

## Raciocínio Baseado em Casos: Visão Geral

2002-2

Christiane Gresse von Wangenheim  
Disciplina Inteligência Artificial  
UNIVALI

### Gestão de conhecimento

- Tecnologias existentes para responder perguntas, p.ex.:
    - Banco de dados
    - Sistemas baseados regras
    - Sistemas de recuperação de informação
  - Algumas perguntas “desagradáveis”:
    - Eu tenho um pouco de dor de cabeça, febre e pressão alta. O que devo fazer?
    - Minha casa está na beira do lago. Ela tem três quartos, uma sala grande e uma lareira. Ela tem cinco anos. Posso vender a casa por R\$ 100.000 ?
    - Você pode me vender um carro usado barato, que não tem mais de 7 anos, de preferência um Chrysler Diesel azul?
- ⇒ Mecanismos de lógica exata (p.ex. bancos de dados ou sistemas baseados em regras) falham
- ⇒ Sistemas de RI falham, se não há documentos ou se as perguntas não são bem descritas

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Raciocínio Baseado em Casos (RBC) - Uma solução

- RBC tenta achar respostas se
  - a pesquisa é vaga
  - a situação é descrita incompletamente
  - não existem respostas exatas
  - respostas representam documentos
  - respostas podem ser links para documentos

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### O que é Raciocínio Baseado em Casos (RBC)?

*Case-based reasoning is [...] reasoning by remembering.*  
Leake, 1996

*A case-based reasoner solves new problems by adapting solutions that were used to solve old problems.*  
Riesbeck & Schank, 1989

*Case-based reasoning is a recent approach to problem solving and learning [...]*  
Aamodt & Plaza, 1994

*Case-based reasoning is both [...] the ways people use cases to solve problems and the ways we can make machines use them.*  
Kolodner, 1993

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Pessoas usam raciocínio baseado em casos ...

- O médico lembra-se da história da doença de um outro paciente  
«Os problemas apresentados pelos ouvidos do paciente são parecidos com um caso típico de otite média. Assim vou administrar-lhe um tratamento para otite média.»
- Um técnico de serviço lembra-se de um defeito similar nesse tipo de máquina  
«Essa TV tem os mesmos problemas de uma que eu consertei na semana passada, então, também vou trocar as válvulas de saída de áudio.»
- Um profissional jurídico reforça os seus argumentos com jurisprudências semelhantes  
«Esse caso deve ser decidido como no caso Santos v. de Silva»
- Um arquiteto estuda as plantas de um prédio já existentes ao planejar uma construção similar  
«No ano passado fiz uma casa de praia com três quartos, na encosta de um morro, vou usar o plano daquele caso como uma base.»
- Um vendedor relata sobre a venda com sucesso de um produto a um cliente com características semelhantes  
«Muitos estudantes ficam nesse hotel em Porto de Galinhas.»

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Interação: modelos mentais/conhecimento experimental



Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Raciocínio Baseado em Casos

▪ **Raciocínio Baseado em Casos** é um enfoque para a solução de problemas e o aprendizado baseado em experiência passada. RBC resolve problemas ao recuperar e adaptar experiências passadas - chamadas casos - armazenadas em uma base de casos. Um novo problema é resolvido com base na adaptação de soluções de problemas similares já conhecidas.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Inteligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### O que é RBC?

Uma metodologia para modelar o raciocínio e o pensamento humano

Uma metodologia para construir sistemas computacionais inteligentes

▪ RBC em uma forma simplificada:

- Armazena experiências anteriores (casos) na memória
- Para resolver novos problemas:
  - recuperar experiências **similares** a partir de situações na memória (faz analogias)
  - reutilizar a experiência no contexto da situação nova: reutilização completa ou parcial, ou **adaptação** de acordo com as diferenças
  - **revisar** a nova solução
  - armazenar a experiência nova na memória (**aprendizagem**)

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Inteligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Modelo simples de RBC

Resolve novos problemas pela seleção de casos com problemas semelhantes e adaptando a solução para o problema atual

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Inteligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Um exemplo simples de diagnose

#### Diagnóstico técnico de impressoras

- Sintomas são observados e valores medidos
- Meta: Identificar a causa para o defeito
- e corrigir a estratégia

**Impressora modelo Robotron Matrix 600 não funciona e todas as luzes estão apagadas**

**Curto-circuito**  
**Troca da fonte de alimentação**

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Inteligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Diagnóstico baseado em casos

- Um caso descreve uma situação diagnosticada e inclui:
  - descrição de sintomas
  - descrição do defeito e causa
  - descrição da estratégia de correção
- Armazenar uma coleção de casos numa base de casos

⇒ Identificar um caso similar ao problema atual e reutilizar a estratégia de correção

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Inteligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### O que é um caso?

- Um caso descreve uma situação específica de diagnóstico
- Um caso guarda vários atributos e os valores deles nessa situação

Um caso não é uma regra!

**Atributo**      **Valor**

C A S O	<b>Problema (Sintomas)</b>
	Descrição: Impressora não funciona Modelo: Robotron Matrix 600 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: apagada Luz de estado da tinta preta: apagada Estado do interruptor: ligado
1	<b>Solução</b> Diagnóstico: Curto-circuito Ação: Troca da fonte de alimentação

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Inteligência Artificial @2002  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

**Base de casos**

- Cada caso descreve uma situação específica
- Todos os casos são independentes

C A S O	<b>Problema (Sintomas)</b> Descrição: Impressora não funciona Modelo: Robotron Matrix 600 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: apagada Luz de estado da tinta preta: apagada Estado do interruptor: ligado
	<b>Solução</b> Diagnóstico: Curto-circuito Ação: Troca da fonte de alimentação
C A S O	<b>Problema (Sintomas)</b> Descrição: Não imprime em preto Modelo: Robotron Matrix 800 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: apagada Luz de estado da tinta preta: acesa Estado do interruptor: --
	<b>Solução</b> Diagnóstico: Cartucho de tinta preta vazio Ação: Troca do cartucho de tinta preta.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
 Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

**Solução de um novo problema**

- Nós fazemos várias observações sobre a situação atual
- Observações definem o novo problema
- Não todos os valores dos atributos precisam ser conhecidos
- O novo problema é um caso sem a parte da solução

**Problema (Sintoma):**  
 Descrição: Não imprime em cores  
 Modelo: Robotron 200  
 Luz de estado do papel: apagada  
 Luz de estado da tinta colorida: acesa  
 Luz de estado da tinta preta: apagada  
 Estado do interruptor: não conhecido

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

**Identificação de casos similares**

Novo Problema

↔

Similar ?

C  
A  
S  
O  
x

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

**Identificação de casos similares**

- Quando dois casos são similares?
- Como priorizar os casos em relação à similaridade?

Similaridade é o conceito mais importante no RBC!!

- Definição de **medidas de similaridade**
- Expressar o grau da similaridade por um número real entre 0 e 1
- Nós podemos determinar a similaridade baseado na similaridade de cada atributo
- Similaridade de cada atributo depende do valor do atributo
- Importância de atributos pode ser diferente
- **Princípio: global - local**

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

**Cálculo da similaridade local**

- Associação de similaridades para os valores dos atributos

Atributo: *Luz de estado do papel*

apagada  $\xleftrightarrow{1.0}$  apagada

apagada  $\xleftrightarrow{0.0}$  acesa

Atributo: *Modelo*

Robotron 100  $\xleftrightarrow{0.8}$  Robotron 200

Robotron 100  $\xleftrightarrow{0.2}$  Robotron Matrix 800

*Muito similar* (acima de 0.8)

*Não similar* (abaixo de 0.2)

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

**Cálculo da similaridade global**

- Valor da similaridade global calculado com base nos valores de similaridade locais
- Atributos podem ter importância diferente  $\Rightarrow$  pesos!
  - Alta importância (peso 5):
    - Descrição
  - Média importância (peso 2):
    - Luz de estado do papel
    - Luz de estado da tinta colorida
    - Luz de estado da tinta preta
    - Estado do interruptor
  - Baixa importância (peso 1):
    - Modelo

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

### Comparar novo problema e caso 1

<b>Problema (Sintoma):</b> Descrição: Não imprime em cores Modelo: Robotron 200 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: acesa Luz de estado da tinta preta: apagada Estado do interruptor: não conhecido	0.0 0.6 1.0 0.0 1.0 0.0	<b>Problema (Sintomas)</b> Descrição: Impressora não funciona Modelo: Robotron Matrix 600 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: apagada Luz de estado da tinta preta: apagada Estado do interruptor: ligado
---	--	--

atributo com alta importância: peso = 5  
 atributo com média importância: peso = 2  
 atributo menos importante: peso = 1

**Solução**  
 Diagnóstico: Curto-circuito  
 Ação: Troca da fonte de alimentação

**Cálculo da similaridade pela Média Ponderada**  
 $sim(novo, caso1) = [5 \cdot 0.0 + 1 \cdot 0.6 + 2 \cdot 1.0 + 2 \cdot 0.0 + 2 \cdot 1.0 + 2 \cdot 0.0] / [5 + 1 + 2 + 2 + 2] = 0.3$

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

### Comparar novo problema e caso 2

<b>Problema (Sintoma):</b> Descrição: Não imprime em cores Modelo: Robotron 200 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: acesa Luz de estado da tinta preta: apagada Estado do interruptor: não conhecido	0.9 0.6 1.0 0.0 0.0 0.0	<b>Problema (Sintomas)</b> Descrição: Não imprime em preto Modelo: Robotron Matrix 800 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: apagada Luz de estado da tinta preta: acesa Estado do interruptor: --
---	--	---

**Solução**  
 Diagnóstico: Cartucho de tinta preta vazio  
 Ação: Troca do cartucho de tinta preta.

$sim(novo, caso2) = [5 \cdot 0.9 + 1 \cdot 0.6 + 2 \cdot 1.0 + 2 \cdot 0.0 + 2 \cdot 0.0 + 2 \cdot 0.0] / [5 + 1 + 2 + 2 + 2] = 0.5$

⇒ caso 2 é mais similar

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

### Reutilização da solução do caso 2

<b>Problema (Sintoma):</b> Descrição: Não imprime em cores Modelo: Robotron 200 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: acesa Luz de estado da tinta preta: apagada ...	<b>Adaptar Solução</b> Como afetam as diferenças entre o problema e a solução?
--	---

**Nova Solução:**  
 Diagnóstico: cartucho de tinta colorida vazio  
 Ação: Troca do cartucho de tinta colorida

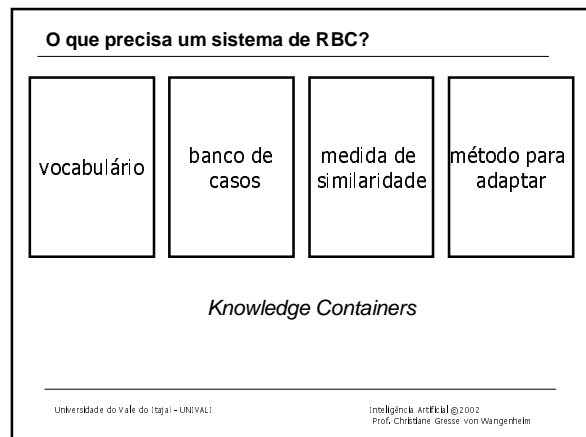
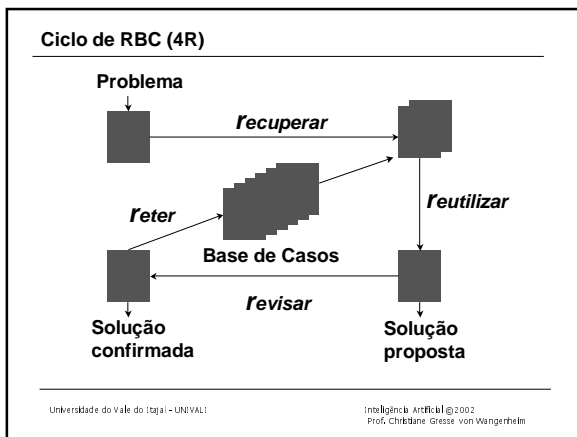
Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI | Intelligência Artificial @2002 | Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

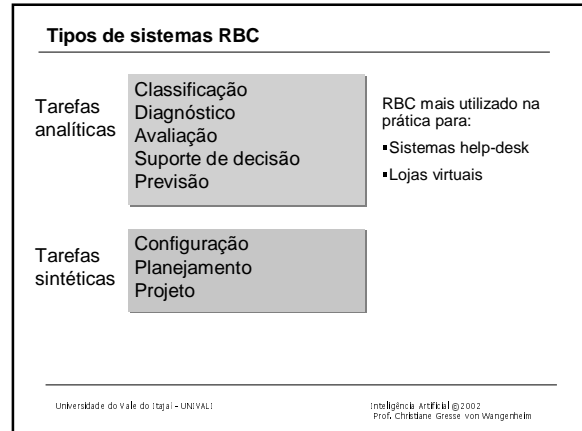
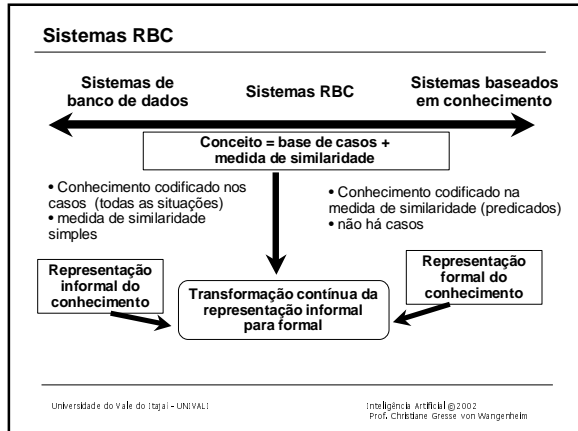
### Armazenar nova experiência

Se o diagnóstico está correto: armazena o novo caso na memória.

<b>Problema (Sintoma):</b> Descrição: Não imprime em cores Modelo: Robotron 200 Luz de estado do papel: apagada Luz de estado da tinta colorida: acesa Luz de estado da tinta preta: apagada Estado do interruptor: -	<b>Nova Solução:</b> Diagnóstico: cartucho de tinta colorida vazio Ação: Troca do cartucho de tinta colorida
---	--

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





### Quando RBC deve ser aplicado?

- Especialistas falam sobre o seu domínio dando exemplos
- Experiência tem o mesmo valor que conhecimento em livros
- Problemas não são completamente entendidos (modelos ruins, pouca disponibilidade de conhecimento do domínio)
- Existem muitas exceções para as regras
- Consideração de conhecimento incompleto
- Conhecimento idêntico a situação atual não existe

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

### Historia do RBC nos EUA

**Roger Schank, Yale University: Cognitive Science**

- 1977: Scripts para representação de conhecimento (Schank, Abelson)
- 1983: Dynamic Memory Theory, Memory Organization Packets
- CYRUS: 1. Sistema de RBC (Kolodner)
- 1983-1988: Outros sistemas, p.ex.: JUDGE, SWALE, CHEF

**Bruce Porter, Austin Texas: Concept Learning**

- 1986-89: Sistema PROTOS (Representação de conceitos com base em exemplares)

**Edwina Rissland, U. of Massachusetts: Cases in Law (desde 1983)**

- 1990-92: Sistemas HYPO (Ashley) e CABARET (Skalak)

**Jaime Carbonell & Manuela Veloso, Carnegie Mellon U.: Analogy**

- desde 1990 Prodigy/Analogy: Planejamento baseado em analogia

-> Interesse crescendo (desde 1988 vários workshops DARPA, AAI e FLAIRS)

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

### História do RBC em Europa

**Michael M. Richter, U. Kaiserslautern, Germany: RBC para sistemas de conhecimento**

- 1988-1991 sistemas MOLTKE e PATDEX (diagnose técnica)
- desde 1991 Planejamento baseado em RBC: Caplan/CbC, PARIS
- 1992 - 2000 Projetos ESPRIT: INRECA, INRECA-II

**Ramon Mantaras, Enric Plaza, IIA Blanes, Spain: RBC e ML**

- 1990 Aprendizagem para diagnosis na medicina

**Agnar Aamodt, U. Trondheim, Norway: RBC e Aquisição de conhecimento**

- 1991 Sistema CREEK: Integração de casos e conhecimento geral

**Mark Keane, Trinity College, Dublin: Cognitive Science**

- desde 1988 Teoria do raciocínio baseado em analogia

-> desde 1991 crescente interesse em Europa (GWCBR, EWCBR) e 1995 1. International CBR Conference (ICCBR)

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

### RBC Hoje

- Pesquisa na área de RBC em mais do que 35 universidades e institutos no mundo inteiro.
  - <http://www.ai-cbr.org>
  - <http://www.wagr.informatik.uni-kl.de/~Isa/GBR/GBR-Homepage.html>
- Mais do que 15 ferramentas comerciais incluindo RBC
- Muitas aplicações sendo regularmente utilizadas
  - Coleção de aplicações e ferramentas de RBC: CBR-PEB (<http://demolab.iese.fhg.de:8080/>)
- Vários eventos regulares: [www.iccbr.org](http://www.iccbr.org)
  - 4. ICCBR Julho 2001 – Vancouver
  - 5. ICCBR 2003 – Trondheim/Norway

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

### Referências

- J. L. Kolodner. Case-Based Reasoning. Morgan Kaufmann, California, 1993.
- I. Watson. Applying Case-Based Reasoning Techniques for Enterprise Systems. Morgan Kaufmann Publisher, California, 1997.
- H. Burkhard et al. (eds.), Case-Based Reasoning Technology - From Foundations to Applications, Springer Verlag, 1998.
- A. Aamodt, E. Plaza. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations and System Approaches. AI Communications, 17(1), 1994.
- C. Gresse von Wangenheim. Case-Based Reasoning. A Short Introduction. 2000.
- CBRWorks - Reference Manual. empolis/TeclInno GmbH, 1999.
- R. Bergmann. Introduction to Case-Based Reasoning. Centre for Learning Systems and Applications. University of Kaiserslautern, 2000.

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @ 2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim

### Conclusões

- RBC é uma metodologia para resolver problemas baseados na experiência
- RBC envolve quatro fases (4R):  
recuperar, reutilizar, revisar, reter
- Sistemas de RBC armazenam conhecimento em quatro estruturas:
  - Vocabulário
  - Base de casos
  - Medida de similaridade
  - Adaptação da solução
- Várias técnicas para:
  - representação do conhecimento
  - execução das quatro fases
- Existe um grande número de sistemas RBC aplicados na prática
- RBC tem várias vantagens em relação aos sistemas de conhecimento tradicionais

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI

Inteligência Artificial @ 2002  
Prof. Christiane Gresse von Wangenheim