

AVALIAÇÕES METACOGNITIVAS ONLINE PARA NIVELAMENTO DE ALUNOS

Vitória, 05/2009

Márcia Gonçalves de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE)
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Caixa Postal 5011 – 29.060-970 – Vitória – ES – Brazil
clickmarcia@gmail.com

Elias Oliveira

Departamento de Ciências da Informação – UFES
Vitória – ES – Brazil
elias@lcad.inf.ufes.br

Categoria C - Métodos e Tecnologias

Setor Educacional 3 - Educação Universitária

Natureza do Trabalho B - Descrição de Projeto em Andamento

Classe 1 - Investigação Científica

Resumo. *Um problema marcante nas universidades tem sido o ingresso, a cada ano, de alunos com níveis de aprendizagens cada vez mais desiguais. Esse problema se ampliou com o aumento do número de alunos por turma nos últimos anos e a implantação do sistema de cotas em muitas universidades. Este trabalho propõe uma metodologia computacional para nivelamento de alunos de cursos de ciências exatas. A ideia é monitorar e regular as aprendizagens individuais de alunos por avaliações diagnóstica e formativa online através de conteúdos das disciplinas de programação de computadores. O objetivo é desenvolver as habilidades de compreensão textual e de raciocínio lógico sob uma abordagem metacognitiva. A avaliação diagnóstica será auxiliada por clusterização automática e a avaliação formativa, por um tutor inteligente baseado em redes neurais. Os experimentos realizados que deram início às pesquisas deste trabalho apontam para resultados bastante significativos.*

Palavras-chave : *tutor inteligente, avaliação diagnóstica, avaliação formativa, nivelamento, reconhecimento de padrões.*

1. Introdução

A reprodução das desigualdades sociais e das hierarquias tem sido uma das marcas mais permanentes do Ensino Superior brasileiro (Pereira e Passos, 2007). Existe, inclusive, a crença de que a hierarquia dos alunos aprovados no vestibular em um curso de graduação permanece ao longo desse curso. Essa crença tão-somente reflete a realidade do Ensino Superior que recebe a cada ano alunos com níveis de aprendizagens cada vez mais desiguais e que pouco tem sido feito para resolver esse problema.

O aumento do número de alunos ingressantes nas universidades nos últimos anos e a implantação do sistema de cotas em muitas universidades do Brasil ampliaram ainda mais o problema das desigualdades no Ensino Superior. De acordo com os resultados do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2008ⁱ, os alunos de escolas públicas sequer atingiram 50% de desempenho. É previsível, portanto, que principalmente esses alunos enfrentarão grandes dificuldades de aprendizagem no Ensino Superior.

Este trabalho de pesquisa propõe, desse modo, uma metodologia computacional de avaliações diagnóstica e formativa para nivelamento de alunos sob a abordagem metacognitiva. Essa abordagem contempla as rotas de aprendizagem dos alunos e favorece o desenvolvimento de habilidades.

A avaliação diagnóstica da nossa metodologia será apoiada por clusterização automática para reconhecer classes de dificuldades de aprendizagens dos alunos (Duda *et al.*, 2000; Oliveira e Oliveira, 2008). A avaliação formativa, por sua vez, será realizada por um tutor inteligente baseado em redes neurais, sob a supervisão de um professor. Esse tutor, através de *feedbacks* e da aplicação planejada de exercícios de acordo com as classes de dificuldades de aprendizagem identificadas, promoverá ajustes nas rotas de aprendizagens dos alunos. As avaliações diagnóstica e formativa serão realizadas continuamente até que se alcance um estado-objetivo de nivelamento de aprendizagens.

A ideia deste trabalho surgiu a partir de experimentos de avaliações diagnóstica e formativa que realizamos através do sistema *SOAC*ⁱⁱ, um sistema *online* de apoio à aprendizagem de classificação documentária em cursos de

Biblioteconomia (Oliveira e Oliveira, 2008). Com a aplicação dessa metodologia em uma turma de Biblioteconomia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), alcançou-se um índice de 100% de aprovações com desempenhos individuais dos alunos predominantemente superiores a 80%.

Este trabalho está organizado conforme a ordem a seguir. Na Seção 2, apresentamos o referencial teórico. Na Seção 3, descrevemos os experimentos que deram origem à ideia deste trabalho. Na Seção 4, apresentamos uma metodologia de avaliações metacognitivas *online* para nivelamento de alunos. Na Seção 5, concluímos com as considerações finais.

2. Referencial Teórico

De acordo com Cardoso (2008), os alunos cotistas de cursos da área de ciências exatas como Física e Engenharias precisarão de acompanhamento acadêmico específico. Isso porque os fracos desempenhos desses alunos no ENEM e no vestibular poderiam afetar diretamente seus rendimentos acadêmicos ao longo de um curso de graduação.

Para Perrenoud (2001), o problema do fracasso escolar não está nas diferenças individuais em si, mas em como elas são tratadas pelo sistema educacional que, em geral, classifica-as em fracassos e sucessos escolares.

Segundo Anderson (2000), as diferenças entre alunos podem estar mais relacionadas à quantidade de informações que eles absorveram do que às suas capacidades inatas. Anderson (2000) também reforça que monitorando cuidadosamente os componentes individuais de uma habilidade e fornecendo *feedbacks* sobre a aprendizagem, é possível conduzir estudantes ao rápido domínio de habilidades complexas. Demonstra-se ainda que, em situações adequadas de aprendizagem 80% das pessoas podem dominar 80% de um programa curricular (Bloom, 1979). É possível, portanto, desenvolver metodologias eficazes de nivelamento de aprendizes.

Essas metodologias poderiam ser aplicadas através da avaliação, que é um método de adquirir e processar evidências necessárias para melhorar o ensino e a aprendizagem (Bloom *et al*, 1975).

As avaliações diagnóstica e formativa poderiam ser soluções para o acompanhamento, controle, regulação e nivelamento de aprendizagens. Nesse caso, a avaliação diagnóstica deveria ter o papel de identificar dificuldades de aprendizagem e perfis de alunos. Já a avaliação formativa consistiria de *feedbacks* e ajustes no processo de ensino-aprendizagem para alcançar objetivos traçados (Perrenoud, 1999 ; Ballester, 2003).

Uma metodologia de avaliações diagnóstica e formativa foi proposta por Oliveira e Oliveira (2008). Essa metodologia é de caráter comportamental, isto é, baseia-se tão-somente em erros e acertos. Consideramos, no entanto, que a aplicação dessa metodologia seria mais eficaz se levasse em conta os processos e estratégias dos alunos na resolução de exercícios.

De acordo com Smole e Diniz (2001), a formação do aluno deve se iniciar pela valorização da sua trajetória de aprendizagem como objetivo em si. Avaliar o erro ou acerto de aluno, sem levar em conta de onde partiu não é a melhor forma de avaliar o aprendizado desse aluno. Aponta-se, dessa maneira, para a importância do processo de intervenção que contribua para a passagem do saber fazer para o compreender (Kirchner e Stolz, 2008).

A metacognição é o processo de conhecimento dos próprios conhecimentos (Flavell, 1979) e também o controle desse processo (Kirchner e Stolz, 2008). A metacognição é útil para construir conhecimentos, aprender estratégias de resolução de problemas e para ajudar alunos a se tornarem mais autônomos na gestão de suas aprendizagens.

As dificuldades dos alunos em resolver problemas têm origem, em geral, nas habilidades de compreensão (Favero, 2005) e de raciocínio lógico. As atividades de avaliações diagnóstica e formativa metacognitivas devem, dessa forma, concentrar-se nessas habilidades. Essas atividades, poderiam, por exemplo, conduzir o aluno a identificar as informações relevantes em enunciados de problemas (Favero, 2005) e a desenvolver estratégias de resolução de problemas (Polya, 1995).

Os *Sistemas Tutores Inteligentes (STI)* são sistemas de computador que interagem com os estudantes guiando-os na resolução de problemas, de modo muito semelhante a um tutor humano (Anderson, 2000).

Em nossa proposta, o conhecimento do tutor inteligente será formado pela aprendizagem de decisões de avaliação formativa através de redes neurais artificiais, semelhantemente ao STI proposto por Castellano (2007). Esse tutor realizará três processos de regulação metacognitiva: a antecipação, o controle e a regulação (Kirchner e Stolz, 2008). A antecipação representa orientações de ação na resolução de problemas. O controle implica em comparar em processo contínuo um estado atual e um estado-objetivo. Já a regulação introduz uma modificação nos processos de produção ao evidenciar-se uma divergência entre o estado atual e o estado-objetivo.

3. Uma experiência de nivelamento de alunos

A ideia deste trabalho teve início com experimentos realizados em uma turma de classificação bibliográfica do curso de Biblioteconomia da UFES. Através do sistema *SOAC*, aplicamos nessa turma a nossa metodologia de nivelamento por avaliações diagnóstica e formativa (Oliveira e Oliveira, 2008).

Nas aplicações mais recentes de nossa metodologia em uma outra turma de Biblioteconomia, com maior número de alunos (cerca de 40 alunos), alcançaram-se resultados mais significativos, conforme apresentamos a seguir.

3.1. Metodologia

O sistema *SOAC* foi utilizado pela turma de nossos estudos para as atividades de atribuir códigos de classificação a documentos e para indicar e relacionar os assuntos desses documentos. Os códigos atribuídos eram de acordo com as notações de alguns sistemas de codificação bibliográficaⁱⁱⁱ.

As avaliações diagnósticas em nossos experimentos foram realizadas em dois momentos: antes e depois das avaliações formativas. Para a realização dessas avaliações, utilizamos o algoritmo de clusterização automática *Bisseting K-Means* (Steinbach et al, 2000), do *software Cluto*^{iv}. Esses algoritmos forneciam como saída grupos (ou *clusters*) de alunos com perfis similares de acordo com os desempenhos individuais desses alunos.

A partir do diagnóstico obtido, realizamos intervenções de avaliação formativa por regulação e autorregulação de aprendizagens (Perrenoud, 1999).

3.2. Resultados

Na Figura 1, apresentamos os mapas de aprendizagens da turma de Biblioteconomia de nossos estudos *Antes* e *Depois* das avaliações formativas aplicadas em cada tarefa T_i (para $i=1,2,\dots,7$) ao longo de um semestre.

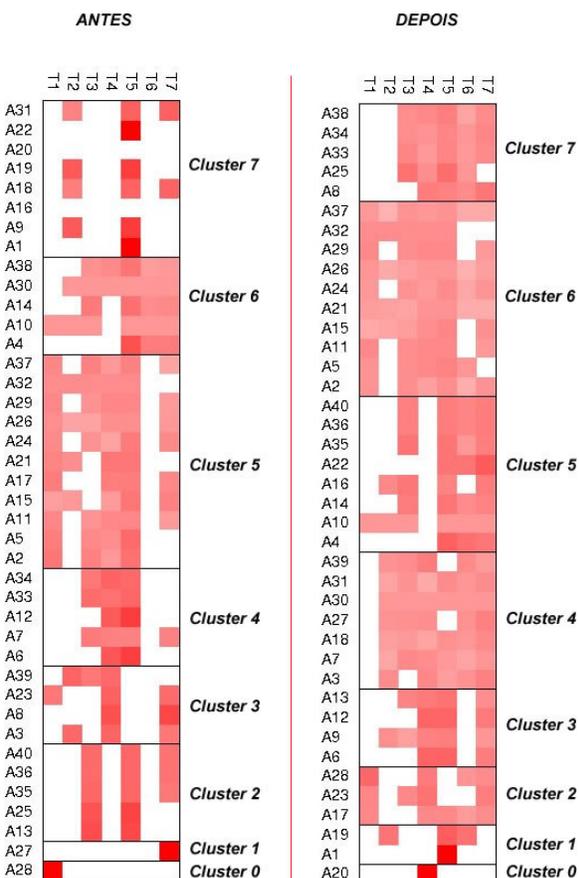


Figura 1. O Antes e o Depois das Avaliações Formativas

Os dois gráficos da Figura 1 são relatórios de clusterização gerados pelo *software Cluto*. Cada um desses gráficos é formado por oito *clusters* (ou grupos) numerados de 0 a 7. Vale ressaltar que o *Cluster j* (para $j=0,1,\dots,7$) do primeiro gráfico não corresponde necessariamente ao *Cluster j* do segundo gráfico, pois os *clusters* se auto-organizam de acordo com as características comuns dos alunos a cada processo de clusterização automática.

As linhas dos gráficos da Figura 1 representam alunos e as colunas, cada tarefa T_i aplicada. Os desempenhos dos alunos nas tarefas é

representado por uma tonalidade de cor. Quanto mais forte for essa tonalidade melhor o desempenho de um aluno em uma tarefa. A cor branca indica que um aluno não alcançou um desempenho mínimo de 70% nessa tarefa.

Antes da avaliação formativa, conforme o primeiro gráfico da Figura 1, os grupos de alunos eram mais distintos e havia grandes concentrações de áreas brancas em cada tarefa T_i , indicando deficiências de aprendizagem. Mas, depois da avaliação formativa, no segundo gráfico da Figura 1, observamos grupos menos distintos e com menor concentração de áreas brancas. Além disso, as áreas brancas reduziram-se a cada tarefa T_i , principalmente nas últimas tarefas (as mais difíceis). Esses resultados apontam para um certo nivelamento da turma em estudo, o que revela a eficácia da avaliação formativa em um processo de ensino e de aprendizagem.

Após a aplicação de nossa metodologia de avaliações diagnóstica e formativa, 100% da turma em estudo foi aprovada com desempenhos individuais predominantemente superiores a 80%.

4. Avaliações metacognitivas para o desenvolvimento de habilidades

A metodologia de nossa nova proposta consiste em desenvolver um *Sistema Online de Avaliações Metacognitivas (SOAM)* para nivelar alunos com dificuldades de aprendizagem.

Propomos aplicar essa metodologia em disciplinas de programação de computadores em cursos de exatas porque essas disciplinas favorecem a regulação metacognitiva. Isso porque, ao escrever programas de computador, o aluno verbaliza os seus passos de aprendizagem. Esses passos, representados por instruções de programação, podem ser bons indicadores da compreensão do aluno e da sua capacidade de operar logicamente.

O *SOAM* será apoiado por tecnologias de reconhecimento de padrões como a clusterização automática e as redes neurais para avaliações diagnóstica e formativa, respectivamente. O desenvolvimento desse sistema estará focado nos seguintes componentes: Objeto de Aprendizagem de Algoritmos, *Módulo de Avaliação Diagnóstica (AD)*, *Módulo de Avaliação Formativa (AF)* e *Módulo de Supervisão*, de acordo com a Figura 2.

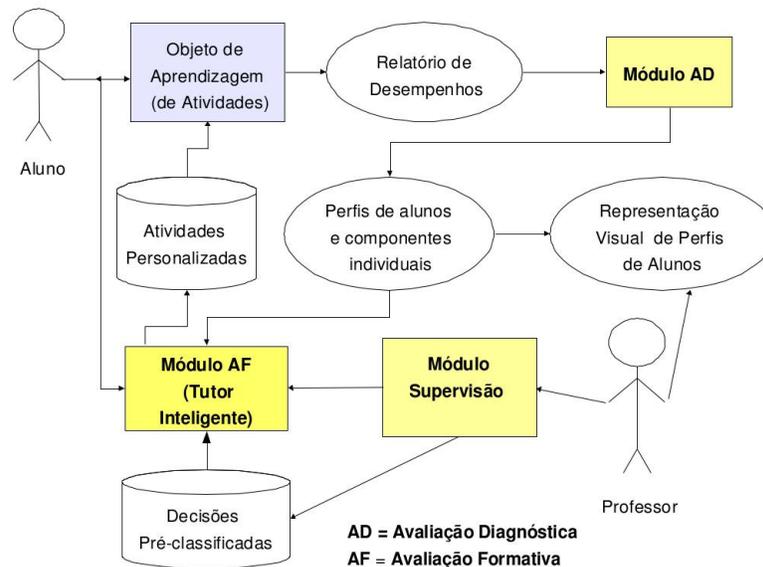


Figura 2. Modelo de Avaliações Metacognitivas Online

O *Objeto de Aprendizagem de Algoritmos* aplicará atividades de programação voltadas para a compreensão de enunciados de problemas e para a construção de trajetórias de resolução de problemas.

O *Módulo AD* deverá receber do *Objeto de Aprendizagem de Algoritmos* os resultados de desempenhos dos alunos. Por técnicas de clusterização automática, será gerada uma representação visual dos grupos de alunos com perfis metacognitivos similares.

O *Módulo AF*, por sua vez, deverá orientar as ações formativas metacognitivas de um Tutor Inteligente baseado em redes neurais. Essas decisões serão tomadas a partir de uma base de conhecimento de decisões pré-classificadas e dos resultados do *Módulo AD*.

Finalmente, o *Módulo de Supervisão* será um módulo de interação entre o Tutor Inteligente e o professor que permitirá ao professor ensinar ao tutor os casos mais difíceis de tomar decisões de avaliação formativa.

5. Considerações Finais

Apresentamos neste trabalho os fundamentos teóricos e uma metodologia computacional por nós desenvolvida que se estende em um novo

projeto de pesquisa já em andamento. Pretendemos com essa nova proposta metodológica tratar as dificuldades de aprendizagem a partir de suas causas e não apenas dos seus efeitos. Com isso, possibilitamos uma forma mais rápida e eficiente de nivelar alunos e de promover êxitos coletivos de aprendizagem, conforme demonstram os nossos experimentos iniciais.

Em resumo, controlando as rotas de aprendizagem do aluno, criamos condições mais favoráveis de aprendizagem para que ele siga adiante na gestão da própria aprendizagem e desenvolva habilidades. Com isso, agregamos qualidade ao processo de ensino e de aprendizagem contribuindo para uma melhor formação de profissionais.

6. Agradecimentos

Agradecemos à *Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (FAPES)* pelo apoio dado às pesquisas apresentadas neste artigo.

ⁱ Resultados do ENEM disponíveis em: www.enem.inep.gov.br

ⁱⁱ Sistema *Online* de Atividades de Classificação. Disponível em: <http://www.informarcia.pro.br/soac>

ⁱⁱⁱ Os sistemas de codificação bibliográfica mais conhecidos são a CDD (Classificação Decimal de Dewey) e a CDU (Classificação Decimal Universal).

^{iv} Software e documentação disponíveis em: <http://glaros.dtc.umn.edu/gkhome/views/cluto>

Referências

ALLAL, L.; SAADA-ROBERT, M. La métacognition: cadre conceptuel pour l'étude des régulations en situation scolaire. *Archives de Psychologie*, n. 60, p. 265–296, 1992.

ANDERSON, J. Cognitive psychology and its implications. New York and Basingstoke: Worth Publishers, 2000. 181-183.

BALLESTER, M. Avaliação como Apoio à Aprendizagem. Porto Alegre, RS: Artmed, 2003. Trad. Valério Campos.

BLOOM, B. Caractéristiques individuelles et apprentissages scolaires. Bruxelles, Labor, Paris, Nathan: Artmed, 1979.

CARDOSO, C. Efeitos da política de cotas na Universidade de Brasília: uma análise do rendimento e da evasão. *Dissertação de Mestrado*. In: . Brasília: Universidade de Brasília, 2008.

CASTELLANO, M. et al. Neural techniques to improve the formative evaluation procedure in intelligent Tutoring Systems. In: *IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Application (CIMSAS2007)*. Ostuni, Italy: [s.n.], 2007. p. 27–29.

DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. Pattern classification (2nd Edition). [S.l.]: Wiley-Interscience, 2000.

FAVERO, M. Psicologia e conhecimento: subsídios da psicologia do desenvolvimento para análise de ensinar e aprender. Brasília, Brasil: Editora UNB, 2005.

FLAVELL, J. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive development inquiry. *American Psychologist*, Washington (DC), v. 34, n. 10, p. 909–911, 1979.

KIRCHNER, R.; STOLZ, T. Tomada de consciência e conhecimento metacognitivo. Editora UFPR, Curitiba, Brasil, 2008.

OLIVEIRA, M.; OLIVEIRA, E. Avaliar para nivelar e formar: um sistema online de avaliação formativa para alunos de biblioteconomia. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2008). Fortaleza: SBC, 2008.

PEREIRA, S.; PASSOS, G. Desigualdade de acesso e permanência na Universidade: trajetórias escolares de estudantes das classes populares. *Linguagens, Educação e Sociedade*, Teresina, Brasil, v. 12, n. 16, p. 19–32, 2007.

PERRENOUD, P. Avaliação: Da Excelência à Regulação das Aprendizagens – Entre Duas Lógicas. Porto Alegre, RS: Artmed Editora, 1999.

PERRENOUD, P. A Pedagogia na escola das diferenças: fragmentos de uma sociologia do fracasso. Porto Alegre, RS: Artmed, 2001.

POLYA, G. A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático. Rio de Janeiro, Brasil: Interciência, 1995. Trad. Heitor Lisboa de Araújo.

SMOLE, K.; DINIZ, M. Ler, escrever e resolver Problemas: Habilidades básicas para aprender matemática. Porto Alegre, Brasil: Editora Artmed, 2001.

STEINBACH, M.; KARYPIS, G.; KUMAR, V. A Comparison of Document Clustering Techniques. In: *KDD Workshop on Text Mining*. [s.n.], 2000. Disponível em: <citeseer.ist.psu.edu/steinbach00comparison.html>.