

Um Assistente Virtual para Resolução de Dúvidas e Recomendação de Conteúdo

Eliseo Reategui, Alexandre Lorenzatti

Departamento de Informática – Universidade de Caxias do Sul (UCS)
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – 95070-560 Caxias do Sul – RS – Brazil
{ebreateg,alorenza}@ucs.br

Abstract. *This paper presents an architecture for virtual assistants that can communicate with the user in natural language, that can monitor his/her navigation and, according to this information, can make appropriate recommendations. The assistant uses the representation language AIML in its natural language communication, and employs a recommender system to find items that may help the user in the learning process. The paper presents the assistant's architecture and its use in a learning environment for algorithms.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma arquitetura de assistentes virtuais capazes de se comunicar com o usuário em linguagem natural, monitorar sua navegação e, de acordo com estas informações, lhe recomendar conteúdos apropriados. O assistente utiliza a linguagem de representação AIML em sua comunicação em linguagem natural, e emprega um sistema de recomendação para encontrar itens que possam auxiliar o usuário em sua aprendizagem. Este artigo apresenta a arquitetura do assistente, bem como sua utilização em um ambiente de aprendizagem de algoritmos.*

1. Introdução

Os assistentes virtuais são personagens colocados em uma interface com o objetivo de melhorar a comunicação com o usuário e atrair sua atenção em momentos determinados, visando enfatizar a apresentação de informações ou recomendações.

Atualmente vários assistentes virtuais podem ser encontrados interagindo com usuários na internet. Na maior parte do tempo são *chatbots* que conversam com o internauta utilizando alguma técnica de processamento de linguagem natural, como ALICE [Wallace 2000], Lennon [Hunt 2001], Cybelle [Primo 2001] e Eliza [Weizenbaum 1966].

Este artigo descreve Cadinho, um assistente virtual com funcionalidades mais amplas que as dos *chatbots*. Além de interagir com o usuário através de linguagem natural, Cadinho é capaz de monitorar as ações do usuário e recomendar conteúdos que possam auxiliá-lo no processo de aprendizagem. Nossa principal meta foi investigar como os sistemas de recomendação poderiam ser empregados pelos assistentes virtuais para tornar mais rica e eficaz a interação com os usuário.

Os assistentes virtuais vem sendo utilizados em uma gama variada de aplicações, por exemplo comércio eletrônico, e-learning e help-desks. Pandzic as classifica em seis categorias distintas [Pandezic 2001]: Entretenimento, comunicação,

navegação, broadcasting, comércio e educação. Os assistentes empregados na educação fazem parte de uma categoria de sistemas também chamada de agentes pedagógicos, ou sistemas tutores inteligentes. Rist et al [Rist et al. 2003] propõem outra classificação para os assistentes, esta com base nos diferentes níveis de interatividade entre o assistente e o usuário. Tem-se inicialmente os assistentes que apresentam informações para o usuário como se fossem apresentadores de televisão [Rist et al. 1997], sem promover muito a interatividade. Outra categoria promove a interação com os usuários através de diálogos em linguagem natural. A personagem Cybelle do website agentland.com é um exemplo deste tipo de assistente, tendo a principal função de trazer informações sobre agentes para o usuário e direcioná-lo a páginas relevantes. A terceira categoria de assistentes "habita" um mundo virtual onde outros personagens co-existem. Estes personagens trazem informações para o usuário desempenhando papéis específicos e interagindo uns com os outros [Towns et al. 1998].

O número de pesquisadores investigando a importância da dimensão afetiva em personagens virtuais também é crescente. Elliot et al. [1999] desenvolveram estudos sobre agentes pedagógicos sensíveis aos estados emotivos dos alunos e capazes de raciocinar sobre aspectos afetivos na resolução de problemas. Em [Arafa 2000] os autores descrevem uma abordagem para possibilitar a percepção computacional necessária para a geração automática de comportamento afetivo em ambientes multi-agentes.

O assistente virtual Cadinho se enquadra entre aqueles aplicados na área da educação. Através do uso de imagens reais de um professor muito carismático do departamento onde o ambiente foi testado, o projeto também buscou desenvolver a dimensão afetiva do personagem. Conversação amigável, expressões faciais apropriadas a cada situação e personalização do diálogo foram os principais recursos utilizados.

A próxima seção apresenta brevemente o ambiente de aprendizagem onde foi inserido o assistente virtual Cadinho. Em seguida, a arquitetura do assistente virtual é detalhada, mostrando como operam seus principais componentes. A seção 4 discute alguns resultados preliminares, apresenta conclusões e propõe tópicos para desenvolvimentos futuros.

2. O Ambiente de Aprendizagem de Algoritmos A3

Atualmente, as principais formas de encaminhamento do ensino podem ser classificadas em três categorias: presencial, semi-presencial e a distância. A forma presencial é a mais convencional, na qual professores e alunos se encontram de maneira freqüente em um local determinado. A semi-presencial é desenvolvida parte em sala de aula, parte à distância com auxílio de ferramentas apropriadas. Já a educação à distância acontece fundamentalmente com professores e alunos fisicamente separados no espaço e/ou no tempo. O ambiente de aprendizagem no qual foi inserido o assistente virtual, chamado de A3 (Ambiente de Aprendizado em Algoritmos) [Reategui e Notare 2004], vem sendo desenvolvido como forma de apoio a um curso presencial, buscando tornar as aulas mais dinâmicas, aumentando o interesse e participação dos alunos e provendo um ambiente onde os estudantes possam resolver dúvidas na ausência do professor.

O ambiente apresenta aos alunos conteúdos regulares da disciplina, propõe exercícios, disponibiliza um fórum para discussões além de uma ferramenta para teste e

execução de algoritmos. Tendo sido desenvolvido como um website dinâmico, o sistema permite a professores e administradores alterar seu conteúdo sem muita dificuldade. A Figura 1 apresenta o ambiente, e suas principais funções.

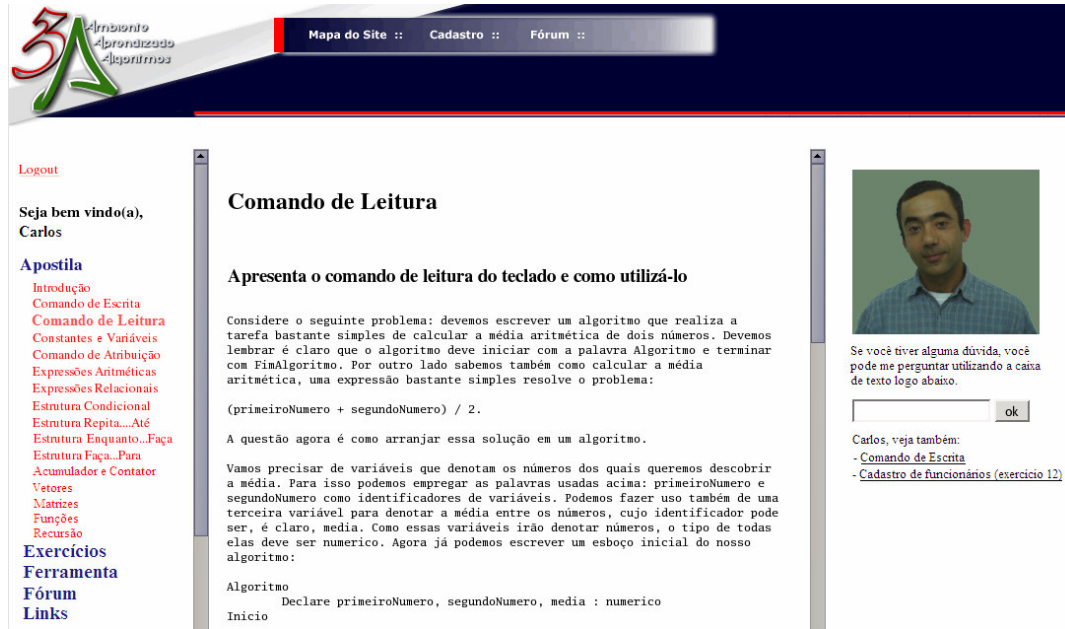


Figura 1. O Ambiente de Aprendizagem de Algoritmos - A3

O menu vertical à esquerda da figura 1 mostra as principais seções do ambiente (Conteúdos da Apostila, Exercícios, Ferramenta de execução de algoritmos, Fórum e Links relacionados). Na área central, a seção selecionada no menu é apresentada, no caso o conteúdo da Apostila "Comando de Leitura". Mais à direita, é possível visualizar o assistente virtual Cadinho. O assistente traz dicas, disponibiliza uma área para colocação de perguntas e sugere conteúdo e exercícios relacionados. As próximas seções detalham cada uma das funções do assistente.

3. Arquitetura do Assistente Virtual

O assistente virtual Cadinho foi integrado ao ambiente de aprendizagem A3, com o propósito de fornecer aos alunos um mecanismo de comunicação eficiente na busca e apresentação de informações. Cadinho tem a capacidade de se comunicar em linguagem natural, além de monitorar a navegação do usuário e utilizar estas informações na recomendação de conteúdo. A Figura 2 apresenta a arquitetura geral do ambiente.

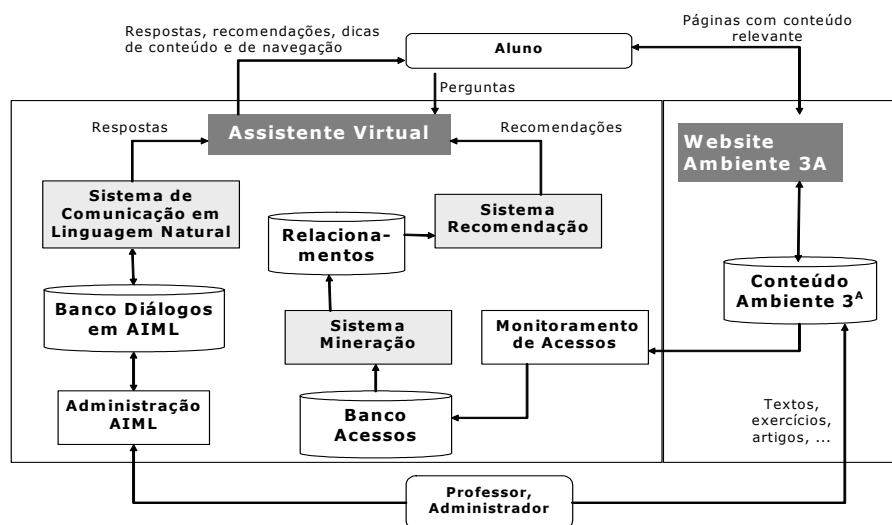


Figura 2. Arquitetura do Ambiente A3

O aluno pode navegar no ambiente A3 utilizando recursos comuns a websites tradicionais, i.e. selecionando links, dirigindo-se a páginas determinadas, etc. Outra possibilidade é questionar o assistente virtual sobre determinado assunto utilizando o sistema de comunicação em linguagem natural. O assistente responde as perguntas colocadas e sugere conteúdos relacionados.

Na medida em que navega, um sistema de Monitoramento de Acessos captura e armazena num Banco de Acessos informações relativas aos tópicos visitados pelo aluno. Estas informações são empregadas por um sistema de mineração de dados para encontrar relacionamentos entre tópicos, por exemplo, identificar que após consultar determinado conteúdo, a maior parte dos alunos procura resolver um dado exercício. O sistema de Recomendação utiliza então estes relacionamentos para recomendar conteúdo e dar dicas de navegação aos usuários. As próximas subseções apresentam detalhes sobre os principais componentes desta arquitetura.

3.1. Sistema de Comunicação em Linguagem Natural

O sistema de comunicação em linguagem natural do assistente Cadinho utiliza a linguagem de representação AIML (Artificial Intelligence Markup Language - Linguagem de Marcação de Inteligência Artificial) [Wallace 2003]. Esta linguagem foi desenvolvida e utilizada no desenvolvimento de um dos *chatbots* mais conhecidos até hoje, chamado A.L.I.C.E. O mecanismo utilizado no desenvolvimento do robô é o de estímulo-resposta. O sistema armazena estímulos (frases e fragmentos que podem ser utilizados para questionar o robô) e os emprega na busca a respostas previamente estabelecidas.

A linguagem descreve classes de objetos chamados de objetos AIML, e descreve parcialmente o comportamento do programa que os processa.

Alguns dos principais marcadores da linguagem são:

<aiml>: tag de início de documento

<categoria>: tag que marca as unidades de conhecimento em uma base

<pattern>: utilizado para conter um padrão que será buscado nos diálogos que os usuários entrarão para se comunicar com o assistente

<template>: contém as respostas às entradas feitas pelo usuário.

Além dos marcadores já existentes para descrever conhecimento em AIML, é possível criar novos marcadores. Cadinho foi descrito utilizando-se os marcadores padrão do AIML, com exceção de um marcador desenvolvido para controlar sua mudança de seu estado. Este marcador, chamado de <humor>, foi utilizado para controlar a mudança de imagens que refletem os diferentes estados de espírito do personagem (feliz, receptivo, incomodado, etc.). Deste modo, ao introduzir uma pergunta ao assistente (i.e. um estímulo), o assistente busca em sua base uma resposta apropriada e a apresenta, trocando de estado quando necessário.

O banco de conhecimento desenvolvido para o assistente Cadinho armazena informações relativas a algoritmos, permitindo que o assistente auxilie os alunos principalmente em questões teóricas. No entanto, ao monitorar as ações de cada aluno o assistente pode perceber que determinado conteúdo está relacionado, por exemplo, a um dado exercício. Isto lhe permite recomendar o exercício ao aluno para que ele trabalhe na prática os conceitos apresentados. Este processo é realizado através do Sistema de Recomendação, detalhado na próxima seção.

3.2. Sistema de Recomendação

No contexto de internet, um website personalizado é aquele capaz de reconhecer o internauta e apresentar páginas com conteúdo, produtos e ofertas selecionados especialmente para ele. Os sistemas responsáveis por estas funcionalidades são conhecidos como sistemas de recomendação. Uma das técnicas mais antigas utilizada nestes sistemas é conhecida como filtragem colaborativa [Herlocker et al. 2000]. Esta técnica prevê as preferências de um usuário com base nas preferências de outros com comportamento semelhante. A técnica de filtragem colaborativa tem sido utilizada com sucesso em diversos projetos de pesquisa. O projeto Tapestry [Goldberg et al. 1992], uma das primeiras implementações de filtragem colaborativa em sistemas de recomendação, utilizava opiniões de pessoas de uma comunidade pequena (e.g. escritório ou grupo de trabalho) para encontrar recomendações. Já o projeto GroupLens da Universidade de Minnesota [Sarwar et al. 1998] auxilia o usuário a encontrar filmes de seus interesses. Hoje em dia, no entanto, os sistemas de recomendação já migraram dos laboratórios de pesquisa para o mercado da internet, e podem ser encontrados em grandes websites como o da livraria Amazon.com ou da loja de discos CDNow.com [Schafer 1999].

No ambiente A3 o sistema de recomendação é utilizado não para identificar preferências, mas para recomendar conteúdo apropriado, a partir da análise de seqüências de navegação percorridas por outros estudantes. Para viabilizar este processo, um sistema de monitoramento armazena todas as interações do aluno, indicando o dia e a hora em que cada seção sistema é acessada por ele. Um sistema de mineração de dados vasculha este repositório em busca de seqüências de acesso frequentes. Quando encontradas, estas seqüências são armazenadas em descritores de itens [Reategui et al. 2004]. Estes descritores empregam parâmetros como fator de

confiança (FConf) e fator de suporte (FSup) para indicar a força dos relacionamentos entre itens. Cada item pode assumir um valor verdadeiro ou falso (binário). Um relacionamento entre dois itens X e Y pode ser visto como uma regra de associação do tipo $X \Rightarrow Y$, à qual associa-se um fator de confiança e de suporte (FConf e FSup).

- FSup constitui-se na razão do número de usuários do banco de dados para os quais X e Y são verdadeiros, sobre o número total de usuários:

$$FSup = |X \cup Y| / N$$

- FConf constitui-se na razão do número de usuários para os quais X e Y são verdadeiros, sobre o número de usuários para os quais X é verdadeiro:

$$FConf = |X \cup Y| / |X|$$

A função de extração de regras a partir de um banco de dados consiste em encontrar todos os relacionamentos possíveis com fatores maiores ou iguais a FSup e FConf especificados pelo usuário. A figura 3 apresenta um descritor de item para o exercício "Geração da Série de Fibonacci", mostrando os fatores FConf e FSup relativos a outros itens.

Item Alvo: Geração da Série de Fibonacci		Classe: Exercício	
Item Relacionado	Classe	FConf	FSup
Estrutura Para... Faça	Capítulo	0,70	0,62
Cálculo da média dos números entre 8 e 80	Exercício	0,59	0,57
Cálculo da soma números primos de 1 a 200	Exercício	0,52	0,52

Figura 4. Exemplo de um descritor de item.

O item alvo do descritor corresponde ao tópico a ser recomendado ao usuário. De acordo com os parâmetros FConf e FSup apresentados no descritor, é possível chegar-se a algumas conclusões, por exemplo:

- 70% dos alunos que visitam o tópico “Estrutura Para...Faça”, buscam resolver em seguida o exercício de geração da série de Fibonacci;
- 62% de todos os alunos cadastrados na base de dados acessaram tanto o tópico “Estrutura Para...Faça” quanto o exercício de geração da série de Fibonacci.

Além de ser utilizado na recomendação de itens, o conhecimento armazenado nos descritores pode ser facilmente compreendido, o que é interessante do ponto de vista pedagógico para se possa observar os relacionamentos estabelecidos pelos alunos quando estudam cada tópico da disciplina.

O processo de recomendação é realizado da seguinte forma: dada uma lista de usuários $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ e uma lista de descritores $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, é iniciada a coleta de informações sobre um usuário u_i para quem se deseja fazer alguma recomendação. Em seguida, um mecanismo competitivo inicia, no qual o sistema calcula a similaridade para cada descritor d_j quando comparado aos dados coletados sobre as interações com o usuário, encontrando a lista de termos relacionados $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$. O sistema calcula o

então um *score* para o descritor, que varia entre diferente (0) até muito similar (1), de acordo com a fórmula:

$$Score(d_j) = 1 - \prod_{kj} (Ruído(t_p))$$

onde $Score(d_j)$ indica o quão apropriado para recomendação é o item representado pelo descritor d_j ; $Ruído(t_p)$ é o valor do parâmetro de ruído do termo t_p , um conceito utilizado em modelos de probabilidade "noisy-OR" (Pradhan et al., 1994) e calculados como $1 - P(d_j | t_p)$.

Calculado o *Score* para cada descritor de item, aqueles que obtiverem o maior valor serão recomendados ao usuário. As recomendações complementam as informações trazidas pelo assistente virtual pelo sistema de comunicação em linguagem natural, e propõem roteiros de estudo específicos para cada aluno, de acordo com conteúdos e seqüências de ações realizadas.

7. Resultados Preliminares e Discussão

A idéia de desenvolver um personagem computacional que “conversa” com o usuário é antiga. Em 1966 o pesquisador Weizenbaum já havia desenvolvido ELIZA [Weizenbaum 1966], um programa capaz de manter um diálogo com o usuário, simulando o papel de um psiquiatra. Em 1975 Shapiro propõe uma utilização prática para ELIZA, como um assistente com a função de responder perguntas precisas sobre a utilização de uma ferramenta [Shapiro e Kwasny 1975].

Atualmente, evidências científicas começam a apontar que a presença de um personagem em uma interface pode aumentar a confiança do usuário [Rickenberg e Reeves 2000] e melhorar a comunicação entre homem e máquina através da introdução de estímulos sociais [De Angeli et al. 2001].

Em relação à utilização destes personagens em ambientes de aprendizagem, experimentos mostram que a presença da figura humana tem um efeito positivo nas experiências interativas dos estudantes [Lester et al. 1997]. André et al. [1999] verificaram que estudantes consideraram o assunto em estudo significativamente menos difícil e a apresentação mais lúdica na presença de um assistente virtual. Neste mesmo experimento a maior parte dos estudantes afirmou que o assistente os auxiliou a prestar atenção a informações relevantes.

Outro exemplo de utilização de assistentes virtuais na educação é o trabalho de Shaw e Johnson [1999], em que professores virtuais guiam os alunos em ambientes interativos online. Já Craig et al. [2002] mostram efeitos distintos no aprendizado de alunos submetidos a interações com agentes estáticos e animados. Sims [2000] utiliza agentes pedagógicos para ensinar crianças surdas a linguagem dos sinais. Em nossa pesquisa, um agente é utilizado para responder perguntas sobre a disciplina de algoritmos, e recomendar conteúdo aos estudantes. O assistente foi personificado através de imagens de um professor conhecido no Departamento de Informática da Universidade de Caxias do Sul, onde o projeto foi desenvolvido. A escolha deste personagem foi feita após um experimento em que 200 estudantes da universidade utilizaram um sistema de comércio eletrônico em que um assistente acompanhava a navegação dos estudantes, dando dicas de produtos e recomendando itens relacionados. Vários modelos de assistentes foram testados, entre pessoas conhecidas, cartoons,

imagens animadas ou não. Após o experimento, pode-se verificar que a utilização de uma figura conhecida tinha mais impacto nos estudantes do que as figuras desconhecidas. Outros experimentos estão sendo conduzidos para estabelecer modelos que permitam determinar o melhor modelo de assistente para cada tipo de situação/aplicação.

Quanto à utilização de técnicas baseadas em experiências anteriores na recomendação de conteúdo em ambientes educativos, Schank e Cleary [1995] introduziram várias idéias sobre o uso do Raciocínio Baseado em Casos (RBC). Os autores mostraram como a técnica poderia ser empregada na busca de conteúdo e ferramentas pedagógicas adequadas para um usuário, de acordo com seqüências de conteúdos eficazes na aprendizagem de outros usuários com perfil semelhante. A área de RBC aplicado à educação se desenvolveu consideravelmente, mostrando variações de como a técnica pode ser utilizada na adaptabilidade de ambientes de aprendizagem, como em [Funk e Conlan 2002] e [Tsaganou et al. 2002].

A pesquisa apresentada neste artigo aplica os sistemas de recomendação de forma análoga ao emprego de RBC. A principal diferença das duas abordagens está na diversidade das técnicas utilizadas para recuperar experiências anteriores e empregá-las na recomendação de conteúdos. A técnica utilizada neste projeto emprega descritores de itens como método de aprendizado e generalização do conhecimento extraído de casos passados, ao invés de utilizar os próprios casos. A principal vantagem desta abordagem está na fácil compreensão do conhecimento obtido dos casos, bem como na possibilidade de modificação manual deste conhecimento para guiar o comportamento do sistema na recomendação de conteúdos.

A principal contribuição deste trabalho está na integração dos sistemas de recomendação numa arquitetura de assistentes virtuais empregando linguagem natural. Presentemente, no ambiente A3 o sistema de recomendação é acionado de forma paralela ao mecanismo de comunicação em linguagem natural, complementando as informações e dicas trazidas pelo último. Estamos trabalhando de modo a integrar de maneira mais coesa os dois mecanismos, para que o sistema de recomendação possa ser alimentado também pelas informações introduzidas pelo usuário no mecanismo de comunicação em linguagem natural. Também estamos investigando diferentes tipos de cálculo de similaridade para comparação de dados temporais, para permitir que se estabeleça com mais precisão a semelhança entre seqüências de ações dos usuários e se possa produzir recomendações mais precisas.

7. Referências

- Andre, E., Rist, T., and Muller, J. (1999). "Employing AI methods to control the behavior of animated interface agents". *Applied Artificial Intelligence*, Volume 13, Numbers 4-5, May 1999, 415-448.
- Arafa, Y. and Mamdani, A. (2000). "Virtual Personal Service Assistants: Towards Real-time Characters with Artificial Hearts". *Proceedings of ACM Intelligent User Interfaces Conference 2000*, New Orleans, USA.
- Craig, D. S., Gholson, B. and Driscoll, D. M. (2002). "Animated Pedagogical Agents in Multimedia Educational Environments". *Journal of Educational Psychology*, 2002, Vol. 94, No. 2, 428-434.

- De Angeli, A., Lynch, P. and Johnson, G. (2001). "Personifying the e-market: A framework for social agents". *Interact 2001 - Eighth IFIP TC.13 Conference on Human-Computer Interaction*, Tokyo, Japan, July 9-13, 2001.
- Elliott, C. D., Rickel, J. and Lester, J. (1999). "Lifelike Pedagogical Agents and Affective Computing: An Exploratory Synthesis". In M. Wooldridge and M. Veloso, editors, *Artificial Intelligence Today*, number 1600 in *Lecture Notes in Computer Science*, pages 195-212. New York: Springer-Verlag.
- Funk, P. and Conlan, O. (2002). "Case-Based Reasoning to Improve Adaptability of Intelligent Tutoring Systems", *Workshop on Case-Based Reasoning for Education and Training, CBRET'2002*, pages 15-23 Aberdeen, Scotland , September 2002.
- Herlocker, J., Konstan, J. and Riedl, J. (2000). Explaining Collaborative Filtering Recommendations. In *proceedings of ACM 2000 Conference on Computer Supported Cooperative Work* , December 2-6, 2000.
- Goldberg, D., Nichols, D., Oki, B. M. and Terry, D. (1992). "Using collaborative filtering to weave an information tapestry". *Communications of the ACM*, Vol 35, Num 12. Dezembro 1992.
- Hunt, J. (2001). "The King is Ready for a Chat". *Guardian Unlimited*, February 1, 2001.
- Lester, L. C., Convers, S. A., Stone, B. A., Kahler, S. E., and Barlow, S. T. (1997). "Animated pedagogical agents and problem-solving effectiveness: A large-scale empirical evaluation". In *Proceedings of the Eighth World Conference on Artificial Intelligence in Education*, 23-30. IOS Press.
- Pandzic, I. S. (2001). *Life on the Web*. Software Focus Journal. Wiley, NY, 52-58.
- Primo, A. (2001). "Comunicação e Inteligência Artificial: interagindo com a robô de conversação Cybelle". In: *Compós 2001 - X Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação*, 2001, Brasília.
- Reategui, E., Campbell, J. A. and Torres, R. (2004). "Using Item Descriptors in Recommender Systems". *The Nineteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2004)*, Workshop on Semantic Web Personalization, San Jose, USA, Julho 2004.
- Reategui, E. e Notare, M. (2004). *A3 - Um Ambiente de Aprendizagem de Algoritmos*. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Manaus, Novembro, 2004.
- Rickenberg, R. and Reeves, B. (2000). "The Effects of Animated Characters on Anxiety, Task Performance, and Evaluations of User Interfaces". *CHI 2000: Conference on Human Factors in Computing Systems*. The Hague, Amsterdam, The Netherlands. 1-6 April, 2000.
- Rist, T., André, E. and Müller, J. (1997). "Adding Animated. Presentation Agents to the Interface". *Proceedings of International Conference on Intelligent User Interfaces - IUI 97*, 79-86, N.Y.: ACM Press.
- Rist, T., André, E. and Baldes, S. (2003). *A flexible platform for building applications with life-like characters*. *International Conference on Intelligent User Interfaces*. January, 12-15, Miami, FL, USA.

- Sarwar, B., Konstan, J., Borchers, A., Herlocker, J., Miller, B. and Riedl, J. (1998). "Using Filtering Agents to Improve Prediction Quality in the GroupLens Research Collaborative Filtering System". Proceedings of the 1998 Conference on Computer Supported Cooperative Work. New York, 1998.
- Schafer, J., Konstan, J. and Riedl, J. (1999). "Recommender systems in e-commerce". In Proceedings of ACM E-Commerce, 1999.
- Schank, R. C. and Cleary, C. (1995). Engines for Education. LEA Publishing.
- Shapiro, S. C. and Kwasny, S. C. (1975). "Interactive consulta via natural language". Communications of the ACM, vol 18, num 18, agosto 1975.
- Shaw, E. and Johnson, W.L. (1999). "Pedagogical agents on the Web". In Proceedings of the the Third International Conference on Autonomous Agents, ACM Press, NY, 1999, 283-290.
- Sims, E. (2000). "Virtual Communicator Characters". Computer Graphics. Volume 34, Number 2, May, 2000.
- Towns, S. G., Callaway, C. B., Voerman, J. L. and Lester, J. C. (1998). "Coherent Gestures, Locomotion, and Speech in Life-Like Pedagogical Agents". ACM International Conference on Intelligent User Interfaces - IUI98, SanFrancisco CA, USA.
- Tsaganou G., Grigoriadou M. and Cavoura, T. (2002). "Modelling Student's Comprehension of Historical Text Using Fuzzy Case-based Reasoning". Workshop on Case-Based Reasoning for Education and Training, CBRET'2002, Aberdeen, Scotland, 4 - 7 September 2002.
- Wallace, R. (2000). "The Anatomy of A.L.I.C.E. A.L.I.C.E." Artificial Intelligence Foundation, <http://www.alicebot.org/anatomy.html>.
- Wallace, R. (2003). "The Elements of AIML Style", ALICE A. I. Foundation.
- Weizenbaum, J. (1966). "ELIZA - A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine". Communications of the ACM Volume 9, Number 1 (January 1966): 36-35.