

Uma arquitetura de agente RBC baseada em ontologias para suporte a EaD

Ketlen K. Teles Lucena^{1,2}, Tammy H. Y. Gusmão¹,
Ayan Abreu¹, Elaine H. Teixeira de Oliveira¹

¹Instituto de Computação - Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus, Brasil

²Centro de Educação a Distância - Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus, Brasil

{ketlen, thyg, apa, elaine}@icomp.ufam.edu.br

Abstract. *To manage courses offered at distance to places of difficult access requires knowledge of the region, adaptation to peculiar customs and a flexible pedagogical model that adapts to the characteristics of the classes. This knowledge is unique to local teachers and tutors, who use experience to solve academic and infrastructure problems. In order to reuse the solutions applied to the situations faced in the daily life of courses in similar scenarios, an intelligent agent based on Case Base Reasoning is proposed, in this paper, to recover and suggest strategies based on past cases. For the validation of this agent, a case study was proposed, whose knowledge was modeled from a domain ontology.*

Resumo. *Gerenciar cursos ofertados à distância para localidades de difícil acesso requer conhecimento da região, adequação a costumes peculiares e um modelo pedagógico flexível que se adapte às características das turmas. Esse conhecimento é exclusivo de professores e tutores locais, que usam a experiência para resolver problemas acadêmicos e de infraestrutura. A fim de reaproveitar as soluções aplicadas a situações enfrentadas no cotidiano de cursos em cenários semelhantes, é proposto, neste artigo, um agente inteligente, baseado em Raciocínio Baseado em Casos, para recuperar e sugerir estratégias baseadas em casos passados. Para a validação inicial, foi proposto um estudo de caso, cujo conhecimento foi modelado a partir de uma ontologia de domínio.*

1. Introdução

Um dos principais desafios das instituições que promovem cursos na modalidade à distância é acompanhar o desempenho acadêmico do aluno e disponibilizar infraestrutura física e pedagógica adequada ao curso oferecido [Teles Lucena *et al.* 2014]. Gerenciar cursos em Educação à Distância (EaD), ofertados em localidades distintas e geograficamente de difícil acesso, é uma missão que requer conhecimento da região, adequação aos costumes locais e um modelo pedagógico flexível que se adapte às características das turmas.

As especificidades regionais e necessidades peculiares das turmas formam um conhecimento específico e exclusivo de professores e tutores locais [Silva *et al.* 2015]. Desta forma, tais especialistas utilizam esse conhecimento, conhecido como tácito, para resolver problemas que surgem no decorrer do curso e que são inerentes a cada localidade.

Tais experiências acabam por ficar confinadas e restritas ao histórico informal da turma ou do curso em questão. A reutilização dessas soluções e sua aplicação em outras

situações semelhantes traria benefícios substanciais ao processo de gestão de cursos à distância, contribuindo com mais agilidade e maior eficácia na resolução de questões com características equivalentes.

Com o objetivo de reaproveitar as soluções aplicadas a problemas enfrentados no cotidiano de cursos à distância em cenários semelhantes, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um agente inteligente, que utiliza a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC), para recuperar e sugerir soluções baseadas em casos passados. O contexto de apoio à EaD é o gerenciamento acadêmico e administrativo dos cursos ofertados nessa modalidade.

O agente inteligente é capaz de recomendar intervenções e procedimentos para serem aplicados como resposta a uma ocorrência, a partir da similaridade desta com casos anteriores. Os casos foram armazenados em um banco de casos, que segue as especificações de conhecimento modeladas em uma ontologia de domínio, especialmente criada para o estudo de caso proposto para a validação da arquitetura do agente RBC. Uma interface *web* foi construída para a entrada de dados referentes à descrição do problema e para visualização das respostas sugeridas pelo agente.

Os primeiros experimentos foram conduzidos em um estudo de caso, realizado a partir de informações oriundas de cursos oferecidos à distância pelo Centro de Educação a Distância (CED), da Universidade Federal do Amazonas, para algumas pequenas localidades da Região Norte do Brasil. O processo para identificação e separação de casos reais consistiu em entrevistas com especialistas e a eficiência das recomendações foi analisada pelos coordenadores dos cursos.

A estrutura do artigo está assim organizada: a Seção 2 trata de uma breve revisão da literatura sobre aplicações de técnicas de Raciocínio Baseado em Casos em recuperação de soluções usadas com sucesso em situações passadas. A Seção 3 apresenta o desenvolvimento do agente RBC, descrevendo detalhes da implementação do algoritmo de raciocínio. Ademais, na subseção 3.3, é mostrado o esquema gráfico da arquitetura do agente. Na Seção 4, é descrita a ontologia de domínio proposta para formalização e padronização das informações do ambiente em que está inserido o objeto do estudo de caso, no qual os experimentos de validação da arquitetura foram realizados. A Seção 5 analisa os principais resultados com estes experimentos. Finalizando, as conclusões são discutidas na Seção 6.

2. Revisão da Literatura

A combinação de técnicas de raciocínio baseado em casos em domínio modelado por uma ontologia com a finalidade de recuperação de conhecimento vem sendo usada com relativo sucesso em pesquisas na área, conforme pode ser observado em diversos trabalhos, como relatado a seguir:

Garrido *et al.* (2008) apresentou um modelo para a reutilização de soluções por meio da combinação de estratégias de gestão do conhecimento, utilizando técnicas de RBC e ontologias para formalização de conceitos. Para isso, foi proposta uma construção ontológica de casos para um sistema RBC, como um suporte teórico e útil para o compartilhamento e a gestão do conhecimento. A forma de tratamento das informações extraídas da experiência adquirida em diversas organizações facilitou a reutilização de ideias nos processos de tomada de decisão.

Um *framework*, denominado ForBILE, foi proposto por Bittencourt *et al.* (2007) com a finalidade prover a construção de ITS (*Intelligent Tutoring Systems*) baseados em sistemas multiagentes inteligentes (MAS), de modo mais fácil, eficiente e rápido. Trata-

se de um conjunto de ferramentas para facilitar o trabalho de especialistas em domínios particulares e desenvolvedores na implementação de sistemas tutoriais inteligentes. A aplicação do ForBILE se deu em dois domínios distintos: as áreas Jurídica e Médica. O *framework* foi desenvolvido a partir de uma estrutura ontológica, que teve como base conceitual o modelo Mathema [Costa *et al.* 1998], o qual apresenta um ITS baseado em MAS para interagir com agentes artificiais e humanos, a fim de resolver situações heterogêneas. As principais vantagens desse *framework* são: a redução do custo de tempo para a construção de ITS, com poucas modificações no código; a capacidade de se adaptar às necessidades do usuário; e, permitir recuperação do conhecimento e a realização de inferência do agente de tutoria autônoma. As ontologias se propuseram a assegurar a interação entre os agentes, formalizar e mapear o domínio, o perfil dos estudantes e os modelos pedagógicos, além de adaptar os mecanismos de raciocínio.

O trabalho de Mendes *et al.* (2013) propôs uma arquitetura de um agente RBC, cuja representação da base de casos foi baseada em ontologias. O agente engloba todos os mecanismos de um sistema RBC tradicional, como acesso e recuperação de dados, cálculo de similaridade, aprendizado e adaptação de soluções. A ontologia foi empregada para formalizar o conhecimento e reunificar as informações, permitindo uma otimização do processo de seleção e recuperação dos casos.

Já a proposta de Bittencourt *et al.* (2006) consistiu no desenvolvimento de um ITS híbrido, onde são empregadas técnicas de RBC e RBS (Sistemas Baseados em Regras). O domínio do sistema são situações de Direito Penal e a abordagem de raciocínio é caracterizada por uma arquitetura multiagente. O RBC e o RBS são usados no ITS para identificar casos relevantes e conceitos jurídicos em uma consulta feita por alunos de Direito e retornar como resposta as melhores soluções e os conhecimentos técnicos-teóricos empregados.

Um sistema de *e-learning* inteligente foi apresentado por Martin e León (2012) como um cenário para recuperação de conhecimento em bibliotecas digitais. O objetivo do trabalho é recuperar dados e informações em grandes coleções digitais, utilizando a abordagem de análise dos metadados semânticos armazenados nas mesmas, usando técnicas de Inteligência Artificial, como RBC, para a realização de inferências. Foi desenvolvido um protótipo chamado OntoFAMA, baseado em ontologias e sistemas especialistas. A plataforma funciona como um sistema de busca focada em objetos de aprendizagem de bibliotecas digitais. As técnicas de RBC são usadas para recuperar os objetos de aprendizagem similares aos dados da pesquisa. Os casos e as soluções foram armazenados em uma base de conhecimentos modelada a partir de uma ontologia. O conhecimento adquirido pôde ser utilizado como um conjunto de experiências passadas que oferecesse soluções para novas situações enfrentadas.

Diversas outras pesquisas apresentaram sugestões que foram adaptadas para este trabalho e que, juntamente com as descritas acima, contribuíram para o amadurecimento das estratégias adotadas como metodologia de implementação do agente RBC, conforme pode ser visto na próxima seção.

3. O agente RBC

Esta seção descreve o desenvolvimento do agente RBC, a metodologia adotada, a arquitetura proposta e as tecnologias usadas para sua implementação. A subseção 3.2 apresenta um resumo da teoria de RBC, a fim de embasar a opção pela adoção desta técnica de IA.

3.1 Metodologia de desenvolvimento

As etapas que compõem a metodologia de pesquisa adotada neste trabalho agrupam-se basicamente em quatro módulos:

- 1) **Levantamento do Estado da Arte:** levantamento sobre as pesquisas atuais utilizando as técnicas de RBC, agentes inteligentes e ontologias, com a finalidade de identificar trabalhos correlatos a esta proposta.
- 2) **Implementação do agente RBC:** consiste no projeto, desenvolvimento e testes de funcionalidade do agente RBC, descrevendo as funções dos agentes inteligentes, conforme o processo inferência e recuperação do conhecimento.
- 3) **Experimentos de viabilidade:** descrição dos testes de funcionalidade do agente de RBC, a partir da instanciação da ontologia e da base de casos, segundo dados oriundos do domínio do objeto de estudo de caso.
- 4) **Avaliação dos resultados:** nesta etapa serão analisados os resultados dos primeiros testes com o agente RBC, no contexto do estudo de caso proposto.

Um *web service* foi criado para que o agente pudesse enviar e receber dados de plataformas diferentes, e assim garantir compatibilidade. Os dados enviados e recebidos estão no formato JSON¹, e a utilização da linguagem Java² disponibilizou os serviços relacionados ao Banco de Dados e ao ciclo RBC.

3.2 Raciocínio Baseado em Casos

Geralmente a técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) é usada a partir de sistemas especialistas que solucionam problemas ao recuperar, adaptar e reutilizar soluções armazenadas em uma base de casos [Wangenheim *et al.* 2013]. O RBC também é amplamente discutido na literatura como uma tecnologia para a construção de sistemas de informação que apoiam a gestão do conhecimento. O modelo mais usado para definir o processo do RBC é o proposto por Aamodt e Plaza (1994), denominado Ciclo de RBC e composto por quatro estágios (Figura 1):

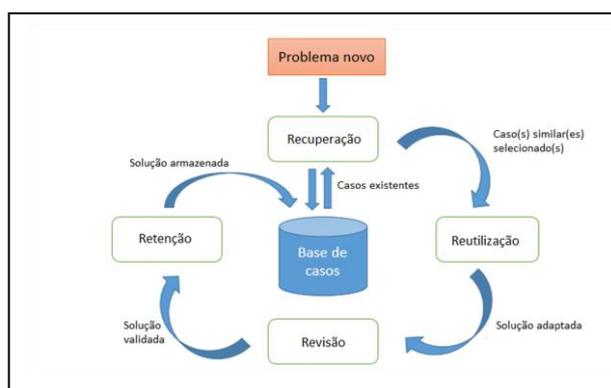


Figura 1. Ciclo do RBC
Fonte: Adaptado de Aamodt e Plaza

- 1) **Recuperação:** identifica na base de casos, os mais similares ao problema.
- 2) **Reutilização:** utiliza estes casos para compor a nova solução.

¹ <http://www.json.org/json-pt.html>

² <https://www.java.com/>

- 3) **Revisão:** verifica se a solução proposta atende ao problema.
- 4) **Retenção:** armazena a solução atual e a retém como novo caso para futura utilização em outras consultas.

Um sistema RBC identifica semelhanças entre os casos, realiza sua aprendizagem através de duas formas [Kolodner 1993]: (i) acumulação de novos casos: quanto mais exemplos e contextos diferentes, mais soluções candidatas poderão ser avaliadas e (ii) atribuição de índices ou medida de similaridade: atributos chaves dos casos são utilizados para indicar o quanto um caso é semelhante a outro. A medida de similaridade é usada para identificar na base de casos aqueles relevantes para o problema em questão.

3.3 O agente inteligente

A adoção da abordagem da teoria de agentes inteligentes neste trabalho é motivada por suas características de proatividade, interação e independência, que quando aplicadas no contexto do ensino à distância, podem contribuir para melhorias nas funções de gerenciamento destes cursos.

A finalidade desse agente é sugerir soluções adequadas a um problema utilizando técnicas de Raciocínio Baseado em Casos. Portanto, a sua competência é realizar um processo de inferência que busca a ação mais apropriada a se tomar a fim de apreender uma nova percepção do domínio, tendo como base casos passados [Aamodt e Plaza 1994]. Deste modo, quando o agente RBC recebe uma mensagem da *interface* contendo a descrição de um problema, o algoritmo RBC deve recuperar o caso cuja descrição é mais similar à da mensagem. Em seguida, o agente envia o identificador da solução referente à descrição encontrada e a taxa de similaridade entre a descrição recebida e a da solução existente na base.

As métricas de similaridade são necessárias para a etapa de recuperação do caso. Elas consistem em um cálculo que determina o nível de semelhança entre o caso descrito no problema e os casos anteriores e armazenados na base de casos. A aplicação dessas métricas é feita atribuindo-se valores aos atributos, e retornando-se um valor pertencente ao intervalo fechado entre 0 e 1. O caso retornado mais próximo ou igual a 1 será o mais similar e assim considerado como solução para o novo problema. Para este trabalho foi adotada a métrica de similaridade global conhecida como *k*-NN (algoritmo *k*-Nearest Neighbors) [Santos 2008] na sua forma ponderada, conforme equação a seguir:

$$\text{Similaridade}(C, A) = \frac{\sum_{i=1}^n f(C_i, A_i) \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i},$$

onde: *C* = caso consultado; *A* = caso analisado pelo sistema de RBC; *n* = número de atributos no caso, *i* = *i*-ésimo atributo; *W* = peso atribuído ao *i*-ésimo atributo e *f* = função que calcula a similaridade local entre os casos *C* e *A* para o *i*-ésimo atributo.

Na etapa de Recuperação de Casos, o agente RBC utiliza o algoritmo de vizinho mais próximo (*k*-NN) para procurar na base de dados o caso mais similar com o novo problema fornecido como entrada. A função de similaridade se baseia nos pesos atribuídos aos atributos do campo Descrição do Problema. A Tabela 1 apresenta os pesos atribuídos aos atributos indicando sua importância na consulta. Os valores dos pesos foram atribuídos de forma empírica, a partir de entrevistas com especialistas.

Tabela 1 – Pesos dados aos atributos de entrada

Atributos	Pesos
Natureza do problema	3
Relator	2
Problema	3
Palavras-chave	2
Disciplina	1

O agente RBC encontra a solução com o identificador da mensagem e recupera as informações deste registro. Por fim, repassa estas informações e a porcentagem de similaridade para a interface de saída.

A tecnologia utilizada para a implementação do agente RBC foi o *framework* JColibri³, que apoia o ciclo RBC, e consiste em uma plataforma *open-source* que dá suporte à utilização de ontologias na representação do caso, integração com a linguagem Java e uma biblioteca de métricas de similaridade.

3.4 Arquitetura do agente RBC

A Figura 2 apresenta a arquitetura proposta para o agente RBC. Nela pode-se observar a existência de uma *interface web* para entrada do problema e também para a visualização da solução. A arquitetura consiste na base de dados com os casos passados e a ontologia que formalizará todas as referências ao domínio do estudo de caso.

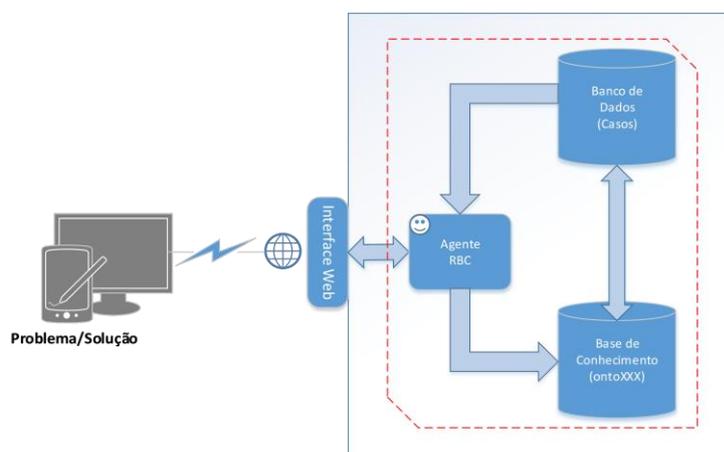


Figura 2. Arquitetura do agente RBC

- *Interface Web*: módulo para cadastro de usuários, entrada da descrição do problema, escolha do tipo de combinação desejada, a partir de sugestões do agente e visualização das soluções apresentadas. Essa interface pode ser acessada também por dispositivos móveis.
- *Agente RBC*: agente que executa as funções do sistema RBC e faz a comunicação com a *interface*.
- *Banco de Dados (casos)*: banco de dados que armazena os casos passados, que são utilizados pelo RBC agente.

³ JColibri: <http://gaia.fdi.ucm.es/research/colibri/jcolibri>

- Base de Conhecimento (ontoCED): ontologia desenvolvida para representar o domínio do estudo de caso proposto. Determinará a formalização dos termos, entidades, relacionamentos, axiomas e instâncias usados pelo agente RBC.

4. Ontologia proposta

As ontologias se destacam por sua representação detalhada, útil, eficiente e significativa, além de possuírem uma enorme capacidade semântica. São representações úteis para especificar o problema, reutilizar conceitos e módulos, apoiar o desenvolvimento de sistemas e prover consistência para os mesmos [Mendes *et al.* 2013].

Devido a essas vantagens, optou-se por criar uma ontologia de domínio para definição do conhecimento em forma de um modelo de representação para a recuperação inteligente de soluções, viabilizada pelo agente RBC. A ontoCED é uma ontologia especificamente desenvolvida para modelar o conhecimento na abrangência pedagógica e acadêmica do CED. Esse modelo foi usado para padronizar os termos que serão utilizados pelo agente RBC nas análises e inferências realizadas no processo de busca de soluções para os problemas propostos. A ontoCED é considerada semiformal, visto que se trata de uma representação do conhecimento para consultas e padronização de termos, em cujo modelo semântico se baseia o agente RBC. As classes da ontologia e os atributos individuais foram traduzidos em uma estrutura específica para os casos a serem analisados.

A Figura 3 mostra a classificação de alto nível (taxonomia) e o esquema conceitual da ontoCED, com as classes criadas para agrupar os recursos de descrição de domínio. A estrutura hierárquica foi inicialmente definida com dez classes, sendo duas delas com três subclasses e uma com quatro. Todas as classes são disjuntas, o que significa que não deve haver elementos pertencentes a mais de uma classe.

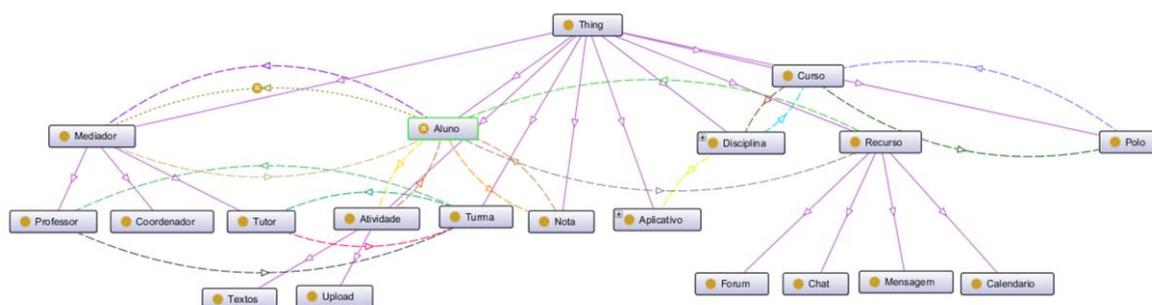


Figura 3. Representação gráfica da taxonomia da ontoCED

5 Experimentos e análise dos resultados

O cenário escolhido para estudo de caso consistiu no domínio do Centro de Educação a Distância da Universidade Federal do Amazonas, que oferece cursos de Graduação na modalidade à distância em pequenas localidades (polos) do Estado do Amazonas. Foi desenvolvida uma ontologia para modelar as informações e realizar a formalização de termos. A base de casos foi instanciada com 15 casos entre reais e fictícios, para fins de testes de funcionalidade do agente RBC.

Os casos reais foram coletados a partir de entrevistas com especialistas do CED, tais como: professores, tutores e coordenadores. Uma *interface* para entrada de dados

(casos e problemas) e saída de dados referentes à solução encontrada foi desenvolvida e testada com os mesmos especialistas. A descrição do caso corresponde a um episódio de um problema parcialmente ou totalmente resolvido e uma descrição de uma situação e experiências adquiridas durante a resolução. A Figura 4 mostra a descrição de um problema a ser submetido à ação do agente RBC para a busca de uma solução.

Sistema RBC - CED/UFAM Início

Descrição do Problema

Natureza do Problema	Relator	Palavras-Chaves do Problema	Polo(s)
pedagógico	coordenador de curso	dificuldades em usar computadores	Humaitá
Curso	Disciplina	Turma	Quantidade de Alunos
Bacharelado em Psicologia	Informática Aplicada	-	30
Resumo	Descrição do Problema		
Os alunos possuem dificuldades em usar computadores e não tinham muito contato com computadores, o que os faziam reprovar na disciplina.	A disciplina de Informática Aplicada foi ministrada no polo de Humaitá, no período de 01/04/2012 a 06/08/2012. Foram atendidos cerca de 30 alunos		

Figura 4. Descrição de um problema

Tabela 2 – Similaridade com casos

Caso	Similaridade
1	0,742052
2	0,740407
3	0,701139
4	0,731868
5	0,754591
6	0,921707
7	0,677378
8	0,764035
9	0,956338
10	0,799751
11	0,818942
12	0,471606
13	0,648971
14	0,452693
15	0,549987

Os testes revelaram valores em um intervalo de 45-64% para 9 casos e uma faixa de 70-95% para os restantes. Tais valores correspondem à similaridade com casos passados para o aproveitamento de soluções direcionadas a um problema atual, conforme pode ser observado na Tabela 2. Os dados retornados indicam uma porcentagem considerável de fatores correspondentes e relativamente análogos entre os casos. Tais valores apontam ainda para uma possível melhoria na busca de respostas para situações equivalentes, cujo conhecimento tácito não seria passível de reaproveitamento, sem a interferência do agente. A Figura 5 exhibe, como exemplo, os dados do caso número 9. A taxa de similaridade do mesmo com o caso-problema segue destacada em vermelho.

Desta forma, a abordagem de RBC potencializa o conhecimento baseado em experiências anteriores para solucionar novos problemas. A proposta realiza a sugestão de ações interventivas, que são as soluções propostas pelos casos passados e que podem

ser aplicados responsáveis pelos cursos à distância. Essas ações são recomendadas de acordo com a similaridade entre os casos.

ILMS Framework Home **Buscar Solução** Histórico de Buscas Casos Falsos Login

Solução encontrada

DESCRIÇÃO REALIZADA:

Natureza do Problema	Infraestrutura
Relator	Coordenador do polo
Descrição do Problema	As disciplinas Contabilidade Geral, Macroeconomia e Ciência Política estava sendo ministrada para três polos: Tarauacá, Brasília e Acrelândia (AC), no período de 28/04/2014 a 06/06/2014. O polo de Brasília atendeu 14 alunos do curso Licenciatura em Administração Pública neste período letivo. Em 28/04/2014, a cidade de Brasília, sofreu um inundação, devido ao transbordamento do rio. O polo ficou com cerca de 1m de água. Equipamentos e móveis foram destruídos.
Problema Detalhado	A inundação ocorrida na cidade de Brasília comprometeu as atividades no polo.
Palavras-chaves	Inundação
Polo	Brasília

SOLUÇÃO APRESENTADA:

Solução	Todas as atividades tiveram que ser suspensas por 1 mês, em todos os polos, por causa da paralisação do polo de Brasília e para não prejudicar os alunos do mesmo.
Palavras-chaves	Suspensão do curso
Ação implementada	- Contato do coordenador de polo com o coordenador de curso, para relato do problema e tomada de decisões. - Envio de mensagens a todos os polos para suspensão de atividades. - Reposição de equipamentos com urgência.
Solução Implementada	Sim
Efetividade da Ação Implementada	Sim
Custos	Reposição de equipamentos
Impacto Pedagógico	Adiamento de atividades e mudanças no calendário acadêmico do curso.
Atores Envolvidos	Professor, Coordenador do curso, coordenador de polo, tutor presencial

Similaridade calculada: 0.953879

A solução recomendada ajudou na sua dúvida?

Figura 5. Exemplo de caso mais similar recuperado

6. Conclusão

A utilização de agentes inteligentes em um sistema de RBC, para o contexto do CED, surgiu da tentativa de dinamizar a busca por soluções para os problemas causados pelo isolamento geográfico e dificuldades pedagógicas características dos polos abrangidos pelos cursos oferecidos.

A técnica de RBC mostrou-se uma ferramenta bastante útil, principalmente quando foi acoplada à teoria de agentes inteligentes, usando os recursos de independência de ações [Lyra e Santos 2012], pois uma vez que o banco de dados seja alimentado de forma correta, os problemas podem ser comparados a casos passados, e a solução alcançar melhores índices de sucesso. A modelagem do domínio em uma ontologia contribuiu para a rapidez na identificação e diagnóstico de casos similares. Aos responsáveis pelos cursos à distância, foi facilitada a análise de fatores para a tomada de decisão em relação a estratégias a serem adotadas como resposta a uma situação problemática.

Nos primeiros testes de funcionalidade com o agente RBC proposto foram utilizados 15 casos, entre fictícios e reais. Como trata-se de um estudo piloto, foi utilizada uma base de casos reais reduzida e os resultados ainda não são conclusivos. A validação preliminar apontou índices de similaridade na faixa de 45 a 95%, o que indica ser uma

boa alternativa o uso do RBC para auxiliar na resolução de problemas, baseada em cenários anteriores e semelhantes.

Como propostas futuras, sugere-se expandir os experimentos com mais casos reais e submeter o resultado a uma avaliação qualitativa, disponibilizada na própria *interface* e realizada por especialistas do CED. Desta forma, o usuário poderá contribuir com o aprendizado do agente, avaliando a aplicabilidade das soluções apresentadas.

8. Referências

- Aamodt, A. and Plaza, E. (1994) “Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches”. *AI Com.* v.7, n.1, pp. 39–59.
- Bittencourt, I., Costa, E., Almeida, H., Fonseca, B., Maia, G., Calado I. and Silva, A. (2007) “Towards an Ontology-based Framework for Building Multiagent Intelligent Tutoring Systems”. *SEAS 2007 III Workshop on Software Engineering for Agent-Oriented Systems*.
- Bittencourt, I., Tadeu, M. and Costa, E. (2006) “Combining AI Techniques into a Legal Agent-based Intelligent Tutoring Systems”. In: *Proceedings of 18th Int. Conf. on Software Engineering and Knowledge Engineering*. San Francisco, USA.
- Costa, E. Perkusich, A. and Ferneda, E. (1998) “From a tridimensional view of domain knowledge to multi-agents tutoring systems”. In: de Oliveira F.M. (eds) *Advances in Artificial Intelligence. SBIA 1998. Lecture Notes in Computer Science*, v. 1515, pp. 61-72. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Garrido, J. L., Hurtado, M. V., Noguera, M. and Zurita, J. M. (2008) “Using a CBR approach based on ontologies for recommendation and reuse of knowledge sharing in decision making”. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Hybrid Intelligent Systems. IEEE 2008*. Barcelona, Spain.
- Kolodner, J. L. (1993) “Case-Based Reasoning”. Morgan Kaufmann Pub., Inc.
- Lyra, F. e Santos, N. (2012) “Agentes de Software no Monitoramento de Alunos em Educação a Distância”. In: *I Congresso Brasileiro de Informática na Educação Rio de Janeiro*. In: *Anais do XVIII Workshop de informática na Escola*.
- Mendes, W., Girardi, R. e Leite, A. (2013) “Arquitetura baseada em ontologias de um agente RBC”. In: *Information Systems and Technologies (CISTI), 2013. 8th Iberian Conference on*. Lisboa.
- Santos J., G. P., Costa, E. B., Fachine, J. M. (2008) “Raciocínio Baseado em Casos para Auxílio a Alunos na Resolução de Problemas por Analogia – Uma abordagem para Representação e Recuperação de Casos”. In: *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p. 593-602. Fortaleza, Brasil.
- Silva, J. S., Teles Lucena, K. K., Oliveira, E. H. T. de. (2015) “WebMonitor: uma ferramenta para monitoramento e acompanhamento de cursos em um AVA”. In: *XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. In: *Anais do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE)*, p. 249-258. Maceió, Brasil.
- Teles Lucena, K. K., Silva, J. S., Oliveira, E. H. T. de, Gadelha, B. and Lucena, W. (2014) *Um Sistema Multiagente para Suporte a Mobile Learning em Educação a Distância*. In: *XIX Conferência Internacional sobre Informática na Educação - TISE 2014*, Fortaleza, Brasil. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 2014. v. 10.
- Wangenheim, C. G. V., Wangenheim, A. V. e Rateke, T. (2013) “Raciocínio baseado em casos – com software livre e aplicativos móveis”. 2ª edição atualizada. Florianópolis: Editora Bookness.