

Uso de Redes de Kohonen na Recuperação Personalizada de Objetos de Aprendizagem: Um Estudo de Caso no Ensino de Ritmos Musicais Brasileiros

Fabiano Rodrigues Ferreira, Ismar Frango Silveira, Pollyana Notargiacomo Mustaro

Universidade Presbiteriana Mackenzie
R. da Consolação, 930 – 01302-907 – São Paulo, SP – Brasil

frferrei@yahoo.com.br, {ismar,polly}@mackenzie.br

Abstract. *Learning Objects are examples of technological resources used for organizing and structuring digital educational elements. Such concept, besides being an innovative proposal in educational area, has been largely used in nowadays' educational systems by being constantly, increasingly made available on the Internet. This paper proposes an architecture for dynamic recovery of learning objects and shows, as an case study, an application on learning of Brazilian musical rhythms. In order to achieve this goal, Kohonen networks-based techniques were applied, which allowed a proper selection of objects to build adequate learning resources, according to some adaptive factor, as previous knowledge, learning styles or cultural aspects.*

Resumo. *Objetos de aprendizagem são exemplos de recursos tecnológicos utilizados para organizar e estruturar materiais educacionais digitais. Tal conceito, embora constitua uma proposta inovadora no âmbito da educação, tem sido amplamente utilizado nos sistemas educacionais atuais através da constante e crescente disponibilização dos mesmos pela Internet. O presente trabalho propõe uma arquitetura para a recuperação dinâmica de objetos de aprendizagem e apresenta, como exemplo de utilização, uma aplicação voltada ao processo de aprendizagem de ritmos musicais brasileiros. Para isso foram empregadas técnicas baseadas em Redes de Kohonen, o que possibilitou a seleção dos objetos para a constituição de recursos de aprendizagem que sejam adequados a algum fator de adaptabilidade desejável para o contexto, como conhecimentos prévios, estilos de aprendizagem ou aspectos culturais.*

1. Introdução

Entende-se como exemplos de objetos de aprendizagem os conteúdos multimídia, elementos e softwares instrucionais referenciados durante um ensino com suporte tecnológico [IEEE, 2007]. Em outras palavras, objetos de aprendizagem são, então, quaisquer materiais ou recursos digitais com fins educacionais, ou seja, elementos que podem ser utilizados no contexto educacional de maneiras variadas e por diferentes perfis de alunos.

Dessa forma, pode-se afirmar que uma das maneiras para que se alcance uma aprendizagem significativa e orgânica [Freire, 2005] é possibilitar que as interações entre o sujeito e o sistema auxiliem na escolha do conteúdo mais adequado a ser apresentado ao aluno. Necessita-se, então, que o aplicativo que manipule a construção e distribuição dos objetos de aprendizagem possibilite adaptação de conteúdo, baseado nas interações entre aluno e sistema. Para tal necessidade faz-se uso, então, de técnicas adaptativas.

A técnica adaptativa baseada em mapas auto-organizáveis, também conhecidos como Redes de Kohonen (2001), tem se mostrado útil naquilo que se refere à solução de problemas de agrupamento pertinentes ao âmbito educacional [Silva, 2007]. Num sistema, onde suas variáveis de entrada sejam os alunos e os conteúdos educacionais, e o resultado esperado seja o agrupamento de ambos baseados em suas características e similaridades, sua utilização tende a ser válida para se descobrir a melhor heurística educacional para cada caso. Comparada com outras técnicas adaptativas, ela se mostra uma escolha adequada, principalmente devido ao fato de não necessitar de conhecimento prévio e também por apresentar resultados relevantes com problemas de agrupamento.

Desta maneira, este artigo encontra-se organizado como se segue: o próximo item traça, de maneira sucinta, um panorama do ensino de música no contexto brasileiro; o item 3 descreve o funcionamento das Redes de Kohonen; o item 4 exhibe os detalhes da implementação do protótipo do software; por fim, são apresentadas algumas conclusões e trabalhos futuros.

2. Panorama do Ensino de Música no Brasil

O ensino de música no Brasil apresenta um problema estrutural que é a falta de incentivo a um aprendizado formal através de cursos que façam parte da grade curricular ao longo da formação do aluno, seja na educação de base ou não [Castilho, 2001]. Atualmente as disciplinas da área de música não integram o quadro de cursos oferecidos pelo Ensino Fundamental ou Médio, obrigando o aluno que tiver afinidade com esse ramo da arte a procurar cursos alternativos [Beaumont, 2003]. Ou seja, mesmo havendo o interesse por parte do aluno, o mesmo não é plenamente atendido pelo sistema de ensino formal. Levando em consideração que para se ter acesso a um curso superior de música as provas específicas são geralmente rigorosas para quem nunca teve acesso a uma educação musical mínima, ou seja, a maioria da população brasileira (Weller, 2004), conclui-se que hoje uma formação em música tende a ser elitista, tendo em vista a necessidade de recursos financeiros para uma formação básica na área.

Loureiro (2003) complementa essa informação ao dizer que a situação atual da cultura musical brasileira é claramente polarizada. De um lado se privilegia uma minoria que tem acesso a escolas especializadas de música. De outro se encontra a grande maioria da população, que não tem acesso a uma educação musical mínima durante seu período de escolaridade básica [Ferreira, 2005]. Complementando essa informação, Graciani (2005) informa que, ao se analisar os dados sobre o trabalho infantil, conclui-se o quão elevado é o grau de pobreza instaurado no Brasil nas últimas décadas, levando-se em consideração que o total de crianças e adolescentes (na faixa dos dez aos dezessete anos) trabalhando na década de 1990 era de sete milhões e que tal

número só tem crescido nos últimos anos. A partir dessa informação é possível perceber um decréscimo de acesso à cultura e à música na educação, visto que as políticas públicas que atendam culturalmente à maioria da sociedade ou não são suficientes, ou dependem de projetos assistencialistas inorgânicos do terceiro setor [Gentili, 2002]. Tal postura acaba por elitizar o acesso à cultura em geral, e à educação musical, em específico.

Levando-se em consideração o fato que em educação musical, assim como na educação como um todo, os alunos herdaram valores e práticas culturais de sua sociedade [Swanwick, 1988] [Vigotski, 2007], conclui-se que o processo de descoberta do gosto pela música poderia ser melhorado através de um ensino onde o aluno possa vivenciar a sua própria realidade enquanto aprende. Este é denominado ensino orgânico.

Villa Lobos, através do uso dessas idéias, propôs na década de 1930 um projeto de ensino musical nas escolas intitulado Canto Orfeônico [Goldemberg, 2002]. Ele acreditava que o incentivo da educação musical faria com que os alunos fossem dessa forma se sensibilizando gradualmente às manifestações artísticas e culturais como um todo. Seus objetivos principais eram, portanto, o desenvolvimento musical da criança em seu momento presente. Por consequência, isso acarretaria no futuro uma sociedade com adultos musicalmente alfabetizados.

De acordo com o próprio contexto histórico de Villa Lobos, que justifica que a educação musical pode ser otimizada, se contextualizada à realidade do aluno, por exemplo, aprendendo-se através de canções folclóricas e populares, tem-se ao longo da história o uso do aprendizado musical também como forma de resistência cultural e reflexão da realidade [Corrêa et al., 2004]. É o caso, por exemplo, da educação musical através de oficinas utilizando os ritmos que estejam presentes no cotidiano dos educandos.

Numa outra abordagem, Lühning (1999), apresenta o estudo de música através das manifestações artísticas como um resgate da tradição musical, incluindo-se nesse contexto os aspectos históricos, simbólicos e sociais. Dessa forma, aborda-se o significado das letras, dos trajes típicos e da expressão corporal, por exemplo. Assim, o processo de pesquisa desta maneira seria conduzido pelos próprios membros da cultura a ser estudada em parceria com os pesquisadores externos. Conclui-se que desta forma contextualizada, existe um aproveitamento mais eficaz [Corrêa et al., 2004]. Lühning (1999) complementa analisando, por exemplo, o fato que a letra, em algumas músicas do Candomblé ou da capoeira Angola, é mais importante que a própria música por si só. Ao aprender um conceito musical nesse aspecto, então, pode-se dizer que o aluno está conhecendo melhor sua própria cultura e construindo sua identidade cultural.

Neste contexto, é de consenso comum a percepção de que o modelo escolar vigente, que se aplica ao caso específico do Ensino de Música, foi – e em alguns casos ainda está – mantido por mais de um século. Isso ao invés de estimular a criatividade, a liberdade e o criticismo dos alunos no que se refere à expressão do conhecimento adquirido, acaba gerando um efeito contrário causando uma massificação do pensamento dos alunos.

Dessa forma, a utilização de um sistema computadorizado de apoio ao processo de ensino-aprendizagem musical viria ao encontro, portanto, para tentar suprir parte

dessa carência, pois possibilitaria o ensino de música de forma orgânica, para pessoas que não têm acesso a um suporte maior desse aprendizado [Silveira et al., 2003]. E é o desenvolvimento deste tipo de sistema que pauta as linhas gerais dos próximos itens deste trabalho.

3. Objetos de Aprendizagem e Redes de Kohonen

Pode-se considerar que as primeiras informações sobre neuro-computação datam do início da década de 1940 em artigos do neurofisiologista McCulloch e do matemático Walter Pitts [Russel; Norvig, 2004]. Neles, era sugerida a construção de uma máquina ou dispositivo que se inspiraria no cérebro humano. No cérebro, assim como numa rede neural artificial, a comunicação entre os neurônios é feita por um processo onde estímulos são transmitidos de um elemento a outro da rede. No sistema nervoso central isso ocorre através de diferentes concentrações de Na^+ e K^+ . Entre os neurônios celulares a comunicação é feita através de impulsos elétricos temporais, sendo que o neurônio transmissor do impulso pode controlar a frequência dos mesmos.

As redes neurais artificiais são compostas de nós simples (ou neurônios) no sentido que seu estado pode ser descrito por números, ou valores de ativação. Cada nó gera uma saída baseada em sua ativação. Nós conectam-se através de arestas rotuladas com pesos, e o valor da saída de um nó é transmitido a todas os nós com os quais este se conecta. Através destas ligações, a saída de um nó pode influenciar as ativações de outros nós. Um nó que receba ligações calcula sua ativação através de uma soma ponderada de suas entradas, determinando a saída pela função de valoração. Assim, tais redes aprendem (se adaptam) mudando os pesos das conexões. As vantagens que podem ser consideradas na aplicação das redes neurais artificiais são em geral relacionadas à sua praticidade no aprendizado de aproximação de funções a partir de exemplos [Neto; Nicoletti, 2005]. Ou seja, a saída da rede são funções que de alguma maneira convergem para determinado ponto.

De acordo com os mesmos autores, a responsável em estabelecer o estado do neurônio (chamado de ativação) é a função de ativação. O valor dessa função depende da entrada que o neurônio recebeu em determinado momento. Esse estímulo pode ser externo ou interno (proveniente de outros neurônios). Deve-se notar que a saída dos neurônios depende do valor de ativação. Além disso, essas saídas também interagem com o restante da rede através das conexões sinápticas de cada neurônio. Então, conclui-se, que na fase de treinamento, neurônios enviam sua saída aos outros elementos da rede a qual estão conectados. Para que haja uma mudança de estado do neurônio (conforme descrito anteriormente) faz-se uso da função de ativação. Porém, não necessariamente existe um tipo único de função; há uma gama variada de funções que são usadas para calcular o nível de ativação dos neurônios de forma distinta.

Um tipo específico de rede neural são as redes do tipo mapas auto-organizáveis ou SOM (*Self-Organizing Maps*). Esse tipo de rede também é comumente conhecido por Redes de Kohonen ou *Konets*, pois foram desenvolvidas inicialmente por Teuvo Kohonen (2001). O uso de mapas auto-organizáveis objetiva modelar o processamento da informação de entrada através de rede de neurônios que age de maneira similar ao sistema nervoso humano.

As *Konets* pertencem a uma categoria de redes denominadas competitivas. Uma das características principais deste tipo de rede é que seu aprendizado é de forma não-supervisionada. Outra característica relevante é o fato que ao se utilizar este tipo de rede, não é procurada uma solução ótima, mas sim aquela solução viável que apresente bons resultados. Esta é uma das diferenças dessas redes com as redes de aprendizado supervisionado [Kohonen, 2001].

Esse tipo de rede é composto por um conjunto de unidades de saída e um vetor com n unidades de entrada. Na fase de treinamento de uma rede neural de Kohonen, cada saída corresponde a um nó em um *grid* bidimensional, que por sua vez está conectado a um nó de entrada. Esta fase de treinamento (automática, sem intervenção do usuário) consiste em apresentar repetidas vezes à rede as entradas de maneira que a distribuição dos nós de saída corresponda à distribuição dos nós de entrada, de acordo com os pesos existentes na rede; neste sentido, cada unidade de entrada é avaliada e agrupada dentro da possibilidade de treinamento da rede. Quanto maior a quantidade de entradas e de repetições para o treinamento da rede, maior é a quantidade de grupos criados.

Nesse tipo de rede, a grade da camada intermediária de treinamento é usualmente bidimensional. A meta principal de um mapa auto-organizável é transformar uma entrada (de um padrão qualquer) num mapa de saída com uma ou duas dimensões. Mapas auto-organizáveis básicos, de forma ilustrativa, podem ser comparados com uma rede feita por linhas de tecido. Cada neurônio (após o processo de treinamento) fica localizado nas intersecções da rede.

De maneira análoga e pictórica, pode-se estabelecer um paralelo das *Konets* como redes de pesca recém tiradas do mar. Imagina-se, então que em cada nó dessa rede se encontre um peixe de determinada espécie. Randomicamente, escolhe-se um peixe de determinado nó como pivô, e para esse peixe verifica-se qual outro peixe de outro nó mais se assemelha ao primeiro. Quando o peixe mais parecido for encontrado, aproxima-se este do pivô de acordo com seu grau de atributos similares. O mesmo procedimento é aplicado aos peixes encontrados nos nós adjacentes ao que mais se assemelhava ao pivô. Após fazer este procedimento repetidamente nota-se que esses peixes formaram regiões de agrupamentos claras nessa rede, onde peixes de tamanho, cores e características parecidas se encontram mais próximos.

Para finalidades de estudo deste trabalho, será abordada a utilização deste tipo de rede em sistemas pedagógico-educacionais. Comparada com outras técnicas adaptativas, as *Konets* tendem a ter uma maior facilidade de implementação com um custo menor de tempo para isso. A Tabela 1, a seguir, exhibe um comparativo entre as *Konets* e algumas técnicas adaptativas comumente utilizadas em Inteligência Artificial [Russell; Norvig, 2004]. Para construção desta tabela, considerou-se o termo Conhecimento Prévio como qualquer base, seja ela estatística (Redes em geral), base de conhecimento (Sistemas Especialistas) ou de relações (Sistemas Fuzzy).

Tabela 1: Comparação entre técnicas adaptativas

Técnica Adaptativa	Necessita de Base de conhecimento prévio?	Método de aprendizado supervisionado?	Necessita de regras e formalismos prévios?
Redes Bayesianas	Sim	Sim	Não
Sistemas Especialistas	Sim	N/A	Sim
Sistemas Fuzzy	Sim	N/A	Sim
Computação Evolutiva.	Não	N/A	Sim
Redes de Perceptron	Sim	Sim	Não
Redes de Kohonen	Não	Não	Não

Conforme visto na Tabela 1, mapas auto-organizáveis não necessitam de nenhuma base de conhecimento prévia, assim como também não precisam que sejam criadas regras ou formalismos para que funcionem. Isso facilita a implementação, pois evita a necessidade de um levantamento destas informações para construção das redes, economizando tempo no desenvolvimento do aplicativo. Como o objetivo precípuo deste trabalho está em agrupar os alunos e os objetos de aprendizagem baseados em suas similaridades, esta técnica foi a que melhor se enquadrou neste requisito.

4. Desenvolvimento do protótipo

A implementação do protótipo foi realizada utilizando em sua totalidade software livre, incluindo a API JavaSOM [Suuronen, 2001]. Como repositório de dados escolheu-se o *PostgreSQL* 8.2 devido a sua confiabilidade operacional já ter sido destacada pela comunidade científica internacional, além da facilidade de uso e instalação do mesmo. Como servidor de aplicações foi adotado o *JBOSS* pela sua robustez e escalabilidade. Quanto à linguagem de programação aplicada, escolheu-se Java por diversos motivos, dentre os quais sua robustez e independência de plataforma.

De uma maneira generalista, em termos de processos, o sistema está dividido em três módulos distintos, como pode ser visto no Diagrama de Pacotes UML da Fig. 1:

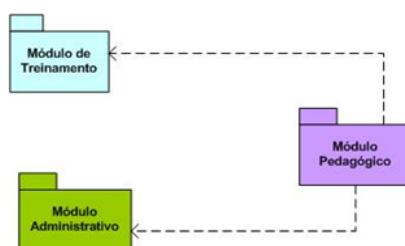


Figura 1: Diagrama de Pacotes do Sistema

Os pacotes são caracterizados como se segue:

- **Módulo Treinamento** – Responsável pela estrutura interna do processo de Treinamento da Rede Neural utilizada. Comunica-se diretamente com o módulo pedagógico, se utilizando do arquivo XML gerado nas interações do sistema e usa a API JavaSOM para o processo de ordenação e geração do arquivo XML de saída.

- **Módulo Pedagógico** – Responsável pela coleta das informações na navegação do aluno, assim como pela disponibilização dinâmica do conteúdo. É o responsável por toda a parte gráfica, assim como pelo gerenciamento e navegação dos objetos de aprendizagem apresentados. Comunica-se diretamente

com o Módulo de Treinamento tanto para obtenção da resposta da Rede Neural quanto para o processo de fornecimento de subsídios (dados de entrada) para o treinamento da mesma. Em suma, o Módulo Pedagógico funciona como uma interface entre o usuário e as Redes Neurais determinando assim a estratégia pedagógica para cada aluno.

• **Módulo Administrativo** – Responsável pela parametrização da Rede Neural, assim como pela gestão dos cadastros de alunos dentro do sistema.

Na interface de acesso ao sistema, o usuário informa seu endereço de e-mail e sua senha. Nesta tela, o intuito não é somente a autenticação do usuário, mas também o redirecionamento do mesmo para a tela inicial do sistema de acordo com seu perfil. Dependendo do perfil do usuário, poderá ser apresentado um menu específico (Fig. 2):

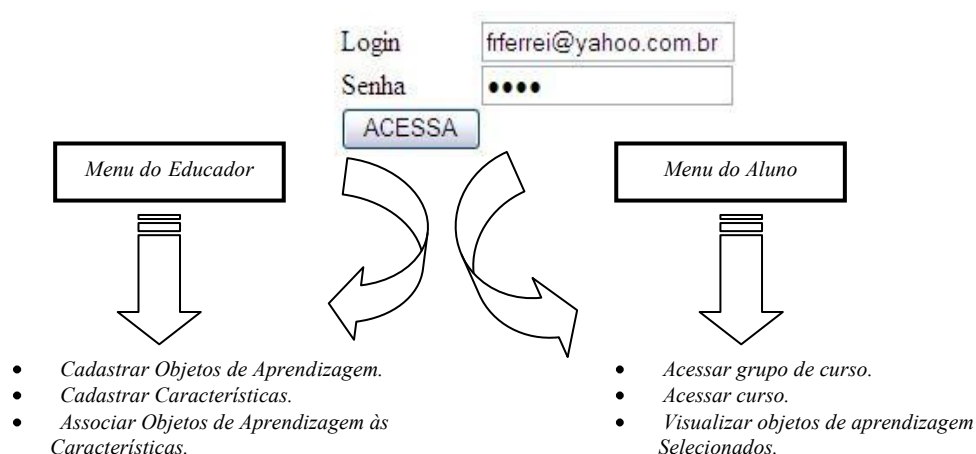


Figura 2: Identificação inicial do usuário com menus contextuais

Caso o perfil do usuário seja de um aluno, o sistema apresenta uma interface com uma lista de grupos de cursos disponíveis, conforme ilustra a Fig. 3. Caso seja professor, o fluxo esperado de navegação pelas interfaces pode ser visualizado na Fig. 4:

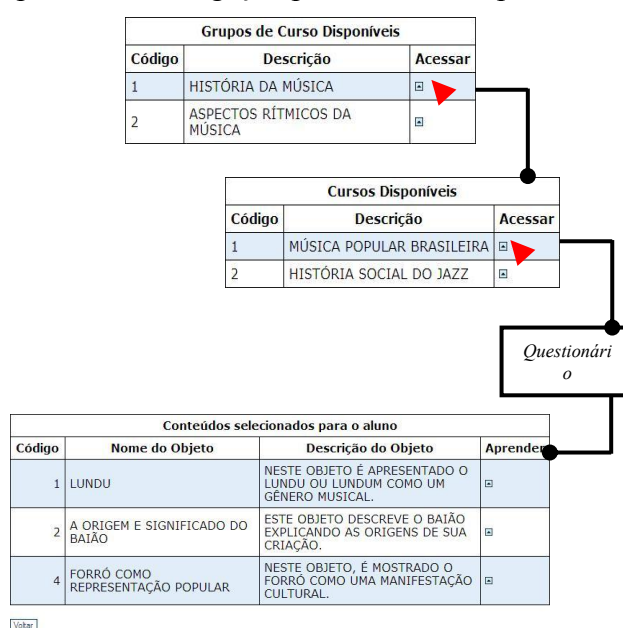


Figura 3: Estrutura do fluxo de navegação do aluno

Nome Objeto: LUNDU
Detalhe Objeto: NESTE OBJETO E APP

HTML

LUNDU

Lundu é uma dança de origem africana, assim como seu canto, trazida pelos escravos bantos. O Lundu, do mesmo modo que o "massaxi", é uma dança que possui uma forma "branda" e é uma forma "belizagani". Essa última, tinha como tema da dança, o convite feito pelo homem à mulher para um encontro sexual. A dança desenvolvia-se, a princípio, com a recusa da mulher mas, ante a insistência do seu companheiro ela termina por ceder. A movimentação era tão carregada de sensualismo e lubricidade que, ao tempo, a Corte, ao tomar conhecimento do fato, solicitou às autoridades a proibição da dança.

Alterar Cancelar

Características Cadastradas			
Código	Descrição	Alterar	Remover
1	ADOLESCENTE	☐	☐
2	ADULTO	☐	☐
3	CRIANÇA	☐	☐
4	SAMBA	☐	☐
5	HIP HOP	☐	☐
6	MPB	☐	☐
7	JAZZ	☐	☐
8	NORTE	☐	☐
9	NORDESTE	☐	☐
10	SUL	☐	☐
11	GUIARRA	☐	☐
12	PIANO	☐	☐
13	VIOLÃO	☐	☐
14	CONHECE LUNDU	☐	☐
15	NÃO CONHECE LUNDU	☐	☐
16	PERCUSSÃO	☐	☐
17	CONHECE BAIÃO	☐	☐
18	NÃO CONHECE BAIÃO	☐	☐
19	CONHECE CHORO	☐	☐
20	NÃO CONHECE CHORO	☐	☐

Novo

Vincular Objeto de Aprendizagem a Característica			
Código	Descrição	Alterar	Remover todas características
2	A ORIGEM E SIGNIFICADO DO BAIÃO	☐	☐
1	LUNDU	☐	☐
4	FORRÓ COMO REPRESENTAÇÃO POPULAR	☐	☐

Menu do Educador

Figura 4: Opções de menu do educador

Como pode ser visualizado na Fig. 3, caso o usuário escolha um grupo de curso, automaticamente é apresentada uma lista de cursos. Se for selecionado um curso, é apresentado ao usuário um questionário (prévia e livremente criado pelo educador responsável pelo curso) para mensurar o que o aluno sabe sobre o conteúdo pertinente ao curso. Ao responder o questionário, o sistema armazena as características do aluno vinculadas a cada resposta escolhida e treina a rede neural. Ao final, apresenta uma lista de objetos de aprendizagem ordenados pelo treinamento da rede neural.

Já as interfaces apresentadas na Fig. 4, representando a visão do professor, possibilitam ao mesmo a manipulação das funcionalidades básicas do sistema, permitindo assim a edição e cadastro de objetos de aprendizagem e características, assim como uma interface que permita o vínculo dos mesmos.

A rede de Kohonen utilizada para testar a aplicação possuía 11 neurônios na camada de entrada. Destes, 10 eram objetos de aprendizagem e 1 representava o aluno. Distribuíram-se estes neurônios em um mapa com 49 neurônios representando a camada

de saída. Observou-se a capacidade da rede para a formação de agrupamentos, de acordo com as entradas testadas. Para a obtenção de conclusões mais assertivas, ainda seria necessário um estudo mais aprofundado verificando o comportamento da rede utilizando uma massa de dados reais.

4. Considerações finais e trabalhos futuros

O objetivo do presente trabalho foi a aplicação da rede de Kohonen em um sistema educacional de forma que este possibilite com que o conteúdo educacional seja agrupado em um mapa juntamente com o aluno. Dessa forma, o aluno é aproximado do conteúdo educacional que tiver maior similaridade com o mesmo.

Observou-se a capacidade da rede para a formação de agrupamentos, de acordo com as entradas testadas. Para fins práticos, ainda seria necessário um estudo mais aprofundado verificando o comportamento da rede utilizando uma massa de dados reais.

Dessa forma, conclui-se que os mapas auto-organizáveis representam um recurso útil como técnica adaptativa em um sistema educativo, possibilitando dessa maneira a construção de um ordenador inteligente de conteúdos educacionais baseados nas similaridades das propriedades dos objetos de aprendizagem.

Entende-se também que originalmente a concepção da idéia deste sistema foi voltada ao desenvolvimento de um sistema de apoio a educação musical. Porém, devido ao caráter generalista de sua modelagem, conclui-se também que o sistema possa ser utilizado para outras variadas finalidades educacionais.

Como trabalhos futuros, podem ser consideradas as seguintes propostas: a evolução do protótipo para um aplicativo completo, a utilização do aplicativo em uma instituição de ensino piloto (possibilitando uma estudo de caso real para o sistema), a execução de testes e aprimoramentos dos valores dos parâmetros da rede neural. Além disso, pode-se também implementar uma versão com maior complexidade do modelo utilizando alguma das padronizações de metadados existentes. Pode-se também permitir uma edição que permita maior dinamismo os objetos de aprendizagem, através da criação de uma de interface para marcação de características no momento da criação do objeto de aprendizagem, ou seja, no momento da própria edição e criação do objeto de aprendizagem, o sistema permitiria a associação de características extraídas do próprio objeto.

Aprender música ou qualquer conteúdo é muito mais do que dominar uma técnica. É ampliar sua consciência sobre o mundo e sobre si mesmo. Dessa maneira, ao se visualizar a cultura e o conhecimento como algo único, independente de sua área de estudo, as possibilidades para transformação do indivíduo aumentam consideravelmente. Com base nisso, este trabalho buscou discutir principalmente aspectos de cunho educacional, apresentando a intenção de utilização do software de maneira crítica. Dessa maneira uma possível extensão desta pesquisa, levando a campo e testando este aplicativo em instituições de ensino, viria contribuir com a interdisciplinaridade, na junção da educação e da computação.

Referências

- Beaumont, M. T. e Fonseca, S. G. (2003) “O Ensino de Música nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental: Saberes E Práticas Escolares”. Anais da 26ª Reunião Anual da ANPED, Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Educação. Poços de Caldas, MG, outubro.
- Corrêa, A. D. et al. (2004) Ensino de Artes: Múltiplos Olhares. Unijuí, Ijuí, RS.
- Ferreira, T. M. X. (2005) Hip hop e educação: mesma linguagem, múltiplas falas. 2005. 110 p. Dissertação. Mestrado em Educação. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP.
- Freire, P. (2005) Pedagogia do Oprimido. São Paulo: Paz e Terra.
- Gentili, P. et al. (2002) Pedagogia da Exclusão – Crítica ao neoliberalismo na educação. São Paulo: Vozes.
- Goldemberg, R. (2007) Educação musical: a experiência do canto orfeônico no Brasil, 2002. Disponível em: <<http://www.samba-choro.com.br/debates/1033405862>>. Acesso em: 05 mar. 2008.
- Graciani, M. S. S. (2005) Pedagogia Social de Rua. São Paulo: Cortez, 2005.
- IEEE Learning Technology Standard Committee - IEEE-LTSC (2007). Draft Standard for Learning Object Metadata. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2008.
- Loureiror, A. M. A. (2003) O Ensino da Música na Escola Fundamental: Dilemas e Perspectivas. Revista do Centro de Educação da UFSM, v. 28, nº 1, Santa Maria, RS.
- Lühning, A. E. (1999) “A educação musical e a música da cultura popular”. ICTUS - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Música da Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA. Disponível em: <<http://www.ictus.ufba.br/index.php/ictus/article/viewFile/2/7>>. Acesso em 16 fev. 2008.
- Kohonen, T. (2001) Self-Organizing Maps. Berlin: Springer-Verlag, 2001.
- Neto, L. G. P. e Nicoletti, M. C. (2005) Introdução às Redes Neurais Construtivas. São Carlos: Edufscar.
- Russell, S. e Norvig, P. (2004) Inteligência Artificial. Rio de Janeiro: Campus.
- Silva, P. F. (2007). Uso de rede de Kohonen para a clusterização de Objetos de Aprendizagem. 115 p. Dissertação. Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, SP.
- Silveira, A. et al. (2003) Software livre e inclusão digital. São Paulo: Corad.
- Suuronen, T. (2001) Java2 Implementation of Self-Organizing Maps based on Neural Networks utilizing XML based Application Languages for Information Exchange and Visualization. Monografia: Graduação. Vantaa Teknillinen Ammattikorkeakoulu. Vantaa, Finlândia.