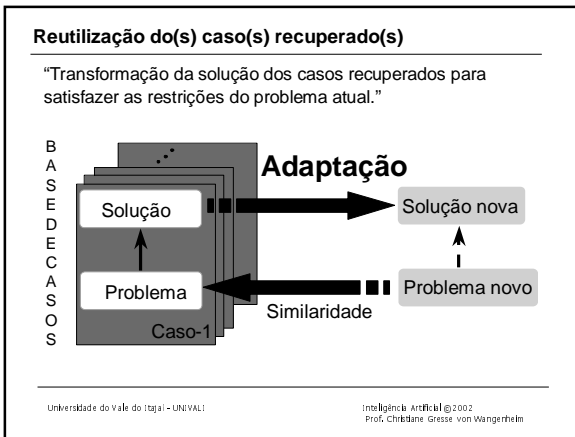
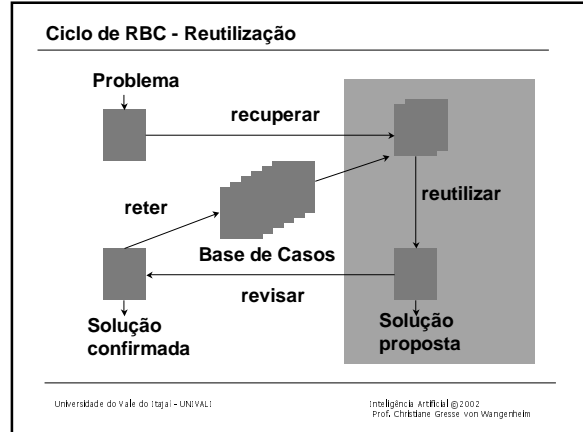


**RBC-Reutilização, Revisão e Aprendizagem**  
**2002-2**

---

Christiane Gresse von Wangenheim  
 Disciplina Inteligência Artificial  
 UNIVALI



- Exemplos de adaptação**
- **Diagnóstico:**
    - problema atual: "não imprime texto em preto"
    - caso recuperado; problema: "não imprime texto em azul"; causa: "cartucho de tinta colorida vazio"; conserto: "troca do cartucho de tinta colorida"
    - ⇒ substituição cartucho de tinta colorida -> cartucho de tinta preta
  - **Recuperação de informações:** numa loja virtual de venda de pacotes de viagem:
    - cliente deseja passar suas férias no Havaí por 2 semanas
    - caso mais similar: Local: Havaí; Categoria de hotel: Hotel 3 Estrelas; Esportes: Surfe, Duração: 7 dias; Preço: R\$ 3.950,00; Operadora: Holiday Tours; ...
    - ⇒ prolongação da estadia por mais uma semana, aumentando também o preço do pacote.
  - **Planejamento:** sistema de planejamento de receitas para refeições, como CHEF:
    - o usuário deseja preparar um prato contendo bife e brócolis
    - caso recuperado é bife com tofu
    - ⇒ substituição do tofu (proteína principal deste prato) pelo bife (comente a proteína principal dos pratos onde é ingrediente) e posterior adaptação do passo de fritura (substituindo tempo\_fritura(10min) -> tempo\_fritura(5min)) no preparo
- Unidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

- Adaptação**
- A ser considerado:
    - quais aspectos da situação devem ser adaptados?
    - quais modificações devem ser realizadas para esta adaptação?
    - que método aplicar para realizar a adaptação?
    - como controlar o processo de adaptação?
  - Para tornar possível a adaptação automática de casos, as técnicas desenvolvidas enfocam dois aspectos:
    - as diferenças entre o caso passado (cuja solução é conhecida e deve ser adaptada) e o caso atual, e
    - qual parte do caso recuperado pode se transferir para o caso novo.
  - **Exemplos de estratégias de adaptação:**
    - Adaptação nula (utilizada pela maioria dos sistemas comerciais)
    - Adaptação transformacional
    - Adaptação gerativa-derivacional
    - Adaptação composicional
- Unidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

- Adaptação transformacional**
- Solução do caso recuperado é transformada em uma nova solução satisfazendo o novo problema com a aplicação de conhecimento específico ao domínio do problema:
    - **Substituição:** reorganização de elementos da solução
      - Reinstanciação
      - Substituição baseada em regras
      - Substituição baseada em casos
    - **Estrutural:** adição e deleção de elementos da solução
  - Tipicamente, empregam regras transformacionais que modificam a solução, dependendo das diferenças entre atributos do problema encontrado e do problema atual.
- Unidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Técnica de substituição: Reinstanciação

- Aplicado quando a estrutura dos problemas é obviamente semelhante, mas os atributos são preenchidos c/valores diferentes
- Exemplo: CHEF
  - substitui uma receita de galinha c/ ervilhas a partir de uma receita de bife c/ brócolis
  - carne: galinha -> bife
  - verdura: ervilhas -> brócolis
- Processo:
  - Abstrai a estrutura geral da situação anterior e sua solução a partir do caso recuperado.
  - Compute correspondências entre os atributos na consulta e na descrição do problema no caso recuperado.
  - Instancie um novo caso com a estrutura do problema antigo e valores e solução baseados no cômputo da correspondência.
- Requisitos:
  - deve haver correspondência entre os casos
  - deve haver um modelo abstrato para a antiga situação

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Técnica de substituição: Substituição baseada em regras

- Técnica que emprega interpolação de valores entre o novo caso e o antigo
- Processo em dois passos:
  - Compare o problema antigo e o novo e extraia as diferenças.
  - Para cada diferença, aplique a regra ou heurística associada a este tipo de diferença para criar uma nova solução ou valor de atributo.
- Exemplo (PERSUADER): ajuste de valores de contrato
  - "Comparação diferente, crime diferente: Se um crime teve um resultado pior e os crimes são diferentes, então aumenta a sentença passada por 25%."
  - "Força extrema, crime igual: Se força extrema foi usada e os crimes não são diferentes, então aumenta a sentença por 50%."

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Técnica de substituição: Substituição baseada em casos

- em algumas situações, o melhor lugar p/ procurar um substituto é em outro caso similar que representa uma alternativa
- Exemplo: CLAVIER - derivação de conjuntos de layouts de peças em um autoclave (forno)
- para buscar casos apropriados, 2 aspectos são necessários:
  - o sistema deve ser capaz de construir uma descrição do que ele está procurando
  - os casos devem estar indexados p/permitir a recuperação baseada no conteúdo de suas partes

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Adaptação derivacional

- Técnicas de adaptação transformacional corrigem uma antiga solução para adequar-se a uma nova.
- As vezes é mais apropriado recompor uma nova solução (ou solução parcial) da mesma forma pela qual a solução anterior foi construída.
- Analogia Derivacional:
  - Não somente a solução de fato do caso recuperado é armazenada, mas também o registro do processo que levou a esta solução.
  - Re-executa (**replay**) toda a seqüência de passos de um caso anterior para calcular a resposta para um novo problema.
- Requer um solucionador de problemas gerativo que seja integrado ao raciocinador baseado em casos, p.ex., uma máquina de inferência de configuração ou de planejamento.
- RBC permite uma estratégia que busque a solução de um novo problema a partir de uma solução semi-pronta.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Técnica de adaptação derivacional: One shot replay

- Primeiramente identifica-se quais partes da solução podem ser reutilizadas no contexto da nova situação. Estas partes são re-atuadas pelo solucionador de problemas. Após terminar, o solucionador de problemas vai tomar as decisões restantes por conta própria com base na modelagem do domínio.
- Processo:
  - Recupere um caso similar à nova situação da base de casos.
  - Decida quais porções do processo de solução armazenado no caso podem ser reutilizados.
  - Efetue o **replay** destas decisões.
  - Gere as decisões restantes.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Exemplo simplificado

C A S O	<b>Problema:</b> Esportes: 0 Negócio: 10 ...
	<b>Histórico da solução:</b> 1. Seleccione meio de transporte (->Avião) 2. Seleccione hotel (->Tree Star) 3. Seleccione infra-estrutura para conferências (->Meeting Room Greenforest)

**Novo Problema:**  
Esportes: 10  
Negócio: 0  
....

As decisões 1 e 2 do caso são re-atuadas primeiro, por serem decisões válidas também no contexto atual.  
 Depois, a decisão restante (escolha de artigos esportivos) é tomada.

<b>Novohistórico da solução:</b> 1. Seleccione meio de transporte (-> Avião) 2. Seleccione hotel (-> Beach Park) 3. Seleccione artigos esportivos (->prancha de surfe)
---

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Adaptação composicional

- Novos componentes de solução adaptados de vários casos anteriores são combinados para produzir uma nova solução composta.
- Pré-requisito: solução consiste de diferentes partes que possam ser adaptadas de forma mais ou menos independente.
- Processo:
  - Recupere casos similares à situação presente, que satisfaçam pelo menos parcialmente os requisitos
  - Componha uma solução à nova situação combinando partes destes casos
  - Resolva conflitos
- Exemplo:
  - Nova situação: procurado pacote de viagem para uma viagem de negócios prolongada, incluindo atividades esportivas
  - Nova solução: caso de viagem de férias + caso de viagem de negócios

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Adaptação no Sistema CBRWorks

- Regras de completção**
  - para completar uma busca ou um caso na base
- Regras de adaptação**
  - para derivar um novo resultado dos casos recuperados

```

    graph TD
        A[Car is from Volkswagen] --> B[? Model isRegular]
        A --> C[? Model <= "VW"]
        A --> D[! Manufacturer := "VW"]
        E[Car is from BMW] --> F[? ?]
        G[Adaptation Rules] --> H[Recalculate price for new color]
        H --> I[? Query::Color isRegular]
        H --> J[? Retrieved::Color isRegular]
        H --> K[? Query::Color <> Retrieved::Color]
        H --> L[? ?OldPrice := Retrieved::Price]
        H --> M[? ?OldPrice be_of_type Integer]
        H --> N[? ?NewPrice := ?OldPrice + 2000]
        H --> O[? ?NewPrice be_of_type Price]
        H --> P[! Result::Price := ?NewPrice]
        H --> Q[! Result::Color := Query::Color]
    
```

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Ciclo de RBC – Revisão

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Revisão

- Revisão da aplicação da nova solução para resolver o problema atual
- A revisão consiste de duas tarefas:
  - avaliar a solução gerada pelo reuso. Se for considerada como correta, aprenda com o sucesso e continue com a retenção do novo caso na base de casos.
  - Caso contrário, repare a solução para o caso, utilizando conhecimento específico sobre o domínio de aplicação ou informações fornecidas pelo usuário.
- Tamanho da revisão
  - sem melhoria
  - revisão da solução pela simulação
  - revisão da solução pela aplicação no mundo real
- Critérios da revisão
  - correção da solução
  - qualidade da solução
  - outros (p.ex. preferências do usuário)

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Exemplos de revisão

- Diagnóstico:**
  - novo problema: não imprime texto preto
  - solução sugerida: trocar o cartucho de tinta preto
  - usuário aplicou a solução à sua impressora em casa, mas o problema permanece: causa da falha: causa real é falta de energia por problema na fonte de alimentação da impressora e solução corrigida: troca da fonte de alimentação
- Recuperação de informações:** agência virtual de viagens calculando a similaridade local para o destino de viagem exclusivamente na distância geográfica dos locais.
  - cliente quer ir ao Rio de Janeiro implicando que quer ir a uma grande cidade próxima a belas praias
  - sistema sugere um pacote de viagem para São Paulo (geograficamente mais perto do Rio)
  - cliente rejeita a oferta => modificação da medida de similaridade local
- Planejamento:** planejamento de refeições como CHEF
  - substituição de ingredientes da solução recuperados
  - falha observada, p.ex. verdura ficou crua
  - necessidade da adaptação também do procedimento de preparo, p.ex. cozinhar por 15 minutos ao invés de 5 minutos.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Ciclo de RBC - Reter novo caso

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Intelligência Artificial ©2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

## Retenção

Retenção de casos é o processo de incorporação, ao conhecimento já existente, daquilo que é útil de um novo episódio de solução de um problema.

- Objetivo é continuamente melhorar a performance do sistema RBC tornando-se um solucionador de problemas mais poderoso, com o passar do tempo e sua utilização.
  - Eficiência
  - Qualidade da solução sugerida
- Melhorar:
  - a base de casos, por meio de adição, modificação e deleção de casos
  - a medida de similaridade, p.ex., por meio do ajuste de pesos
  - a transformação da metodologia de solução, p.ex., por meio do ajuste das regras de adaptação de casos

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

## Tipos de retenção

- Três tipos de retenção em sistemas RBC:
  - **Sem retenção de casos:** geralmente aplicado em domínios
  - A forma típica: **Retenção de soluções de problemas.** Assim que um novo problema é resolvido, a experiência é incorporado à base de casos como novo caso.
  - **Retenção de documentos.** Adquisição de novo conhecimento de forma assíncrona ao processo de solução de problemas, sempre que se encontrar disponível.
- Considerar o que?
  - Nova experiência (novo caso)
  - Performance do sistema:
    - Avaliação da similaridade
    - Importância dos atributos
  - Organização da base de casos (eficiência)
  - Adaptação da solução

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

## Reter novos casos

- Razões para incluir novos casos na base:
  - melhorar competência do sistema (sem este caso, o sistema não pode achar uma solução correta)
  - melhorar eficiência (com este caso o sistema acha uma solução mais rápido, p.ex., menos esforço necessário para adaptação)
- Razões para não incluir um novo caso:
  - Aumenta esforço de recuperação
  - Aumenta necessidade de memória
- Razões para excluir casos da base:
  - redução do esforço de recuperação e memória
  - caso não é mais válido
  - caso é ultrapassado

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

## Processo de retenção

- **Extração de conhecimento:** seleção da informação que deveria ser capturada
  - Fontes para novas experiências podem ser:
    - Para sistemas de retenção de documentos: documentos, manuais, descrições de produtos, jurisprudência, protocolos de pacientes, etc.
    - Para sistemas de retenção de soluções de problemas: soluções de problemas, estruturas do caminho de solução, históricos de adaptação, etc.
- **Indexação de casos:** decidir que índices devem ser utilizados e como estruturar o espaço de busca.
  - Na verdade, um problema de aquisição de conhecimento:
    - Solução trivial: utilização de todos os atributos como índices
    - Métodos de aprendizagem para determinação de características relevantes
- **Integração na base de casos:**
  - Atualização dos *knowledge containers*

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

## Aprendizagem

### Aprendizado Baseado em Casos

- Durante o processo de aprendizado, é gerada por meio da entrada uma seqüência  $C_1, \dots, C_n$  de casos. Partindo-se de uma base de casos vazia  $CB = \emptyset$  e de uma medida de similaridade inicial  $sim_0$ , é gerada uma seqüência de tuplas  $(CB_1, sim_1), \dots, (CB_k, sim_k)$  com  $CB \subseteq \{C_1, \dots, C_k\}$ .
- O objetivo do processo de aprendizado baseado em casos é, em seu extremo, descrever um conceito  $C$  exatamente por meio de uma tupla  $(CB_n, sim_n)$ . Durante este processo, o conceito a ser aprendido é aproximado com a seqüência  $C_i = (CB_i, sim_i), \dots, C_k = (CB_k, sim_k)$  de conceitos.
- Um conceito  $C$  foi aprendido por um classificador comparador de casos, quando  $\exists n \forall m C = (CB_n, sim_n) = (CB_m, sim_m)$ , i.e., durante a entrada de mais casos  $C_i, i \geq n$  a descrição do classificador  $(CB_n, sim_n)$  não se altera mais.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

## Algoritmos para o aprendizado baseado em casos - 1

- **Algoritmos de Aprendizado de Instâncias (Algoritmos-IBL):**
  - aprendem a categorizar um conjunto de classes de objetos de forma incremental com base em exemplos de instâncias dessas categorias
  - partem do princípio de que instâncias similares pertencem a categorias similares, e criam essas categorias em função das similaridades detectadas
- Cada caso é representado pelo mesmo conjunto de atributos que define um *espaço de instância*  $n$ -dimensional:
  - exatamente um desses atributos corresponde ao *atributo de categoria*
  - os outros atributos são *atributos preditores*
- Uma **categoria** é o conjunto de todos os casos em um espaço de instância que possui o mesmo valor para seu atributo de categoria, assumindo que:
  - existe exatamente um único atributo de categoria
  - as categorias são disjuntas
  - atributos preditores são definidos sobre conjuntos de valores completamente ordenados

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

**Algoritmos para o aprendizado baseado em casos - 2**

- Objetivo da aprendizagem:
  - Dado um conjunto de treinamento de exemplos classificados
  - Construir uma descrição que predizerá corretamente as categorias de exemplos futuros
- Dado:
  - Medida de similaridade: Similaridade  $(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x_i, y_i)$   
 $n = n^\circ$  de atributos,  
 $f(x_i, y_i) = (x_i - y_i)^2$  (valores numéricos),  
 $f(x_i, y_i) = (x_i \neq y_i)$  (booleano e simbólico)
  - Seqüência de casos de treinamento  $C_1, C_2, \dots, C_n$
- Várias abordagens
  - IBL1: Incluir cada caso na base
  - IBL2: Incluir só casos que foram classificados com erro utilizando a base atual
  - IBL3: Incluir só casos que foram classificados com erro utilizando a base atual e remover casos „ruins“

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI | Intelligência Artificial ©2002 | Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

**Algoritmo IBL1**

- Inicialize Base\_de\_casos := 0.
- PARA cada  $x \in$  conjunto de treinamento FAÇA
  - PARA cada  $y \in$  Base\_de\_casos FAÇA  
 $Sim[y] := sim(x, y)$
  - $y_{max} :=$  algum  $y \in$  Base\_de\_casos com MAX  $Sim[y]$
  - SE classe(x) = classe( $y_{max}$ )  
 ENTÃO classificação := correta  
 SENÃO classificação := incorreta
  - Base\_de\_casos := Base\_de\_casos  $\cup$  {x}

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI | Intelligência Artificial ©2002 | Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

**IBL1: Performance**

- Implementa a função de classificação de *nearest neighbor* que permite de determinar facilmente quais instâncias no espaço de instância serão classificadas por quais dos casos armazenados.
- IBL1 possui uma performance relativamente boa
- Exemplo: 100 instâncias de treinamento aleatórias e retiradas de uma distribuição uniforme e 4 conceitos alvos.

Depois de 5 instâncias

Depois de 25 instâncias

Depois de 100 instâncias

Base de casos = linha sólida  
 Conceito alvo = linha pontilhada

- Mas, realiza um número desnecessário de cálculos de similaridade durante a predição

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI | Intelligência Artificial ©2002 | Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

**Aprendizado baseado em casos**

- Métodos de aprendizado simbólicos: representação explícita do conceito aprendido, p.ex., por uma regra, árvore de decisão
- Métodos baseados em casos: representação implícita dos conceitos por meio da função de similaridade, da função de classificação e dos casos armazenados na base de casos.
- Vantagens:
  - Simplicidade
  - Redução do tamanho de armazenamento de casos
  - Usado para tarefas de classificação (classificar instâncias para conceitos não explicitamente definidos)
  - Baixos custos de modificação

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI | Intelligência Artificial ©2002 | Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

**Indução**

Uso de exemplos para chegar em conclusões generalizadas

- Extrapolar de um conjunto dado de exemplos para fazer predições corretas sobre exemplos futuros.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI | Intelligência Artificial ©2002 | Prof. Christiane Gresse von Wangenheim