

PSI4372

Sistemas Inteligentes II

Sistemas Adaptativos

Sistemas Evolucionários

Sistemas Aprendizes

Algoritmos Genéticos

Paradigmas Biológicos

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
Engenharia de Sistemas Eletrônicos

Ênfase
Eletrônica e Sistemas
Sistemas Inteligentes
2019

Prof. Dr. Marcio Lobo Netto

Programa

Parte I – Prof Hae

Parte II – Prof Emilio

Parte III – Prof Marcio

- Sistemas evolutivos
- Algoritmos genéticos
- Deep Learning
- Outras estratégias

Programa

Parte III

8 aulas (dois temas)

- sistemas evolutivos
- deep learning & outras estratégias

1 prova (partes dos profs Emilio e Marcio)

Programa

TEMA 1: Computação Evolucionária / Algoritmos Genéticos

- 14out Computação Evolucionária
- princípios (adaptativa, evolucionária, aprendizagem)
- 15out Computação Evolucionária
- ferramentas de otimização - classe de problemas típicos
- 21out Algoritmos Genéticos
- fundamentos: conceito / modelo / operadores
 - aplicações: exemplos / simulações / vídeos
 - (modelagem do individuo)
 - exemplos: woxbot / genpolis
- 22out Algoritmos Genéticos
- discussão de formas de aplicação de AG a problemas propostos (modelagem em grupo)
 - exercício em aula – modelagem de problemas
 - WOXBOT
 - Mobilidade Urbana

TEMA 2: Deep Learning (outras aplicações) / Outras Técnicas

- 29out Experiencia Projeto Mobilidade Urbana
- 04nov Deep Learning
- Modelagem / Arquiteturas / Ferramentas
 - Apresentação e Discussão de Casos
 - Outras aplicações (mobilidade, SIGGRAPH)
- 05nov Outras Técnicas Inteligência Computacional
- Exercício em aula – modelagem de um problema de transito
 - Inferência (correlação de informações)
- 11nov Outras Técnicas Inteligência Computacional
- Inteligência Artificial / Computação Cognitiva
 - Autômatos Celulares

PROVA

- 18nov (PROPOSTA) Segunda !
- Partes dos Profs Emilio & Marcio

E-Disciplinas

PSI3472 2019

Desativar edição

Editar

Adicionar uma atividade ou recurso

Informações Gerais

As aulas do prof. Hae serão na sala de computadores C1-10. As aulas dos professores Emílio e Márcio serão na sala B2-09. Para acompanhar esta disciplina, é altamente recomendável que o aluno conheça o conteúdo ensinado em PSI3471 Fundamentos de Sistemas Eletrônicos Inteligentes.

Segundas-feiras 9:20-11:00	Terças-feiras 7:30-9:10
05/08 - Hae 1	06/08 - Hae 2
12/08 - Hae 3	13/08 - Hae 4
19/08 - Hae 5	20/08 - Hae 6
26/08 - Hae 7	27/08 - Hae 8
02/09 - Sem. Pátria	03/09 - Sem. Pátria
09/09 - Emílio 1	10/09 - Emílio 2
16/09 - Sem. de provas	17/09 - Sem. de provas
23/09 - Emílio 3	24/09 - Emílio 4
30/09 - Emílio 5	01/10 - Emílio 6
07/10 - Emílio 7	08/10 - Emílio 8
14/10 - Márcio 1	15/10 - Márcio 2
21/10 - Márcio 3	22/10 - Márcio 4
28/10 - Func. Público	29/10 - Márcio 5
04/11 - Márcio 6	05/11 - Márcio 7
11/11 - Márcio 8	12/11 - Semana de provas (INCLUI PSI3472)
18/11 - Semana de provas (INCLUI PSI3472)	19/11 - Semana de provas (INCLUI PSI3472)



Contato

Preferencialmente via e-disciplinas

Sala: A2-53

Email: marcio.netto@usp.br



Background

Engenharia Eletrônica / Computação

Computação Gráfica & Processamento de Alto
Desempenho

Ciência Cognitiva & Vida Artificial

Inteligência Computacional

TEMA 1

Computação Evolucionária

Aula 1

14out

- princípios (adaptativa, evolucionária, aprendizagem)

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais: Paradigmas Biológicos

Paradigmas de computação baseados em biologia

- Vida
 - Vida Artificial
 - Simulação computacional de sistemas vivos
- Inteligência
 - Inteligência Artificial
 - Simulação computacional de sistemas inteligentes

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais: Paradigmas Biológicos

Sistemas adaptativos e evolutivos

- Algoritmos evolucionários e genéticos

Outros paradigmas matemáticos p simulação de sistemas adaptativos

Autômatos celulares e autômatos finitos

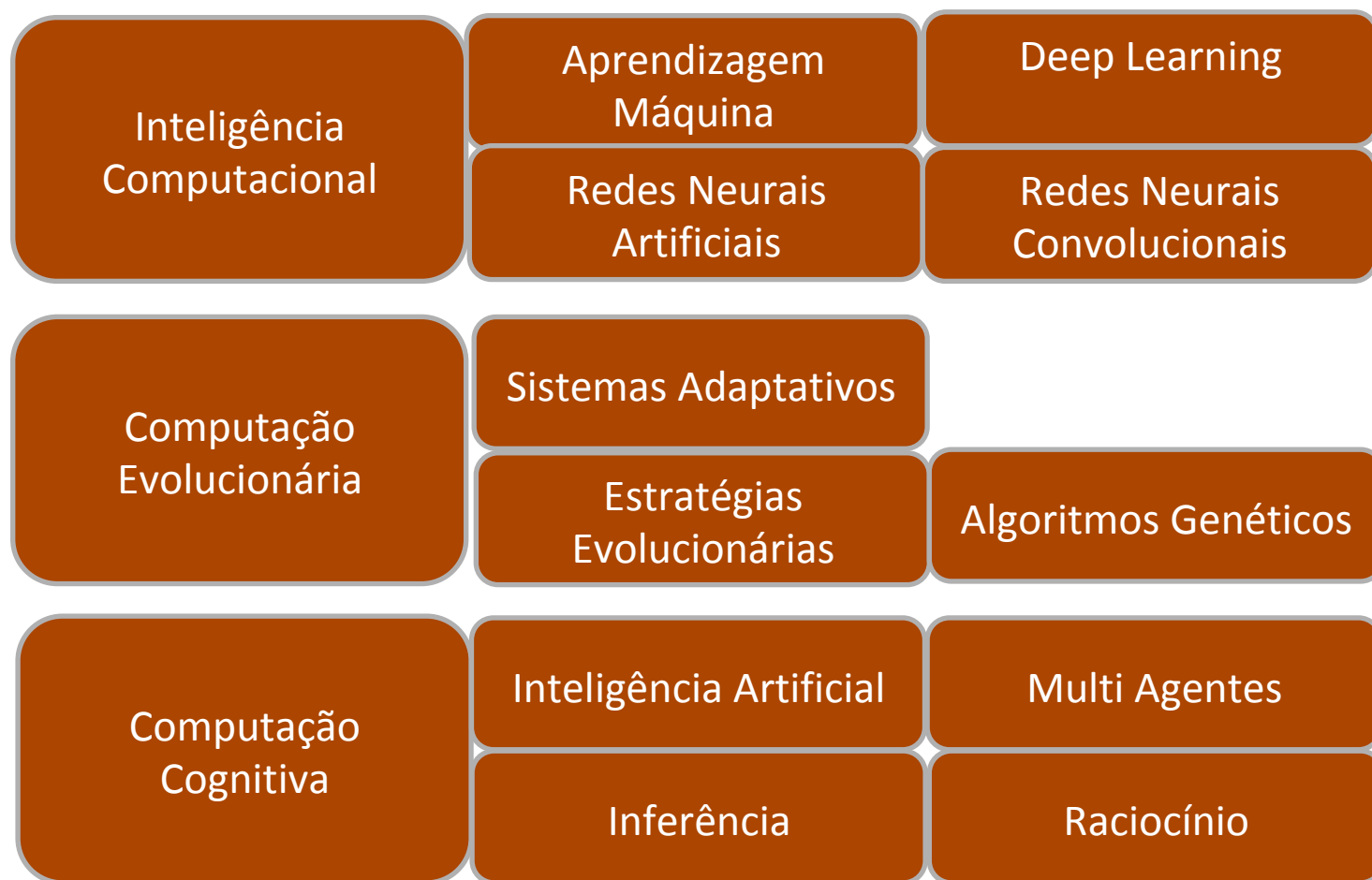
Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais: Paradigmas Biológicos

Inteligência Computacional

- Computação neural – indutiva
 - consenso progressivo a partir de experiências diversas
 - métodos estatísticos
- Inteligência artificial simbólica (lógica) - dedutiva
 - lógica dedutiva
 - Lógica Fuzzy (nebulosa)
- Soluções híbridas em inteligência computacional

Contextualização



Contextualização

Sistema Inteligente

Sistemas inteligentes

- Tem a capacidade de resolver certos problemas para os quais foram concebidos
- Comportamento inteligente se manifesta
 - Procedendo segundo a inteligência que lhes foi imputada, ou
 - Seguindo os padrões de convergência das ações passadas
- Permitindo assim desempenhar bem seus propósitos
- Automato (FSM)
- Programa Computacional
- Rede Neural treinada

Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Sistemas adaptativos

- Tem a capacidade de se modificar, assumindo formas e comportamentos mais adequados para desempenhar bem seus propósitos
- Automato Adaptativo
- Programa Computacional aperfeiçoando sua base de conhecimento (usada para suas ações)
- Rede Neural sendo treinada

Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Sistemas adaptativos

- Inspiração na natureza e particularmente em sistemas biológicos
 - Evolutivo (com capacidade de aperfeiçoamento)
 - Propriedade da espécie
 - Avanços acumulados ao longo de gerações
 - A natureza conduz a evolução (externa)
 - Exemplos
 - Computação Evolutiva
 - Algoritmos Genéticos

Contextualização

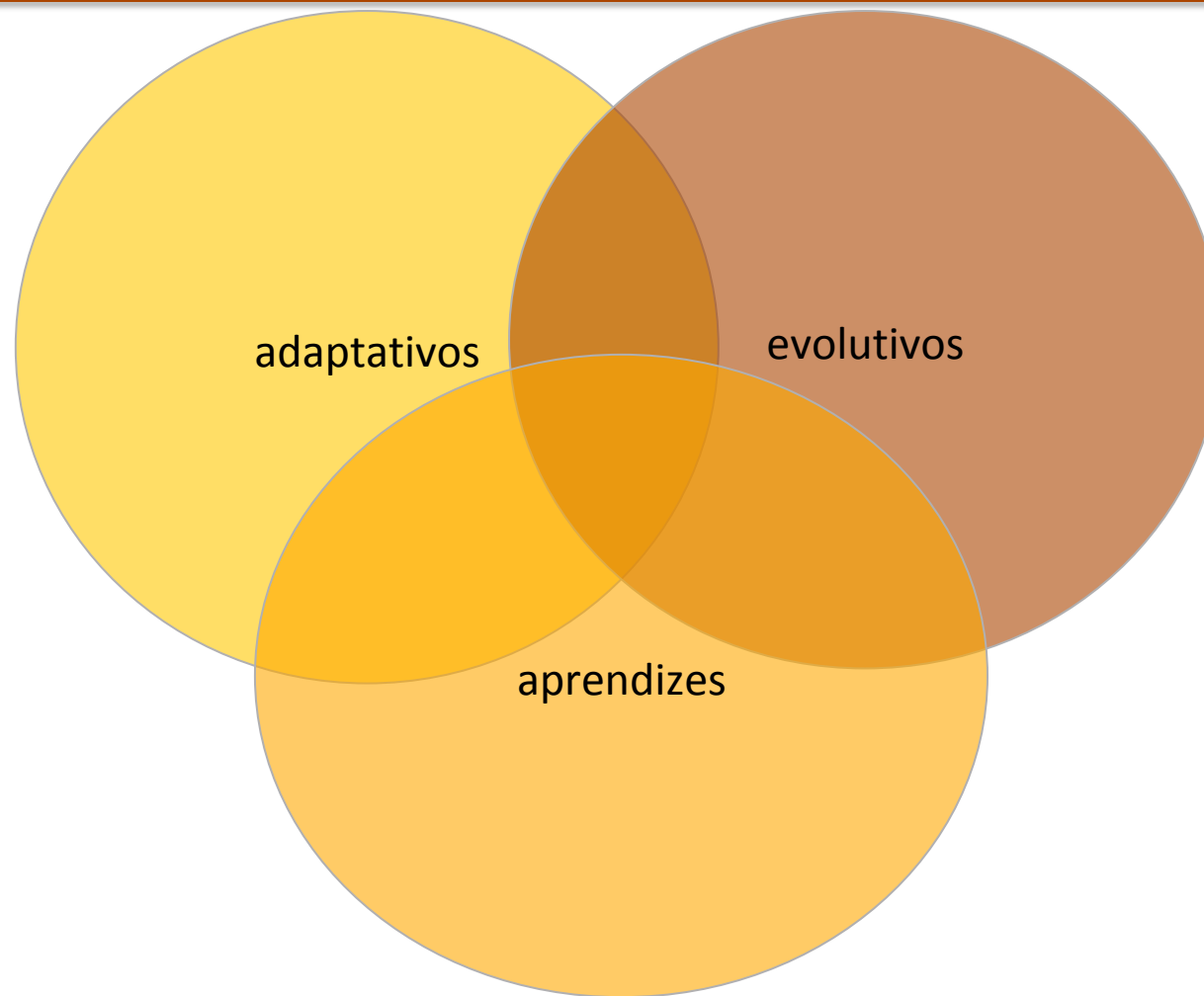
Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Sistemas adaptativos

- Inspiração na natureza e particularmente em sistemas biológicos
 - Aprendiz (com capacidade de aprendizado)
 - Propriedade do indivíduo
 - Conhecimento adquirido pelo indivíduo
 - O indivíduo conduz o aprendizado (interna)
 - Exemplos
 - Inteligência Artificial Simbólica (IAS ou IA)
 - Rede Neural Artificial (RNA ou RN)

Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa



Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Capazes de se ajustar

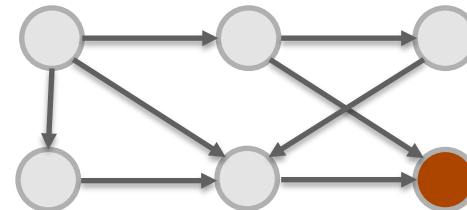
- Controle adaptativo (sistemas)
 - Auto adaptativo (autônomo)
- Automata adaptativos (computação)
 - A: Maquinas capazes de realizar uma tarefa
 - A²: Maquinas capazes de se ajustar para melhor realizar uma tarefa
 - De forma supervisionada
 - De forma autonoma

Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Automato

- MEF capaz de realizar procedimentos inteligentes
 - A inteligência é incorporada ao autômato pelo seu criador
 - Refletida na função (comportamento) embutida na estrutura desta máquina
 - A sequência de estados visitados depende das condições externas (entradas)



Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Automato

- Condições observadas (entradas)
- Estados ou Ações (saídas)

Evolução temporal

sequência de estados visitados em função das entradas

- M1 s0/e1:s2 s2/e3:s2 s2/e4:s1 s3/e1:s4 s4/e3:s1
- M1 s0/e1:s2 s2/e2:s1 s1/e5:s4 s4/e1:s3 s3/e4:s1
- M2 s0/e1:s3 s3/e3:s2 s2/e1:s3 s3/e1:s2 s2/e1:s3
- M2 s0/e1:s3 s3/e2:s3 s3/e5:s2 s2/e1:s3 s3/e4:s1

Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Automato

Tabela de transições

sequência de estados visitados em função das entradas

- M1
- $s_0/e_1:s_2$ $s_2/e_3:s_2$ $s_2/e_4:s_1$ $s_1/e_0:s_3$ $s_3/e_1:s_4$ $s_4/e_3:s_1$

si/e:sf	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
• 0	0	2	3	4	0	0	2	3	4	0
• 1	3	2	3	3	4	3	2	3	3	4
• 2	2	4	2	3	1	2	4	2	3	1
• 3	3	4	1	4	1	3	4	1	4	1
• 4	1	2	4	1	2	1	2	4	1	2

Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Automato

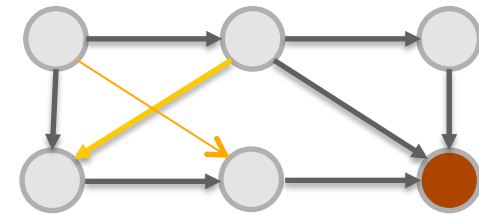
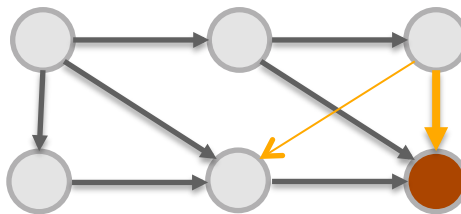
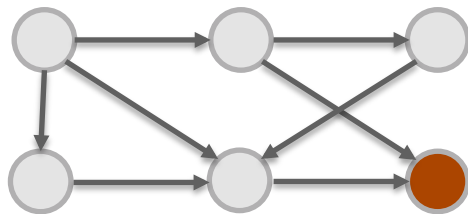
- É possível ajustar a MEF para que ela tenha um comportamento condizente com certas expectativas
 - Cujas sequências de saídas em função das entradas estejam em conformidade com expectativas dos projetistas
 - Isso pode ser feito explicitamente pelo projetista
 - Ou de forma automática (adaptativa) a partir de ajustes sucessivos

Contextualização

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Automato Adaptativo

- Avanço (alteração) sucessivo da estrutura com reflexos na função (comportamento) nela embutido
- Novos comportamentos podem se manifestar



Contextualização

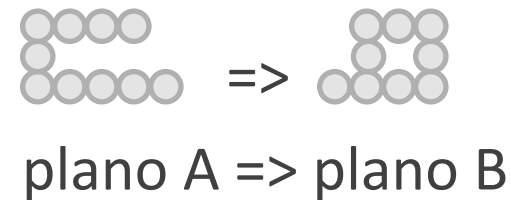
Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

- Quando a adaptação ocorre por processos evolucionários
- Capaz de evoluir e assim sucessivamente refinar sua capacidade para corresponder a um objetivo
 - Se conformar para resolver um problema (ou encontrar uma forma / solução adequada para o problema)
 - Otimização – encontrar uma boa solução num universo imenso de possibilidades
 - Ex: Algoritmo Genético (AG)

Contextualização

Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

- Capazes de evoluir
 - Modificação sucessiva de
 - um objeto
 - forma/estrutura: proteína
 - função: plano semafórico
 - um comportamento
 - como no caso anterior: FSM



Contextualização

Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

- Capazes de evoluir
 - Tem a capacidade de evoluir (se aperfeiçoar), assumindo formas e comportamentos mais adequados para desempenhar bem seus propósitos
 - Normalmente pressupõe um incremento de complexidade
 - Inspiração na natureza e particularmente em sistemas biológicos
 - Evolução das espécies

Contextualização

Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

- Capazes de evoluir
 - Emergência
 - Característica de sistemas dinâmicos complexos
 - Surgimento de novos comportamentos não previstos
 - Auto Organização
 - Capacidade intrínseca de sistemas adaptativos complexos
 - Sucessivos ajustes contrapondo evolução e balanceamento

Contextualização

Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

- Sistemas evolutivos
 - Algoritmos evolucionários
 - Exploram algum paradigma evolucionário para transformar o sistema permitindo sua evolução (genérico)
 - Algoritmos genéticos
 - Exploram um modelo de codificação genética para representar sistemas que evoluem em decorrência de operações realizadas no domínio genético

Contextualização

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

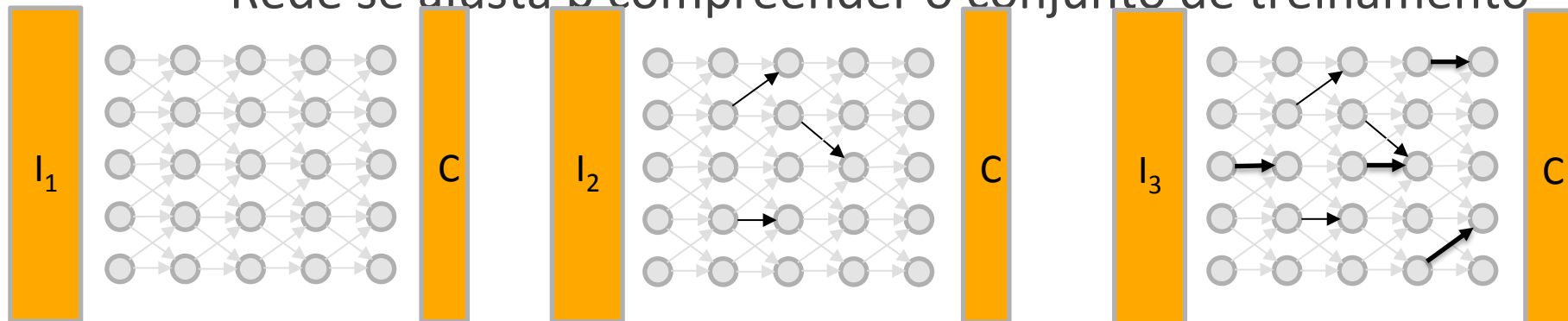
- Capazes de aprender
 - adquirir algum conhecimento/informação
 - mudar seu comportamento em função do que foi adquirido
 - se ajustar para efetuar algum procedimento
 - Ex: reconhecimento de uma classe de padrões
 - Ex: Redes Neurais Artificiais (ANN)

Contextualização

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Aprendizagem Computacional

- RNA
 - Implícita (escondida na importância das conexões)
 - Base de treinamento ($I_1, I_2, I_3, \dots$)
 - Ajustes sucessivos (backpropagation)
 - Rede se ajusta o compreender o conjunto de treinamento

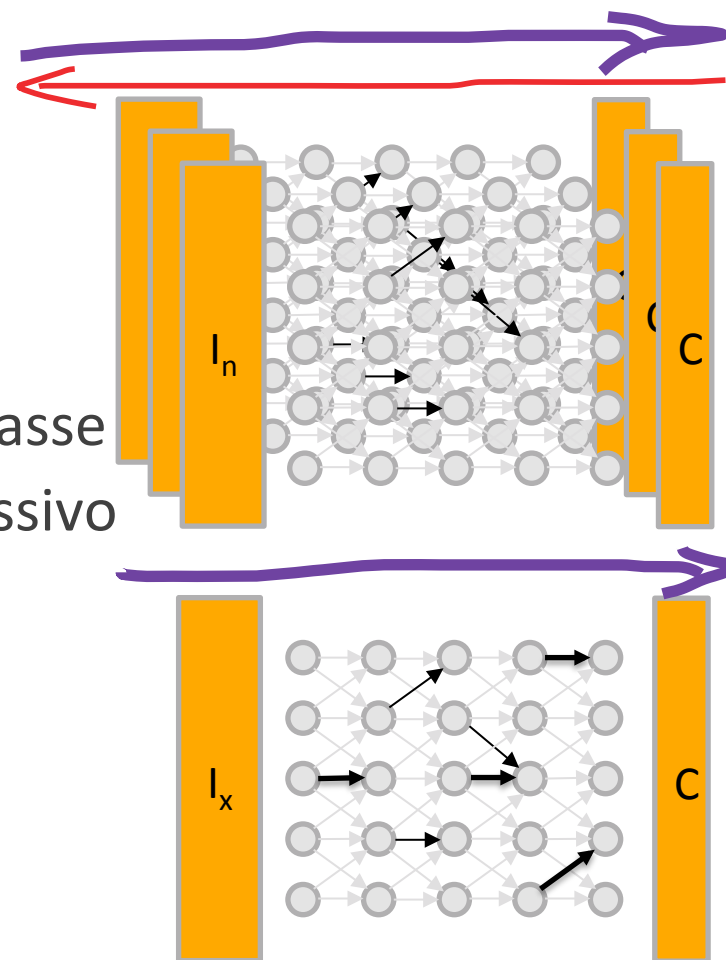


Contextualização

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Aprendizagem Computacional

- RNA
 - Fase 1:
 - Treinamento
 - Vasto conjunto de imagens da classe
 - Ajustes de refinamento sucessivo
 - Fase 2:
 - Reconhecimento
 - Classificação



Contextualização

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

- Sistema aprendiz
 - Possuem capacidade de aprendizado
 - Inferir novos conhecimentos a partir de outros já adquiridos
 - Aprendizado por ensinamento (professor)
 - Aprendizado por observação (autonomo passivo)
 - Aprendizado por experimentação (autonomo criativo)
 - Permitem a expansão da base de conhecimento
 - Mantem portanto um registro do seu conhecimento
 - De forma implícita (RNA) ou explícita (IAS)

Contextualização

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

- Sistema aprendiz
 - Diferentes formas de aprendizado
 - Inteligencia Artificial Simbolica (IAS / IA)
 - Tem dentre seus temas de interesse a questão do aprendizado
 - Aprendizado em agentes inteligentes
 - » A questão da expansão do conhecimento
 - » Agregação de novas informações
 - Aprendizado em multi-agentes
 - » Aprendizado distribuido
 - » Conhecimento comunitário (swarm computing)

Contextualização

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

- Sistema aprendiz
 - Diferentes formas de aprendizado
 - Rede Neural Artificial (RNA)
 - A questão do aprendizado é intrínseca às RNAs
 - Conhecimento fica distribuído na rede
 - » “Holografia” (cada parte tem contribuição para o todo)

Computação Evolucionária

Problemas

- Existem problemas cuja solução é encontrada seguindo uma estratégia (sequencia de etapas)
 - Final é desconhecido, mas estratégias para cada etapa são conhecidas
 - Ex: Jogo xadrez (10^{120} possíveis combinações)

Computação Evolucionária

Problemas

- Existem problemas cuja solução é encontrada testando sua validade / nível de adequação
 - Sabe-se o que se procura, mas não como chegar lá
 - Destino é conhecido, mas não o percurso para atingi-lo
 - Síntese de medicamentos (síntese molecular)
 - Verifica quão apropriada a molécula é para o que se procura
 - Acoplamento estrutural (quão bom é o encaixe)
 - Combinação de boas moléculas tem mais chance de levar a moléculas ainda melhores

Computação Evolucionária

Possibilidades

- Sistemas criativos
 - tentativa e erro, com refinamento sucessivo
 - defina regras e condições de contorno
 - deixe o sistema experimentar !
 - Propor / Analisar / Refinar (iterativamente)
- Aplicações (*Evolutive Design by Computer*)
 - Composição musical
 - Projetos arquitetônicos
 - Solução de problemas gerais

Computação Evolucionária

Evolução Natural

- Aquela observada na natureza
- Darwin
- Sucessivas (pequenas) alterações nos indivíduos
 - Mutação e reprodução (diversificação)
 - Seleção natural (adaptação)

TEMA 1

Computação Evolucionária

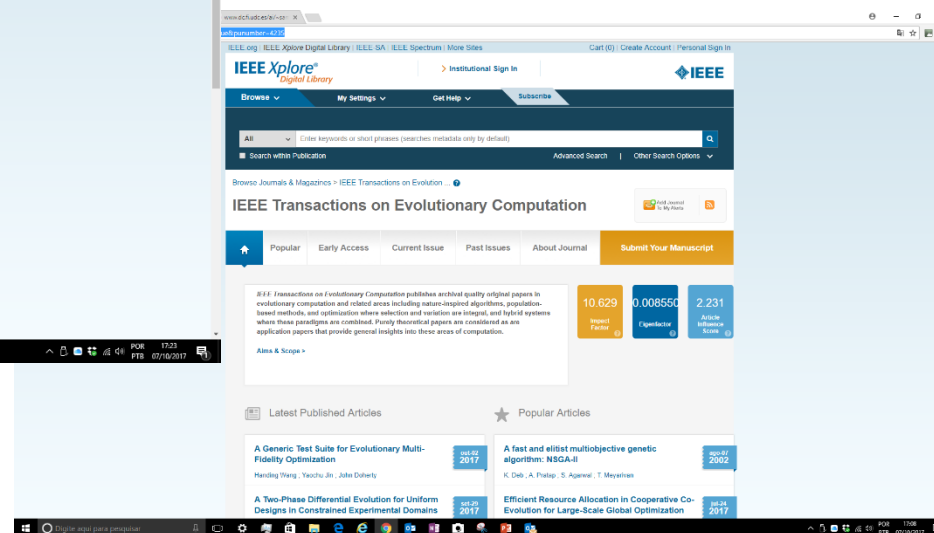
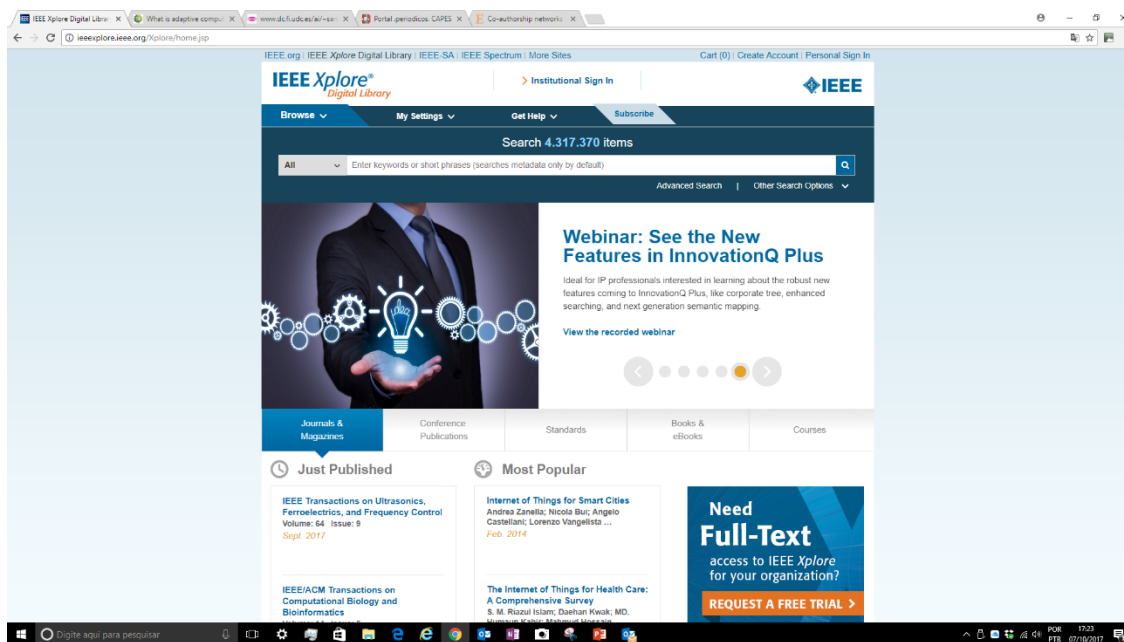
Aula 2

15out

- ferramentas de otimização - classe de problemas típicos

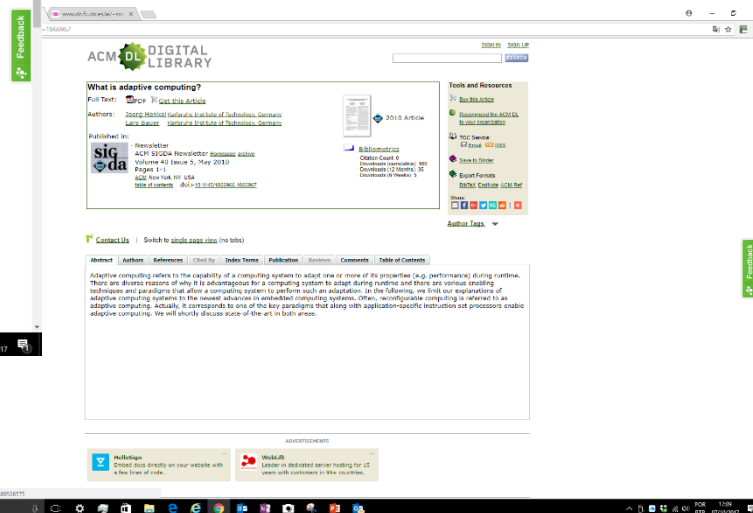
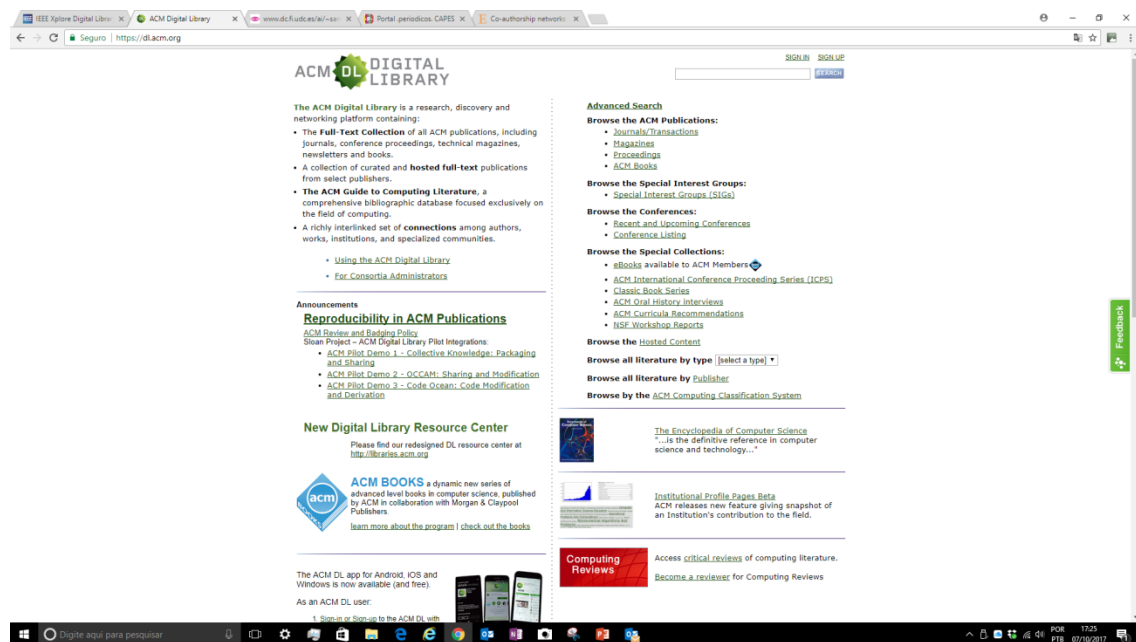
Referências

IEEE Xplore Digital Library
<http://ieeexplore.ieee.org>



Referências

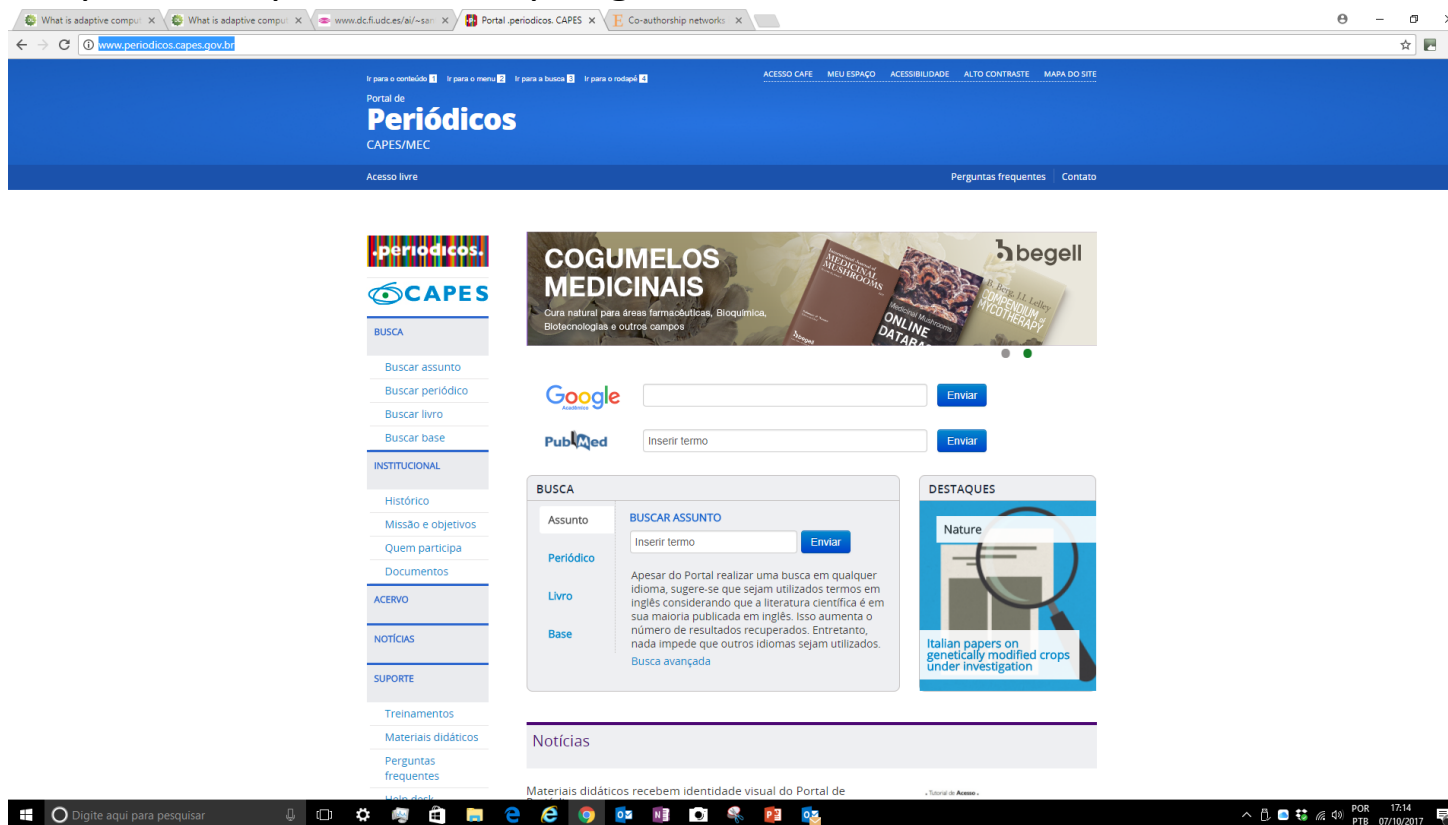
ACM Digital Library <http://dl.acm.org/>



Referências

Portal Periódicos CAPES

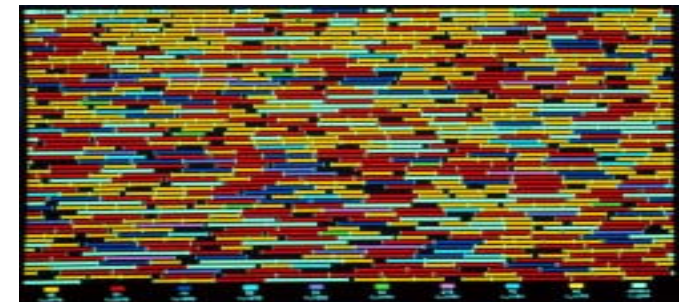
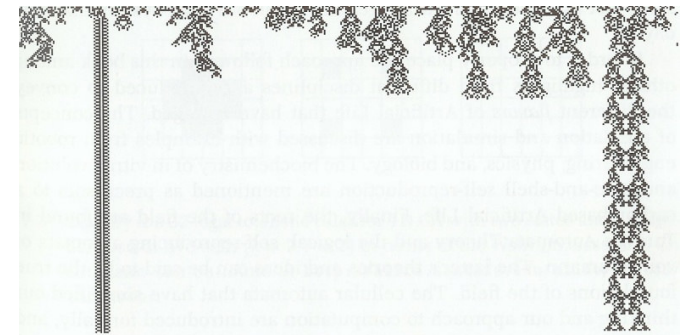
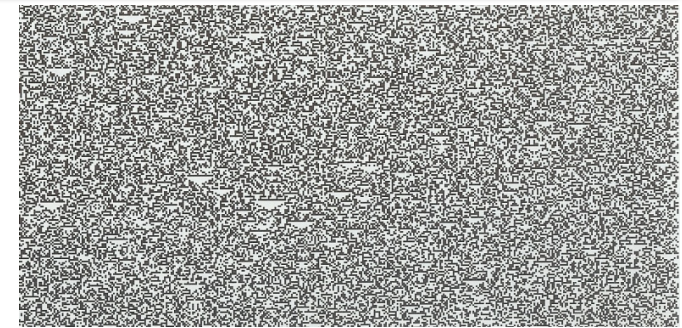
<http://www.periodicos.capes.gov.br/>



Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais: Paradigmas Biológicos

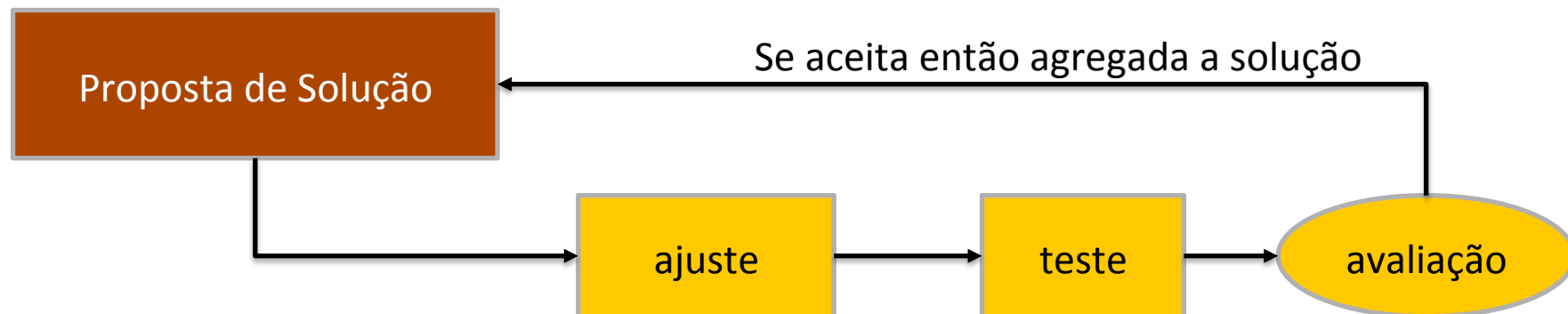
- Como evoluem ou se transformam os sistemas dinâmicos, enquanto sustentando algumas de suas características organizacionais ou comportamentais
- Relação de princípios matemáticos de sistemas auto-organizados, e de métodos estatísticos, com sua manifestação em sistemas biológicos
- Trata ainda da classe de procedimentos lógicos, retratados pela IA, de que são capazes os humanos



Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

- Computação Evolutiva
- Computação de avanços sucessivos
 - Ajustes
 - Testes e avaliações



Computação Evolucionária

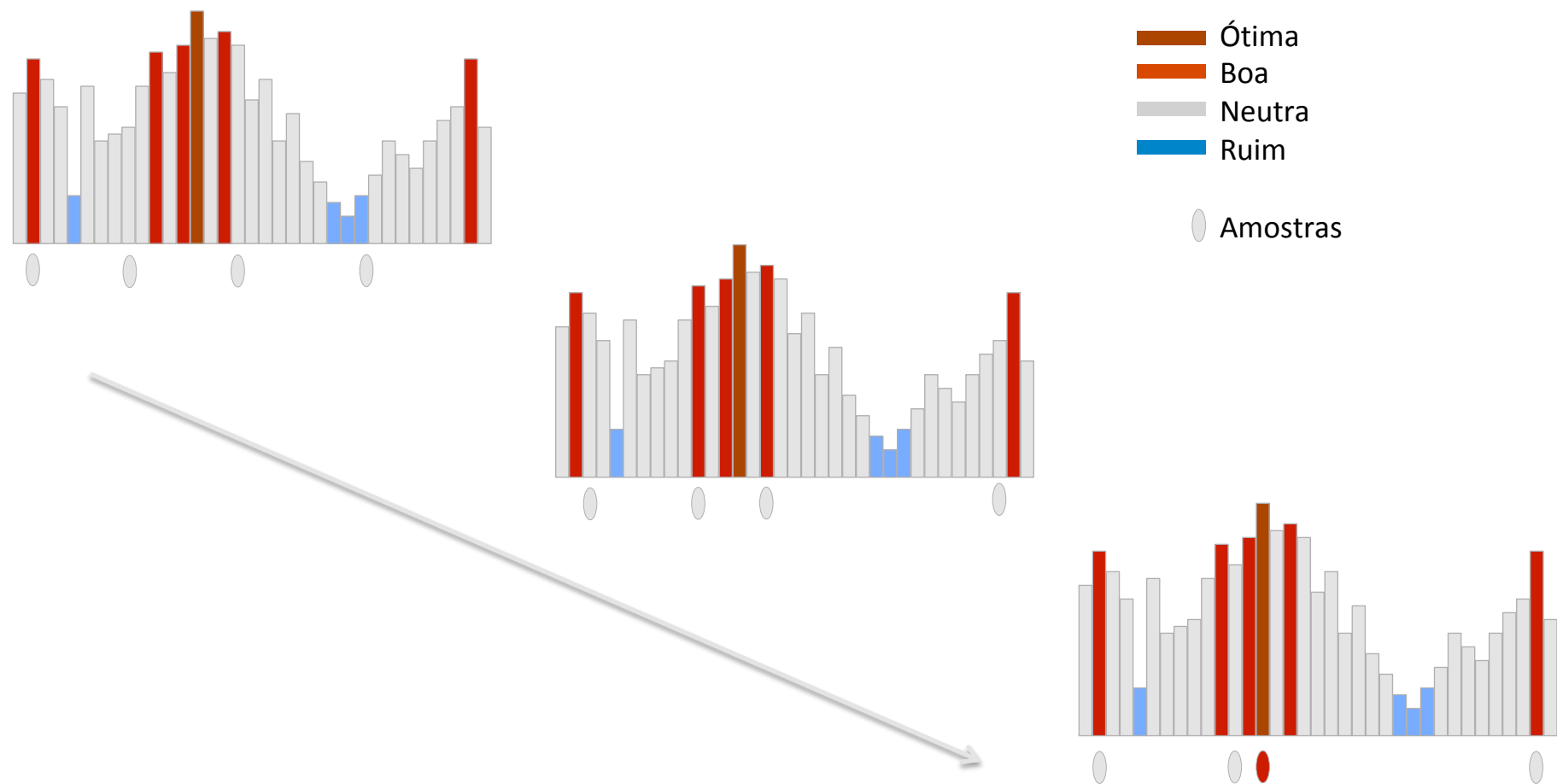
Sistemas Evolutivos Artificiais



- Como proceder para com um pequeno número de amostras (quando comparado ao número total de exemplares) conseguir encontrar o que se procura
 - Tipicamente o maior (menor) valor
 - Usando algum mecanismo de ajuste sucessivo

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais



Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

- Entende-se cada indivíduo como uma particular solução (candidata) do problema, e o espaço de soluções como aquele que contempla a todas as possíveis soluções
- A exploração de diferentes indivíduos permite vasculhar o enorme espaço de soluções, e desta forma a partir de um processo de sucessivo refinamento caminhar para encontrar uma solução senão ótima, ao menos muito boa

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

- Particularmente indicado em casos em que o espaço de soluções é muito grande (ex: 10^{30})
 - ou seja situações em que é explorar todas as soluções na busca da melhor é algo intratável
 - e em que não há conhecimento da função que qualifica cada solução
 - se houver e for conhecida pode-se ter uma solução analítica simples – ex função linear, ou derivável, basta ver o seu máximo!

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

- Procura-se resolver o problema usando apenas um numero sensivelmente menor que o total
 - Ex: num espaço de 10^{30} elementos (intratável) testar apenas 10^5 amostras (tratável)
 - Como escolher os 10^5 que sejam representativos?
 - Explorando coerência entre as melhores soluções e refinando este processo

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

- Uma grande diversidade de métodos computacionais e princípios matemáticos são aplicáveis para o desenvolvimento de sistemas adaptativos, inteligentes e eventualmente até mesmo conscientes
- A consolidação e extensão dos mesmos tem favorecido sua maior integração, com o que sistemas vivos e cognitivos artificiais começam a se tornar mais e mais sofisticados e complexos

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

- Aulas da próxima etapa ilustrarão métodos computacionais como algoritmos genéticos usados com êxito para estes propósitos
- Alguns exemplos demonstram a potencialidade deste tipo de computação, além de ressaltar sua relação com a biologia, seja enquanto inspiradora para vários deles, seja enquanto objeto de aplicações que possam ser desenvolvidas

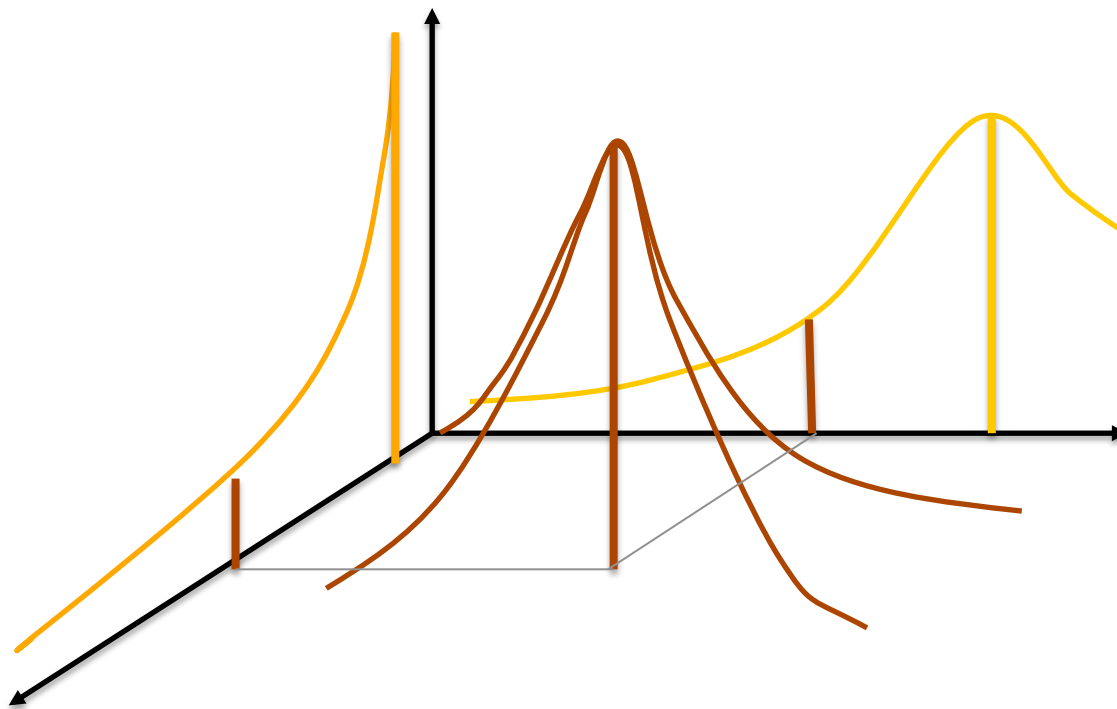
Computação Evolucionária

Métodos Otimização

- Diversos problemas são multidimensionais
 - Influenciados por diferentes variáveis (dimensões)
 - Nestes casos cada solução é encontrada a partir de um particular ajuste de cada uma de suas variáveis independentes (dimensões)
 - A busca por uma solução ótima pode ser tarefa altamente complexa ou enfadonha
 - A solução ótima pode não corresponder aquela em que se maximizou seu desempenho a partir do ajuste independente de cada entrada

Computação Evolucionária

Métodos Otimização



Computação Evolucionária

Métodos Otimização

- Diversos técnicas foram desenvolvidas para tratar de problemas desta natureza
 - Muitos tem bom desempenho (ou se aplicam) a certas classes de problemas mas não a outras
 - Já outros, como AG são genéricos e podem ser aplicados com bons resultados a quaisquer problemas desta natureza (multidimensionais)
 - Os AG são ainda recomendados em problemas cuja enumeração (dimensão) são tipicamente intratáveis por outros meios

Computação Evolucionária

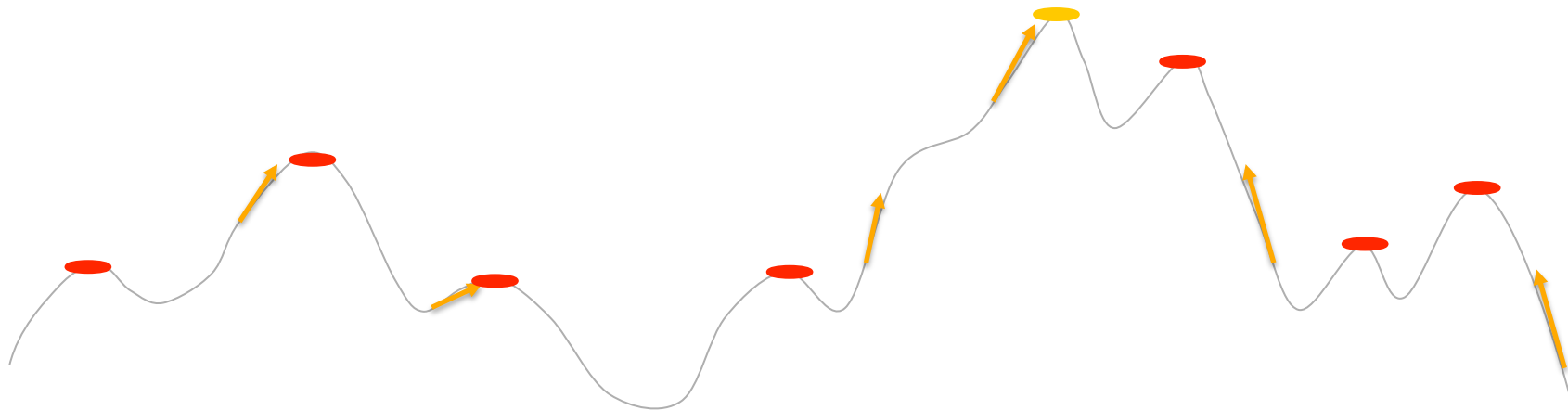
Métodos Otimização

- Método clássico: Gradiente Descendente (Ascendente)
 - Conhecida uma função, a partir da observação (calculo) de seus valores em pontos inicialmente aleatórios, pode-se continuamente procurar nas suas vizinhanças considerando o gradiente da função nestes pontos, outros melhores
 - Dando cada passo no sentido montanha acima ou abaixo.

Computação Evolucionária

Métodos Otimização

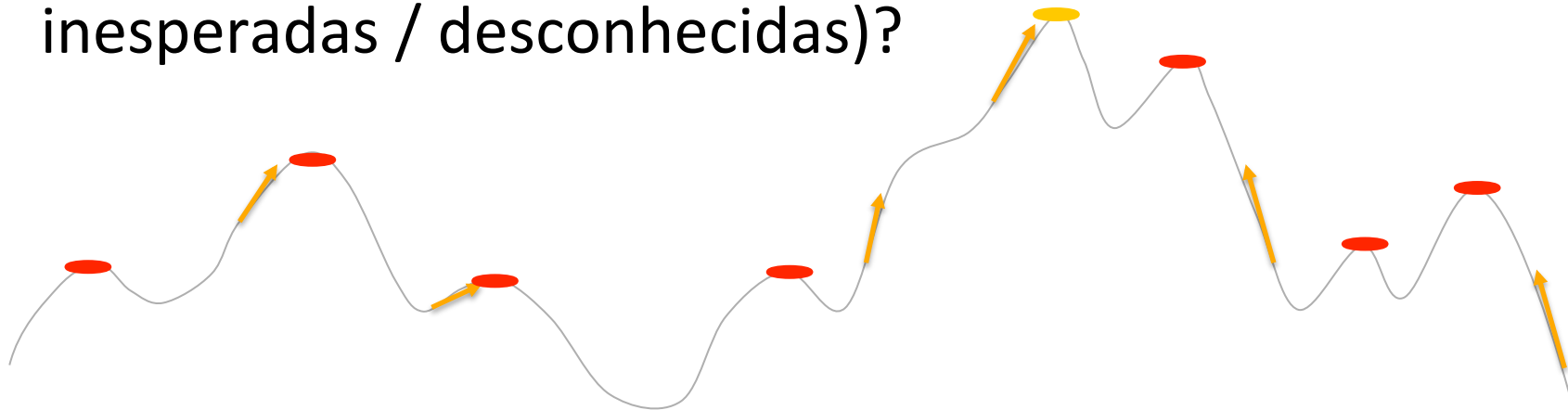
- Método clássico: Gradiente Descendente (Ascendente)
- Permite encontrar máximos (mínimos locais), mas não garante que seja encontrado o máximo (mínimo) global



Computação Evolucionária

Métodos Otimização

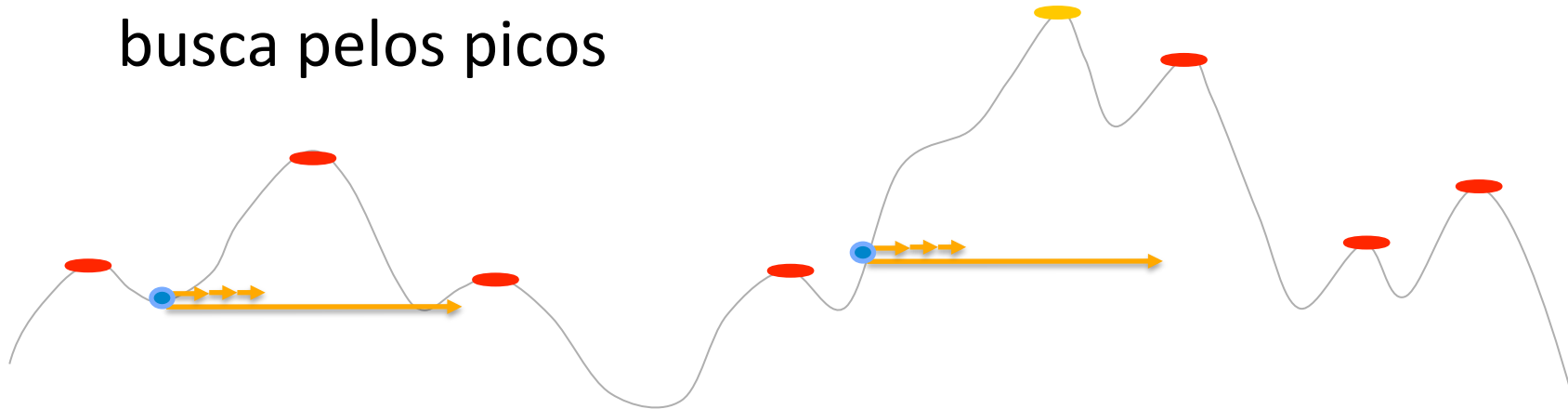
- E quando a função não tem uma forma analítica conhecida? Como proceder (não dá para derivar e encontrar os pontos de máximo/mínimo)
- E quando elas são mal comportadas (variam de formas inesperadas / desconhecidas)?



Computação Evolucionária

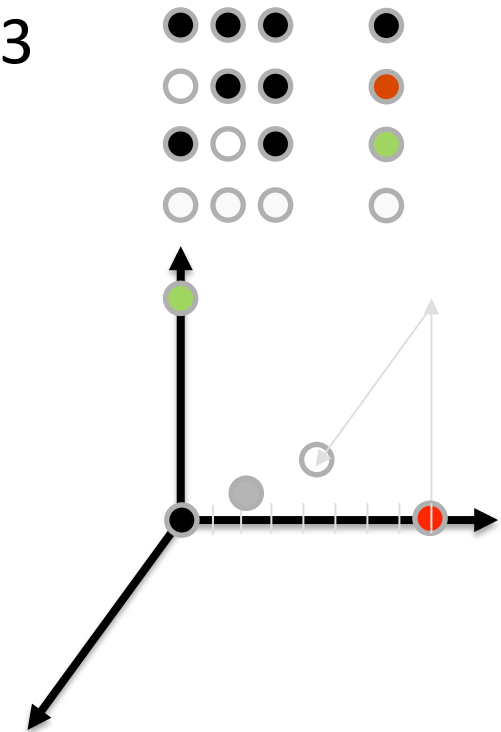
Métodos Otimização

- Ajuste sucessivo dos passos
 - Grandes demais podem ultrapassar o ponto procurado
 - Muito pequenos levam a um tempo excessivo na busca pelos picos



Representação no espaço de estados

- Seja uma imagem de 3 pixels
 - Cada pixel pode ser representado como uma dimensão
 - Portanto temos um espaço de dimensão 3
 - Cada eixo representa um pixel
 - E seu valor a intensidade deste pixel
 - ex 8 tons de cinza
 - Portanto, cada uma das 512 imagens possíveis corresponde a um ponto deste espaço $8^3 = 512$



Representação no espaço de estados

- Seja uma imagem de 100 x 100
 - 10.000 pixels
 - Cada pixel pode ser representado como uma dimensão
 - Portanto temos um espaço de dimensão 10 K
 - Cada eixo representa um pixel
 - E seu valor a intensidade ou cor daquele pixel
 - ex 256 tons de cinza
 - Portanto, cada imagem possível de ser formada nesta matriz 100x100 tem correspondência a um ponto deste espaço 256^{10K}
 - Temos que encontrar métodos eficientes para tratar isso!