

# **Raciocínio Baseado em Casos: processo, similaridades com outros enfoques e temas recentes de pesquisa neste campo**

**Elisa Midori Suemasu<sup>1</sup>, Osvaldo Luiz de Oliveira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP)  
Rua Guatemala, 167, Jardim América – 13.230-231 – Campo Limpo Paulista – SP –  
Brasil

elisasuemasu@gmail.com, osvaldo@faccamp.br

***Abstract.** This paper reports a work in progress on Case-Based Reasoning (CBR). CBR is an approach to problem solving in which a new problem is solved from the memory and eventually also adapting the solution of similar problems, previously resolved. This paper describes the reasoning process typically involved in CBR systems, discusses the similarities and differences between CBR, Analogy Reasoning, and some traditional Machine Learning approaches. Finally, the paper describes research themes about CBR from the synthesis of two recent work on the development and current challenges in this field.*

***Resumo.** Este artigo relata parte de um trabalho de pesquisa em desenvolvimento sobre Raciocínio Baseado em Casos (CBR, Case-Based Reasoning). CBR é uma abordagem para resolução de problemas na qual um novo problema é resolvido a partir da lembrança e, eventualmente, também da adaptação da solução de problemas similares, anteriormente resolvidos. Este artigo descreve o processo de raciocínio tipicamente envolvido em sistemas CBR, discute as similaridades e as diferenças entre CBR, Raciocínio por Analogia e alguns abordagens tradicionais de Aprendizado de Máquina. Por fim, o artigo descreve temas de pesquisa sobre CBR a partir da síntese de dois trabalhos recentes sobre o desenvolvimento e os desafios atuais neste campo.*

## **1. Introdução**

Este artigo relata parte de um trabalho em desenvolvimento sobre Raciocínio Baseado em Casos (CBR, do inglês *Case-Based Reasoning*). CBR é uma abordagem para a solução de problemas que tem como fundamento a memória da solução de problemas anteriormente resolvidos (von Wangenheim, von Wangenheim & Rateke, 2013; Riesbeck & Schank, 1989). Assumindo dois princípios básicos de que (1) problemas similares têm soluções similares e que (2) problemas tendem a se repetir (Kolodner, 1993), sistemas CBR constroem a solução de um problema novo usando a solução conhecida de um problema antigo.

A teoria sobre CBR tem bases na Psicologia Cognitiva (Norman, 1983), especialmente naquilo que se refere a memória. Dialeticamente, como muitos outros avanços da Inteligência Artificial, o conhecimento sobre CBR também tem contribuído para o desenvolvimento da Psicologia Cognitiva.

CBR é uma teoria para solução de problemas, mas é também uma teoria sobre aquisição de conhecimento. Em CBR a solução de um novo problema pode ser armazenada em memória e, com isto, tem o potencial de ser reusada no futuro, constituindo assim um processo de aprendizagem incremental.

O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 aborda CBR sobre a perspectiva de uma metodologia para o desenvolvimento de agentes que, diante de um problema, raciocinam para oferecer uma solução. CBR tem uma relação muito próxima com Raciocínio por Analogia, usa técnicas comumente empregadas em Aprendizado de Máquina, mas não se confunde com estes enfoques. A Seção 3 trata das similaridades e das diferenças com tais enfoques. A Seção 4 descreve temas recentes da agenda de pesquisa sobre CBR. O conteúdo desta seção é o resultado da síntese de dois estudos recentes sobre o desenvolvimento e os desafios da pesquisa sobre CBR. Considerações finais integradoras dos assuntos tratados neste artigo são apresentadas na Seção 5.

## **2. CBR como uma Metodologia**

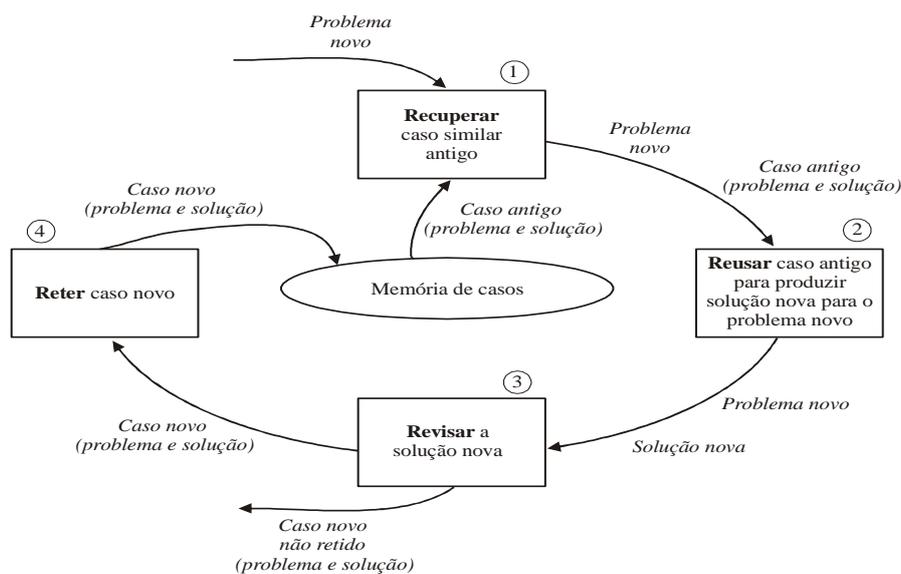
O termo CBR é empregado tanto para referenciar uma teoria sobre raciocínio e aprendizado de máquina quando para indicar uma teoria sobre raciocínio e aprendizagem humana. Apesar da amplitude destas teorias, esta seção descreve os fenômenos intrínsecos aos sistemas CBR de maneira bem mais estreita, mas intencionalmente concernente à engenharia destes sistemas.

CBR não é uma técnica específica para solução de problemas, mas pode ser vista como uma metodologia para o desenvolvimento de agentes que raciocinam para desenvolver a solução de problemas e para aprender novas soluções. O termo “caso” é central ao vocabulário CBR e é usado para designar algo que engloba a descrição de um problema e a solução deste problema. Um sistema CBR sempre inicia com um conjunto de casos previamente armazenados em sua memória<sup>1</sup>.

CBR, como uma metodologia (Figura 1), é expresso por um ciclo (Aamodt & Plaza, 1994) no qual o agente inteligente, interessado em resolver um problema novo, (1) recupera um caso similar antigo (problema e solução antiga) da sua memória, (2) reusa a experiência do caso antigo no contexto do caso novo para produzir a solução do problema novo, eventualmente adaptando o caso antigo ao novo, (3) revisa a nova solução e, dependendo da revisão, (4) retém ou não o caso novo (problema e solução nova) na memória.

---

<sup>1</sup> O termo “memória” está sendo usado neste artigo como uma abstração para uma infinidade de possíveis artefatos capazes de armazenar casos tais como memória RAM, arquivo em disco, banco de dados, banco de conhecimento etc.



**Figura 1. CBR como uma metodologia.**

O processo de recuperação pesquisa, na memória, um problema antigo similar ao problema novo, que se quer resolver. Um problema é descrito por um conjunto de características (atributos) que o representam sob uma certa perspectiva. Frequentemente, problemas são armazenados na memória por meio de valores das suas características. Quando assim representados, o processo de recuperação de um ou mais problemas antigos, similares a um problema novo, normalmente usa uma métrica sobre as características do problema novo e pesquisa na memória problemas similares, tendo como referência tal métrica.

O reuso prevê a utilização do caso recuperado na solução do problema novo. Contudo, dificilmente, o problema antigo é completamente semelhante a um problema novo, logo, utiliza-se a adaptação no caso recuperado. O processo de adaptação analisa as diferenças e as características que podem ser transferidas do problema antigo para o problema novo. A adaptação utiliza métodos para reorganizar, adicionar, excluir ou combinar as características da solução de um ou mais problemas anteriores e propõe uma nova solução.

A revisão é realizada com o intuito de ratificar ou corrigir a proposta de solução do problema novo. Revisar a solução é a tarefa de avaliá-la, caso esteja correta, o ciclo do CBR prossegue. Em contrapartida, caso a solução não seja viável, é aplicado o reparo de tal solução. O reparo identifica os erros da nova solução e descreve os propósitos que não foram alcançados e os utiliza para modificar a solução de tal forma que as falhas não ocorram.

Reter é o processo de incrementar o aprendizado na memória. A retenção do caso novo envolve as ações de selecionar quais características serão gravadas, como indexar o caso novo para subsequente recuperação de problemas similares e como inserir o caso novo na memória. O propósito desta etapa é aperfeiçoar constantemente o desempenho do sistema CBR, melhorando a eficiência e a qualidade da proposta de solução ao problema novo.

### 3. Similaridades e Diferenças com Outros Enfoques

Raciocínio por analogia envolve o mapeamento de conceitos de um domínio alvo nos conceitos de um domínio fonte (conhecido). O agente, interessado em resolver um problema no domínio alvo, raciocina em termos dos conceitos do domínio fonte a partir do mapeamento realizado (Gentner & Forbus, 2011). Embora Raciocínio por Analogia seja frequentemente citado como algo próximo a CBR seus métodos são diferentes. CBR pressupõe problemas e soluções massivamente inseridos em memória e busca resolver um problema novo com base na similaridade deste problema com algum outro problema antigo, cuja solução está armazenada em memória. Em contrapartida, Raciocínio por Analogia busca a solução de um problema via transferência de conhecimento entre dois domínios conceitualmente distintos.

CBR usa diversos algoritmos e conceitos comumente atribuídos ao campo do Aprendizado de Máquina e, por isto, muitas vezes é confundido com certas abordagens deste campo, embora seja diferente. Por exemplo, CBR é similar à família de algoritmos de classificação IBL<sup>2</sup> ou MBL<sup>3</sup> (Mitchel, 1997), no sentido que envolve memorização e recuperação. Por outro lado, CBR difere desta família de algoritmos porque envolve adaptação e tem foco no raciocínio para solução de um problema. CBR, também, é similar à chamada *Transfer Learning* (Pratt & Thrun, 1997) no sentido que envolve adaptação. Por outro lado, enquanto *Transfer Learning* busca adaptar um domínio em outro domínio, CBR tem foco na adaptação da solução de um problema antigo para um problema novo.

### 4. Temas Recentes de Pesquisa sobre CBR

Esta seção é uma síntese de dois estudos recentes (Goell & Diaz-Agudo, 2017; Bichindaritz, Marling & Montani, (2017) relatando temas de pesquisa sobre CBR. Nesses estudos são destacados os seguintes temas de pesquisa:

- *Métricas de similaridade e recuperação*: similaridade e recuperação são essenciais aos sistemas CBR. Trabalhos recentes têm proposto medidas qualitativas de similaridade. A recuperação de problema similar antigo é feita com base em certas características (propriedades) dos problemas. O uso de diferentes técnicas de Aprendizado de Máquina para seleção de características, também, tem sido estudado.
- *Big data*: aplicações CBR manipulam as dimensões de dados, velocidade, variedade, tempo e volume, que são crescentes. O estudo de *big data*, no contexto de sistemas CBR, insere a descoberta de inovações nos métodos de sumarização e processamento de dados, otimizando os critérios de similaridade, adaptação e a recuperação de casos.

---

<sup>2</sup> Aprendizado baseado em instâncias (em Inglês *Instance-Based Learning*).

<sup>3</sup> Aprendizado baseado em memória (em Inglês *Memory-Based Learning*).

- *CBR textuais*: em um sistema CBR textual os casos encontram-se na forma de textos não estruturados, onde o sistema CBR usa a percepção de similaridade para determinar quais partes do texto foram úteis nas soluções anteriores e serão utilizados na adaptação ou solução de um problema novo.
- *Estratégias de adaptação*: a adaptação de casos tem sido abordada de diferentes formas: uma nova característica pode ser adicionada na solução, uma ou mais características da solução podem ser excluídas, alguma característica pode ser substituída por outra, ou alguma parte da solução antiga pode ser transformada.
- *CBR diagramáticos*: nos CBR diagramáticos os casos estão na forma de fotografias, desenhos, diagramas, figuras, animações e vídeos. Pesquisas revelam que os desafios comumente presentes em CBR diagramáticos dizem respeito a representar explicitamente a estrutura espacial dos casos, medir a similaridade entre eles e utilizar métodos para recuperação e adaptação em representações diagramáticas de casos.
- *Relacionamentos entre CBR e Raciocínio por Analogia*: pesquisas têm sido conduzidas no sentido compreender fenômenos comuns a CBR e ao Raciocínio por Analogia.
- *Ferramentas e técnicas independente de domínio*: software para o projeto e a implementação de sistemas CBR independente de domínio (jCOLIBRI, myCBR e IUCBR) têm sido propostos.
- *Abordagens híbridas para diferentes processos CBR*: abordagens híbridas incluem aos processos CBR, variadas técnicas de aprendizado de máquina, raciocínio baseado em exemplos, aprendizado baseado em instâncias, raciocínio baseado em analogia, lógica, redes neurais, processamento de sinais, não limitados a essas abordagens.
- *Aplicações em variados domínios*: casos de sucesso de aplicações de CBR a diferentes domínios têm sido relatadas, incluindo sistemas de planejamento, design, suporte à decisão, recomendação, classificação, jogos, centrais de ajuda (*help desk*), reconhecimento de padrões, processamento de linguagem natural, educação, casas inteligentes e cidades inteligentes.

## 5. Considerações Finais

Este artigo, embora curto, conceitua o que é CBR e oferece uma visão de CBR como uma metodologia para solução de problemas e aquisição de conhecimento. Além disso, o artigo situa CBR em relação a campos de pesquisa correlatos e discorre resumidamente sobre temas que ocupam hoje em dia a agenda de pesquisa sobre CBR.

Diferentemente de pesquisas completas que descrevem um problema, uma solução, discussão de resultados e conclusões, a utilidade deste artigo está na introdução ao campo de pesquisa sobre CBR e seus desafios atuais.

## Referências

- Aamodt, A., and Plaza, E. (1994). Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI Communications*, 7(1), 39–59.
- Bichindaritz, I., Marling, C., and Montani, S. (2017). Recent Themes in Case-Based Reasoning and Knowledge Discovery. *Proceedings of the Thirtieth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*. Marco Island, Florida, USA. 499–502.
- Gentner, D. and Forbus, K. D. (2011). Computational models of analogy. *Cognitive Science*, 2 (3), 266-276.
- Goell, A. K, and Diaz-Agudo, B. (2017). What's Hot in Case-Based Reasoning. *Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI'17)*. San Francisco, California, USA. 5067–5069.
- Kolodner, J. (1993). *Case-based Reasoning*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., USA.
- Mitchel, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.
- Norman, D. (1983). *Learning and Memory*. W H Freeman and Company.
- Pratt, L. Y., and Thrun, S. (1997). Special Issue on Inductive Transfer. *Machine Learning*, 28 (1), 5.
- Riesbeck, C., and Schank, R. (1989). *Inside Case-Based Reasoning*. Lawrence Erlbaum.
- Von Wangenheim, C. G., Von Wangenheim, A. and Rateke, T. (2013). *Raciocínio Baseado em Casos com Software Livre e Aplicações Móveis*. 2<sup>a</sup>. ed. Bookess.