
Avaliações Adaptativas baseadas no Nível de Aquisição de Conhecimentos do Aprendiz

Edson P. Pimentel¹, Arthur S. Alves¹, Bruno W. R. Oliveira¹, Danilo M. Ikebara¹,
Patrícia A. Bottaro¹, Renato Lopes¹

¹ Universidade Municipal de São Caetano do Sul (IMES)
Av. Goiás, 3400 – 09550-051 – São Caetano do Sul– SP – Brasil
edson.pimentel@imes.edu.br, arthur.sapata@uol.com,
bruno.willer@gmail.com, midanilo@gmail.com,
abpatricia2002@yahoo.com.br, renatolps@superig.com.br

***Abstract.** One of the most important principles in formative assessment is the use of the results in the feedback of the teaching and learning education process. However, this principle is rarely applied rare in the proper assessment system and students are constantly evaluated without its current knowledge acquisition level is taken into account. Recurrent failure in these evaluations can discourage the students and becomes the formative assessment process inefficient. This article aims to present a model for selection of adaptive assessment units, in a learning management system, based on the student's knowledge acquisition of the student in each content of the knowledge domain, making possible the generation of personalized evaluations.*

***Resumo.** Um dos princípios mais importantes da avaliação formativa é o uso dos resultados na realimentação do processo de ensino e aprendizagem. No entanto, este princípio raramente é aplicado na própria avaliação e os estudantes são constantemente avaliados sem que seu atual nível de aquisição de conhecimentos seja considerado. O insucesso recorrente nessas avaliações pode ser desestimulante para o aprendiz e torna o processo de avaliação formativa ineficaz. Este artigo tem por objetivo apresentar um modelo para a seleção de unidades de avaliações adaptativas, num ambiente computacional de aprendizagem, com base no nível de aquisição de conhecimentos do estudante em cada conteúdo de um domínio de conhecimento, possibilitando a geração de avaliações personalizadas.*

1. Introdução

A avaliação da aprendizagem é um dos aspectos mais relevantes e controversos no ensino presencial e esta dificuldade parece ter se transferido para os Ambientes Computacionais de Aprendizagem (ACA), constituindo um desafio para todos os envolvidos no processo.

Diversas pesquisas têm indicado os efeitos positivos da avaliação formativa, descrita como avaliação “para” a aprendizagem (Broadfoot et al, 1999). Um dos princípios mais importantes da avaliação formativa é o uso dos resultados na realimentação do processo de ensino e aprendizagem.

No entanto, no sistema tradicional de ensino e também na grande maioria dos Ambientes Computacionais de Aprendizagem todos os estudantes são avaliados de maneira uniforme independente do seu nível de aquisição de conhecimentos e dos conteúdos abordados. O insucesso recorrente nessas avaliações pode ser desestimulante para o aprendiz tornando o processo de avaliação formativa ineficaz uma vez que os resultados não são utilizados para realimentar o próprio processo de avaliação.

O ramo da inteligência artificial na área da computação dispõe de diversas técnicas que permitem o desenvolvimento de ambientes computacionais de aprendizagem dinâmicos e adaptativos. Sistemas Adaptativos devem ser capazes de se adequar ao aprendiz, no que diz respeito ao seu histórico e desempenho (Brusilovsky, 1996). Num contexto de avaliação formativa seria possível, por exemplo, criar avaliações adaptadas ao perfil cognitivo do estudante, de tal modo que pudesse ser avaliado formativamente de acordo com os seus conhecimentos e suas lacunas de aprendizagem.

Este artigo tem por objetivo apresentar um modelo para a seleção de unidades de avaliações adaptativas num ambiente computacional de aprendizagem utilizando técnicas de mineração de dados com base no nível de aquisição de conhecimentos do estudante em cada item do domínio em questão e também nos conteúdos abordados nas unidades de Avaliação. Este modelo de avaliações adaptativas foi incorporado ao Ambiente de Avaliação NetEdu (Chinen et al, 2006). A seleção de unidades de avaliação adequadas ao perfil atual do estudante criará condições para avaliações personalizadas de modo a proteger ou desafiar o aprendiz nos seus sucessos ou insucessos.

A seguir, a disposição das seções do artigo: a seção 2 apresenta a teoria de Espaços do Conhecimento para justificar a organização de conceitos na forma de pré-requisitos; a seção 3 define avaliação formativa e a métrica cognitiva adotada neste trabalho; a seção 4 descreve o ambiente NetEdu no qual foi acoplado o motor de avaliações adaptativas e a seção 5 apresenta detalhadamente o modelo proposto para Avaliação Adaptativa; Por fim, a seção 6 apresenta as considerações finais e os trabalhos futuros.

2. Teoria de Espaços do Conhecimento

O conhecimento a ser abordado num ambiente de aprendizagem computacional deve ser estruturado através de alguma técnica de representação do conhecimento. Para dar suporte à estrutura de adaptação das avaliações este trabalho baseou-se na teoria dos espaços do conhecimento e criou uma estrutura na forma de hierarquia de conceitos organizados através de pré-requisitos de aprendizagem. A teoria de espaços do conhecimento desenvolvida por Doignon e Falmagne (1998) fornece um modelo de referência para sistemas adaptativos.

Se Q é um conjunto de itens, o estado de conhecimento de um estudante pode ser descrito como o subconjunto de Q . Em virtude das relações de pré-requisitos entre os itens, o conjunto de possíveis estados de conhecimento, o *espaço do conhecimento*, é restrito ao domínio de valores de Q . Uma maneira de representar tais relações de pré-requisitos é a “relação presumida”.

Dois itens, $x, y \in Q$ estão em relação de pré-requisito se, de uma resposta correta para o item y , pudermos assumir uma resposta correta para o item x . Cada relação presumida descreve um único espaço de conhecimento. Relações presumidas podem ser representadas através de diagramas de Hasse conforme ilustrada na figura 1 extraída de Hockemeyer e Albert (1999). Os círculos representam conceitos e os quadrados representam estados do conhecimento. Assim na figura 1b, o quadrado no topo indica que o estudante possui todo o conhecimento do conjunto $Q = \{w, x, y, z\}$.

Aplicando-se a teoria de espaços do conhecimento em ambientes de aprendizagem, pode-se obter o conceito de “caminhos de aprendizagem” descrevendo possíveis trajetórias que um estudante pode seguir num curso específico.

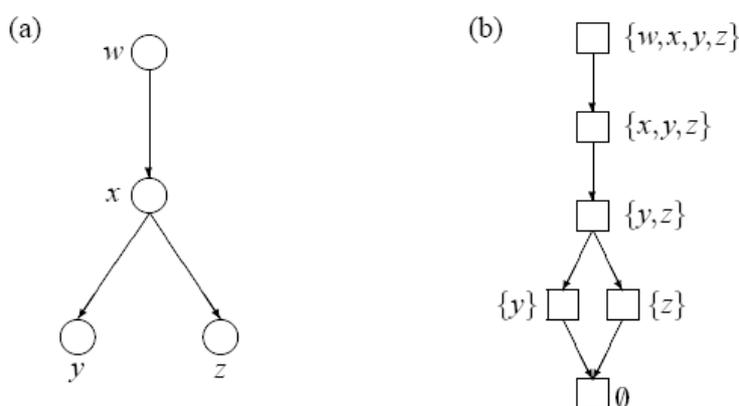


Figura 1 – Relação Presumida (a) e Estados do Conhecimento (b) para problemas em Q.

A figura 2 apresenta um exemplo de espaços de conhecimento aplicado ao conteúdo de “Lógica de Programação”. Os números ao lado de cada nó (conceito) indicam o grau de entrada de cada conteúdo, ou seja, o grau de dependência.

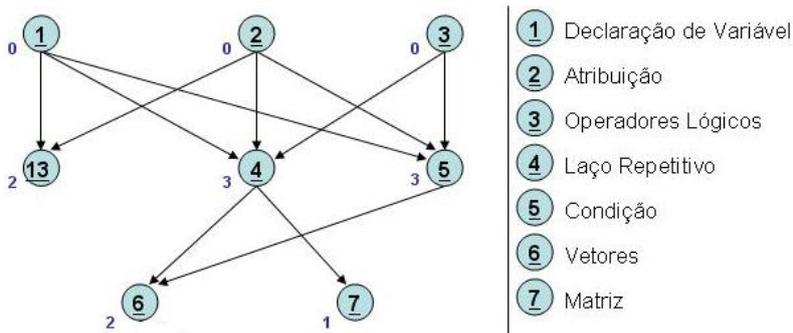


Figura 2 – Exemplo de Hierarquia de Conceitos num Espaço de Conhecimento de Lógica de Programação

3. Avaliação e Nível de Aquisição de Conhecimento

Segundo Perrenoud (1999), avaliação formativa é toda prática de avaliação contínua que pretenda melhorar as aprendizagens em curso, contribuindo para o acompanhamento e orientação dos alunos durante todo seu processo de formação.

Aplicada em curtos períodos de tempo, para obter resultados mais precisos, a avaliação formativa indica ao professor e ao estudante se cada conteúdo foi aprendido (Maia, 2004). É neste contexto de avaliação formativa que se situa o ambiente proposto neste trabalho: ajudar o aluno a aprender e a se desenvolver participando ativamente da regulação da própria aprendizagem.

As métricas de acompanhamento da aprendizagem são normalmente baseadas em notas obtidas a partir de um somatório de várias questões. Além disso, utiliza-se médias aritméticas ou ponderadas para se definir a situação final do estudante. Este trabalho utilizará como métrica cognitiva o Nível de Aquisição de Conhecimentos (NAC) proposto por Pimentel e Omar (2006).

NAC é uma medida instantânea que indica o grau de conhecimentos do aprendiz num determinado conteúdo de um domínio de conhecimento e pode ser obtido a partir de diversas atividades de avaliação. O NAC é composto de duas partes: índice de conhecimento e índice de avaliação. Índice de conhecimento igual a zero e índice de avaliação igual a zero, indica que o conhecimento ainda não foi avaliado.

Em cada avaliação deve-se atualizar o NAC nos conceitos envolvidos naquela avaliação. Têm-se, portanto a medida de desempenho naquela avaliação e também a medida histórica.

4. O Ambiente NetEdu

O ambiente onde se fez a incorporação do mecanismo de adaptação proposto neste trabalho foi o NetEdu que é um ambiente de avaliação formativa em que professor e aluno podem interagir para acompanhar o progresso do estudante. A figura 3 apresenta a arquitetura geral do NetEdu com as suas principais funcionalidades.

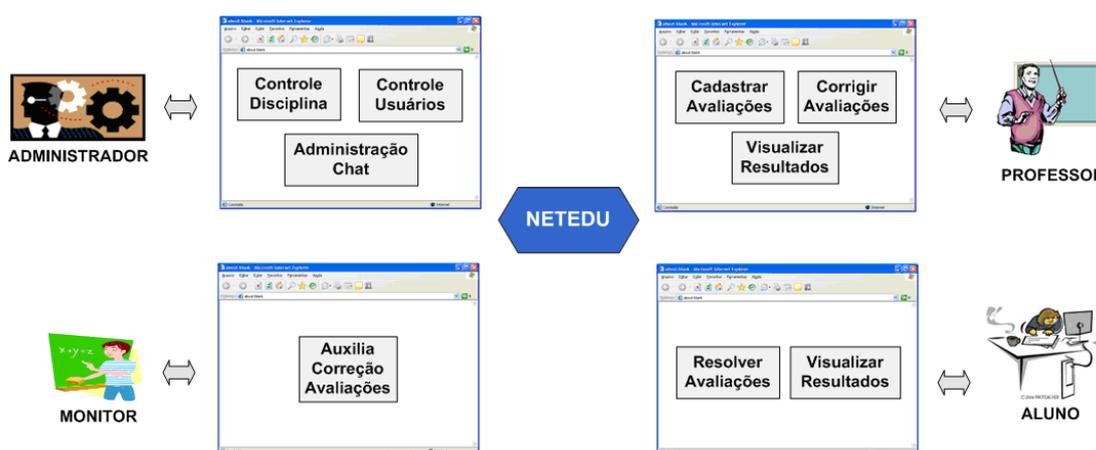


Figura 3. Principais funcionalidades do NETEDU

Basicamente o professor cria unidades de avaliação (UA) associando a elas os conceitos avaliados e o peso de cada conceito naquela UA, conforme figura 4. O estudante, por sua vez, responde a estas questões e como resultado o NAC do estudante é atualizado em cada conceito avaliado naquela UA.

Figura 4. Cadastro de Unidade de Avaliação e Associação de Conteúdos

5. Modelo para Avaliações Adaptativas

De acordo com Brusilovsky et. al. (1996), entende-se por hipermedia adaptativa todos os sistemas de texto ou hipermedia que refletem algumas funcionalidades do usuário e aplicam esse modelo para adaptar a vários aspectos visíveis do sistema para o próprio. Dessa forma, a adaptatividade é usada para moldar a visão de um usuário, em relação a um determinado conteúdo, a seus requisitos pessoais.

Este trabalho propõe o uso de avaliações adaptativas que segundo Sitthisak et. al (2007) são capazes de fornecer rotas eficientes e personalizadas no sentido de estabelecer o grau de conhecimentos de uma pessoa num domínio de conhecimento.

A figura 5 apresenta um modelo geral de avaliações adaptativas no NetEdu. As Unidades de Avaliação conectadas ao Modelo do Conhecimento (1) e as informações do modelo do estudante (2) alimentam o Motor de Avaliações Adaptativas (3A e 3B) para gerar avaliações adaptadas ao perfil do estudante.

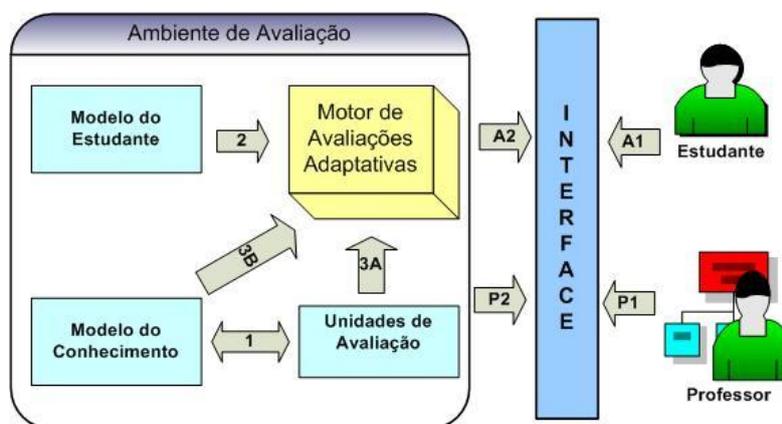


Figura 5. Modelo Geral de Avaliações Adaptativas no NetEdu.

Não é produtivo permitir que o estudante seja avaliado de maneira recorrente nos conceitos em que demonstra lacunas. Como existe uma hierarquia de conceitos especificando a dependência de pré-requisitos, torna-se possível mapear para o estudante avaliações mais adequadas ao seu perfil, de forma que este possa ser avaliado num crescente, até que este possa chegar a avaliações que englobem todos os conceitos do domínio em questão, ou seja, todo o espaço de conhecimento.

A figura 6 apresenta o fluxo geral para a adaptação das Unidades de Avaliação ao perfil do estudante. A seguir o detalhamento do modelo de adaptação proposto e implementado.

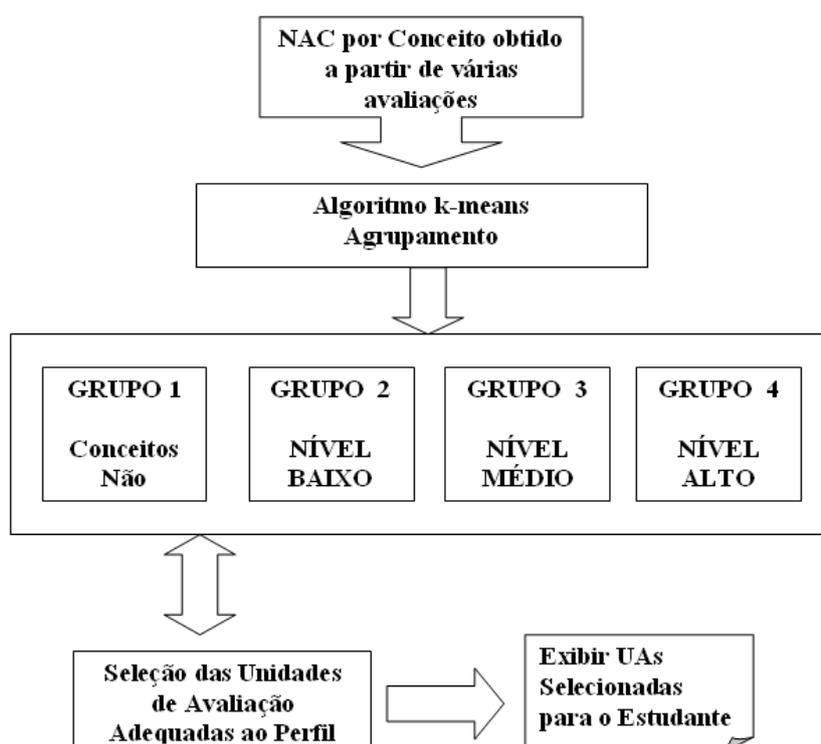


Figura 6 – Fluxo Geral para Adaptação das Unidades de Avaliação.

5.1. Agrupamento por Nível de Aquisição de Conhecimentos

O primeiro passo no processo de seleção de UAs adaptadas é o agrupamento dos estudantes, a partir do NAC em cada conceito. O algoritmo utilizado nesta etapa foi o K-Means que é um algoritmo de mineração de dados não supervisionado e serve para classificar ou agrupar objetos, em K grupos, baseado em atributos ou características (Zuchini, 2003). Na figura 5, têm-se como saída do algoritmo quatro grupos: Conceitos não avaliados; Nível Baixo; Nível Médio e Nível Alto.

O K-means recebe como entrada um número K de agrupamentos e atribui aleatoriamente um objeto como sendo o centróide inicial de cada agrupamento. Sucessivamente, cada objeto é associado ao agrupamento mais próximo e o centróide de cada agrupamento é então recalculado levando-se em conta o novo conjunto de objetos a ele pertencentes. O agrupamento é feito minimizando a soma dos quadrados das distancias entre dados e o centróide correspondente do conjunto.

Um dos problemas apontados por Monteiro (2001) e por Hoon (2002) em relação ao algoritmo do K-means são que os clusters finais não representam uma otimização global, mas apenas local e clusters diferentes podem surgir a partir da diferença na escolha inicial aleatória dos centróides.

A Tabela 1 apresenta um exemplo de entrada para o K-Means. A primeira coluna identifica o estudante, a segunda coluna o conceito e a terceira coluna o NAC do estudante no respectivo conceito

Tabela 1. Exemplo de entrada de dados para o K-Means

ALUNO	CONCEITO	NAC
101	A	5
101	B	3
101	C	6
201	A	3
201	B	8
201	C	7

A Tabela 2 apresenta um exemplo de saída do K-means (primeira coluna) com base na entrada especificada na Tabela 1. O algoritmo categorizou as linhas da Tabela 1 nas classes 1, 2 e 3.

Tabela 2. Exemplo de saída de dados do K-Means

CLASSE	ALUNO	CONTEÚDO	NAC
1	101	C	2
1	101	B	4
2	201	A	5
2	101	A	6
3	201	B	7
3	201	C	8

Para especificar qual das 3 classes é a classe baixa, média ou alta, calcula-se a média dos valores (NAC) na classe. Por exemplo, a classe 1 tem média 3 obtida pela somatória do NAC dividida pela quantidade de linhas da classe: $(2+4)/2$. A classe 2 tem média 5.5 e a classe 3 tem média 6.5. Basta então estabelecer um critério (regra de intervalo) para definir a categoria das classes.

O ambiente tomará por base as classes geradas para exibir as unidades de avaliação adequadas ao perfil do estudante conforme descrito a seguir.

5.2. Seleção das Unidades de Avaliação Adequadas ao Perfil

Com base na hierarquia de conceitos e espaços de conhecimento apresentados na seção 2 e nos grupos obtidos com o K-means as unidades de avaliação adequadas ao perfil do estudante serão selecionadas obedecendo aos seguintes passos:

- a) O estudante deverá indicar em qual dos grupos pretende ser avaliado. Por exemplo, se desejar melhorar o seu NAC poderá escolher conceitos que estejam no grupo “baixo” ou “médio”. Se desejar reforçar conceitos em que já possui nível bom desempenho selecionará o grupo “alto”;

- b) Se o objetivo do estudante for melhorar o seu NAC, o sistema selecionará dentro do grupo escolhido conceitos folhas ou conceitos que tenham o menor número de conceitos dependentes. Por exemplo, no grafo da figura 3, o conceito “1” é um conceito folha e o conceito “17” possui três conceitos dependentes, etc.
- c) Selecionado o conceito, o ambiente deverá localizar UAs cadastradas que abordem o conceito, ou de forma isolada ou que o conceito possua um “peso forte”. Os conceitos possuem “peso forte” em avaliações em que ele tem alto grau de participação no resultado final (nota final) da avaliação.

A figura 7 mostra um grafo com os conceitos de 1 a 17 interligados por arcos indicando a dependência entre esses conceitos.

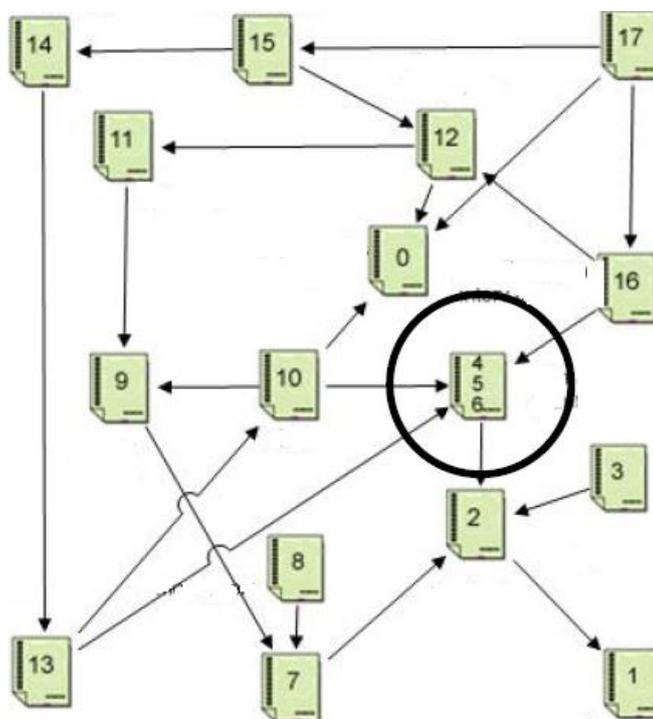


Figura 7. Grafo de relações de dependência entre conceitos Fuji (2007)

A figura 8 apresenta o fluxo geral para a seleção das UAs adaptadas ao perfil do estudante. A partir dos grupos formados pelo K-means, o objetivo da avaliação é definido:

- Reforçar – Seleciona-se UAs que contenham os tópicos atuais e anteriores na estrutura hierárquica de Conteúdos;
- Preservar – Seleciona-se UAs que contenham os tópicos atuais na estrutura de conteúdos;
- Desafiar - Seleciona-se UAs que contenham os tópicos posteriores na estrutura de conteúdos.;

Na escolha dos tópicos leva-se em conta também o NAC atual do aprendiz em cada conteúdo.

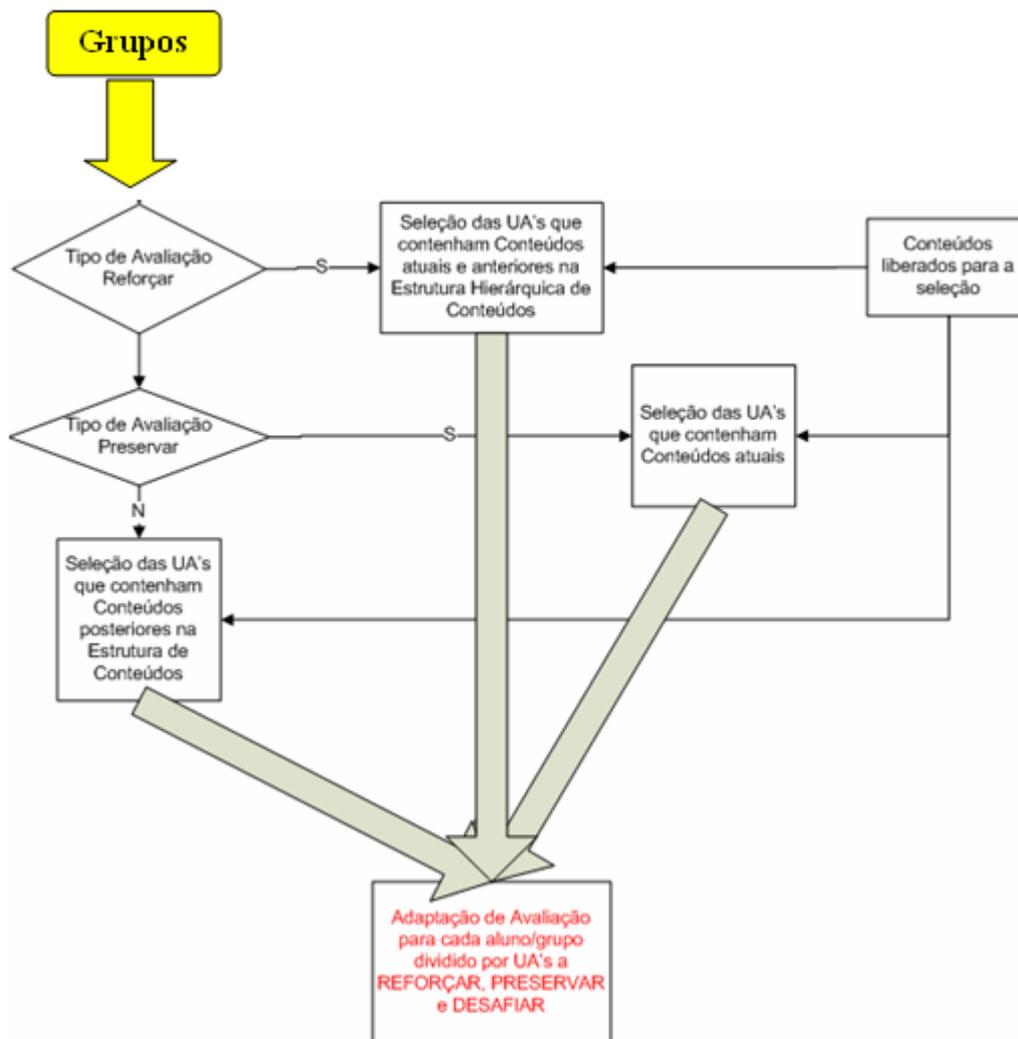


Figura 8. Fluxo Geral para Seleção das UAs Adaptadas

6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Adaptar as avaliações ao perfil cognitivo de cada estudante é uma estratégia pedagógica que tem por finalidade preservar os estudantes de insucessos consecutivos além de ajudar a identificar os conteúdos em que o estudante possui lacunas de aprendizagem.

Este trabalho apresentou um modelo para a seleção de unidades de avaliação adaptadas ao atual nível de aquisição de conhecimentos do estudante. No modelo proposto o conhecimento foi organizado na forma de hierarquia de pré-requisitos utilizando-se a teoria dos espaços de conhecimento. Para reduzir o espaço de busca no ato da adaptação utilizou-se o algoritmo de agrupamento K-means para a geração prévia de agrupamentos.

O modelo foi incorporado ao ambiente de avaliação NetEdu. Como aprofundamentos necessários pretende-se utilizar as métricas metacognitivas já existentes no NeTEdu no processo de seleção das avaliações adaptativas.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar estudos de casos reais para se verificar os efeitos das avaliações adaptativas como estratégia pedagógica.

Referências

- Broadfoot P. et al. (1999) *Assessment for Learning: Beyond the Black Box*. Assessment Reform Group University of Cambridge, School of Education, Cambridge.
- Chinen A.; Schirmer F.; Carrer R.; Santos R.; Lopes, V.; Pimente, E. P. (2006) *NetEdu – Um Ambiente para o Mapeamento do Conhecimento do Estudante*. Memórias del XI Taller Internacional de Software Educativo (TISE). Santiago, Chile.
- Brusilovsky, P. (1996). *Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction*. Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
- Doignon, J.-P. & Falmagne, J.-C. (1998). *Knowledge Spaces*. Berlin: Springer-Verlag.
- Fujii, Noemi P. N. (2007). *Uma proposta de Objetos de Aprendizagem Reutilizáveis Adaptativos para o Ensino de Estatística*. Dissertação de Mestrado. UnicSul, São Paulo.
- Hoon, M. de; Imoto, S.; Miyano, S. (2002) *A Comparison of Clustering Techniques for Gene Expression Data*. Poster apresentado na 10th International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology em Agosto de 2002, Edmonton, Canadá
- Maia, Rodrigo F. (2004) *Sistema Multi-Agentes para Acompanhamento e Auxílio de Avaliação de Alunos em Ambientes de Ensino à Distância*, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Monteiro E Silva, A. B., Portugal, M. S., Cechin, A. L. (2001). *Redes Neurais Artificiais e Análise de Sensibilidade: Uma Aplicação à Demanda de Importações Brasileira*. Revecap vol. 5 n. 4.
- Perrenoud, Philippe. (1999) *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artmed Editora.
- Pimentel, Edson P; Nizam Omar. (2006). *Métricas para o Mapeamento do Conhecimento do Aprendiz em Ambientes Computacionais de Aprendizagem*. In: XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2006, Brasília. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2006. p. 247-256.
- Hockemeyer, C., & Albert, D. (1999). *The Adaptive Tutoring System RATH*. In M. E. Auer & U. Ressler (Eds.), ICL99 Workshop Interactive Computer aided Learning: Tools and Applications. Villach, Austria: Carinthia Tech Institute.
- Sitthisak, O., Gilbert, L. and Davis, H. C. (2007) Towards a competency model for adaptive assessment to support lifelong learning. In *Proceedings of TENCompetence Workshop on Service Oriented Approaches and Lifelong Competence Development Infrastructures* (in press), Manchester, UK.
- Zuchini, Márcio Henrique. (2003) *Aplicações de Mapas Auto-Organizáveis em Mineração de dados e Recuperação de Informação*. Dissertação de Mestrado apresentado a Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC - UNICAMP), Universidade de Campinas.