTIDO CONTRÁRIO AO SENTIDO APONTADO PELO VETOR GRADIENTE, CALCULADO NESTE PONTO.



POSSÍVEL CAMINHO QUE O ALGORITMO SD PODERÁ TOMAR EM UMA SUPERFÍCIE QUADRÁTICA.

FIGURA II.4

II.3 MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO NATURAL

PERMITEM AUMENTAR A HABILIDADE EM ENCONTRAR O MÍNIMO GLOBAL.

1. ALGORITMOS GENÉTICOS
2. SIMULATED ANNEALING

→ SÃO BASEADOS NA BUSCA INTELIGENTE SOBRE UM GRANDE, MAS FINITO, ESPAÇO DE SOLUÇÕES, USANDO MÉTODOS ESTATÍSTICOS.

→ NÃO REQUEREM DERIVADAS DAS FUNÇÕES DE CUSTO.

→ PODEM LIDAR COM
- PARÂMETROS DISCRETOS E COM
- FUNÇÕES DE CUSTO NÃO CONTÍNUAS.

II.3.1 SIMULATED ANNEALING

KIRKPATRICK (1983)

SIMULA O PROCESSO NO QUAL UMA SUBSTÂNCIA É AQUECIDA A UMA TEMPERATURA ACIMA DE SUA TEMPERATURA DE FUSÃO E ENTÃO É RESFRIADA GRADUALMENTE PARA PRODUZIR A ESTRUTURA CRISTALINA.

ESTA ESTRUTURA CRISTALINA É COMPOSTA DE MILHÕES DE ÁTOMOS PERFEITAMENTE ALINHADOS

EXEMPLO DA NATUREZA ENCONTRANDO UMA ESTRUTURA ÓTIMA.

SE O PROCESSO DE RESFRIAMENTO FOR RÁPIDO DEMAIS O CRISTAL NÃO SE FORMARÁ E A SUBSTÂNCIA SE TORNARÁ UMA MASSA AMORFA*.

PARA FORMAR O CRISTAL É NECESSÁRIO CONTROLAR CUIDADOSAMENTE A TAXA DE MUDANÇA DA TEMPERATURA.

*MASSA AMORFA: ESTADO DE ENERGIA SUPERIOR AO ESTADO DE ENERGIA ÓTIMO.

O ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO ANÁLOGO AO PROCESSO DE ANNEALING ENVOLVE:

→ INICIALIZAR EM UM ESTADO INICIAL ALEATÓRIO
→ "AQUECER" ESTE ESTADO INICIAL ATRAVÉS DA MODIFICAÇÃO DOS VALORES DOS PARÂMETROS.

→ FUNÇÃO DE CUSTO: REPRESENTA O NÍVEL DE ENERGIA DA "SUBSTÂNCIA"

→ PARTICULARIDADE DO SIMULATED ANNEALING:

PARÂMETRO DE CONTROLE (ANÁLOGO À TEMPERATURA)

QUE CONTROLA A VELOCIDADE DE DESCIDA DO ALGORITMO ATÉ O VALOR ÓTIMO DA FUNÇÃO DE CUSTO.

ESTABELECE O PASSO DO ALGORITMO.

NO INÍCIO DO PROCESSO

ALGORITMO É FORÇADO A FAZER GRANDES MUDANÇAS NOS VALORES DOS PARÂMETROS.

APÓS CERTO Nº DE ITERAÇÕES

PARÂMETRO DE CONTROLE DIMINUI LENTAMENTE, DE FORMA QUE O ALGOR. TEM A CHANCE DE ENCONTRAR O VALE CORRETO, ANTES DE TENTAR CHEGAR AO PONTO MAIS BAIXO NO VALE.

II. 3. 2 O ALGORITMO GENÉTICO

JOHN HOLLAND (1975)

ALGORITMO EVOLUCIONÁRIO QUE MODELA PROCESSOS BIOLÓGICOS PARA OTIMIZAR FUNÇÕES DE CUSTO ALTAMENTE COMPLEXAS.

UM ALGORITMO GENÉTICO PERMITE A EVOLUÇÃO DE UMA POPULAÇÃO COMPOSTA DE MUITOS INDIVÍDUOS, SOBRE REGRAS DE SELEÇÃO ESPECIFICADAS, PARA UM ESTADO QUE MAXIMIZE O "FITNESS" (OU SEJA, MINIMIZE A FUNÇÃO DE CUSTO).

ALGUMAS VANTAGENS DOS GAs:

- OTIMIZAM COM PARÂMETROS DISCRETOS OU CONTÍNUOS
- NÃO REQUEREM CÁLCULOS DE DERIVADA
- BUSCAM SIMULTANEAMENTE PELO MÍNIMO, A PARTIR DE UMA AMOSTRAGEM AMPLA DA SUPERFÍCIE DE CUSTO.
- LIDAM C/ GRANDE Nº DE PARÂMETROS
- SÃO ADEQUADOS PARA COMPUTADORES PARALELOS. OTIMIZAM PARÂMETROS COM FUNÇÕES DE CUSTO ALTAMENTE COMPLEXAS
- PODEM PULAR FORA DE UM MÍNIMO LOCAL
- CONSEGUEM PROVER UMA LISTA DE PARÂMETROS ÓTIMOS, NÃO APENAS UMA ÚNICA SOLUÇÃO.
- PODEM CODIFICAR OS PARÂMETROS, DE TAL FORMA QUE A OTIMIZAÇÃO SEJA FEITA COM OS PARÂMETROS CODIFICADOS
- TRABALHAM COM DADOS NUMERICAMENTE GERADOS, DADOS EXPERIMENTAIS OU FUNÇÕES ANALÍTICAS.

RESULTADOS PRODUZIDOS SÃO "ASSOMBROSOS" EM SITUAÇÕES EM QUE MÉTODOS TRADICIONAIS FALHAM!

II.4 OTIMIZAÇÃO BIOLÓGICA: SELEÇÃO NATURAL

COMPREENDER A CONSTRUÇÃO, A APLICAÇÃO E A TERMINOLOGIA DOS GAs

NO MUNDO NATURAL

HÁ UMA TREMENDA DIVERSIDADE DE ORGANISMOS

O GRAU DE COMPLEXIDADE NOS ORGANISMOS É ALTO

OS ORGANISMOS DE HOJE SÃO RESULTADO DE MUITAS ITERAÇÕES DE UM GRANDE ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO.

A FUNÇÃO DE CUSTO MEDE SOBREVIVÊNCIA, QUE DEVE SER MAXIMIZADA.

AS COTAS NA FUNÇÃO DE CUSTO SÃO NÍVEIS DE ADAPTAÇÃO (FITNESS).

OS PONTOS MAIS ALTOS CORRESPONDEM ÀS CONDIÇÕES DE MELHOR ADAPTAÇÃO (MOST-FIT)

AS RESTRIÇÕES SÃO O AMBIENTE E COMO AS DIFERENTES ESPÉCIES INTERAGEM.

O PROCESSO DE EVOLUÇÃO É O ALGORITMO QUE SELECIONA QUAIS CARACTERÍSTICAS PRODUZEM UM ORGANISMO ADEQUADO PARA SOBREVIVÊNCIA.

$\boxed{\text{SELEÇÃO NATURAL} \Rightarrow \text{GENÉTICA} + \text{EVOLUÇÃO}}$