
Uma Ferramenta de Avaliação Automática para Mapas Conceituais como Auxílio ao Ensino em Ambientes de Educação a Distância

Vanessa Martins Caldas¹, Eloi Luiz Favero¹

¹Centro de Ciências Exatas e Naturais - Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém - PA - Brasil
{vanessam, eloi.favero}@ufpa.br

Abstract. *Virtual Learning Environment requires automated assessment for opened questions once it allows a better way to evaluate students' performance. Therefore, this evaluation is usually use on objective questions (closed questions). Researches have been made in order to create automated evaluation for opened questions, but the main focus of these tools lays in short essays. Through opened questions, Conceptual Maps has a role as an assessment methodology that allows a detailed vision about students' learning, where proposals to do automated assessment have been researched. This paper describes a proposal that uses Artificial Intelligence Techniques (n-grams and Knn) to assess students' Conceptual Maps in a quantitative way and qualitative way. The results achieved an average of 90% rights related to humans experts for quantitative assessment, while considering qualitative assessment it's created guide reports to students in order to help them with the Conceptual Map construction.*

Resumo. *A avaliação automática de questões abertas é uma característica almejada em ambientes de Ensino a Distância, pois permite ao professor avaliar de forma mais adequada o desempenho do estudante. Todavia, este tipo de avaliação é freqüentemente utilizado para questões objetivas (questões fechadas). Pesquisas têm sido realizadas com o intuito de criar ferramentas de avaliação automática para questões abertas, porém o principal foco destas pesquisas reside sobre pequenas questões discursivas. Dentre as questões abertas, a abordagem de Mapas Conceituais caracteriza-se como uma metodologia voltada para a avaliação que permite uma visão mais detalhada do aprendizado do aluno, da qual propostas de avaliação automática estão sendo pesquisadas. Este trabalho descreve uma proposta de ferramenta, que através de técnicas de Inteligência Artificial (n-gramas e KNN), realiza uma avaliação tanto quantitativa como qualitativa sobre Mapas Conceituais. Os resultados desta proposta atingem uma acurácia de 90% de acertos em relação a avaliadores humanos considerando a avaliação quantitativa, enquanto que para a avaliação qualitativa relatórios são criados para o aluno com o objetivo de auxiliá-lo no processo de desenvolvimento do Mapa Conceitual.*

1. Introdução

A avaliação discente no contexto educacional é vista como um processo que tem como finalidade verificar o aprendizado de um aluno. O processo de avaliação geralmente é realizado através da aplicação de testes e exercícios com o objetivo de quantificar o desempenho do aluno. Entretanto, devido à sobrecarga que esta tarefa impõe, torna-se difícil para o docente acompanhar de maneira efetiva e gradual o processo de aprendizado do estudante. Essa preocupação é maior principalmente no que concerne a ambientes de educação à distância (EAD) em larga escala, onde a complexidade no processo de avaliação aumenta, pois professor e estudantes se encontram distantes um do outro, tanto temporalmente quanto espacialmente.

O ensino a distância é um paradigma em expansão dentro da educação, uma vez que o corpo discente que se encontra ambientado no ensino à distância tem mostrado uma taxa de crescimento (cerca de 20% ao ano) bem superior à modalidade presencial [Moodle 2008], reforçando a necessidade de estudar metodologias de avaliação automática para ambientes de EAD. Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), tais como Teleduc [Teleduc 2008] e Moodle [Moodle 2008] têm apoiado o ensino em EAD através de serviços como correção automática de questões objetivas com o intuito de amenizar estes problemas de avaliação. Todavia, a avaliação automática de questões objetivas não fornece uma análise efetiva sobre o processo de aprendizado do aluno, pois não demonstra o que o estudante entendeu a respeito de um assunto e nem como construiu este conhecimento. As questões abertas demonstram de maneira mais clara o raciocínio do aluno [Novak 1984].

Dentre as questões abertas encontram-se os Mapas Conceituais (MCs), cuja principal característica reside na habilidade de expressar o conhecimento individual de cada pessoa acerca de um assunto [Cañas 1999]. Esta característica torna os Mapas Conceituais uma ferramenta importante em AVAs, pois possibilita o acompanhamento gradual da construção do conhecimento, mostrando ao professor o desenvolvimento e dificuldades do aluno acerca do tópico ministrado.

O desafio encontra-se no desenvolvimento de ferramentas que automatizem o processo de avaliação para questões abertas, sejam elas pequenas questões discursivas, ensaios ou Mapas Conceituais. Estudos neste sentido ocorrem desde meados da década de 60 quando o sistema pioneiro PEG (*Project Essay Grader*) foi desenvolvido para avaliar pequenas questões discursivas [Page 1967]. Entretanto, com o surgimento de novas técnicas como PLN (Processamento de Linguagem Natural) e EI (Extração da Informação) em meados da década de 90, retomaram-se as pesquisas e novas ferramentas foram desenvolvidas, a exemplos de IEA e E-Rater, [Hearst 2000]. A avaliação automática de questões fornece algumas vantagens em relação à avaliação manual, tais como:

- Apresenta menor sobrecarga no que concerne à avaliação para o docente, onde este poderá dedicar-se a uma avaliação mais qualitativa e pontual de acordo com a necessidade de cada aluno;
- Oferece maior visibilidade ao docente do desempenho dos alunos através de relatórios avaliativos, permitindo ao professor identificar problemas, como a

deficiência de um aluno em relação a um tópico ministrado de forma mais rápida e tomar decisões para solucioná-las de forma mais eficiente;

- Possui retorno imediato dos resultados para os estudantes, característica importante principalmente em ambientes EAD onde o professor não está sempre disponível ao aluno.

Este artigo tem como objetivo mostrar uma ferramenta de avaliação quantitativa e qualitativa de Mapas Conceituais dentro de um ambiente EAD. São apresentadas 7 seções: a seção 2 discorre sobre a relação entre Aprendizagem Significativa e Mapas Conceituais; a seção 3 cita os trabalhos relacionados à avaliação de Mapas Conceituais; a seção 4 descreve a ferramenta proposta; a seção 5 detalha os experimentos realizados, mostrando os resultados obtidos; a seção 6 apresenta as conclusões; a seção 7 relaciona as referências bibliográficas.

2. Aprendizagem Significativa e Mapas Conceituais na Avaliação

A metodologia de Mapas Conceituais (MCs) desenvolvida na década de 70 por Novak (1984) tem como princípio a teoria da Aprendizagem Significativa desenvolvida por David Ausubel (2000), a qual determina que a aprendizagem de um novo conhecimento deve estar relacionada a um conhecimento relevante e prévio do indivíduo.

A ancoragem de um novo conceito a um conhecimento anterior ocorre quando um conceito mais específico e menos inclusivo é ligado a um conceito já existente e mais geral chamado subsunçor. A ancoragem de conceitos causa uma pequena mudança tanto no significado do conceito subsunçor como na informação já armazenada na estrutura cognitiva do indivíduo [Novak 1998]. Dentre as grandes vantagens da aprendizagem significativa podemos citar:

- O conhecimento adquirido é retido por muito mais tempo, ou seja, o estudante não esquece o conhecimento apreendido dentro de semanas;
- A informação apreendida de forma significativa pode ser aplicada em uma grande variedade de novos problemas ou contextos; a transferência de conhecimento é alta, sendo esta transferência importante para o pensamento criativo.

MCs foram desenvolvidos a fim de colocar em prática a teoria de Ausubel, funcionam como externalizadores do conhecimento contido na estrutura cognitiva do indivíduo, refletindo o nível de seu conhecimento a respeito de determinado assunto [Ruiz-Primo et.al. 2001]. Este conhecimento é representado em forma de proposições. As proposições são compostas de conceitos interligados através de *links* (palavras de ligação), que representam a natureza da relação entre estes conceitos. Devido ao fato de a aprendizagem significativa realizar ancoragem de conhecimento, os Mapas Conceituais são representados de forma hierárquica representando, desta forma, a interdependência de conceitos [Novak 1984]. A Figura 1 mostra a representação de um Mapa Conceitual (MC).

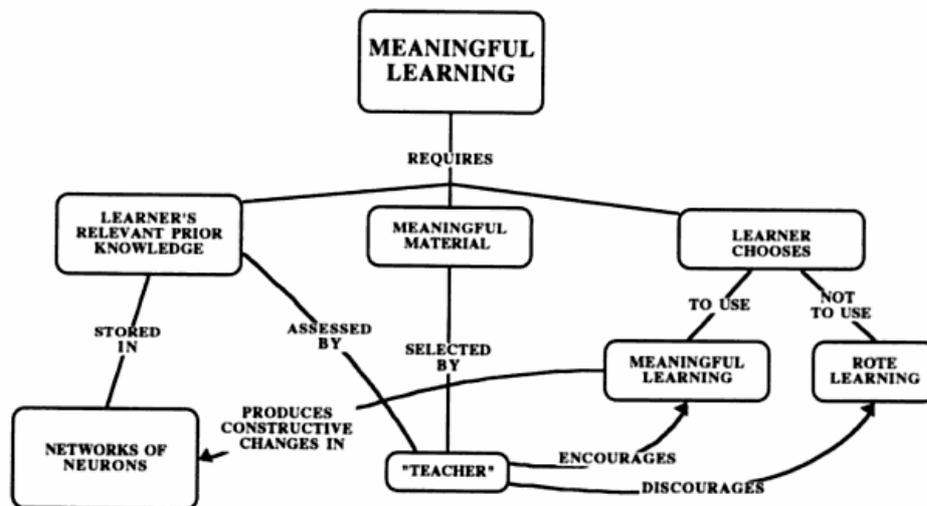


Figura 1: Mapa Conceitual definindo o conhecimento a respeito da Aprendizagem Significativa [Novak 1998]

Como pode ser observado na Figura 1, um MC é composto de nós e *links*, onde os nós representam os conceitos e os links representam o relacionamento entre os conceitos. A composição entre conceitos e *links* forma uma proposição. A proposição é a menor unidade de representação de significado em um MC, sendo usada para validar uma relação entre dois conceitos [Dochy 1996].

3. Trabalhos Relacionados

Pesquisas relacionadas à avaliação de MCs são recentes e dentre elas podemos citar a proposta de Schaal (2008), que realiza a avaliação de MCs dentro de um ambiente interdisciplinar de hipermídia voltado para aprendizagem, onde o resultado é um escore que é utilizado para avaliar o ganho de aprendizado interdisciplinar após a utilização do ambiente. Os MCs são avaliados contra um MC de um especialista e o retorno ao usuário é um valor de similaridade calculado através de um coeficiente de correspondência, que é obtido baseado em uma matriz inter-relacional que considera os conceitos de acordo com as seguintes características no MC:

- Conexão incorreta: quando o conceito não possui ligação no MC do aluno nem do MC do professor;
- Falta de conexão: quando um conceito no MC do aluno não possui ligação, porém há uma ligação para ele no MC do especialista;
- Conexão errônea: quando o conceito possui uma ligação no MC do aluno que não existe no MC do especialista;
- Conexão correta: quando o conceito possui a mesma ligação tanto no MC do aluno quanto no MC do especialista.

No trabalho de Anohina e Grudspenkis (2007), o processo de avaliação do conhecimento funciona através da interação do sistema com seus usuários: docente e estudante. O professor cria MCs de acordo com estágios de aprendizagem do curso, ou

seja, para cada etapa do curso há um MC modelo correspondente. O estudante desenvolve seu MC de acordo com o conhecimento da etapa em questão e ao final do desenvolvimento ele recebe o modelo desenvolvido pelo professor. Após a finalização do MC o aluno submete sua solução e um agente tenta adequar a solução a um dos cinco padrões de solução existentes em sua base de conhecimento. Em seguida à análise, é gerado um escore de comparação para o MC e este escore juntamente com o MC do aluno são salvos em uma base de conhecimento. Ao final o agente retorna um *feedback* ao aluno com as devidas correções do MC.

A proposta de Rocha (2007) proporciona uma avaliação qualitativa, comparando o MC do estudante com uma Ontologia, o resultado é um relatório que evidencia se o conhecimento do estudante é compartilhado com a Ontologia, possibilitando a utilização de inferências do MC do estudante. Entretanto, esta abordagem apresenta como desvantagem a necessidade de gerar uma nova Ontologia para cada assunto abordado.

As propostas abordadas acima têm como objetivo comum a avaliação adaptativa, focando na utilização de agentes como auxiliares no processo de desenvolvimento de MCs e às vezes relacionando o resultado final a um escore. Contudo, estes escores sempre são resultado de alguma métrica utilizada no processo de avaliação, nenhum deles detalha a abordagem de geração de um escore de modo que a escala seja a própria avaliação do aluno, como por exemplo, uma escala de 0 a 10 ou uma escala classificatória como, por exemplo, Regular, Bom e Excelente. Além disso, as propostas de avaliação qualitativa geralmente visam apenas à correção do MC, necessitando de um refinamento que tenha como finalidade forçar o aluno a buscar pela resposta correta dentre várias informações, sendo elas corretas ou não.

4. Ferramenta para Avaliação de Mapas Conceituais em Ambientes EAD

A ferramenta relatada neste artigo tem como propósito realizar uma avaliação objetiva a fim de auxiliar estudante e docente dentro de um ambiente AVA. Entretanto, esta ferramenta de avaliação é independente e não se encontra vinculada a nenhum AVA específico, podendo ser integrada a um que ofereça tarefas que envolvam a utilização de Mapas Conceituais. A avaliação é realizada de duas maneiras:

- Quantitativa através de um escore dado ao MC do estudante;
- Qualitativa através de um “relatório-guia” fornecido ao estudante após o desenvolvimento de seu MC.

A avaliação quantitativa é realizada através do processo de análise de similaridade utilizando a técnica de N-gramas [Lin, Hovy 2003], que calcula a similaridade examinando duplas de conceito-*link* ou *link*-conceito, que seriam bi-gramas, e sobre os arcos de proposição conceito-*link*-conceito ou *link*-conceito-*link*, que seriam tri-gramas. Após a análise de N-gramas, os Mapas e os valores de similaridade obtidos são submetidos ao processo de predição do KNN que atribui um escore para cada MC.

A avaliação qualitativa é realizada com o propósito de auxiliar ao aluno no desenvolvimento do MC, este intuito é conseguido através da geração de relatórios que orientam o estudante no processo de construção do MC. A avaliação admite múltiplas submissões para um mesmo MC com a finalidade de permitir a evolução do conhecimento do estudante através da realização de melhorias sobre seu MC.

Os relatórios são gerados após a submissão do MC do estudante que é avaliado qualitativamente, contando com o auxílio de um dicionário de sinônimos que realiza a comparação de conceitos e sentidos das palavras de ligação. Através da geração do relatório o estudante tem um retorno com informações que concernem ao assunto abordado pela questão que respondeu. Entretanto, estes relatórios não apontam de forma explícita quais as informações corretas a respeito da construção do MC, uma vez que a eles são adicionados “ruídos” contendo informações que ou são incorretas ou não pertencem ao escopo do assunto abordado, cabendo ao aluno selecionar os conceitos corretos de modo a aperfeiçoar seu MC.

O processo de avaliação da ferramenta proposta consiste em quatro passos, cada um possuindo seu próprio processo. Este processo de avaliação envolve todos os níveis de análise sobre os MCs dos estudantes, ou seja, abrangem tanto a avaliação quantitativa como a qualitativa, sendo o terceiro passo aquele com a finalidade de gerar o relatório diagnóstico e o quarto com a finalidade de atribuir escore para o MC final do estudante. Os passos dividem-se na seguinte sequência:

- Primeiro: Os MCs desenvolvidos pelos alunos são comparados a um MC modelo de referência criado pelo docente ou especialista. Ao final deste sub-processo são selecionados, de acordo com os escores, os melhores e os piores MCs.
- Segundo: Um modelo de resposta com **vocabulário expandido** é criado a partir do mapa modelo de referência mais os 2 a 4 MCs escolhidos no processo anterior;
- Terceiro: Os relatórios de diagnóstico e orientação são gerados a partir dos seguintes passos:
 - a) O MC do aluno é comparado contra o modelo com vocabulário expandido, identificando-se todos os bigramas e trigramas que estão num modelo e não no outro;
 - b) Os piores MCs selecionados no primeiro processo são analisados e suas informações são extraídas;
 - c) As informações obtidas nas fases anteriores são mescladas e colocadas nos relatórios de diagnóstico.
- Quarto: Uma nota é gerada utilizando o método de classificação KNN (K vizinhos mais próximos). Cada MC de um aluno é comparado ao modelo de vocabulário expandido registrando-se as métricas de bigramas e trigramas; a partir das medidas são escolhidos os K-vizinhos mais próximos para produzir a nota.

5. Experimentos Realizados

Foram realizados experimentos em que os MCs dos alunos foram submetidos à análise de N-gramas com a finalidade de identificar quais de suas métricas eram relevantes para a avaliação dos MCs. Ao final da análise de similaridade percebeu-se que dentre as métricas obtidas, as mais influentes eram bi-gramas e tri-gramas. A análise de similaridade é responsável por determinar a atribuição de escores que é o produto final

da avaliação quantitativa, portanto bi-gramas e tri-gramas são responsáveis pelo resultado da avaliação quantitativa.

Para a realização destes experimentos, foram coletados aproximadamente 400 MCs, provenientes de respostas existentes no ambiente LabSQL (Lino, 2007), um ambiente virtual para ensino de programação SQL e Banco de Dados, o qual a ferramenta foi integrada. O experimento da avaliação qualitativa visava gerar relatórios de orientação ao aluno baseados em proposições existentes nos modelos de referência, tanto nos MCs com melhor desempenho como nos MCs com pior desempenho, e em proposições existentes apenas no MC desenvolvido pelo aluno.

O produto final da avaliação qualitativa é a geração dos relatórios de orientação que apresentam tanto proposições existentes nos modelos de referência e que não se encontram presentes no MC do aluno, como proposições existentes apenas nos MCs do aluno e que não são contempladas nos modelos de referência. Estas proposições são dispostas aleatoriamente, como em um quebra-cabeça, com o intuito de forçar o aluno a escolher combinações que satisfaçam a solução existente. O processo de geração do relatório pode ser observado a partir da Figura 2.



Figura 2: Mapa Conceitual desenvolvido por um aluno.

O MC da Figura 2 é processado, retornado para o sistema e comparado com os modelos de referência já selecionados e processados, o resultado deste processamento para o sistema é visualizado na Figura 3.

<p>MODELO ALUNO (Conceito-Link-Conceito) [Chave primaria e identificador exclusivo], [Chave primaria e agrupamento de atributos], [valores identificam tuplas], [Chave primaria e atributo], [Chave primaria deve possuir valor constante], [identificador exclusivo de cada registro], [agrupamento de atributos possuem valores], [cada registro na tabela], [Chave primaria deve possuir conteudo reduzido]</p> <p>MODELO REFERÊNCIA (Conceito-Link-Conceito) [valor deve ser único], [Chave primaria possui valor unico para cada registro], [Chave primaria pode ser composta], Chave primaria identifica cada registro], [valor nao pode ser nulo], [coluna possui clausula not null], [Chave primaria informa, valores], [valores nao podem ser nulos], [Chave primaria e coluna], [registro dentro de uma tabela], [Chave primária identifica registro]</p>

Figura 3: Resultado do processamento do MC do aluno e dos modelos de referência para o sistema.

A Figura 3 mostra a forma como o sistema faz o reconhecimento de conceitos e *links* existentes tanto no MC do aluno como nos MCs de referência, capturando-os separadamente. O sistema realiza a validação entre o modelo do estudante e o modelo de referência gerado, produzindo um relatório contendo as diferenças entre os modelos. Em seguida, os MCs selecionados como piores são processados e adicionados ao relatório de diferenças criado anteriormente gerando o relatório final como apresentado na Figura 4.

RELATÓRIO (Proposições Inexistentes)
 [unico para cada registro], [valor deve ser unico], [coluna possui clausula not null], [valor nao pode ser nulo], [valores nao podem ser nulos], [Chave primaria informa valores], [coluna possui clausula not null], [Chave primaria e coluna], [Chave primária identifica registro], [Chave primaria possui valor], [registros devem ter valor unico], [Chave primária é conjunto de atributos], [Chave primaria identifica cada registro], [Chave primaria informa valores], [registro dentro de uma tabela], [Chave primaria pode ser composta], [registro de tabelas]

Figura 4: Relatório gerado através da comparação entre o MC do estudante e os modelos de referência, contendo proposições inexistentes no MC do aluno.

O experimento da avaliação quantitativa teve como principal objetivo gerar escores que definissem o desempenho do aluno para aquele MC. Para alcançar este objetivo foi necessário definir, primeiramente, as métricas que estavam diretamente ligadas ao desempenho do MC do estudante para em seguida realizar o processo de atribuição de escores. As métricas de bi-gramas e tri-gramas foram consideradas como as mais influentes na análise de similaridade, uma vez que foi observado que são as métricas determinantes para a previsão de um escore na análise do KNN, onde o K variou entre 1 a 4. Importante ressaltar que este experimento considerou, também, uma variação no número de MCs que compõem o modelo de referência, onde esse número varia de 1 a 4 MCs. O melhor modelo obtido no experimento quantitativo possui 2MC formando o modelo de referência e um K=3. A média de erro entre a pontuação do especialista e a prevista pode ser observada na Figura 5.

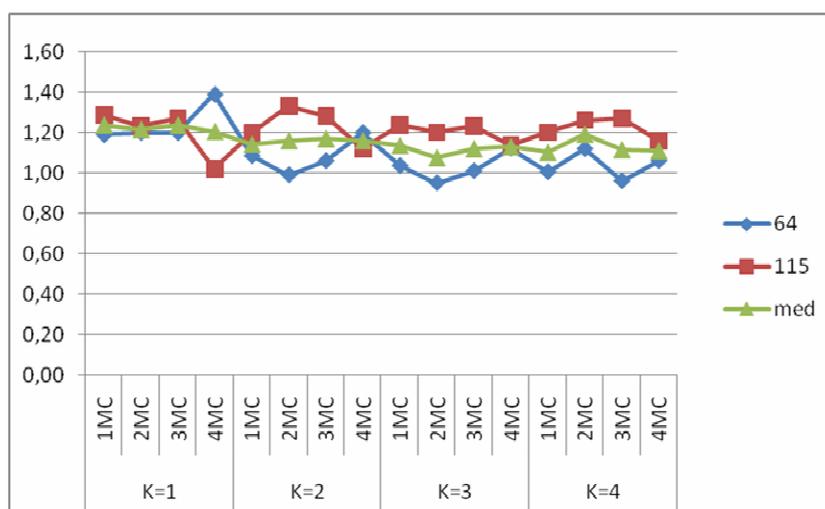


Figura 5: Média de erros para as questões 64 e 115, variando-se o número de MC (1 até 4) para compor a resposta modelo e o valor do K (1 até 4) para KNN: menor erro 1,08 com 2 MC e K=3.

A Figura 5 mostra a média de erros variando-se o número de MC, de 1 até 4, para compor a resposta modelo. A partir de 4 MCs a taxa de erros cresce. Por outro lado, os

experimentos para o KNN mostraram que o melhor valor de K é 3, possuindo a menor média de erros com 1,08 pt. A média de acertos para os experimentos realizados foi de 90% em relação à avaliação realizada por especialistas.

6. Conclusões

A avaliação automática tem como objetivo o auxílio ao docente no processo de verificação do conhecimento adquirido pelo estudante. Entretanto, o tipo de avaliação utilizado atualmente é mais objetivo e direto, resultando apenas em um escore que o professor atribui ao trabalho de um aluno. Além disso, este tipo de avaliação tem como efeito um aprendizado voltado à memorização, que rapidamente é esquecido pelo aluno, e não à apreensão do conhecimento, que se sedimenta melhor na estrutura cognitiva do indivíduo.

A utilização de Mapas Conceituais é interessante não somente como auxílio ao docente, mas como subsídio à melhoria no nível de aprendizado do estudante, pois sua utilização viabiliza uma alta transferência de conhecimento e resulta em um maior desenvolvimento do pensamento criativo. Por outro lado, a utilização de Mapas Conceituais possibilita ao docente um melhor acompanhamento sobre o desenvolvimento do estudante, evidenciando tanto os conceitos melhor apreendidos pelo aluno como suas principais dificuldades.

A ferramenta proposta neste trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação tanto quantitativa visando o auxílio ao docente como qualitativa visando o aprendizado do estudante. O produto final obtido foi uma ferramenta que realiza uma avaliação adaptativa, onde através das múltiplas submissões de resposta ocorre um refinamento do conhecimento do aluno. Este refinamento ocorre durante o processo de avaliação, cujo objetivo final é o direcionamento à melhor resposta através do relatório de diagnóstico que é gerado a cada submissão de resposta realizada por um discente. Além disso, os experimentos realizados para a avaliação quantitativa alcançaram uma média de 90% de acertos em relação a avaliadores humanos.

As questões trabalhadas na ferramenta proposta são classificadas como fracamente dirigidas (*low-directedness*) [Ruiz-Primo 2004], onde o aluno constrói todo um Mapa Conceitual apenas com o conhecimento adquirido durante o curso. Uma proposta de trabalho futuro seria a extensão da ferramenta desenvolvida a fim de realizar avaliação sobre questões altamente dirigidas (*high-directedness*) que envolvem tarefas como preenchimento de conceitos dentro de um dado Mapa Conceitual ou o complemento de um Mapa Conceitual semi-pronto com proposições.

7. Referências

- Ausubel, D.P. (2000) “The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view”. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 212.
- Anohina, A., Grudspenkis, J. (2007). “A Concept Map Based Intelligent System for Adaptive Knowledge Assessment”. Proceeding of the 2007 conference on Databases and Information Systems IV: Selected Papers from the Seventh International Baltic Conference.
- Cañas, A. J., Leake, D. B., & Wilson D. C. (1999) “Managing, Mapping and Manipulating Conceptual Knowledge”. AAI Workshop Technical Report WS-99-

-
- 10: Exploring the Synergies of Knowledge Management & Case-Based Reasoning, AAAI Press, Menlo Calif. July.
- Dochy, F. J. R. C. (1996). "Assessment of domain-specific and domain-transcending prior knowledge: Entry assessment and the use of profile analysis". In M. Birenbaum & F. J. R. C. Dochy (Eds.) *Alternatives in assessment of achievements, learning process and prior knowledge* p. 93-129. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Gouli, E., Gogoulou, A., Grigoriadou, M. (2003). "A Coherent and Integrated Framework Using Concept Maps for Various Educational Assessment Functions". University of Athens, Greece.
- Hearst M.A. (2000) "The Debate on Automated Essay Grading". *IEEE Intelligent Systems*, 5th edition, no. 5, p. 22-37.
- Lin, C., Hovy E. (2003). "Automatic Evaluation of Summaries Using N-gram Co-Occurrence Statistics". *Proceedings of HLT-NAACL* p. 71-78. Edmonton, Canadá.
- Lino, A. D. P., Silva, A. S., Santos, T.L.T., Harb, M.P.A.H., Favero, E.L., Brito, S.R. (2007) "Avaliação automática de consultas SQL em ambiente virtual de ensino-aprendizagem". In *Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*. CISTI.
- Moodle (2008). Disponível em: <<http://moodle.org/>>. Acesso em: 18 abr.
- Novak, J. D. and Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York and Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Novak J.D. (1998) *Learning, creating and using knowledge Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. 2ª ed. Publicado por Lawrence Erlbaum Associates.
- Rocha, F. E. L. (2007) "Avaliação da Aprendizagem: Uma Abordagem Qualitativa Baseada em Mapas Conceituais, Ontologias e Algoritmos Genéticos". PhD Thesis. Centro Tecnológico, Federal University of Pará, Brazil.
- Ruiz-Primo, M.A., Schultz, E. S., & Shavelson, R.J. (1996) "Concept map-based assessments in science: An exploratory study". In *American Educational Research Association*, New York, NY.
- Ruiz-Primo, M.A. (2004) "Examining concept maps as an assessment tool". In A. J. Cañas, J. D. Novak, & F. M. González. (Eds), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. *Proceedings of the First Conference on Concept Mapping* p. 555-562. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Teleduc (2008). Disponível em: <<http://teleduc.nied.unicamp.br/teleduc>>. Acesso em: 23 mai.
- Schaal, S. (2008) "Concept Mapping In Science Education Assessment: An Approach To Computer-Supported Achievement Tests In An Interdisciplinary Hypermedia Learning Environment". *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland.