

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

DANIEL DE SOUZA CARVALHO

Objetos de Aprendizagem Interativos:

Ferramenta de Apoio a Disciplinas Teóricas

São Paulo
2009

Daniel de Souza Carvalho

Objetos de Aprendizagem Interativos:

Ferramenta de Apoio a Disciplinas Teóricas

*Dissertação de Mestrado apresentada à
Universidade Presbiteriana Mackenzie,
como requisito parcial para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia
Elétrica*

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sandra Maria Dotto Stump

São Paulo
2009

C331o Carvalho, Daniel de Souza.

Objetos de aprendizagem interativos : ferramenta de apoio a disciplinas teóricas / Daniel de Souza Carvalho - 2010.

75 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.

Bibliografia: f. 62-72.

1. Jogo eletrônico. 2. Objetos de aprendizagem. 3. Sistemas de tutoria inteligente. 4. Sistema educacional. I. Título.

CDD 621.31028563

Dedicatória: Esta pesquisa é dedicada aos docentes do ensino fundamental ao superior, pelo compromisso e paixão pela educação das novas gerações.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por derramar bênçãos em minha vida;

À Professora Doutora Sandra Maria Dotto Stump, pela sábia orientação, paciência e agradáveis discussões;

Aos meus pais, Martinho e Elizete, pelo amor e educação, e às minhas irmãs Bel e Carol, pelo incentivo;

A minha esposa Raquel, pelo amor e longas horas de conversa sobre nossas dissertações;

Aos professores do programa, pelos desafios propostos, atenção e por aguçar a paixão pela ciência em seus alunos;

Aos amigos mestrandos, em especial: Jairo, Guilherme, Marcio, Marcos, Mauro e Fernando pelo companheirismo nesta jornada;

Aos N-Gens, Murilo e Brian, pelos quais podemos observar o entusiasmo e fluência pelas novas mídias, tecnologias digitais e interesse pela interatividade.

It is not the strongest of the species that survive, nor the most intelligent, but the one most responsive to change.
(Charles Darwin, 1809-1882)

RESUMO

Os recursos computacionais disponíveis aos alunos poderiam ser mais bem utilizados, e sistemas instrucionais de apoio às disciplinas teóricas podem ser desenvolvidos para proporcionar a interatividade (*learn-by-doing*) e, assim, aproveitar a fluência e interesse da Geração Digital pelas mídias digitais a favor da educação. Com base teórica para os fatores humanos e processos cognitivos, foram estudados as Múltiplas Inteligências, os Estilos de Aprendizagem (EA), bem como as características da Geração Digital. As tecnologias de Sistemas Tutores Inteligentes, Jogos Sérios, Simuladores e Objetos de Aprendizagem, também foram analisadas como opções para educação assistida por computador, com a final delineação de um modelo otimizado para atender a demanda de sistemas educacionais de forma factível e criar materiais didáticos virtuais. De forma a demonstrar o modelo, desenvolveu-se um sistema para verificar sua aplicabilidade. A criação de Objetos de Aprendizagem Interativos, enfim, se apresenta como um recurso de assistência ao método de ensino tradicional.

Palavras-chave: Jogo Eletrônico; Objetos de Aprendizagem; Sistemas de Tutoria Inteligente; Sistema Educacional.

ABSTRACT

The usage of computing resources available to students can be improved, and instructional systems supporting theoretical subjects can be developed in order to provide the interactivity (learn-by-doing) and, therefore, take advantage of fluency and interest of Digital Generation for many types of digital media on behalf of education. Theoretically based on human factors and cognitive processes, Multiple Intelligences, Learning Styles and features of Digital Generation have been studied. Technologies, such as, Intelligent Tutoring Systems, Serious Games, Simulators and Learning Objects, have also been analyzed as options for computer-assisted education, with a final outlining of an optimized model to meet the demand of educational systems on a makeable manner and to create virtual didactic materials. In order to demonstrate such model, a system was developed in order to verify applicability of the model. The creation of Interactive Learning Objects is, thus, shown as an assisting resource to the traditional method of teaching.

Keywords: Educational Software; Electronic Game; Intelligent Tutorial Systems; Learning Objects.

Lista de Ilustrações

Tabela 1: Diferença entre Gerações Net e Anteriores (PRENSKY, 2001) [tradução nossa].....	8
Tabela 2: Mudanças na definição de inteligência (SILVER, STRONG, PERINI, 2000) [tradução nossa].....	12
Figura 1: Características da personalidade humana e quatro combinações possíveis. Adaptação de SILVER, STRONG, PERINI, 2000	16
Tabela 3: Comparação entre OAs digitais e não-digitais	22
Figura 2: Arquitetura de sistemas educacionais	24
Figura 3: Arquitetura de STI (GOETTL, 1998; POLSON, 1988) [tradução nossa]	27
Figura 4: <i>Virtual Oscilloscope: Simulator</i> (DEBIK, 2008).....	30
Figura 5: Demonstração: “Representing Elementary Cellular Automaton Rules”	33
Figura 6: Modelo conceitual para OAI.....	35
Tabela 4: Diferença entre as plataformas	41
Figura 7: Organização de um conjunto de OAs	43
Tabela 5: Organização de OAs para difentes contextos educacionais	43
Figura 8: Diagrama de contexto do jMusicTutor	45
Figura 9: Acompanhamento da evolução do estudante	46
Figura 10: Interface principal do sistema	47
Figura 11: Teclado M-Audio Prokeys 88sx (M-AUDIO, 2007).....	49
Tabela 6: Equipamentos para desenvolver e executar o OAI.....	50
Figura 12: Fluxo de dados do OAI.....	52
Figura 13: Modelo dinâmico do OAI	53
Figura 14: Identificação das notas musicais do piano	57
Figura 15: Exemplo de partitura (notação musical)	57
Figura 16: Exemplo do resultado de acompanhamento do estudante	59
Tabela 7: Lista dos arquivos de dados do sistema.....	60
Figura 17: Arquitetura macro dos componentes do jMusicTutor	60

Lista de Abreviações e Siglas

API – Application Program Interface

CLOE – Co-operative Learning Object Exchange

DI – *Design* Instrucional

EA – Estilos de Aprendizagem

IA – Inteligência Artificial

IM – Inteligências Múltiplas

IEEE – Institute of Electrical & Electronics Engineers

IDE – Integrated Development Environment

JRE – Java Runtime Environment

LCR – Learning Catalog or Reference

LOR – Learning Object Repository

LMS – Learning Management Systems

MERLOT – Multimedia Educational Resource for Learning Online Teaching

MIDI – Musical Instrument Digital Interface

N-Gen – *Net Generation* – Geração Digital

NKS – A New Kind of Science

OA – Objeto de Aprendizagem

OAI – Objeto de Aprendizagem Interativo

PCM – Pulse Code Modulation

PoC – Proof of Concept

POSIX – Portable Operating System Interface

RAD – Rapid Application Development

SCORM – Sharable Content Object Reference Model

SF – Sound Font

SME – Subject Matter Expert

STI – Sistema Tutor Inteligente

USB – Universal Serial Buss

XML – Extensible Markup Language

VLE – Virtual Learning Environment

Os nomes em inglês de tecnologias e termos consolidados no Brasil foram mantidos em idioma estrangeiro e são explanados em sua primeira ocorrência no texto.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL.....	8
2.1	Geração Digital.....	8
2.2	Processo Cognitivo.....	11
2.2.1	Inteligências Múltiplas.....	12
2.2.2	Estilos de Aprendizagem.....	15
2.2.3	Combinando Estilo e Inteligência.....	18
3.	SISTEMA INSTRUCIONAL.....	21
3.1	Objetos de Aprendizagem.....	21
3.1.2	Classificação dos Objetos de Aprendizagem.....	25
3.2	Sistemas Tutores Inteligentes.....	26
3.3	Simulação.....	28
3.4	Jogos Eletrônicos.....	31
3.5	Aprendizagem Prática (<i>learn-by-doing</i>) com Sistemas Instrucionais.....	32
3.6	Método, Tecnologia e Informação.....	34
4.	MODELO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM INTERATIVO.....	38
4.1	Objetos de Aprendizagem Interativos (OAI) - definição.....	38
4.2	Recursos para Construção de Objetos de Aprendizagem Interativos.....	40
4.3	Forma de Distribuição.....	42
4.4	Contexto educacional.....	42
4.5	Construção de Objetos de Aprendizagem.....	44
5.	OBJETO DE APRENDIZAGEM INTERATIVO DE MÚSICA.....	45
5.1	Recursos (Ferramentas).....	48
5.2	Finalidade.....	50
5.3	Música Computacional e Tecnologia MIDI.....	52

5.4	Latência do Sistema Operacional e Aplicação em Tempo Real.....	53
5.5.	Acompanhamento do Estudante	54
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	BIBLIOGRAFIA	69
	APÊNDICE A – DOCUMENTO DE VISÃO E ESCOPO DE SISTEMA	76
	APÊNDICE B – CASOS DE USO	78
	APÊNDICE C – ARQUIVOS DE DADOS DO SISTEMA.....	79

1. INTRODUÇÃO

Os recursos tecnológicos disponíveis aos estudantes, os computadores em particular, podem ser utilizados de forma mais eficiente, ou seja, utilizando o poder computacional disponível, como apoio ao processo educacional tradicional, proporcionando visão ativa dos conceitos e conteúdos estudados em classe, podendo se constituir como uma contribuição ao material didático convencional.

Para aprimorar a utilização dos recursos computacionais disponíveis, é necessário primeiramente compreender as características dos alunos contemporâneos, recorrer a suas habilidades, motivá-los e tornar a busca pelo conhecimento mais próxima e interessante, e assim, atingir plenamente os objetivos pedagógicos e formar estudantes confiantes, com conhecimentos sólidos e capazes de aprender por si só, em um processo de educação continuada.

A análise de algumas tecnologias utilizadas até então para criação de sistemas instrucionais computacionais serviu como base e motivação para delinear um novo modelo otimizado de desenvolvimento de sistemas educacionais, denominado Objeto de Aprendizagem Interativo (OAI), que será referência para a elaboração de novos programas, considerando as melhores práticas e características destas diferentes tecnologias.

Sendo assim, um sistema instrucional computacional foi criado para validação dos conceitos e modelo delineado, que utiliza a capacidade de processamento disponível nos computadores dos estudantes e instituições, fazendo uso da interatividade e proporcionando experimentação de conteúdo teórico. O modelo servirá de referência para o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao processo educacional tradicional, recurso adicional e complementar, com o objetivo de envolver o estudante e motivá-lo a explorar o conteúdo de disciplinas teóricas, facilitando a adaptabilidade a cada perfil de estudante, ou seja, permitindo

aos estudantes a exploração do conteúdo de forma interativa e andamento em seu próprio ritmo de aprendizagem.

Ao longo da história da humanidade, os avanços tecnológicos, principalmente em tecnologia da informação e telecomunicações, têm modificado a sociedade em ritmo acelerado e de forma mais contundente em relação às gerações anteriores, tais como na Renascença, Revolução Industrial e Era da Informação (BROWN, 2007). Do surgimento do rádio à televisão, houve um intervalo de tempo superior a 30 anos; da TV ao computador, 20 anos; e do computador ao telefone celular, 5 anos (BRAGA, 2007). A vida contemporânea é cada vez mais dependente da tecnologia e, por este motivo, é fundamental a preocupação com a aplicação da tecnologia na educação. A experiência educacional interativa pode, neste caso, servir de suporte e auxílio à aprendizagem em um ambiente com menor oportunidade de atendimento individual.

Tradicionalmente os cursos de engenharia, assim como diversos cursos de nível superior, são ministrados por meio de aulas expositivas (FELDER, SALOMAN, 2002). A prática de ensino nos dias de hoje é herança da educação pré-Gutenberg (TAPSCOTT, 2009), ou seja, prática de ensino anterior ao advento da impressão mecânica e publicação de livros, das primeiras escolas de educação superior em tecnologia da França (século XVII e XVIII), trazidas para o Brasil pelos portugueses (século XIX), bem como as práticas educacionais da era industrial (BAZZO, 2008). Neste modelo tradicional, os professores recorrem a suas anotações, o conteúdo é apresentado na lousa (ou quadro negro) e os alunos, por sua vez, fazem suas próprias anotações. Este modelo é análogo às apostilas que são fornecidas, em alguns casos, pelos professores e instituições de ensino. O papel do aluno neste contexto é passivo e registrador (FELDER, SALOMAN, 2002), inibindo assim a reflexão, o questionamento e a descoberta. Um dos fatores de desmotivação dos alunos na aprendizagem

vem da repetição e rotina encontrada no processo educacional (SILVER, STRING, PERINI, 2000).

O sistema tradicional precisa ser repensado e ajustado às novas exigências da sociedade atual, uma vez que “as mudanças tecnológicas e as correntes transformações econômico-sociais têm demandado profissionais com perfis de especialização distintos dos tradicionais” (NETO, 2005); a educação não pode mais limitar-se a cumprir o currículo/programa escolar e esperar que o aluno somente absorva o conteúdo apresentado em aula. O estudante deve ser preparado para buscar o conhecimento, fazer suas próprias descobertas, analisar, criticar, sintetizar e utilizar os conceitos que forem relevantes aos seus problemas práticos e atuação profissional. A habilidade dos estudantes de buscar novos conhecimentos e aplicá-los pode ser explorada por sistemas computacionais.

Os sistemas instrucionais de apoio às disciplinas podem ser utilizados para aguçar a criatividade, motivar e explorar as múltiplas inteligências e os diferentes estilos de aprendizagem e processos cognitivos das novas gerações de estudantes.

Um dos grandes problemas em todo processo de aprendizagem formal é manter os estudantes motivados o suficiente para acompanhar o período letivo até o final. Aprender requer esforço, e os estudantes raramente fazem isso sem motivação (MAYER, 2005).

Os sistemas instrucionais, tais como simuladores, jogos e objetos de aprendizagem entre outros, são ferramentas valiosas na melhoria do aprendizado, sendo vistos como formas de encorajar o aprendiz nos processos educacionais (MITCHELL, SAVILL-SMITH, 2004). Os jogos, simuladores e objetos de aprendizagem podem ser utilizados como base para a criação de sistemas instrucionais de apoio à aprendizagem, proporcionando visualização e experimentação dos conceitos teóricos.

Os recursos de tecnologia da informação e telecomunicações permitem acesso, análise e visualização de dados científicos e também a realização de simulações, de fenômenos que podem ser aproveitados na educação de nível superior. Os computadores pessoais disponíveis para os alunos nas universidades, escolas e até mesmo em casa, são capazes de executar programas extremamente sofisticados que utilizam recursos de visualização 3D, áudio em tempo real e inteligência artificial concomitantemente, proporcionando uma interface rica e interativa ao usuário, tal como nos jogos eletrônicos.

Este potencial de processamento dos computadores pode ser utilizado no desenvolvimento de sistemas instrucionais; no entanto, estes recursos podem ser mais bem utilizados na educação, pois os materiais de estudo em forma digital fornecidos aos estudantes normalmente são passivos (não interativos), ou seja, o aluno tem o papel de espectador, tal como: apresentações em slides; arquivos-texto; imagens; diagramas; vídeos ou áudios; anotações de aula; apostilas; entre outros. A vantagem na digitalização do conteúdo passivo é proporcionar maior disponibilidade e acesso à informação em relação a artefatos físicos como um livro ou revista científica, porém não faz uso do potencial disponível nos equipamentos (computadores pessoais) para os estudantes, e este é um aspecto que pode ser aprimorado.

A proposta de trabalho é criar um modelo com base na análise de alguns aspectos tecnológicos e humanos na educação, fazer uso do entendimento sobre os processos cognitivos e sistemáticos, a fim de aprimorar o processo de construção de ferramentas instrucionais e, com base nesta análise, desenvolver um sistema instrucional computacional utilizando como exemplo, recursos necessários ao aprendizado musical. Para atingir esta meta, foram abordados os seguintes pontos:

- Análise de alguns processos cognitivos, sociais e humanos contemporâneos:

Geração Digital;

Estilos de Aprendizagem;

Inteligências Múltiplas (IM).

- Análise de algumas tecnologias aplicadas à educação:

Sistemas Tutores Inteligentes;

Objetos de Aprendizagem;

Simuladores;

Jogos Sérios.

- Desenvolvimento do sistema instrucional computacional de teste com base na análise tecnológica e humana;

- Proposição de direções futuras para a criação de novos artefatos tecnológicos educacionais.

Com este modelo foi possível, então, utilizar recursos tecnológicos atuais disponíveis para favorecer a educação, procurando maior eficiência e eficácia no processo educacional assistido por computador, proporcionando interatividade e acompanhamento do estudante de forma personalizada (respeitando o ritmo de aprendizagem individual de cada estudante).

O objetivo teórico deste trabalho é apresentar um modelo para concepção de sistemas instrucionais interativos, como forma de apoio às aulas teóricas tradicionais, proporcionando, assim, recursos tecnológicos de apoio ao processo educacional presente. Como objetivo prático foi criado um sistema para o ensino de música, com base no modelo delineado, o qual utiliza inteligência artificial para proporcionar acompanhamento do estudante.

Para isto, as seguintes tecnologias foram analisadas para uso em conjunto, de forma parcial ou integral, na modelagem de sistemas educacionais que permitam ao aprendiz experimentar e testar conceitos teóricos:

- Objetos de Aprendizagem;

- Sistemas Tutores Inteligentes;
- Simulação;
- Jogos Sérios – Aprendizagem baseada em Jogos Eletrônicos.

Este trabalho propõe que parte dos conceitos de inteligência artificial aplicados ao acompanhamento do estudante, oriundos dos Sistemas Tutores Inteligentes e de aprendizagem baseada em Jogos e Simulação, seja adotada na construção de Objetos de Aprendizagem.

Assim, o modelo para o sistema instrucional computacional proposto, denominado Objeto de Aprendizagem Interativo (OAI), faz uso dos conceitos de diferentes tecnologias em sua composição.

Além disto, foi feita análise de alguns processos pedagógicos (aspectos humanos), tais como inteligências múltiplas, estilos de aprendizagem e geração digital, para servir de base ao entendimento sobre o aspecto social contemporâneo e identificar as características dos estudantes.

Estrutura-se este trabalho da seguinte forma: no Capítulo 1 – Introdução, apresentam-se a fundamentação, os preceitos teóricos, a proposta de trabalho, os objetivos e estrutura do trabalho. No Capítulo 2 – Contextualização Social, são explorados os aspectos sociais referentes à Geração Digital, bem como os Estilos de Aprendizagem e as Inteligências Múltiplas, como processos cognitivos. No Capítulo 3 – Sistema Instrucional, faz-se uma apresentação e análise de algumas tecnologias que servem como base para a construção de sistemas instrucionais computacionais. O Capítulo 4 – Modelo de Objeto de Aprendizagem Interativo contém o modelo para desenvolvimento de sistema instrucional computacional, com base nas tecnologias e aspectos humanos analisados. O Capítulo 5 – Objeto de Aprendizagem Interativo de Música contempla a descrição do sistema (o objeto de aprendizagem interativo em si) de música, implementado com base na teoria (modelo)

delineado no projeto e em plataformas nas quais os OAIs podem ser desenvolvidos. Por fim, o Capítulo 6 – Considerações Finais apresenta o entendimento geral deste projeto e a continuidade que pode ser dada em novos trabalhos.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL

Com o retorno dos soldados ao final da Segunda Guerra Mundial, houve um crescimento populacional acima da média – denominado de *baby boom* – de cerca de oitenta e um milhões de pessoas em todo o mundo (TAPSCOTT, 2009). Essa população nascida a partir do final da década de quarenta até os anos sessenta, deu origem ao eco do *baby boom* (1977-1997). Denomina-se Geração Digital o grupo de pessoas nascido a partir dos anos oitenta (OBLINGER, OBLINGER, 2005; TAPSCOTT, 1999; PRENSKY, 2001).

2.1 Geração Digital

A Geração Digital, também chamada de Geração *Net* ou Geração dos Jogos, (TAPSCOTT, 1999), processa informações de forma diferente em relação a seus antecessores, bem como tem maior acesso e exposição à informação e, com isto, tem sido a responsável pelas principais mudanças nos estilos cognitivos. Na Tabela 1, é possível observar as diferenças entre a Geração Digital e as anteriores, que podem ser consideradas na criação de sistemas instrucionais, para que suas habilidades sejam utilizadas no contexto educacional:

Tabela 1: Diferença entre Gerações Net e Anteriores (PRENSKY, 2001) [tradução nossa]

Geração Digital	Gerações Anteriores
Pouco tempo	Tempo convencional
Processamento paralelo	Processamento linear
Primeiramente, gráficos	Primeiramente, texto
Acesso aleatório	Acesso sequencial
Conectado	Isolado
Ativo	Passivo
Jogar	Trabalhar
Resultados	Paciência
Fantasia	Realidade
Tecnologia como aliada	Tecnologia como inimiga

A Geração Digital distribui seu tempo com mídias digitais até o final do ensino médio da seguinte forma (PRENSKY, 2001) [tradução nossa]:

- Mais de 10.000 horas jogando *videogame*;
- Recebendo e enviando 200.000 e-mails e mensagens instantâneas;

- Mais de 10.000 horas falando ao telefone;
- Mais de 20.000 horas assistindo à televisão.

Além disto, 97% dos jovens entre 12 a 17 anos utilizam algum tipo de jogo eletrônico, por computador (desktop ou notebook), WEB, console, celular, entre outros (LENHART, 2008). Trata-se de uma atividade social, realizada em grupo de forma presencial ou pela rede (Internet). Apenas 24% dos jovens jogam sozinhos (LENHART, 2008).

Para essa Geração, a televisão é antiquada e ultrapassada; essa deveria ser interativa, permitindo um diálogo com seus telespectadores. A interatividade é a base da Geração Digital. A Geração Digital se desenvolve em um meio de comunicação completamente interativo.

A Geração Digital é cercada pelas mídias digitais, sendo exemplificadas como, telefone, televisão, computador pessoal, *videogame*, equipamentos portáteis de som, celular. Para a Geração Digital, os jogos eletrônicos e as mídias digitais tornaram-se, portanto, uma forma de comunicação, que pode ser inserida no meio educacional. Sua cultura, educação, comunicação e atividades profissionais são influenciadas pelo uso dessa mídia digital.

Porém, algumas mídias digitais são consideradas pela Geração Digital como sistemas não interativos, tal como os filmes e a televisão. No entanto, os *videogames* e outros programas interativos usam a animação em tempo real, que podem até se assemelhar ao vídeo, mas o conteúdo é controlado por *software* e transmitido ou criado em movimento, dinamicamente. Com a animação em tempo real, o usuário pode interagir completamente com o ambiente em movimento, permitindo, assim, a interatividade, navegação em 3D e fotorrealismo.

A maioria dessas pessoas (da Geração Digital) exerce algum grau de influência no meio digital; quase todas elas têm experiência com *videogames*. Cada vez mais, as tecnologias

digitais estão evoluindo em direção à Internet. Vem aumentando a porcentagem da população jovem com acesso a *videogames*, computadores e Internet, em casa ou na escola (PRENSKY, 2001; TAPSCOTT, 2009). No Brasil, o número de residências com computadores é de 31,2%, acesso à Internet é de 23,8%, e o número de telefones móveis superou o número de telefones fixos (IBGE, 2008). Ainda há um déficit de acesso à tecnologia pela população, bem como desigualdade na distribuição deste acesso pelas regiões do país. Mais de 100 milhões de brasileiros não tem acesso à Internet, porém o número de computadores e acesso à Internet vêm aumento ao longo dos anos (IBGE, 2008).

A Geração Digital está usando a mídia digital para seu entretenimento; além de entreter, utiliza a mídia digital para aprender, como, por exemplo, realizando suas pesquisas. Ainda, usa a mídia digital para se comunicar. Para esta geração, as mídias digitais são meios úteis para fazer contato (ou novos contatos) e formar relacionamentos em redes sociais (PRENSKY, 2001; TAPSCOTT, 2009).

Existem diversas teorias sobre o processo cognitivo humano, ou seja, o processo de aquisição de conhecimento humano pode ser entendido de formas diferentes, mas o fato é que esse processo ainda não é totalmente compreendido devido a sua complexidade (KURI, 2004; SILVER, STRONG, PERINI, 2000). Há a necessidade de extensos trabalhos de pesquisa científica a serem realizados para elucidar o processo de aquisição do conhecimento. Pretende-se com este trabalho contextualizar o uso de sistemas instrucionais interativos para utilizar as habilidades diferentes existentes em cada estudante no processo de aprendizagem.

Sendo assim, ser envolvido e motivado a aprender certamente ajuda na aquisição e desenvolvimento de conhecimento. Uma dessas formas de motivação para a Geração Digital é a interatividade. Proporcionando Objetos de Aprendizagem Interativos (delineado neste trabalho) com os quais os estudantes podem explorar o comportamento de um sistema

dinâmico, como por exemplo, por meio da observação dos resultados que podem estimular a curiosidade e proporcionar melhor entendimento dos tópicos científicos das disciplinas. Este envolvimento da Geração Digital com as mídias digitais deve ser aproveitado no ensino, com recursos interativos na experimentação de conceitos científicos ou no conteúdo de disciplinas.

2.2 Processo Cognitivo

Dentre as teorias sobre o processo cognitivo, ou seja, sobre o funcionamento da percepção humana e do processo de aquisição de conhecimento (KURI, 2004), foram considerados para este trabalho os estilos de aprendizagem, por ser a origem do conceito com base nas dimensões psicológicas, bem como por ser o modelo utilizado para integração com a teoria das inteligências múltiplas (SILVER, STRONG, PERINI, 2000). E, por sua vez, a teoria das inteligências múltiplas de Howard Gardner que serve de base para que o conteúdo seja apresentado de formas diferentes aos estudantes ao utilizarem suas habilidades, bem como servir de referência pedagógica para a criação de sistemas instrucionais.

A teoria das Inteligências Múltiplas apresenta a inteligência com diferentes competências e habilidades, que podem ser desenvolvidas. A inteligência não é unitária e não pode ser quantificada. Já os Estilos de Aprendizagem são aplicados a diferentes processos cognitivos e em situações e públicos diversos, ou seja, são as diferentes formas pelas quais o ser humano pode aprender (SILVER, STRONG, PERINI, 2000).

Os estudantes podem entender, aprender e expressar o mesmo conceito ou ideia de formas diferentes, de acordo com seu estilo de aprendizagem, bem como demonstrar suas habilidades intelectuais conforme suas inteligências múltiplas.

Os sistemas instrucionais computacionais podem proporcionar aos estudantes a possibilidade de utilizar suas habilidades para experimentar o conteúdo das disciplinas, não se limitando a aula tradicional. A interatividade, interface humano-computador e multimídia dos

sistemas computacionais atuais podem ser aplicadas na criação dos sistemas instrucionais que desta forma podem fazer uso das diferentes habilidades individuais no processo educacional.

2.2.1 Inteligências Múltiplas

Até o início do século XX, afirmava-se que a inteligência era uma faculdade singular utilizada em qualquer situação de resolução de problemas, ou seja, a capacidade geral de desenvolver problemas. Contudo, esse modelo privilegiava somente as habilidades linguística e lógico-matemática.

A teoria das Inteligências Múltiplas, idealizada por Gardner (1993), leva em consideração outras habilidades de aprendizagem adicionais, também importantes e fundamentais para o processo cognitivo global. A proposta de Gardner é contrastante ao medidor de conhecimento humano considerado até os anos oitenta, o teste de quociente de inteligência, que avalia habilidades matemática e linguística do estudante de forma quantitativa, conforme Tabela 2.

Gardner postula que a competência cognitiva humana é mais bem descrita em termos de conjunto de capacidades, talentos e habilidades mentais que se denominam de Inteligências, em oposição ao modelo anterior que considerava a inteligência como unitária e mensurável de forma quantitativa (GARDNER, 1993). Conforme a teoria das Inteligências Múltiplas, todos os indivíduos possuem cada uma dessas capacidades em certa medida.

Tabela 2: Mudanças na definição de inteligência (SILVER, STRONG, PERINI, 2000) [tradução nossa]

Visão antiga sobre a inteligência	Visão atual sobre as inteligências
Fixa	Pode ser desenvolvida
Mensurável por números	Não pode ser quantificada numericamente e é exposta durante o processo de solução de problemas
Unitária	Tem diversas formas (Inteligências Múltiplas)
Medida de forma isolada	É medida em contexto de situações reais
Medida para predizer o sucesso do estudante	É utilizada para entender as capacidades humanas e as diferentes e variadas formas as quais os estudantes podem atingi-la

Segundo a Teoria das Inteligências Múltiplas, todos os indivíduos são capazes de uma atuação em pelo menos nove diferentes inteligências e, até certo ponto, áreas intelectuais independentes.

Segundo Gardner (1995), as inteligências não são objetos que podem ser contados, e sim, potenciais que poderão ser ou não ativados, dependendo dos valores de uma cultura específica, das oportunidades disponíveis nessa cultura e das decisões pessoais tomadas por indivíduo ou por suas famílias, seus professores e outros. As nove áreas intelectuais consideradas são as seguintes:

Inteligência linguística (Verbal):

A inteligência linguística é uma habilidade universal humana. Ela aborda vários aspectos, tais como a sensibilidade para os sons, ritmos e significados das palavras, além de uma especial percepção das diferentes funções da linguagem. É a habilidade que utiliza a linguagem para convencer, agradar, estimular ou transmitir ideias. Gardner exemplifica ser a habilidade exibida, em maior intensidade, pelos poetas.

Inteligência lógico-matemática:

É a capacidade de analisar problemas. Seus componentes centrais são descritos como uma sensibilidade para padrões, ordem e sistematização. É a habilidade para explorar relações, categorias e padrões, através da manipulação de objetos ou símbolos. Também lida com raciocínio lógico para reconhecer e resolver problemas. É uma das principais características de matemáticos e cientistas.

Inteligência espacial:

Tem como principal propriedade manipular formas ou objetos mentalmente e, a partir das percepções iniciais, criar tensão, equilíbrio e composição, numa representação visual ou espacial. É a inteligência reconhecida em artistas plásticos, engenheiros e arquitetos.

Inteligência musical:

É a capacidade de um indivíduo de apreciar, compor ou reproduzir uma peça musical. Inclui a percepção e diferenciação de sons, a sensibilidade para ritmos, texturas e timbres.

Inteligência sinestésica (corporal):

Tem como característica a habilidade para resolver problemas ou criar produtos por meio do uso de parte ou de todo o corpo. É a habilidade de coordenar o corpo de forma brusca ou suave em esportes, artes cênicas ou plásticas no controle dos movimentos do corpo e na manipulação de objetos com destreza.

Inteligência interpessoal:

Esta inteligência pode ser descrita como uma habilidade para entender e responder adequadamente a comportamentos, temperamentos, motivações e desejos de outras pessoas. É mais bem apreciada na observação de psicoterapeutas, professores, políticos e vendedores por meio de relacionamentos sociais.

Inteligência intrapessoal:

É a habilidade para entender seus próprios sentimentos, sonhos e ideias, discriminá-los e lançar mão deles na resolução de problemas pessoais. É o reconhecimento de habilidades, necessidades, desejos e inteligências próprias. A capacidade para formular uma imagem precisa de si própria e a habilidade para usar essa imagem para funcionar de forma efetiva. Como esta inteligência é a mais pessoal de todas, ela só é observável através dos sistemas simbólicos das outras inteligências, ou seja, através de manifestações linguísticas, musicais ou sinestésica.

Inteligência Naturalista:

Esta inteligência está presente nos indivíduos ligados à natureza, plantas e animais, geografia natural, rochas, estrelas, entre outras. As pessoas com esta capacidade têm

preferência por trabalhos ao ar livre e são capazes de identificar padrões e anomalias no ambiente ecológico. Têm habilidade de categorizar e classificar seres vivos e objetos da natureza. Em ambientes urbanos, têm habilidade de reconhecer padrões (visualmente) tal como modelos de carros, capas de CD, entre outros.

Inteligência Existencial:

É a competência de refletir sobre questões filosóficas tal como a morte, a vida, a existência e a realidade. É a capacidade de conceitualização de questões profundas sobre a humanidade e a realidade (GARDNER, 1999).

Cada uma das nove inteligências tem suas próprias características tais como habilidades, sensibilidades e inclinações (SILVER, STRONG, PERINI, 2000). A educação tradicional privilegia as habilidades lógico-matemática e linguística (SILVER, STRONG, PERINI, 2000), e é possível através de sistemas instrucionais computacionais explorar e utilizar as diferentes inteligências dos estudantes, proporcionando recursos multimídia e interatividade.

2.2.2 Estilos de Aprendizagem

Cada indivíduo aprende de diferentes formas, sendo que estas características pessoais interferem na habilidade de adquirir conhecimento. “Assim como existem diversas formas de 'ensinar', provavelmente existem diversas formas de aprender” (DIAZ, 1999). É importante considerar os diferentes estilos de aprendizagem dos estudantes, e não mais tratar as turmas como homogêneas, para garantir melhor possibilidade de sucesso e conseqüentemente motivação e envolvimento.

Segundo Jung (*apud* SILVER, STRONG, PERINI, 2000, p. 21), quatro dimensões de personalidade podem ser detectadas nos seres humanos; são elas: pensamento, concretude, sentimento e abstração. Adota-se neste trabalho essa abordagem para os estilos de

aprendizagem. O modelo de Jung descreve, ainda, duas funções cognitivas: a percepção – como se absorve informação; e o julgamento – como se processa a informação absorvida.

Com a percepção é possível absorver ou perceber informação de duas formas: concretude – pelos sentidos humanos, processo passo a passo, experimentação; e abstração – pela intuição, conceituação.

Com o julgamento, os humanos podem processar informação também de duas formas diferentes: logicamente – pensando lógica e objetivamente; e subjetivamente – sentindo (emoção e espontaneidade).

Delineou-se um modelo universal das características da personalidade humana, conforme Figura 1.

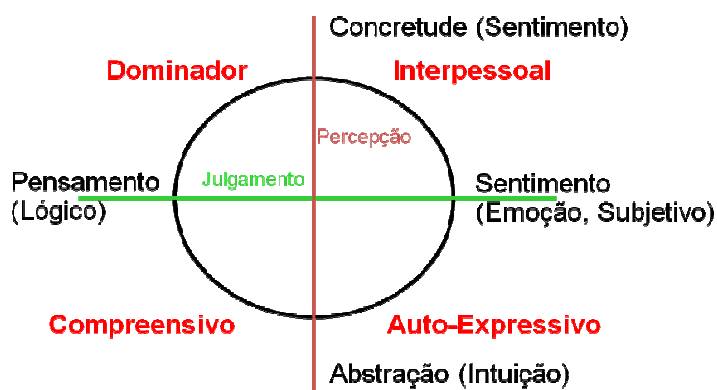


Figura 1: Características da personalidade humana e quatro combinações possíveis. Adaptação de SILVER, STRONG, PERINI, 2000

Com relação ao processo cognitivo, conforme Jung (*apud* SILVER, STRONG, PERINI, 2000), foram identificados quatro estilos de aprendizagem, que consistem em formas diferentes de adquirir conhecimento, e cada indivíduo pode potencializá-las em diferentes níveis (SILVER, STRONG, PERINI, 2000):

Dominador (maestria)

Preferência por exercícios e prática. São estudantes realistas, práticos, lógicos, pragmáticos e com base nos fatos (Concreto-Lógico); são voltados ao resultado, têm

preferência por atividades práticas eficientes. Preferem se esforçar e controlar atividades práticas, obter os próprios resultados, informações passo-a-passo para chegar à conclusão de trabalhos. Sentem-se incomodados se não apreendem a aplicação prática para os conceitos teóricos.

Compreensivo

Preferência por explicação e prova. São estudantes teóricos, intelectuais e orientados ao conhecimento (Abstrato-Lógico). Trabalham de forma independente e se sentem incomodados com pressão por comprimento de prazos. São pacientes e perseverantes em desafios complexos quando interessados no conteúdo. A abordagem para estudo é dividir o problema em partes menores e resolvê-las.

Interpessoal

Preferência por experiência e personalização. São estudantes sociáveis, amigáveis, com orientação interpessoal, sensíveis aos sentimentos próprios e de outros indivíduos (Concreto-Subjetivo). Maior interesse em problemas que afetam a vida das pessoas em oposição a problemas impessoais. A abordagem para a aprendizagem é social, por meio da conversa, discussão, trabalho em grupo; há cooperação em oposição à competição, precisam ser reconhecidos pelo seu esforço. Procuram por conexões entre o que estão aprendendo e suas experiências pessoais.

Auto-Expressivo (Extrovertido)

Preferência por explorar e produzir. São estudantes curiosos, imaginativos, intuitivos, perceptivos (Abstrato-Subjetivo). Para aprendizagem, explorar ideias, procurar novas soluções em oposição a seguir regra passo-a-passo, discutir dilemas morais, recorrer a imaginação, encontrar seu próprio caminho. Envolvem-se em diversas atividades ao mesmo tempo e sentem-se confortáveis em trabalhar com pouca orientação.

Tanto discentes como docentes devem ter consciência dos diferentes estilos de aprendizagem, devendo explorá-los para maior integração dos estudantes com as disciplinas, e não mais privilegiar e limitar-se às inteligências linguística e lógico-matemática, como vem sendo feito historicamente. As ferramentas digitais devem ser projetadas para atender a esta pluralidade do intelecto.

A aula na qual o aluno é sempre passivo é uma classe na qual nem mesmo o ativo explorador tão pouco o observador reflexivo podem aprender efetivamente. Lamentavelmente, a maioria das aulas de engenharia se enquadra nesta categoria (FELDER, SALOMAN, 2002) [tradução nossa].

Os sistemas instrucionais interativos podem complementar a educação tradicional, provendo aos estudantes um caminho, utilizando-se dos diferentes estilos de aprendizagem, para que o processo de aquisição de conhecimento possa utilizar as diferentes habilidades dos estudantes de forma integrada.

2.2.3 Combinando Estilo e Inteligência

Combinando as duas teorias, de maneira que as Múltiplas Inteligências relacionem as habilidades humanas e os Estilos de Aprendizagem, as diferenças no processo de aprendizagem, é possível encontrar um modelo de inteligência integrada que pode ajudar a entender a diversidade dos processos cognitivos e aplicá-los no desenvolvimento de sistemas instrucionais computacionais, fazendo uso da interatividade e multimídia. Esta combinação pode explorar as diferentes habilidades humanas e ajudar os estudantes a percorrer o conteúdo das disciplinas com o apoio de suas competências mais desenvolvidas. Este modelo holístico de aprendizagem pode maximizar as “conquistas” dos estudantes, ou seja, a aprendizagem efetiva, a partir de quatro princípios-chave que integram as inteligências e estilos segundo SILVER, STRONG e PERINI (2000):

Conforto: Responder de forma positiva e construtivamente ao processo educacional, sem estresse, com auto-estima, confiança e aceitação;

Mudança: Estar preparado para mudança, alcançar conhecimento além das habilidades já desenvolvidas;

Profundidade: Pensar a respeito do conteúdo e visualizá-lo de diferentes perspectivas;

Motivação: Estudar de forma diferente e interativa motiva o estudante, pois traz a possibilidade de recorrer a habilidades diversas em atividades de interesse.

Os professores e instituições de ensino podem endereçar estas diferenças (dos estilos e inteligências), respeitando a forma que o indivíduo pensa e sente (SILVER, STRONG, PERINI, 2002). Porém, seria complexo atender e endereçar de forma individual a cada característica humana dos estudantes dentro da sala de aula contemporânea, bem como atender a todas as características humanas no mesmo instante. Desta forma, é possível considerar os sistemas instrucionais computacionais como recursos de apoio às aulas tradicionais, com condições de abordar os quatro princípios da diversidade dos estudantes potencializando conforto, mudança, profundidade e motivação. É importante lembrar que técnicas e abordagens diferentes da aula tradicional podem ser adotadas em classe para explorar habilidades distintas dos estudantes (MASETTO, 2007), ou seja, o uso das habilidades dos estudantes pode ser alcançado na educação mesmo sem o apoio de sistemas computacionais.

Dois pontos de vistas podem ser observados no ensino superior em relação à tecnologia. O primeiro é conservador: o uso de tecnologia é supérfluo e desnecessário, não tem interferência na aprendizagem, o domínio da disciplina, pesquisa, a pós-graduação do docente garante a eficiência do ensino. O segundo ponto de vista é oposto: a tecnologia pode resolver todos os problemas educacionais; as aulas podem tornar-se mais dinâmicas com o uso de recursos tecnológicos, tais como Internet, hipermídia, apresentação de slides, programas e assim por diante. Desta forma, os estudantes vão aprender e motivar-se, em uma

panacéia educacional (MASETTO, 2007). Nenhuma das duas visões deve ser considerada de forma extrema (MASETTO, 2007) como o apresentado aqui; os sistemas instrucionais computacionais, ou seja, programas de computador (software) devem ser vistos como ferramentas que podem ser utilizadas com base em métodos apropriados e dirigidos conforme os objetivos pedagógicos.

A ferramenta não é solução em si mesma para favorecer a aprendizagem. Por outro lado, a vida profissional dos estudantes é permeada de recursos tecnológicos, principalmente computacionais; pensar em educação sem recorrer ao apoio de sistemas instrucionais torna-se, portanto, contraditório, pois as atividades profissionais estão permeadas pela tecnologia da informação (MASETO, 2007).

3. SISTEMA INSTRUCIONAL

A necessidade de treinar um grande número de pessoas em atividades técnicas complexas durante a Segunda Guerra Mundial proporcionou a evolução do *Design Institucional* (DI). As técnicas, teorias e métodos desenvolvidos para o DI foram ajustados ao longo do tempo para a criação de sistemas computacionais de educação (TAYLOR, 2008; LEIGH, 2008); A educação assistida por computador (*computer-aided instruction*) é uma área em pleno desenvolvimento, assim como o uso de tecnologia computacional em Educação a Distância - EAD (FILATRO, 2008).

Consideram-se neste trabalho, dentre as diversas possibilidades, quatro diferentes tecnologias para o desenvolvimento de sistemas instrucionais: Objetos de Aprendizagem, Sistema Tutor Inteligente, Simulador e Jogos Eletrônicos.

3.1 Objetos de Aprendizagem

Há diferentes definições e conceitos para Objetos de Aprendizagem (OAs) (POLSANI, 2003; NORTHROP, 2007), que corroboram a base teórica deste trabalho; a título de exemplo, são apresentadas duas definições:

Qualquer entidade digital ou não digital que pode ser utilizada para aprendizagem, educação ou treinamento (IEEE, 2002) [tradução nossa];

Qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoio à aprendizagem (WILEY, 2001) [tradução nossa];

Os Objetos de Aprendizagem são elementos de instrução/educação assistida por computador, fundamentados no paradigma de orientação a objetos (OO) de Ciências da Computação (WILEY, 2000), que são reutilizáveis em diferentes contextos.

Com base nestas definições, é possível analisar dois conceitos sobre OAs. O primeiro, a partir de um ponto de vista abrangente como do IEEE (2002) em que qualquer entidade utilizada e disponível no processo educacional, pode ser considerada com OA, assim como um livro, vídeo em DVD ou equipamento em um laboratório; por outro lado, em uma visão

mais específica como a de Wiley (2001), um OA é uma entidade digital, tal como uma aplicação, apresentação de slides, texto em formato digital, hipermídia, entre outros.

Algumas características destes dois conceitos sobre OAs podem ser comparadas, conforme a Tabela 3. Os OAs digitais podem atender à demanda dos estudantes com maior disponibilidade de acesso, possibilidade de atualização e extensão para adequação a um contexto educacional específico. Todavia, os recursos digitais não são substitutos a todas as entidades não digitais, tais como livros ou equipamentos em um laboratório.

Tabela 3: Comparação entre OAs digitais e não-digitais

Objeto de Aprendizagem	
Entidade não-digital – livro ou equipamento	Entidade digital – apresentação de slides ou vídeo
Disponível individualmente	Disponível para diversos usuários simultaneamente
Disponível por período determinado	Disponível por período indeterminado
Disponível em horário determinado	Disponível em qualquer horário
Disponível em um local específico (laboratório ou biblioteca)	Disponível pela Internet
Não é extensível (estático)	Extensível e pode ser atualizado

Assumiu-se, aqui, o conceito de recurso digital instrucional de apoio à aprendizagem ou treinamento, modular, multiusuário e utilizável em diferentes contextos.

Os OAs digitais podem ser identificados por metadados em forma de arquivo XML (BECK, 2007; IEEE, 2002; WILEY, 2001) para permitir a busca, classificação e acoplamento dos OAs pelas ferramentas de busca da Internet, independentemente do formato ou tecnologia no qual o OA foi criado, uma vez que pode ser um programa, vídeo, jogo, *podcast* (forma de publicação de áudio distribuído na Internet), apresentação, texto, imagem, diagrama, entre outros.

A ideia principal dos 'objetos de aprendizagem' é dividir o conteúdo educacional em pequenas partes, que podem ser reutilizadas em diversos ambientes de aprendizagem, assim como o conceito de programação orientada a objetos (WILEY, 2001; NORTHROP, 2007) [tradução nossa].

Os OAs trazem um paradigma diferente a respeito da apresentação do conteúdo educacional. Enquanto o método tradicional apresenta o conteúdo por volume de horas, os

OAs o fazem, geralmente, por 2 a 15 minutos em pequenas unidades de aprendizagem denominadas granularidade (BECK, 2007).

As diferentes instituições (empresas, governo e universidades) adotam tanto definições diferentes para os OAs quanto especificações de empacotamento distintas. Com estas diferenças torna-se difícil a reutilização dos OAs em ambientes diferentes, tal como LMS (*Learning Management Systems*), bem como sua comunicação com diferentes plataformas (WILEY, 2000, NORTHRUP, 2000).

Para garantir a funcionalidade entre os OAs, foram criadas algumas especificações, sendo que a mais comum para empacotamento é o SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) (DUTRA, TAROUÇO, 2006). O SCORM é um conjunto de padrões e especificações para *e-learning* baseado na WEB. Ele define o processo para comunicação do OA com o LMS ou como LOR (*Learning Object Repositories*), além de definir um formato padrão para empacotamento do OA. A especificação permite reutilização, acessibilidade, interoperabilidade, durabilidade e independência de plataforma. Uma desvantagem do empacotamento e execução on-line do OA provém do fato de que as aplicações interativas são feitas em Flash ou Java, por exemplo, que por questão de segurança do LMS, podem ter acessos restritos a funções de baixo nível, necessárias para utilizar recursos multimídia. Este problema pode ser contornado com a instalação do OA no equipamento do estudante, com execução local.

Os objetos de aprendizagem são gerenciados e/ou armazenados em sistemas de gerenciamento tais como LMS ou LOR, conforme ilustrado na Figura 2.

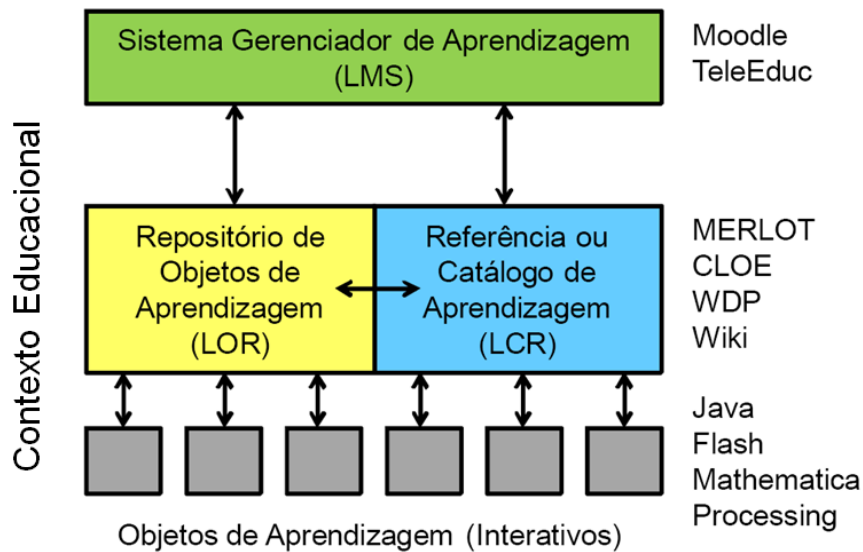


Figura 2: Arquitetura de sistemas educacionais

LMS: São sistemas de gerenciamento educacional, utilizados em ambiente de *e-learning* (educação à distância - EAD, usualmente pela Internet).

Os sistemas LMS podem proporcionar: Controle de acesso; Acompanhamento da evolução dos estudantes; Gerenciamento de OAs em contextos educacionais (aula, disciplina, curso, etc); Controle e gerenciamento de avaliação (exames, provas, entrega de trabalhos, etc.); Registros, estatísticas e relatórios; Controle do fluxo de trabalho (*workflow*); Interface para o educador (tutoria e intervenção); Estratégia pedagógica; Comunicação entre estudantes e instrutores; Ambiente de educação colaborativa. Um dos LMS mais utilizados é o Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*). Trata-se de um software livre e de código aberto, com mais de 330.000 usuários registrados (MOODLE, 2007).

LOR: São repositórios para objetos de aprendizagem, tais como *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching* (MERLOT), *Co-operative Learning Object Exchange* (CLOE) ou *The Wolfram Demonstration Project* (WDP) (WOLFRAM, 2009), que mantêm os objetos de aprendizagem ou fazem referência a sua localização na Internet, como um catálogo (*Learning Catalog or Reference* - LCR). As funções do LOR são

as seguintes: Gerenciar compartilhar ou fazer referência a OAs; Manter referências para recursos externos (livros, sítios, etc); Gerenciar o processo de revisão dos OAs (*peer-review*); Gerenciar diferentes versões dos OAs; Manter metadados sobre cada OA, a fim de compartilhamento entre diferentes LORs e outras ferramentas; Proporcionar ferramenta de busca; Proporcionar organização hierárquica ou estruturada dos OAs conforme assuntos.

As características dos LMS e LOR variam de acordo com o sistema específico. Sistemas que permitem colaboração na Internet ou extranet também são utilizados com objetivo educacional tal como “wiki” (JONES, 2008; TAPSCOTT, 2009), e podem ser utilizados como LMS ou LOR. No ambiente de colaboração wiki ou Moodle, os alunos podem criar conteúdo, compartilhar arquivos, criar fóruns de discussão, fazer referência a objetos de aprendizagens disponíveis em outros LMSs ou LORs, criar e revisar conteúdo em colaboração, entre outros.

Basicamente qualquer recurso digital pode ser encapsulado adequadamente para ser carregado em um LMS ou LOR, tais como vídeo, áudio (MP3), texto (PDF, DOC, TXT, sítio HTML), aplicação Java ou Flash. O empacotamento normalmente requer a criação de metadados em formato XML para descrever os detalhes sobre o objeto de aprendizagem.

3.1.2 Classificação dos Objetos de Aprendizagem

Apresentam-se, aqui, dois grupos de classificação dos objetos de aprendizagem:

Passivos: são aqueles em que o estudante apenas “recebe” e observa a informação com conteúdo estático, tais como uma apresentação de slides, palestra, livro ou texto, vídeo, imagem, diagrama ou áudio.

Ativos: são aqueles em que o estudante pode interagir, modificar, testar e analisar o comportamento do OA, modificando os valores de entrada e observando os resultados na

saída. Estes, por sua vez, são desenvolvidos em plataformas que permitem a interatividade, tais como Flash, Java, Processing ou Mathematica, entre outras.

Os estudantes tendem a recordar o conteúdo das disciplinas de acordo com seu nível de envolvimento (DALE, 1969). Por este motivo, não é adequado limitar-se a digitalizar o conteúdo estático das disciplinas (apostilas) para criar um OA, mas sim criar pequenos programas interativos para cada assunto da disciplina de forma que os estudantes possam interagir com o sistema, e aproveitar a capacidade de processamento disponível nos computadores a favor da educação. Dessa forma, será dada ênfase ao objeto de aprendizagem ativo, que podem explorar as habilidades dos estudantes tal como as inteligências múltiplas e os estilos de aprendizagem, proporcionando interatividade e utilizando recursos multimídia.

3.2 Sistemas Tutores Inteligentes

Os sistemas tutores inteligentes (STI) são ferramentas computacionais de educação que fazem uso da Inteligência Artificial (IA) para apresentar ao aprendiz o conteúdo de forma adaptada, personalizada (sistema adaptativo) e autônoma, sem a supervisão direta do professor (GOETTL, 1998; POLSON, RICHARDSON, 1988).

Um conjunto de diferentes tecnologias pode ser adotado para desenvolver os módulos de um STI (NAVARRO, 2005; CERRI, GOUARDÈRES, PARAGUAÇU, 2002; LESTER, VICARI; PARAGUAÇU, 2004). Os STIs podem criar problemas e apresentá-los aos estudantes, resolver problemas e comparar com a solução fornecida pelo estudante, servindo de guia para aprendizagem em ambiente virtual.

A arquitetura básica de um STI é formada por quatro diferentes módulos (GOETTL, 1998; POLSON, RICHARDSON, 1988):

Tutor: Responsável pelo controle de todo o processo; executa o papel do instrutor, define a estratégia de ensino conforme o perfil de cada aprendiz.

Domínio: Base de conhecimento sobre a disciplina a ser estudada, classificada de forma que possa ser manipulada pela IA do sistema, denominada sistema especialista. Pode gerar problemas, exemplos bem como resolvê-los.

Estudante: Armazena informações sobre cada aprendiz e seu nível de aquisição de conhecimento (NAC), seu comportamento no processo de aprendizagem e lacunas de conhecimento (GOETTL, 1998; POLSON, RICHARDSON, 1988).

Interface: Integração entre o usuário e o sistema; considerada a parte interativa entre alunos, professores humanos e o sistema. O módulo de interface pode ser definido e apresentado para o aprendiz como um jogo eletrônico, página WEB, aplicação gráfica, entre outros, conforme a Figura 3.

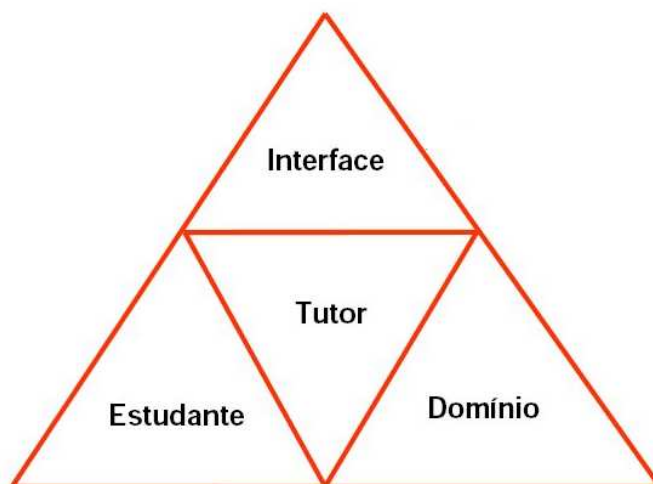


Figura 3: Arquitetura de STI (GOETTL, 1998; POLSON, 1988) [tradução nossa]

Um STI é capaz de gerar problemas e exemplos dinamicamente a partir da base de conhecimento (módulo de domínio) e apresentá-los ao aluno (módulo de interface) que, por sua vez, resolve o problema e apresenta sua solução. O STI compara os resultados (módulo tutor), avalia a evolução do aprendiz (módulo estudante) e reinicia o processo de forma consecutiva até alcançar os objetivos pedagógicos (CERRI, GOUARDÈRES, PARAGUAÇU, 2002; LESTER, VICARI, PARAGUAÇU, 2004).

Diferentes paradigmas de IA podem ser utilizados para criar cada módulo de um STI (CARVALHO, STUMP, MUSTARO, 2007), tornando o sistema complexo, o que demanda o envolvimento de especialistas em desenvolvimento de sistemas ou em programação de IA para criação destes componentes. Sendo assim, mais tempo e investimentos financeiros são necessários para criação de um sistema instrucional computacional baseado em STIs (LESTER, VACARI, PARAGUACU, 2004). Os STIs são adequados ao treinamento e educação de um grande número de estudantes, no caso em que o custo de aula tradicional é superior ao desenvolvimento do sistema. É, portanto, um modelo complexo e de alto custo (tempo e financeiro) para servir de apoio às aulas tradicionais.

Os desafios na criação de STIs eficientes residem na complexidade de criar sistemas inteligentes (IA) que possam “imitar” a orientação de um professor (LESTER, VICARI, PARAGUAÇU, 2004) e, ao mesmo tempo, atender aos diversos processos cognitivos humanos (KURI, 2004). Tanto os sistemas de IA quanto cognição são áreas em pleno desenvolvimento e sofisticação, tornando a sua compreensão e domínio intrigantes e em multifacetadas. Sendo assim, o desenvolvimento de sistemas instrucionais inteligentes precisa de extensas pesquisas para alcançar modelos efetivos para educação assistida por computador.

3.3 Simulação

Para esclarecer a definição de simulação adequada para esta pesquisa, é apropriado primeiramente introduzir os conceitos de sistema e de modelo. Monteiro (2006) define sistema da seguinte forma:

Conjunto de objetos agrupados por alguma interação ou interdependência, de modo que existam relações de causa e efeito nos fenômenos que ocorrem com os elementos deste conjunto.

Modelo, por sua vez, é definido como sendo uma descrição ou representação de um sistema; o modelo matemático, por sua vez, é uma abstração simplificada do comportamento de um sistema, que utiliza linguagem matemática para a sua generalização.

A simulação é um modelo matemático representativo da realidade, uma técnica de “imitar” o comportamento real de eventos aplicados a um sistema. Os resultados apresentados por uma simulação devem ser parecidos com os que ocorrem na natureza e no objeto de estudo que foi modelado matematicamente. Com a simulação, é possível realizar experiências e aprender como o sistema real se comporta em determinadas situações (EHRlich, 1985).

A simulação computacional consiste em um modelo matemático implementado por meio de um programa de computador, que representa os comportamentos do objeto de estudo. A simulação vem sendo utilizada como forma de aquisição de conhecimento. No ambiente de simulação, as atividades podem ser realizadas sem risco de morte, acidentes, danos a equipamentos, e sem a necessidade de altos investimentos. Também pode trazer recursos difíceis, indisponíveis ou impossíveis de se implementar em uma sala de aula. Em instruções de voo, por exemplo, a decolagem de um avião com o instrutor e aluno é bastante dispendiosa. A simulação permite a falha sem qualquer risco financeiro, e a falha em si é uma forma de aquisição de conhecimento (MITCHELL, SAVILL-SMITH, 2004).

Os estudantes de Engenharia Elétrica, por exemplo, podem utilizar simuladores para aprender a operar equipamentos, tais como Osciloscópios, antes de terem acesso ao equipamento real. Desta forma, os riscos de dano ao equipamento podem ser reduzidos, e o estudante não estará limitado à disponibilidade do laboratório para o estudo. O *Virtual Oscilloscope* (Figura 4) é um exemplo de simulador interativo, em que o estudante pode aprender pela experiência e observação, sem receio de cometer erros na utilização do equipamento.

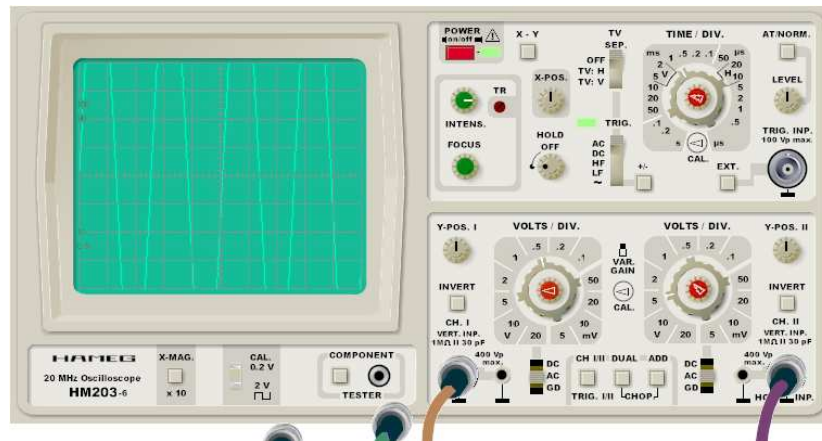


Figura 4: *Virtual Oscilloscope: Simulator* (DEBIK, 2008)

Os simuladores de voo, tal como o *MS Flight Simulator*, são ricos em detalhes reais; é necessário conhecimento prévio da operação de aviões comerciais para utilização do sistema, e a complexidade do simulador é próxima da realidade. Simuladores, tais como Simulink do Matlab ou LABVolt, são voltados à área educacional e de projetos de engenharia. Tem-se como objetivo modelagem de circuitos, sistemas de controle, dinâmicos, de comunicações, entre outros. Com um grau de detalhe que se aproxima do sistema real, a saída gráfica ou numérica proporcionada pelo simulador permite aprendizagem com base na experimentação (*learn-by-doing*), observação, bem como análise dos sistemas simulados.

Uma característica dos simuladores modernos é o detalhamento realista; no entanto, esses detalhes podem ser deliberadamente suprimidos, e sua complexidade pode ser gradualmente introduzida ao longo do tempo, conforme a evolução do estudante.

Assim como os STIs, os simuladores normalmente demandam recursos financeiros e de tempo para desenvolvimento, bem como especialistas em desenvolvimento e programação (para a criação de ambientes de simulação).

Um OA pode ser um subconjunto da realidade para se manter o foco em seu objetivo principal de estudo, sendo desenvolvido como uma abstração da realidade com foco em sua granularidade educacional.

3.4 Jogos Eletrônicos

Os jogos eletrônicos para computador (PC) ou para consoles de *videogames* são desenvolvidos na maioria dos casos para entretenimento, sem objetivos educacionais. Estes sistemas são sofisticados, utilizam recursos de IA para controlar personagens não humanos (*non-player characters*) que interagem e conversam com os personagens humanos, bem como para controle de diversos elementos dos jogos. Além disso, os recursos gráficos 3D e multimídia tanto hardware como software fazem com que os jogos se tornem cada vez mais realistas, como um filme produzido em tempo real. Muitos dos jogos são sistemas adaptativos que modificam o comportamento do ambiente ao longo do tempo e aprendem como o jogador humano reage, para tornar a interação imprevisível e assim proporcionar maior desafio. O nível de complexidade exposta ao jogador é superior a do jogo de xadrez que tem um conjunto de peças e movimentos bem definidos e determinados.

O jogo de xadrez é considerado benéfico ao ambiente educacional e proporciona estimulação ao raciocínio lógico, entre outros (MCDONALD, 2005), mas não tem o objetivo de explorar conteúdo educacional específico. Por este motivo, os jogos eletrônicos são vistos e estudados como plataforma para criação de sistemas instrucionais denominados “Jogos Sérios”.

Os “Jogos Sérios” (*Serious Games*) são sistemas projetados com objetivos pedagógicos, que consistem, por exemplo, em simuladores com face de jogo, considerado o entretenimento educacional (*edutainment* de *educational entertainment*), o qual aproveita a fluência da Geração Digital aos jogos e fornece recurso lúdico para percorrer o conteúdo de uma disciplina ou área de conhecimento. Estes recursos são amplamente utilizados no Brasil e outros países em ambiente corporativo, na área de medicina, arquitetura, governo e até mesmo

pelas forças armadas (AHDELL, ANDRESEN, 2001; CORTI, 2006; SERIOUS, 2007; SMITH, 2007; STONE, 2005).

A interatividade que a Geração Digital procura nos jogos pode ser utilizada e considerada na construção de OAs; com isto, será possível criar sistemas instrucionais adequados à expectativa dos estudantes.

3.5 Aprendizagem Prática (*learn-by-doing*) com Sistemas Instrucionais

O potencial de utilização de sistemas instrucionais para a Geração Digital no Brasil pode ser aproveitado para as disciplinas dos cursos tradicionais, como apoio às aulas teóricas. Os OAs, Jogos e Simuladores e demais sistemas instrucionais interativos podem ser classificados como atividade prática.

A aprendizagem prática (*learn-by-doing*) é um recurso efetivo na aquisição de conhecimento, pois os humanos são aprendizes naturais e sentem-se motivados para resolver problemas práticos e reais. Problemas práticos podem ser apresentados como um sistema instrucional computacional, de forma que os conceitos teóricos vistos em aula possam ser aplicados. A aprendizagem prática funciona porque ensina de forma indireta. Conceitos aprendidos de forma indireta precisam apenas ser experimentados de forma apropriada (SCHANK, 1995).

Conceitos abstratos podem ser visualizados e estudados de forma experimental; a título de exemplo, tem-se em Ciência da Computação, os Autômatos Celulares elementares, que, por definição, podem ser descritos como:

A classe mais simples de autômato celular unidimensional. Os autômatos celulares elementares têm dois possíveis valores para cada célula (0 ou 1), e regras que dependem unicamente aos valores dos vizinhos mais próximos. Como resultado, a evolução de um autômato celular elementar pode ser completamente descrita por uma Tabela, especificando o estado que uma dada célula terá na próxima geração baseado no valor da célula a sua esquerda, o valor da própria célula, e o valor da célula a sua direita. Desta forma, há $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ possíveis estados binários para a três células na vizinhança de uma célula, há um total de $2^8 = 256$ autômatos celulares elementares, que podem ser indexados em um número binário de 8 bits. (WEISSTEIN, 2008) [tradução nossa]

O conceito descrito acima pode ser implementado como objeto de aprendizagem, e proporcionar uma compreensão clara do tópico em estudo, utilizando recursos visuais e interativos para tanto, conforme Figura 5.

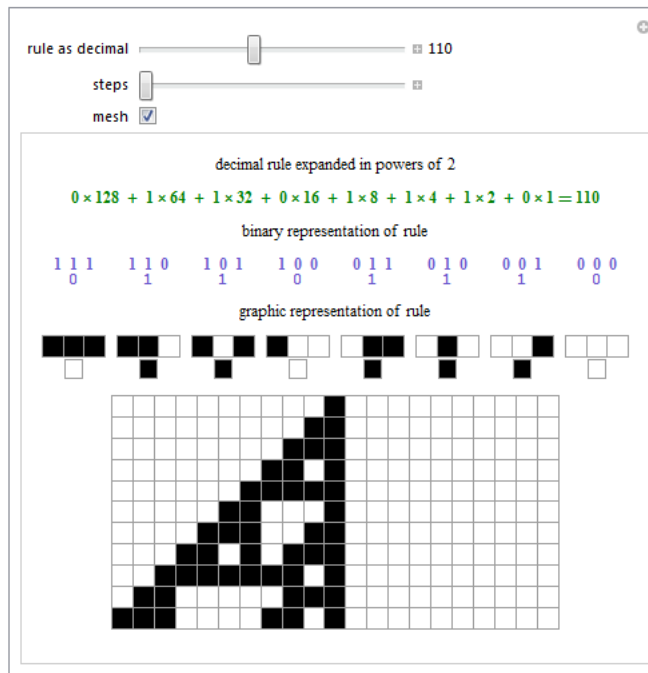


Figura 5: Demonstração: “Representing Elementary Cellular Automaton Rules”

É possível neste exemplo observar que o OAI implementa o conceito apresentado do texto; a interpretação do texto puro requer abstração que não explora diferentes estilos de aprendizagem ou inteligências. Por outro lado, o OAI pode apresentar interface gráfica intuitiva, para facilitar a compreensão do conteúdo (Autômatos Celulares) de forma visual e

dinâmica, e também faz com que um assunto específico de ciências da computação, do exemplo acima, seja mais claro e acessível para estudantes de outras áreas.

É importante lembrar que a interatividade também pode ser explorada em sala de aula mesmo sem o advento de sistemas instrucionais (TAPSCOTT, 2009; MASETTO, 2007). Os docentes podem mudar a postura, respeitando as regras curriculares e legais, aplicar técnicas diferentes durante a aula tradicional expositiva, quebrando a rotina, aumentando a participação e curiosidade do estudante, instigando a busca pelo conhecimento na resolução de problemas e explicação de fenômenos, e assim motivando os estudantes a sair da situação passiva de espectadores (MASETTO, 2007).

Porém, em face da diversidade do intelecto humano, é impraticável abordar todos os estilos de aprendizagem e inteligências múltiplas de forma individual na sala de aula, sendo que esta demanda, por sua vez, pode ser endereçada a partir dos sistemas instrucionais, recorrendo à capacidade de processamento disponível.

3.6 Método, Tecnologia e Informação

Os conceitos teóricos apresentados até o momento servem de base para a construção e proposta dos OAI, os quais pretendem atender a diferentes aspectos do processo cognitivo humano, fazendo uso de recursos tecnológicos distintos, tal como na Figura 6 que apresenta o mapa conceitual do OAI.

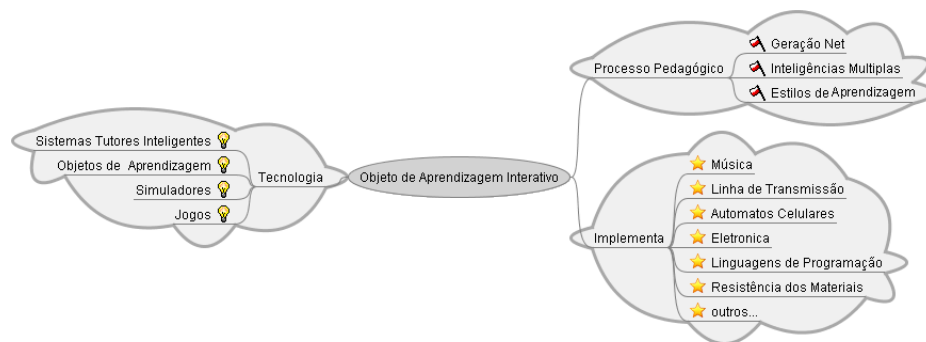


Figura 6: Modelo conceitual para OAI

Uma vez compreendida a demanda da Geração Digital em relação à interatividade, diferentes formas de aprender e habilidades individuais, é possível desenhar OAI que atendam ao contexto social contemporâneo e fornecer ferramentas para auxiliar as aulas tradicionais; deste modo, os estudantes podem ter uma opção para se desenvolverem sem se sentirem limitados aos processos tradicionais, que pouco exploram diferentes possibilidades e habilidades individuais.

Diferentes tecnologias disponíveis podem ser utilizadas para desenvolver novas ferramentas e proporcionar melhor utilização dos computadores presentes no dia-a-dia dos estudantes. É possível aprender com a evolução das tecnologias instrucionais aqui analisadas e considerar o que for apropriado em cada uma delas no desenvolvimento de novos sistemas.

Dentre as tecnologias, Objetos de Aprendizagem, Jogos, Simuladores e Sistemas Tutores Inteligentes, selecionam-se, portanto, os Objetos de Aprendizagem para o desenvolvimento de sistemas instrucionais, pois o conceito dos OA é aderente ao paradigma de orientação a objetos, em que os componentes de um sistema (no caso contexto educacional) são criados em pequenos programas, bem como pela adoção do mercado (diferentes empresas e instituições acadêmicas) por esta tecnologia, que a utiliza para criação

de treinamento de seus produtos para clientes (NORTHROP, 2007). No entanto, os conceitos das diferentes tecnologias para criação de sistemas instrucionais computacionais podem ser utilizados em parte para a criação dos OAs.

Mesmo que as instituições desenvolvam OAs com suas próprias características (tecnologias proprietárias), as quais dificultam a interoperabilidade total, existem padrões definidos com a anuência do IEEE, por exemplo, havendo convergência das diferentes tecnologias para desenvolvimentos de OAs no futuro de forma que tornará viável a interoperabilidade real dos componentes criados em diferentes plataformas por diferentes instituições. Os OAs foram delineados sobre um conceito simples, tornando factível seu desenvolvimento por não-programadores.

Os STIs são sistemas mais sofisticados (LESTER, VICARI, PARAGUAÇU, 2004) e estão normalmente associados a trabalhos e pesquisas acadêmicas conforme observado na literatura (GOETTL, 1998; POLSON, 1988; CERRI, GOUARDÈRES, PARAGUAÇU, 2002; LESTER, VICARI, PARAGUAÇU, 2004). Não há adoção ampla desta tecnologia pelas empresas tanto quanto os OAs (NORTHROP, 2007), e também não há padrões definidos para o desenvolvimento dos STIs que garantam a evolução, interoperabilidade e integração desta tecnologia para o futuro. No entanto, os módulos do STIs são referências importantes e fontes de inspiração para criação de OAs, seus conceitos e experiências podem ser adotados parcialmente na criação de sistemas instrucionais entre outros.

Os Jogos e Simuladores normalmente requerem maior tempo para desenvolvimento, o que acarreta orçamentos e equipes maiores; esses dois inconvenientes são minimizados pelos OAs, uma vez que se trata de programas simples que podem ser desenvolvidos por professores, alunos ou especialistas no assunto (*Subject Matter Expert – SME*), sem uma equipe de desenvolvimento disponível ou profundos conhecimentos em programação. Ou

seja, o custo (tempo e financeiro) necessário para o desenvolvimento de OAs é reduzido em relação a sistemas mais sofisticados como STIs, Jogos ou Simuladores. É importante lembrar que há plataformas de desenvolvimento e ambientes de simulação que facilitam a criação de pequenos jogos ou simulações sem a necessidade de programação; porém, estas plataformas normalmente não geram programas independentes, portáteis que podem ser executados em qualquer ambiente computacional. Ou seja, a plataforma é necessária para a execução do OA, este cenário é inadequado para distribuição do OA, pois requer a instalação de software específico.

Os STIs, Jogos e Simuladores podem servir de modelo para criação de sistemas instrucionais, mas essas três tecnologias requerem recursos financeiros, humanos (especialistas em programação e IA) e tempo, tornando ineficaz sua realização por professores e especialistas na disciplina a ser estudada (SMEs).

É possível analisar o conteúdo das disciplinas e planejar o desenvolvimento de ferramentas que apresentem ao estudante uma abordagem prática, mesmo que virtual e dirigida, para que a informação seja não somente compreendida, mas que o estudante tenha segurança de aplicá-la em situações reais, pois já teve contato interativo com o assunto em atividade educacional simulada.

4. MODELO DE OBJETO DE APRENDIZAGEM INTERATIVO

Com base na análise das diferentes teorias apresentadas até o momento, um modelo otimizado para desenvolvimento de OAIs foi delineado, utilizando os conceitos tecnológicos (STI, Jogos Sérios, Simuladores e OA) e cognitivos (IM e EA).

4.1 Objetos de Aprendizagem Interativos (OAI) - definição

Primeiramente é necessário definir o conceito de interatividade: “A interatividade digital seria um tipo de relação tecno-social” (PRIMO, CASSOL, 2007), ou seja, é o diálogo humano-computador em tempo real e em duas vias, que pode ser realizado pela interface gráfica, mas não se limitando a isso. Consiste em uma relação ativa do usuário com o sistema.

O Objeto de Aprendizagem Interativo deve ser uma aplicação na qual a experiência é realizada mediante a manipulação dos controles gráficos ou físicos que, por sua vez, modificam os parâmetros do sistema. Seu resultado pode ser visualizado de formas gráficas e auditivas, entre outras, explorando assim diferentes estilos de aprendizagens e inteligências.

Os OAIs delineados devem ser um subconjunto dos OAs classificados como ativos, que permitem a exploração interativa do assunto ou conceito. Para que o OAI seja restrito e focado no conceito a ser estudado, a avaliação deve ser suprimida do OAI; a avaliação deve ser feita e definida pelo SME ou professor no LMS, havendo maior flexibilidade e liberdade para o educador planejar o formato apropriado de avaliação para o contexto educacional.

As características dos OAIs definidas como modelo neste trabalho são as seguintes (CARVALHO, STUMP, MUSTARO, 2007b):

- Ser um recurso interativo para demonstrar um conceito;
- Utilizar a capacidade de processamento e recursos de tecnologia da informação e telecomunicações disponíveis;
- Apresentar resultado visual (ou multimídia) para simulação;

- Manter créditos e referências (livros e Internet), material de apoio;
- Ser distribuído pela Internet (Intranet ou Extranet) e estar acessível aos estudantes;
- Ser extensível e atualizável, servir de fonte para novos OAIs e fornecer código fonte, se adequado;
- Ter aderência a padrões definidos para OA, tais como SCORM ou metadados (IEEE);
- Ser revisado em um processo de *peer-review* (avaliado por dois especialistas), para a garantia da qualidade.

Além disto, procurou-se evitar ações inadequadas à proposta de um OAI, tais como:

- Limitar-se a uma apresentação de slides ou texto digitalizado;
- Limitar-se a uma digitalização de conteúdo estático, gráfico, foto, vídeo ou diagrama;
- Implementar em software (programa, módulo) a metodologia pedagógica;
- Ser responsável pela avaliação.

Ao contrário do “módulo tutor” dos STIs, o OAI não deve implementar suporte ao processo pedagógico. O usuário deve ser livre para implementar o processo pedagógico adequado a seus objetivos e a sua comunidade; por este motivo, o OAI deve ser desprovido de suporte ao processo pedagógico, sendo definido no LMS (ou gerenciador de conteúdo). Assim, o OAI pode ser utilizado em diversos ambientes com diferentes processos pedagógicos, pois o sistema não está associado a um único modelo educacional. Além disso, o OAI será restrito e especializado no assunto ou conteúdo a ser explorado, como recomenda as boas práticas de orientação a objetos (OO-226, 2003; NORTHROP, 2007; LARMAN, 1997).

Como o processo de avaliação também é aderente ao método pedagógico, deve ser realizado, gerido e planejado no LMS. O OAI pode enviar para o LMS detalhes sobre o

comportamento do estudante para que esta informação seja utilizada na avaliação, que normalmente requer supervisão e acompanhamento do professor. Diferentes objetivos podem ser definidos para os OAI conforme o contexto educacional que, por sua vez, tem diferentes formas de avaliação, tais como, um conjunto de OAI de eletrônica que explora os conceitos de corrente, tensão e resistência pode ser utilizado em um curso técnico de eletrônica, um curso de física de nível médio, ou em uma disciplina de eletrônica de nível superior; o processo de avaliação para esses três contextos educacionais podem ser diferentes, bem como o método pedagógico. Para garantir a reutilização do OAI em contextos diferentes, é adequado suprimir o OAI da responsabilidade de avaliar.

4.2 Recursos para Construção de Objetos de Aprendizagem Interativos

São consideradas quatro plataformas para o desenvolvimento de OAs, a saber, Java, Flash, Processing e Mathematica (ver Tabela 4), que foram escolhidas e analisadas por partilhar das seguintes peculiaridades:

- São multiplataforma; podem ser executados em sistemas operacionais MS Windows, MacOS ou Linux/Unix e em diferentes *hardwares*, sem a necessidade de recompilação;
- Os *plug-ins* (ou *run-times*) necessários para execução da aplicação estão disponíveis sem a necessidade de aquisição de licença por seus fabricantes;
- É possível construir OAs-cliente, executados de forma independente em estações de trabalho, que também podem se comunicar pela rede/Internet com aplicação servidor;
- Há ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Enviroment* - IDE) disponível que permite o desenvolvimento rápido de aplicação (*Rapid Application Development* - RAD); e

- A aplicação criada pode ser distribuída ou comercializada livremente.

Qualquer linguagem de programação ou ferramenta de desenvolvimento pode ser utilizada para criação de OA.

Tabela 4: Diferença entre as plataformas

Plataforma	Fabricante	Ferramenta de execução (<i>run time</i>)	Ferramenta de desenvolvimento (IDE)	Licenciamento (<i>runtime/IDE</i>)
Java	Sun Microsystems e outros	Java Runtime Environment (JRE)	Eclipse NetBeans	gratuito/gratuito ou proprietário
Flash	Adobe	Flash Player	Adobe Flash	gratuito/proprietário
Processing	MIT Media Lab Open Source	Java Runtime Environment (JRE)	The Processing IDE	gratuito/gratuito ou proprietário
Demonstration (Mathematica)	Wolfram Research	Mathematica Player	Mathematica	gratuito/proprietário

Existem ferramentas de desenvolvimento de uso livre, que não requerem licenciamento de *software* para a plataforma Java e Processing. No entanto, para Flash e Demonstration (Mathematica), é requerida aquisição do ambiente de desenvolvimento. Os sistemas gerados pelas quatro plataformas estudadas podem ser distribuídos livremente, bem como o ambiente de execução instalado nas estações dos usuários sem custo.

Dentre diferentes ferramentas/possibilidades, optou-se pela plataforma Java para o desenvolvimento do OAI de teste, devido às suas características. Java é uma plataforma para desenvolvimento de sistemas, que consiste em: uma linguagem de programação orientada a objetos; biblioteca de funções (Application Program Interface – API); e máquina virtual (SUN, 2009). A aplicação Java é executada na máquina virtual, ou seja, não é gerado código executável nativo de um computador e sistema operacional específico. O código executável Java, denominado *bytecode*, pode ser executado em qualquer sistema computacional onde uma máquina virtual Java esteja disponível (RJE). Esta característica garante que os programas desenvolvidos nesta plataforma sejam portáveis em ambientes diferentes.

4.3 Forma de Distribuição

A forma de distribuição adequada para os OAs é a Internet, devido à sua acessibilidade e abrangência. A plataforma Java é adequada para distribuição de OAs pela Internet em LMS, por exemplo. A pesquisa da Millward Brown (ADOBE, 2007) demonstra que 87,5% possuem o *plug-in* (ambiente de execução - JRE) Java disponível. Conforme a metodologia da pesquisa, o total de estações consideradas é de 787 milhões, no mercado maduro, que consiste nos seguintes países: Estados Unidos, Japão, Canadá, Reino Unido, França e Alemanha.

A ferramenta Java (*applets*) é popular no desenvolvimento de objetos de aprendizagem e Jogos *on-line* (executado no *browser* conectado à *Internet*) ou *off-line* (aplicação cliente instalada localmente). Há diversos OAs desenvolvidos em Java e Flash disponíveis em sistemas gerenciadores de aprendizagem (LMS) na Internet tal como, *Co-operative Learning Object Exchange* – CLOE e *Multimedia Educational Resource for Learning Online Teaching* – MERLOT (CLOE, 2007; MERLOT, 2007).

4.4 Contexto educacional

Para constituir um contexto educacional com base em conjuntos de OAs, pode haver estruturação em Módulo, Tópico, Lição e Atividade, conforme esquema mostrado na Figura 7. No entanto, a estrutura do curso pode ser reorganizada, modificando a quantidade de níveis e ajustando-a de acordo com o objetivo pedagógico de cada instituição (CISCO, 2003). O OAI deve permanecer como o último nível por tratar-se da menor granularidade do conteúdo a ser explorado, identificado aqui como atividade. Devido à característica prática do OAI e a sua flexibilidade, é possível a reutilização em estruturas diferentes com objetivos pedagógicos distintos.

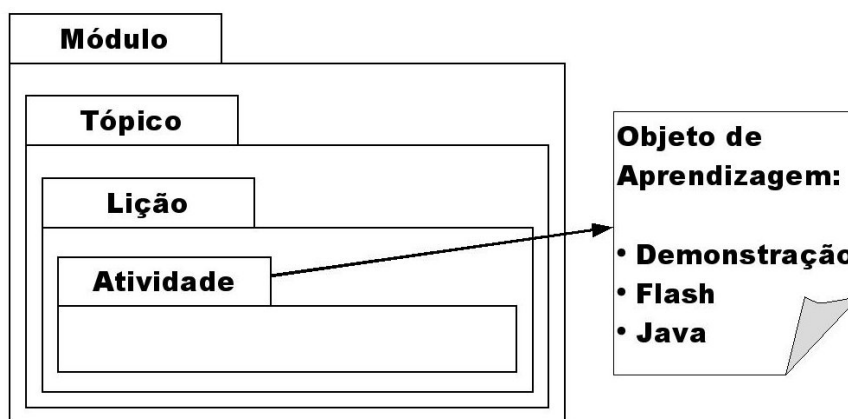


Figura 7: Organização de um conjunto de OAs

Módulo: Assunto abordado em uma ou mais disciplinas;

Tópico: Subdivisão do assunto (Módulo) abordado;

Lição: conjunto de OAs que contém uma atividade prática que pode ser manipulada;

Atividade: OA que compõe uma lição e consiste em uma atividade prática, na qual o estudante modifica a experiência/simulação e verifica de forma numérica e/ou gráfica (quantitativa ou qualitativa) os resultados a partir de uma experiência interativa.

Os objetos de aprendizagem que compreendem as atividades no contexto educacional, devido a sua granularidade, podem ser reutilizados para a construção de novas lições, tópicos e módulos.

Tabela 5: Organização de OAs para difentes contextos educacionais

	Música	Resistência dos Materiais	Autômatos e Linguagens	Linha de Transmissão
Módulo	Leitura rítmica musical	Análise das tensões e deformações	Hierarquia de Chomsky	Princípios de eletricidade
Tópico	Partitura	Tensões Principais	Gramática	Lei de Ohm
Lição	Memória auditiva e visual	Cisalhamento Máximo	Linguagem Regular	Lei de Ohm em um resistor
Atividade (OA)	- Solfejo	- Cisalhamento - Planos principais - Tensões normais	- Autômato Finito - Máquina de Moore - Máquina de Mealy	- Corrente - Tensão - Resistência - Resistor

Na Tabela 5, há alguns exemplos da organização dos OAs para compor contextos educacionais; porém, existem abordagens diferentes para estruturar cursos com base em

objetos de aprendizagem (CISCO, 2003; NORTHRUP, 2000), ou seja, há liberdade das instituições de agrupar os OA para atender suas necessidades pedagógicas.

4.5 Construção de Objetos de Aprendizagem

Uma das vantagens da plataforma Java é que há disponível gratuitamente ferramentas de desenvolvimento (RAD e IDE), o que auxilia o processo de criação e construção dos programas, bem como representa economia financeira, uma vez que não é necessária a aquisição destas ferramentas.

A comunicação entre os OAI's e LMS/LOR pode ser feita via XML e protocolos padrão Internet, uma vez que as ferramentas de desenvolvimento aqui apresentadas podem se comunicar com o servidor WEB onde fica o LMS. Ademais, os recursos multimídia disponíveis nesta plataforma pode construir interfaces sofisticadas para OAI's. A plataforma Java em particular é também utilizada para desenvolvimento de jogos na Internet, *multi-player* ou *single-player*, bem como para telefones celulares. As aplicações podem ser empacotadas no padrão SCORM e facilmente acoplados a LMS tal como Moodle.

5. OBJETO DE APRENDIZAGEM INTERATIVO DE MÚSICA

Para exemplificar o conceito do “Objeto de Aprendizagem Interativo”, definido neste trabalho, foi desenvolvido um protótipo, denominado jMusicTutor, como programa preliminar, com o objetivo de verificar os conceitos do modelo apresentado.

Consta no Apêndice A o documento de visão macro do sistema de aprendizagem interativo de música (OO-226, 2003) e no Apêndice B o diagrama de caso de uso, que foram elaborados seguindo os padrões da metodologia “Processo Unificado” para delinear o escopo do sistema instrucional jMusicTutor.

O objeto de aprendizagem interativo denominado **jMusicTutor** pode ser entendido, em perspectiva macro, pelo diagrama de contexto da Figura 8. Maiores detalhes podem ser visualizados no diagrama de caso de uso, Apêndice B.

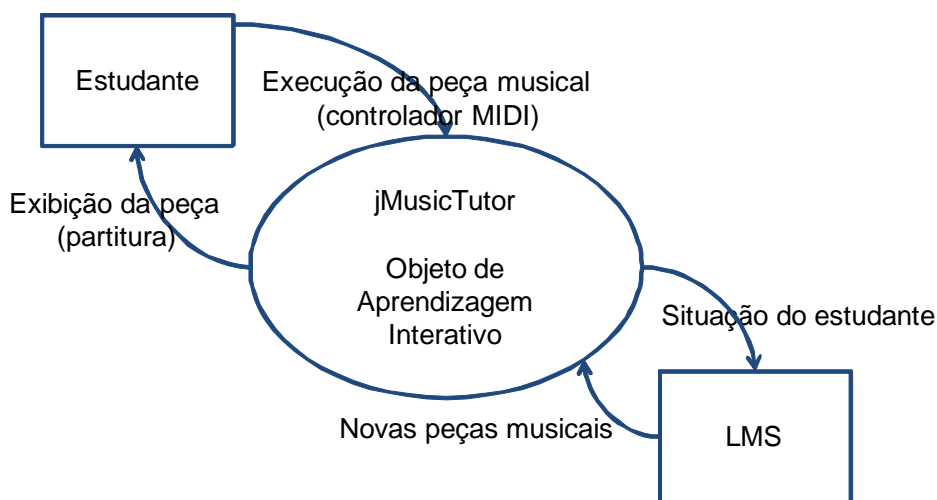


Figura 8: Diagrama de contexto do jMusicTutor

Ao executar o programa, o estudante identifica-se e uma peça musical em forma de partitura é apresentada. Ao executá-la com o controlador MIDI (teclado), o sistema verifica o desempenho do aluno e apresenta uma nova peça com dificuldade e complexidade adequada a seu desenvolvimento, para o nível superior, equivalente ou inferior à peça executada pelo aluno anteriormente (Figura 9). Essas peças são armazenadas em banco de dados local

(arquivos XML) e podem ser atualizadas a partir do LMS. As informações/situação do estudante são enviadas para o LMS, para que o professor possa realizar a avaliação e orientação do estudante.

O objetivo do jMusicTutor é proporcionar tutoria na execução de peças musicais em forma de partitura, ou seja, verificar como o estudante lê e executa as músicas. Não é escopo do sistema a instrução básica de notação musical. O estudante já deve conhecer previamente leitura e teoria musical. O sistema auxilia o estudante na prática de execução de peças musicais e leitura de partitura (notação musical), por treinamento sistemático.

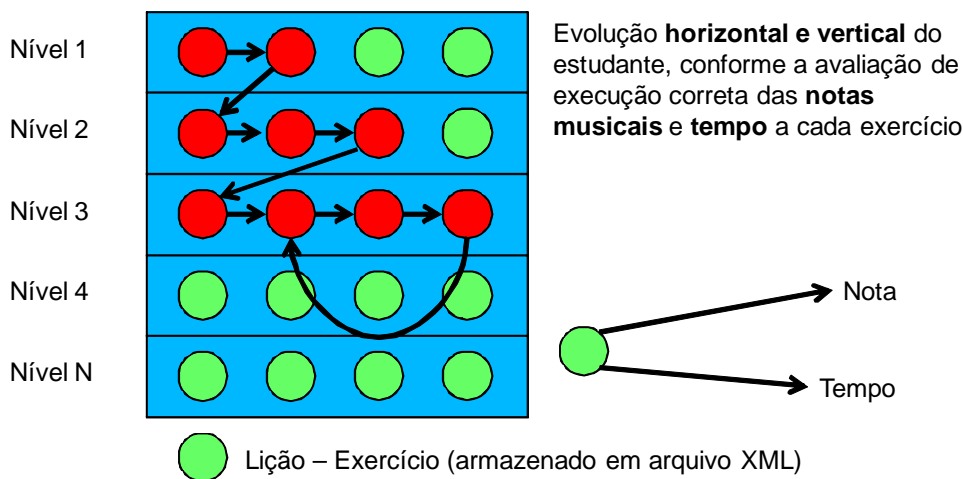


Figura 9: Acompanhamento da evolução do estudante

A Figura 9 pretende ilustrar a evolução horizontal e vertical do estudante, com a possibilidade de retorno ao estágio (nível) anterior em função do desempenho; assim, o estudante tem a oportunidade de se desenvolver em seu próprio ritmo de aprendizagem.

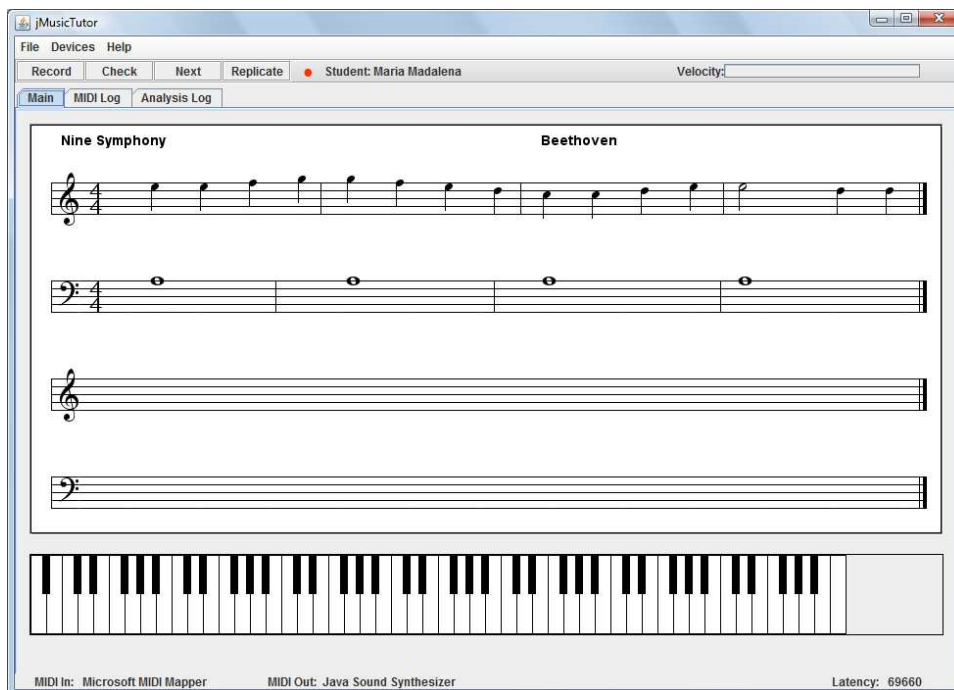


Figura 10: Interface principal do sistema

A interface principal do sistema (Figura 10) apresenta as seguintes informações:

- Uma partitura com peça musical a ser executada pelo estudante. A partitura apresenta duas pautas: uma na clave de Sol e outra na clave de Fá;
- Nome da peça musical ou exercício;
- Autor da peça musical, se houver;
- Andamento da peça musical;
- Uma imagem do teclado, que destaca as teclas pressionadas;
- O dispositivo de entrada e saída MIDI em uso;
- A latência do dispositivo MIDI de saída (em segundos);
- Barra de botões e menu;
- Indicação de “gravação”, ou seja, se o sistema está registrando o que é executado pelo estudante no teclado pela interface MIDI.
- A intensidade que o estudante aplica na execução da nota; e

- Nome do estudante.

A primeira partitura a ser exibida tem nível baixo de dificuldade e serve de ponto de partida para definir qual o nível do estudante. O sistema é totalmente parametrizável e o professor/orientador pode definir qual será a peça a ser executada inicialmente.

O aluno pode executar a mesma peça diversas vezes até obter o resultado desejado.

Antes de iniciar a execução da peça, o estudante deve pressionar o botão de gravação (*Record*) e ao final deve pressionar o botão de verificação (*Check*) para conferir a execução.

O estudante pode seguir para a próxima lição pressionando a opção *Next*.

Para atualizar os dados do sistema com o LMS (enviar e receber os arquivos XML) é necessário pressionar o botão (*Replicate*).

Para a exposição e constituição do objeto de aprendizagem interativo de música e seu funcionamento, é necessário, em primeiro lugar, delinear seus recursos pertinentes.

5.1 Recursos (Ferramentas)

Os recursos tecnológicos de *hardware* e *software* adotados no projeto de desenvolvimento do OAI de música estão brevemente descritos a seguir:

Eclipse: Comunidade e ferramenta de código aberto, cujo projeto é prover uma plataforma/estrutura de desenvolvimento de sistemas, independente de fabricante.

Java: Plataforma de desenvolvimento de sistema com linguagem de programação orientada a objetos de propósito geral. Sua sintaxe é baseada em linguagem C e semântica em SmallTalk. O executável (*bytecode*) gerado é multiplataforma e trabalha em uma máquina virtual com um conjunto de bibliotecas, denominado de JRE (*Java Runtime Environment*), mantido pela Sun Microsystems entre outros.

Piano Digital (teclado): Fabricante “M-Audio” modelo “Prokey 88sx” é um MIDI controlador com 88 teclas de piano, portando controles programáveis (*sliders* e botões),

interface MIDI e MIDI USB, sensível à velocidade e *semi-weighted action*, visualizado na Figura 11.



Figura 11: Teclado M-Audio Prokeys 88sx (M-AUDIO, 2007)

MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*): Protocolo padrão para comunicação entre dispositivos/instrumentos musicais digitais, independentemente de fabricante, tais como: sintetizador, *sampler*, sequenciador, bateria eletrônica e computador, além de comunicação entre os próprios dispositivos. O protocolo MIDI transmite informações de controle da música, mas não transmite ondas sonoras.

MIDI Controller: Equipamento ou programa utilizado para gerar e controlar instruções MIDI; pode ser conectado ao computador ou módulo MIDI (equipamento sintetizador que gera som (formas de onda) a partir de dado MIDI recebido).

NetBeans: Plataforma para aplicações cliente Java e ambiente integrado de desenvolvimento de sistemas de código aberto, desenvolvida pela Sun Microsystems. Facilita o desenvolvimento de sistema modular reutilizável e extensível.

SF (Sound Font): Tecnologia que consiste em amostras de sons pré-gravados de instrumentos musicais (naturais ou artificiais) ou ruídos, utilizados para sintetizar músicas e efeitos sonoros. As instruções MIDI podem ser construídas como música a partir de um SF. Também é um formato de arquivo para armazenar as amostras.

Qualquer teclado pode ser utilizado com o objeto de aprendizagem, quando conectado ao computador com interface MIDI tradicional ou MIDI USB. Os teclados mais usuais possuem 61 teclas, comparando-se com o piano acústico que possui 88 teclas.

O sistema foi testado e executado com sucesso em diferentes computadores (Notebook e Desktop), Tabela 6, com sistemas operacionais diferentes, Windows (Vista e XP) e Linux (OpenSUSE 11.1), e placas de som distintas. Com a característica multiplataforma do ambiente Java, o sistema foi executado para estes em sistemas operacionais diferentes.

Tabela 6: Equipamentos para desenvolver e executar o OAI

Equipamentos	Descrição
Computador pessoal (IBM PC)	<p><i>Desktop</i> ou <i>Notebook</i>, com placa de som <i>on-board</i> convencional (popular). Foram os seguintes os modelos testados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nvidia nForce2 AC97 Audio Controller (MCP) • ESS Maestro2E PCI (WDM) • Conexant High Definition Audio • SigmaTel High Definition Audio • Realtek ALC889A
Teclado controlador MIDI USB	Piano M-Audio Prokeys 88sx (Figura 9) e cabo USB

O OAI de música pode ser executado em qualquer sistema operacional compatível com a plataforma Java e com a placa de som devidamente configurada, e que tenha a funcionalidade de sintetização e interface MIDI.

5.2 Finalidade

O propósito do jMusicTutor é fazer uso de diferentes recursos multimídia e interatividade para utilizar habilidades distintas do estudante na educação como, por exemplo, visual (gráfico com notas musicais), auditivo (som emitido pelo sintetizador) e sinestético

(com o uso de teclado – instrumento musical) e, assim, explorar alguns EA e IM dentro de um único objeto de aprendizagem.

Tocar piano requer ao menos três inteligências: musical, para acompanhar a música e manter o tempo; cinético-corporal, para manipular os dedos e pés apropriadamente; e espacial, para determinar a relação entre as teclas e som que elas produzem. Além disso, outras inteligências, tais como interpessoal para comunicação facial e corporal com membros da banda durante uma performance, ou intrapessoal para criar personalidade relevante, e fervorosa expressão musical (SILVER, STRONG, PERINI, 2000) [tradução nossa].

O estudo de música pode aguçar a criatividade e envolver o aluno. Além disso, a instrução musical de instrumentos como teclado ou piano é normalmente uma relação um para um entre estudante e professor (na maioria dos casos, em conservatórios), o que torna o aprendizado de música interessante para verificar a eficácia de tutoria por um sistema instrucional computacional. Esta é a justificativa para abordar este assunto como validação do modelo delineado neste trabalho. O objeto de aprendizagem interativo, uma vez capaz de exercer a relação “máquina estudante”, poderá servir de referência para criação de sistemas instrucionais interativos que reduzam a distância entre professor e aluno, gerada pela quantidade de alunos em aula, bem como para ambientes de educação a distância (SILVER, STRONG, PERINI, 2000).

A interface do OAI é dividida em duas partes:

- Teclado de piano com 88 teclas;
- Notação musical em forma de partitura.

Para que o OAI possa ser distribuído para a maior quantidade de usuários possível e atender a diversidade de ambientes, considerando diferentes sistemas operacionais, computadores (PC, MAC, etc), processadores (Intel, AMD, etc), entre outros, foram utilizadas ferramentas capazes de criar programas multiplataforma. O único equipamento, além do computador necessário para utilização do OAI, é o teclado controlador MIDI, que pode dispor de conexão MIDI tradicional (disponível na maioria dos teclados) ou MIDI USB.

Existem outros sistemas educacionais de música, porém o jMusicTutor utiliza técnica de IA com base em alinhamento de sequência para realizar o acompanhamento do estudante no treinamento de leitura e execução de peças musicais.

5.3 Música Computacional e Tecnologia MIDI

A Música Computacional consiste na criação ou execução de música assistida por computador. Esse recurso é aliado a um sistema controlador, que intercepta a saída do controlador MIDI e a entrada no sintetizador.

A Figura 12 apresenta o fluxo de dados do sistema. A legenda “♩” indica instrução MIDI (*row* MIDI) e “~” indica som (forma de onda sonora).

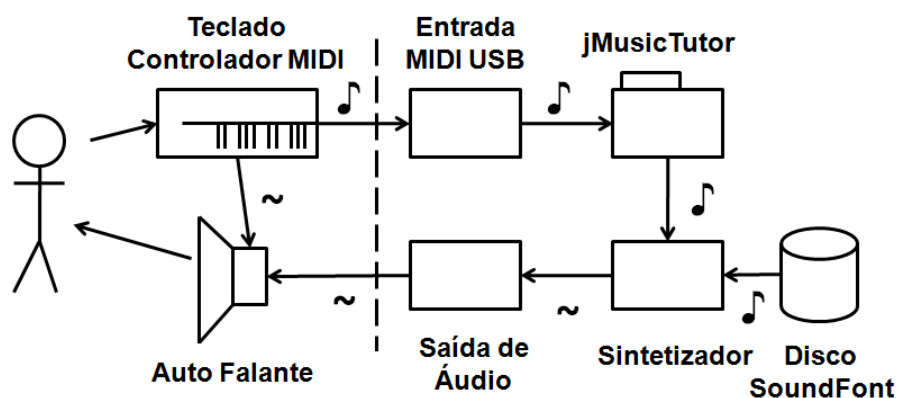


Figura 12: Fluxo de dados do OAI

O sistema tem duas saídas, uma audível (diferentes frequências) e outra visual (partitura). Também é possível utilizar a saída de áudio direta do teclado (quando disponível no controlador MIDI). O sistema monitora o comportamento do estudante, aguarda a entrada dos acordes/notas musicais no teclado, registra os dados para avaliação, compara a peça exibida e executada, exibe os resultados (Figura 13) na tela e os armazena nos arquivos de dados dos usuários.

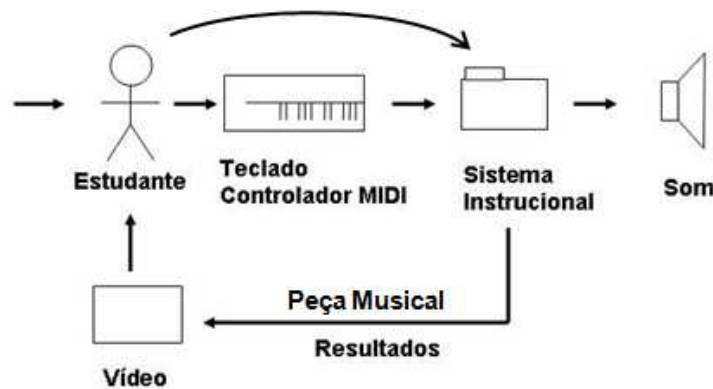


Figura 13: Modelo dinâmico do OAI

A característica interdisciplinar do OAI música permite explorar alguns EA e IM diferentes com o uso da multimídia e interatividade e, ao mesmo tempo, auxilia as aulas tradicionais de música.

5.4 Latência do Sistema Operacional e Aplicação em Tempo Real

Existem diversas definições para sistema em tempo real. Uma definição adequada para este trabalho é a habilidade do sistema operacional de prover um nível de serviço requerido em um tempo de resposta limitado conforme definido por POSIX (IEEE Standard 1003.1-1990). Define-se latência como o tempo entre a geração de um evento e sua realização (PHILLIPS, 2000).

Em aplicações interativas em tempo real, tais como um OAI de música, a latência entre o teclado controlador MIDI, conforme o fluxo de dados do sistema (apresentado na Figura 13), não pode ser perceptível ao músico ou estudante. O parâmetro do Kernel *timer frequency* (frequência do cronômetro) definido como 100Hz ou 250Hz é adequado para servidores em que não se necessita atendimento rápido a interações de usuário. Então, ajusta-se esse parâmetro para 1kHz. Assim, o sistema operacional verifica o *hardware* em intervalo menor, o que evita retenção de dados em *buffer* e espera para carga e execução no processador. Provavelmente será necessário ajustar parâmetros de outros sistemas operacionais, tais como Windows ou Mac, para reduzir a latência do sintetizador MIDI,

principalmente quando este for realizado 100% por software onde a latência é inevitável. Caso os ajustes de SO não sejam suficientes, é possível utilizar sintetizador por *hardware*, que pode ser um módulo MIDI externo ou uma placa de som dedicada (*off-board*).

A leitura da informação MIDI proveniente do controlador MIDI pode ser feita de forma assíncrona, ou seja, processada após a execução da peça musical pelo estudante, e desta forma evitar problemas de sincronia entre o computador, o dispositivo MIDI externo e o sintetizador. Este foi o recurso utilizado para garantir a utilização do sistema em ambientes diversos.

Além disto é possível utilizar a saída de áudio do próprio controlador MIDI (se disponível conforme cada modelo e fabricante), sem fazer uso do sintetizador do computador.

5.5. Acompanhamento do Estudante

Para verificar o desempenho do estudante após executar peças musicais (pós-processamento), utiliza-se um algoritmo de alinhamento de sequências (*strings*), que foi adotado por ser uma forma otimizada de comparação entre duas músicas/melodias, representadas através de sequências de caracteres. Os algoritmos de alinhamento de sequência têm origem e são aplicados em biocomputação, para realizar o alinhamento de DNA, RNA ou proteínas (HODAS, ALBERTS, 2004; GUNWARDENA, 2004). O objetivo do alinhamento é calcular a distância entre a sequência (música) exibida ao estudante e a sequência executada no piano digital. O algoritmo “Levenshtein Distance” foi adotado para calcular a diferença entre as duas sequências, por ser um recurso de programação dinâmica, que utiliza uma abordagem de baixo para cima (*bottom-up*) e dividir para conquistar (*divide and conquer*), para solucionar um problema complexo. Neste caso, o problema é dividido em pequenas partes e os resultados/cálculos são utilizados recursivamente de forma acumulativa até obter o resultado final (GVISHIANI, DOBOIS, 2002; PALEO, 2007). Este é um recurso de

Inteligência Artificial com inspiração em processo/sistemas biológicos. Define-se biocomputação como a utilização de sistemas computacionais para analisar dados genéticos e de biologia molecular (MOUNT, 2004).

O DNA (aminoácido) é o código genético presente em todas as células vivas, que é representada de forma computacional como uma sequência de caracteres. Essa molécula orgânica pode codificar proteínas. Sua estrutura assemelha-se a uma escada espiral, e os degraus contêm informações. A sequência de DNA é composta por quatro tipos de nucleotídeos diferentes (Adenina – A, Guanina – G, Citosina – C e Timina – T), que compõem um alfabeto finito (MOUNT, 2004).

A definição do algoritmo de alinhamento (GUNWARDENA, 2004), sendo $S = S_1, \dots, S_k$ um conjunto de sequências de caracteres de um alfabeto finito Φ , de comprimento l_{S_1}, \dots, l_{S_k} . Dadas duas sequências $S_i, S_j \in S$, a sequência parelha alinhada destas duas sequências representa uma função que mapeia as duas sequências S_i e S_j para a nova sequência S'_i e S'_j ambas com comprimento fixo L . A sequência S'_i e S'_j é obtida pela inserção de lacunas ou espaços entre certos elementos das sequências (representando “lacuna” e “espaço” pelos caracteres Δ e Φ).

A posição de um caractere na sequência $S_j \in S$ é representado por i descrito como $S_j[i]$. A coluna em um alinhamento A_2 é descrito como $A_2[i]$.

Dadas duas sequências alinhadas $S'_i, S'_j \in A_2$, e um índice x , $1 \leq x \leq L$, os seguintes termos (instrução/evento) são definidos:

Combina: se $S'_i[x] \in \Phi$ e $S'_i[x] = S'_j[x]$

Não Combina: se $S'_i[x], S'_j[x] \in \Phi$ e $S'_i[x] \neq S'_j[x]$

Inserir/Remove: se $S'_i[x] = \Delta$ e $S'_j[x] \in \Phi$ ou $S'_j[x] = \Delta$ e $S'_i[x] \in \Phi$

Ou seja, as duas sequências que representam a música proposta pelo sistema e o que foi executado pelo estudante (S_i, S_j) serão comparadas e alinhadas para a melhor combinação (S'_i, S'_j).

Esse ajuste é realizado inserindo espaços ou removendo caracteres das sequências e atribuindo valores conforme a combinação.

Para este trabalho, cada termo é pontuado da seguinte forma:

Combina: $\sigma(a,a)$ 0 (Zero)

Não Combina: $\sigma(a,b) = \sigma(b,a), a \neq b$ 1 (Um)

Inserir/Remove: $\sigma(a, \Delta) = \sigma(\Delta, a)$ 1 (Um)

O valor da pontuação pode ser ajustado para aplicações diferentes.

A título de exemplo, utilizando como alfabeto os quatro nucleotídeos da sequência de DNA, tem-se:

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sequência:	$S_i =$	A	G	T	A	A	A	C	T	T	A	G	C
	$S_j =$	A	A	A	A	G	A	T	T	G	A	C	C

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Alinhamento:	$S'_i =$	A	G	T	A	A	A	Δ	C	T	T	A	G	Δ	C	Δ
	$S'_j =$	A	Δ	Δ	A	A	A	G	A	T	T	Δ	G	A	C	C

Pontuação:	$\sigma =$	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1
-------------------	------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Compatibilidade: 53 %

A partitura exibida para o estudante na tela é comparada com a execução efetuada pelo estudante no piano digital. As duas sequências são convertidas para uma sequência de caracteres e a comparação feita através da técnica de alinhamento de sequências. Para cada peça, há duas sequências, uma para as notas musicais, e outra para os tempos de execução. Para verificar o tempo, é feita uma comparação simples: subtrai-se o tempo executado pelo

estudante do tempo de cada nota exibida na partitura. Quanto menor a diferença, maior a precisão na execução do tempo da nota (o tempo é sempre ≥ 0). Cada uma das 88 notas musicais do piano é considerada como um nucleotídeo, a ser nomeado conforme a posição no teclado (frequência), formando um alfabeto finito de 88 elementos, conforme Figura 14.

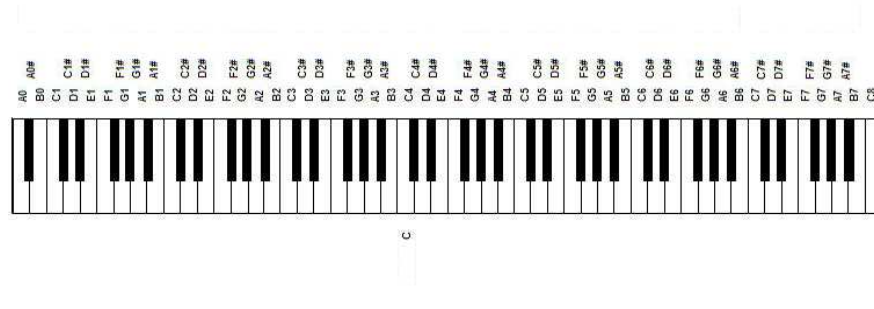


Figura 14: Identificação das notas musicais do piano

Uma pauta será representada através de uma sequência de caracteres em uma lista contendo as notas musicais. Para a pauta proposta na Figura 15 como exemplo.



Figura 15: Exemplo de partitura (notação musical)

Os dois compassos na clave de sol são descritos em uma sequência com a nota musical e o tempo de execução, da seguinte forma:

$\{\{E3, A3, E3, A3, A3\}, \{1, 1, 1, 1, 4\}\}$

Há uma sequência para a peça musical proposta e outra para a execução feita pelo estudante, que são comparadas com base no algoritmo de alinhamento de sequências.

Sequência proposta:

$\{\{E3, A3, E3, A3, A3\}, \{1, 1, 1, 1, 4\}\}$

Exemplo de sequência executada pelo estudante:

$\{\{E3, B3, E3, A3, A3\}, \{1, 1, 1, 0.5, 4\}\}$

Há dois erros na sequência do estudante, um de nota musical e outro de tempo. A comparação com algoritmo de alinhamento de sequência procede da seguinte forma:

Notas:

Proposto	E3	A3	E3	A3	A3
Valor (Pontuação)	0	1	0	0	0
Executado	E3	B3	E3	A3	A3

Tempos:

Proposto	1	1	1	1	4
Valor (Pontuação)	0	0	0	0.5	0
Executado	1	1	1	0.5	4

Os itens iguais (combinados) na comparação recebem valor zero e os itens incompatíveis recebem valor um. Quanto menor o resultado, maior o número de acertos e quanto maior o valor final, maior a quantidade de erros na execução da peça.

O exemplo abaixo mostra uma sequência, onde o aluno executou uma nota adicional e depois executou a nota correta (esperada); a sequência proposta foi deslocada adicionando uma lacuna na sequência; desta forma, a avaliação é realizada de maneira correta, ou seja, houve apenas um erro incluindo uma nota adicional, porém, este erro não afeta o restante da peça que foi executado corretamente.

Notas:

Proposto	E3	-	A3	E3	A3	A3
Valor	0	1	0	0	0	0
Executado	E3	B3	A3	E3	A3	A3

Este processo de acompanhamento do estudante é utilizado para selecionar a próxima peça a ser apresentada com nível de dificuldade apropriado, definido para testar o sistema:

- superior, se a execução tiver compatibilidade maior que 90%;
- inferior, se a execução tiver compatibilidade menor que 40%;
- equivalente a peça atual se a execução tiver compatibilidade entre 40% e 90%.

Esses parâmetros podem ser ajustados pelo orientador/professor através do LMS.

O estudante visualiza o nível de erro para as notas musicais e o tempo pela interface gráfica (Figura 16).

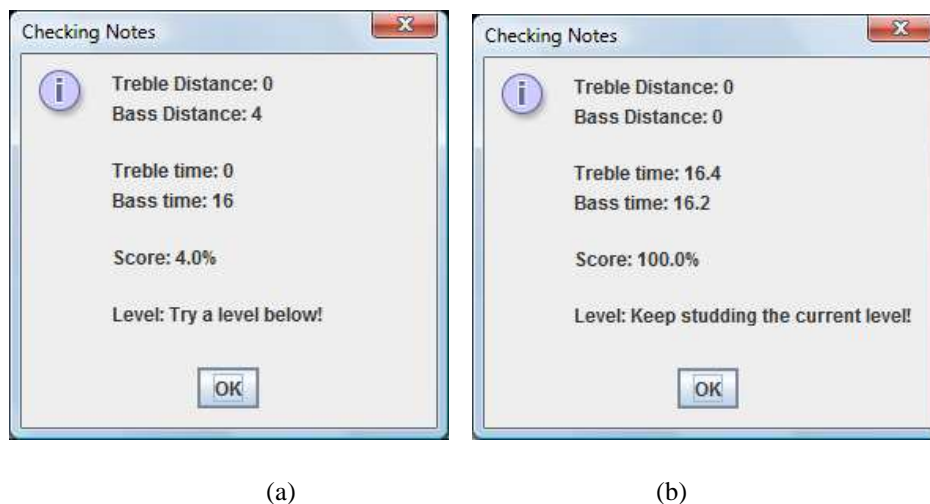


Figura 16: Exemplo do resultado de acompanhamento do estudante

O resultado de execução de uma peça musical exibe a distância entre as notas apresentadas na tela e a executada pelo estudante para clave de sol e fá (*treble* e *bass*), bem como o tempo total de cada pauta, exibe também a pontuação da execução (*score*) e o nível para o qual o estudante deve prosseguir no próximo exercício (peça musical). Na figura 16, (a) é um exemplo de uma peça onde o estudante não executou as notas na clave de fá, e o exemplo (b) é uma execução bem sucedida.

A intensidade utilizada na execução da peça musical não é utilizada no acompanhamento do estudante; apenas a nota musical (tecla correta) e o tempo são verificados.

Os dados sobre o progresso do estudante (base do estudante) no sistema são armazenados localmente em arquivo XML e podem ser sincronizados com o LMS, para que o professor possa orientar o estudante. Além disso, a base de dados com músicas (base de

conhecimento) também é armazenada localmente em arquivos XML e pode ser atualizada da mesma forma.

Os arquivos de dados do sistema são armazenados em dois subdiretórios: *users* contém os arquivos de usuário, e *songs* contém as músicas, conforme o exemplo na Tabela 7.

O arquivo de configuração fica no diretório raiz do sistema:

Tabela 7: Lista dos arquivos de dados do sistema

Arquivos do sistema	Descrição
songs/Ex1 Level2.xml	Arquivos de peças musicais
songs/Ex1 Level3.xml	
songs/Ex1 Level4.xml	
songs/Ex1 Level5.xml	
songs/Ex2 Level5.xml	
songs/Nine Symphony.xml	
songs/non-harmonic tone.xml	
songs/The Surprise G.xml	
songs/The Surprise G2.xml	
users/Ana Mora.xml	
users/Daniel Carvalho.xml	
users/Daniel.xml	
users/Jose Silva.xml	
users/Manuel Silva.xml	
users/Maria Madalena.xml	
users/Pedro.xml	
users/Zefa.xml	
jMusicTutorConfig.xml	Arquivo de configuração, parâmetros do sistema

No Apêndice C, há exemplos do conteúdo dos arquivos do sistema.

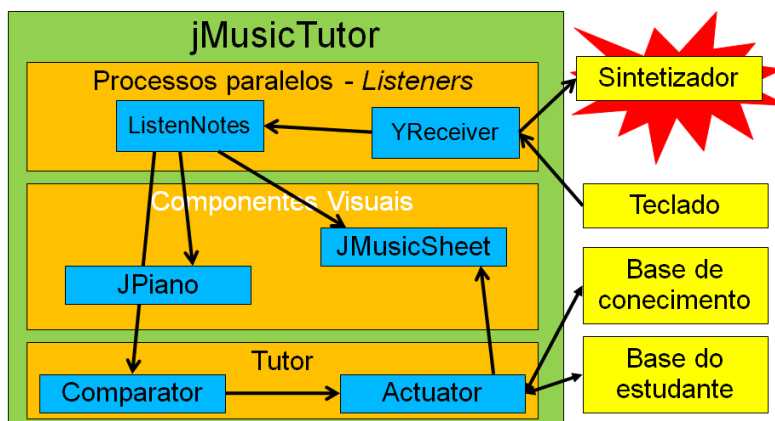


Figura 17: Arquitetura macro dos componentes do jMusicTutor

Os principais componentes do sistema são (Figura 17):

JPiano – Exibe na tela o desenho de um teclado com 88 teclas e destaca as teclas pressionadas dinamicamente (em tempo real);

JMusicSheet – Exibe partitura, a peça musical corrente;

YReceiver – Intercepta as instruções MIDI, repassa para o sintetizador (que pode ser o teclado/módulo MIDI, ou software) e concomitantemente envia as instruções MIDI para o componente ListenNotes. Este é um processo paralelo (*tread*) sem processamento interno, ou seja, para minimizar problemas de latência, as instruções MIDI são apenas repassadas para os outros componentes;

ListenNotes – Este componente é um processo paralelo (*tread*) que registra a sequência de notas musicais executadas pelo estudante;

Comparador – Compara a peça musical executada pelo estudante com a peça apresentada utilizando o algoritmo de IA “Levenshtein Distance”, é executado em pós-processamento, quando o estudante termina a execução da peça musical.

Actuator – Exibe na tela e registra na base do estudante (arquivos XML) o desempenho do estudante.

Para exibição de partitura (notação musical) na tela é utilizada uma combinação de dois recursos: Java 2D para controlar a exibição de caracteres na tela gráfica e fontes *true type* MusiQwik e MusiQwikB, que contêm os caracteres de notação musical, e são distribuídas livremente sem a necessidade de licenciamento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresenta um modelo e o desenvolvimento de um sistema – o OAI de música – que introduz uma forma interativa para o desenvolvimento de diferentes habilidades cognitivas para educação musical. O modelo, entretanto, não está limitado a uma área de conhecimento, mas pode ser aplicado de maneira geral para outros conteúdos acadêmicos.

Pretendeu-se evidenciar os fatores que viabilizam a construção de Objetos de Aprendizagem Interativos para cursos teóricos, e que podem reduzir a distância no processo ensino-aprendizagem tradicional com sistemas instrucionais.

Há disponível tecnologia adequada para criação de sistemas instrucionais; no entanto, ainda é necessário maturidade e definição de padrões e conceitos educacionais para delinear o processo de desenvolvimento das ferramentas pedagógicas que permitam a comunicação e integração entre esses sistemas, viabilizando assim a utilização de diversos recursos em um contexto educacional. Dentre as diversas ferramentas disponíveis para a criação do OA, foi utilizada a plataforma Java, por se mostrar a mais adequada tendo em vista ser portátil, acessível e por apresentar facilidades que permitem a criação de interfaces interativas e multimídia que permite aos estudantes a exploração das diversas habilidades descobertas nas novas gerações, não limitando-se apenas as habilidades linguística e lógico-matemática das aulas convencionais.

Durante o processo de pesquisa, foram realizados estudos multidisciplinares, socializados através de publicações, com objetivo de aprofundar os conhecimentos na área de educação assistida por computador, propiciando a reflexão sobre a pertinência de assistência tecnológica fundamentada na combinação entre teorias e práticas, e ampliando o conceito de OA para a interatividade experimental que consiste, enfim, nos Objetos de Aprendizagem Interativos.

É possível comprovar que a criação de sistemas instrucionais menores e simples com base no modelo do OAI é adequado e eficiente para o desenvolvimento de material didático computacional interativo, sem a necessidade de adoção integral das tecnologias mais sofisticadas como: STI, Jogos ou Simuladores, ou seja, um conjunto de OAI pode ser utilizado para criar contextos educacionais e proporcionar experimentação do conteúdo de uma disciplina teórica.

No entanto, os objetos de aprendizagem carecem de definição, protocolo e padronização. Faz-se necessário haver uma normalização dos OAs e LMSs, com o envolvimento de empresas, comunidade digital, governo, instituições de pesquisa e universidades, para definir o conceito sobre objetos de aprendizagem, o formato dos metadados, forma de empacotamento, interoperabilidade e distribuição dos OAs e LMSs. Após a adoção desta padronização, haverá interoperabilidade real, de forma a integrar recursos digitais em contextos educacionais maiores, independentemente do fabricante.

Não foi objetivo deste trabalho a avaliação do impacto do uso dos recursos instrucionais digitais junto aos estudantes. Como trabalho futuro, sugere-se uma pesquisa continuada para comparar o progresso dos estudantes que fazem uso de OAIs e os que não o fazem.

Espera-se que, no futuro, os objetos de aprendizagem interativos estejam presentes e sejam acessíveis em dispositivos móveis, fazendo uso de recursos de telecomunicação para distribuição e colaboração, da capacidade gráfica para apresentar visualização sofisticada, da capacidade de processamento, e também da interatividade, com os recursos de toques múltiplos (*multi-touch*). Esses OAIs serão associados a LMS, que monitorarão e trocarão informações, bem como supervisionarão a aprendizagem conforme o processo pedagógico adequado ao contexto educacional de cada comunidade, face à aderência a padrões e

especificações que devem delinear os OAIs. Essa integração e acessibilidade favorecerão a educação a distância e a aula tradicional, que poderá ser revista e reformulada de forma natural e evolutiva.

A efetiva integração da computação para assistir à educação, recorrendo às habilidades individuais, poderá diminuir o desinteresse do estudante por tornar mais acessível o conhecimento científico, respeitando as peculiaridades de cada indivíduo.

Outro aspecto a ser considerado, é a aplicação do próprio jMusicTutor, utilizando vários ensaios com usuários diferenciados, o que certamente contribuirá para sugestão de melhorias e avaliação do próprio sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOBE. Adobe – *Flash Player Statistics*. Disponível em: <http://www.adobe.com/products/player_census/flashplayer/>. Acesso em: 06 Mai. 2007.
- AHDELL, Rolf; ANDRESEN, Guttorm. *Games and Simulations in Workplace eLearning*. Dissertação (Mestrado) - Norwegian University of Science and Technology Department of Industrial Economics and Technology Management. Noruega. 2001. Disponível em: <<http://www.twitchspeed.com/site/references.html>>. Acesso em: 29 Abr. 2005.
- BAZZO, Walter Antonio et al. *Educação Tecnológica: Enfoque para o Ensino de Engenharia*. 2 ed. rev. e ampl. Editora da UFSC, 2008.
- BECK, Robert J. *Learning Objects*. University of Wisconsin. Center for International Education. Madison: 2007.
- BRAGA, Newton C. *Educação Tecnológica*. Mecatrônica Fácil. Ano 6 Número 34. São Paulo: Saber, 2007.
- BROWN, Andrew, R. *Computer in Music Education: Amplifying Musicality*. Queensland University of Technology Brisbane, Austrália. Routledge. 2007.
- CARVALHO, Daniel de Souza; STUMP, Sandra Maria Dotto; MUSTARO, Pollyana Notargiacomo. *Intelligent Tutoring Game: An Exciting Educational Environment to the Net Generation*. ICECE, Santos, 2007.
- CARVALHO, Daniel de Souza; STUMP, Sandra Maria Dotto; MUSTARO, Pollyana Notargiacomo. *Interactive Learning Objects to Aid Education for the Digital Generation*. WCCA, Santos, 2007b.
- CERRI, Stefano A.; GOUARDÈRES, Guy; PARAGUAÇU, Fábio. *Intelligent Tutoring Systems, 6th International Conference*. Springer-Verlag. Alemanha, 2002.
- CISCO Systems. Reusable Learning Object Authoring Guidelines: How to Build Modules, Lessons, and Topics. White Paper. 2003.
- CLOE. *Co-operative Learning Object Exchange*. Disponível em: <<http://cloe.on.ca>>. Acesso em: 09 Jun. 2007.
- CORTI, Kevin. *Games-based Learning: A serious business application*. Nova York: PIXELearning, 2006.
- DALE, Edgar. *Audio-Visual Methods in Teaching*. Holt, Rinehart, and Winston, 3 Ed. Nova York, 1969.
- DEBIK, Peter. Virtual Oscilloscope: Simulador. Disponível em: <<http://www.virtual-oscilloscope.com/simulation.html>>. Acesso em: 20 Jan. 2008.
- DIAZ, D. P.; Cartnal, R. B. *Students' learning styles in two classes: Online distance learning and equivalent on-campus*. *College Teaching* 47(4), 130-135. 1999.
- DUTRA, Renato Luís de Souza; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. *Objetos de Aprendizagem: Uma comparação entre SCORM e IMS Learning Design*. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias da Educação UFRGS, 2006.
- EHRlich, Pierro Jacques. *Pesquisa Operacional: curso introdutório*. São Paulo: Atlas, 1985.
- FELDER, Richard M. *Learning and Teaching Styles In Engineering Education*. Institute for the Study of Advanced Development. 2002.
- FILATRO, Andrea. *Design Instrucional na Prática*. São Paulo. Pearson Education do Brasil. 2008.
- GARDNER, Howard. *Frames of Mind: The Theory of Multiples Intelligences*. Nova York: Basic Books, 1997.

- GARDNER, Howard. *Multiple Intelligences – The Theory in Practice*. Nova York: Basic Books, 1993.
- GARDNER, Howard. *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century*. New York. Basic Books. 1999.
- GOETTL, Larry P. *Intelligent tutoring systems: 4th international conference*. Springer. 1998.
- GUNWARDENA, Sumedha. *Information Categorization in Biological Sequence Alignments*. Technical Report # PRG-RR-01-24. Computing Laboratory, University of Oxford. 2004.
- GVISHIANI, Alexei. DOBOIS, O. Jacques. *Artificial Intelligence and Dynamic Systems for Geophysical Applications*. Alemanha. Springer. 2002.
- HODAS, Nathan O; ALBERTS, Daniel P. *Efficient computation of optimal oligo-RNA binding*. Nucleic Acids Res. Oxford University Press. 2004.
- IBGE. *Pesquisa nacional por amostra de domicílios 2008 - V.29 - Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008.
- IEEE. IEEE 1484.12.1-2002. *Draft Standard for Learning Object Metadata*, IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC). 2002.
- JONES, Michael. *wikis4education*. Sheridan College Institute of Technology and Advanced Learning. Disponível em: <<http://wikis4education.wikispaces.com/>>. Acesso em: 06 Sep. 2008.
- KURI, Nídia Pavan. *Tipos de Personalidades e Estilos de Aprendizagem: Proposições para o Ensino de Engenharia*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2004.
- LARMAN, CRAIG. *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and the Unified Process*. Prentice Hall, 1997.
- LEIGH, Douglas. *A Brief History of Instructional Design*. Performance Improvement Global Network Chapter. Disponível em: <<http://pignc-isp.com/articles/education/brief%20history.htm>>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- LESTER, James C.; VICARI, Rosa Maria; PARAGUAÇU, Fábio. *Intelligent Tutoring Systems: 7th International Conference*. Springer-Verlag. Alemanha, 2004.
- LENHART, Amanda et al. *Teens, Video Games, and Civics*. Pew Internet & American Life Project. 2008.
- MASETTO, Marcos T.; et al. *Ensino de Engenharia: Técnicas para Otimização das Aulas*. Avercamp Editora. São Paulo. 2007.
- M-AUDIO. *ProKeys 88sx - 88-Key Lightweight Stage Piano with Semi-Weighted Action*. Disponível em: <http://www.m-audio.com/products/en_us/ProKeys88sx-main.html>. Acesso em: 21 Abr. 2007.
- MAYER, Brigit. *Game-based Learning*. SE Technology Enhanced Learning: Psychological Foundations and Current Trends. 2005.
- MCDONALD, Patrick S. *The Benefits of Chess in Education: A Collection of Studies and Papers on Chess and Education*. 2005.
- MERLOT. *Multimedia Educational Resource for Learning Online Teaching*. Disponível em: <<http://www.merlot.org>>. Acesso em: 09 Jun. 2007.
- MITCHELL, Alice; SAVILL-SMITH, Carol. *The use of computer and video games for learning. A review of the literature*. Londres: LSDA, 2004.
- MONTEIRO, Luiz H. A. *Sistemas Dinâmicos*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- MOODLE. *A Free, Open Source Course Management System for Online Learning*. Disponível em: <<http://moodle.org/>>. Acesso em: 09 Jun. 2007.

- MOUNT, David W. *Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2004.
- NAVARRO, Mairlos Parra. *Proposta de um ambiente computacional de aprendizagem de tecnologia para (alunos) adultos, baseado em teorias psico-pedagógicas*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2005.
- NETO, Silvino Joaquim Lopes et al. *Mestrado no Brasil – a situação e uma nova perspectiva*. Revista Brasileira de Pós-Graduação (CAPES), v. 2, n. 4, p. 139-144, jul. 2005.
- NORTHRUP, Pamela T. *Learning Objects for Instruction: Design and Evaluation*. InfoSci; University of West Florida, USA; 2007.
- OBLINGER, Diana G., OBLINGER, James L. *Education the Net Generation*. Princetown: Educause, 2005.
- OO-226. *Object-Oriented Analysis and Design Using UML*. Sun Microsystems Inc. 2003.
- PALFREY, John; GASSER, Urs. *Born Digital: Understanding the First Generation of Digital Natives*. Basic Books, NY, 2008.
- PALEO, Bruno Woltzenlogel. *An approximate gazetteer for GATE based on levenshtein distance*. ESSLLI. 2007.
- PHILLIPS, Dave. *Low Latency in the Linux Kernel*. O'Reilly, Linux DevCenter. 2000.
- POLSANI, Pithamber R. *Use and Abuse of Reusable Learning Objects*. Journal of Digital Information, Volume 3 Issue 4. 2003 Disponível em: <<http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v03/i04/Polsani/>>. Acesso em: 09 Jun. de 2007.
- POLSON, Martha. C; RICHARDSON, J. J. *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. New Jersey: LEA, 1988.
- PRENSKY, Marc. *Digital Game-Based Learning*. Berkeley: McGraw-Hill, 2001.
- PRIMO, Alex Fernando Teixeira; CASSOL, Marcio Borges Fortes. *Explorando o conceito de interatividade: definições e taxonomias*. Disponível na URL: <<http://www.psico.ufrgs.br/~aprimo/pb/pgie.htm>>. Acesso em: 01 Maio. 2007.
- SCHANK, Roger C. *What We Learn When We Learn by Doing*. Technical Report No. 60. Northwestern University, Institute for Learning Sciences. 1995.
- SERIOUS Game Initiative. Disponível em: <<http://www.seriousgames.org>>. Último acesso Maio de 2007.
- SILVER, Harvey F., STRONG, Richard W., PERINI, Matthew J., *So Each May Learn: Integrating Learning Styles and Multiple Intelligences*. ASCD, 2000.
- SMITH, Roger. *Game Impact Theory: The Five Forces That Are Driving the Adoption of Game Technologies within Multiple Established Industries*. Game Impact Theory. U.S. Army Simulation, Training, and Instrumentation. 2007.
- STONE, Bob. *Serious Game*. Defence Management Journal, v31. 2005.
- SUN Microsystems. Sun Developer Network. Disponível em: <<http://java.sun.com/>>. Último acesso em: 20 Nov. 2009.
- TAYLOR, Lyn. *Educational Theories and Instructional Design Models*. Their Place in Simulation. Nursing Education and Research, Southern Health. SIAA - Simulation Industry Association of Australia. Disponível em: <<http://www.siaa.asn.au/get/2396672209.pdf>>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- TAPSCOTT, Don. *Geração Digital: A Crescente e Irresistível Ascensão da Geração Net*. São Paulo: Makron Books, 1999.
- TAPSCOTT, Don. *Grown Up Digital: How the Net Generation is Changing Your World*. McGraw Hill, USA, 2009.
- WEISSTEIN, Eric W. *Elementary Cellular Automaton*. From MathWorld--A Wolfram Web Resource. Disponível em:

- <<http://mathworld.wolfram.com/ElementaryCellularAutomaton.html>>. Acesso em: 20 Jan. 2008.
- WILEY, David A. *Learning Objects Design and Sequencing Theory*. Tese (Doutorado em Psicologia Instrucional e Tecnologia) - Brigham Young University. 2000.
- WILEY, David A. *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy*. *The Instructional Use of Learning Objects*, pp. 1–35. 2001.
- WOLFRAM. *The Wolfram Demonstrations Project*. Disponível em: <<http://demonstrations.wolfram.com/>>. Acesso em: 06 Nov. 2009.

BIBLIOGRAFIA

- AACE. *Association for the Advancement of Computing in Education*. Disponível em: <<http://www.aace.org/>>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- ABRAGAMES. *Pesquisa: A Indústria de Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos no Brasil*. 2005. Disponível em: <<http://www.abragames.com.br/docs/PesquisaAbragames.pdf>>. Acesso em 30 Abr. 2006.
- ADOBE. *Flash Platform*. Disponível em: <<http://www.adobe.com/flashplatform/>>. Acesso em: 10 Nov. 2009.
- ADOBE, *Learning Object Development Center*. Disponível em: <<http://www.adobe.com/resources/elearning/objects/>>. Acesso em: 20 Fev. 2009.
- ALVES, Lynn; BRITO, Mário. *O Ambiente Moodle como Apoio ao Ensino Presencial*. 2005.
- ALOTAIBY, Fahad T.; et al. *Teacher-Driven: WEB-Based Learning System*. George Mason University. SIGITE. 2004.
- ANGELIDES, Marios C.; PAUL, Ray J. *Towards a framework for integrating intelligent tutoring systems and gaming-simulation*. 25th Winter Simulation Conference, 1993. Los Angeles. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=256563.257029>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- ARMSTRONG, Thomas. *Multiple Intelligences in the Classroom*. 3 ed. ASCD. 2009.
- ATHERTON, J. S. *Learning and Teaching: Knowles' Andragogy*. De Montfort University. 2003. Disponível em: <<http://www.dmu.ac.uk/~jamesa/learning/knowlesa.htm>>. Acesso em: 29 Abr. 2006.
- AZEVEDO, Eduardo. *Computação Gráfica – Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- AZEVEDO, Eduardo. *Desenvolvimento de Jogos 3D e Aplicações em Realidade Virtual*. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- BARG, Mike et al. *Problem-Based Learning For Foundation Computer Science Courses*. The University of Sydney, Austrália. 2000.
- BARRITT, Chuck; LEWIS, Deborah; WIESELER, Wayne. *Cisco Systems Reusable Information Object strategy*, 1999. Disponível em: <http://www.cisco.com/warp/public/779/ibs/solutions/learning/whitepapers/el_cisco_rio.pdf>. Acesso em: 10 Jan. 2008.
- BEAL. Carole R. et al. *Intelligent Modeling of the User in Interactive Entertainment*. University of Massachusetts at Amherest. 2002.
- BECH, J.; STEM, M.; HAUGSJAA, E.; Applications of AI in Education. The ACM Student Magazine, Disponível em: <<http://www.acm.org/crossroads/xrds3-1/aied.html>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- BECK, Clive. *Postmodernism, Pedagogy, and Philosophy of Education*. 1993. Ontario Institute for Studies in Education. Disponível em: <http://www.ed.uiuc.edu/COE/EPS/PESYearbook/93_docs/BECK.HTM>. Acesso em: 29 Abr. 2006.
- BEKER, Ryan S. J. et al. *Adaptin to When Students Game an Intelligent Tutoring System*. Disponível em: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/19/01/77/PDF/Baker_2006.pdf>. Acesso em: 10 Feb. 2009.
- BEKER, Ryan Shaun. *Designing Intelligent Tutors That Adapt to When Students Game the System*. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) - Carnegie Mellon University. 2005.

- BOGOD, Liz. *An Explanation of Learning Styles and Multiple Intelligences (MI)*. LD Pride. Disponível em: <<http://www.ldpride.net/learningstyles.MI.htm>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- BOLZAN, Willian; GIRAFFA, Maria Martins. *Estudo comparativo sobre Sistemas Tutores Inteligentes Multiagentes WEB*. PUC RS. 2002.
- BORGES, Inez Augusto. *Confessionalidade e Construção Ética na Universidade*. São Paulo. Editora Mackenzie. 2008.
- BOURAS, Christos; Dziabenko, Olga; et al. *Game-Based Learning Using WEB Technologies*. University of Petras, Grécia, 2003.
- BOVESPA. *Investidor - Programa Educacional - Simulado FolhaInvest*. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br/Investidor/Educacional/Folhainvest.asp>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- BUCKINGHAM, David. *Crescer na Era das Mídias Eletrônicas*. Edições Loyola. 2007.
- BUDNY, Dan. *Helping Freshman Engineering Student Deal with Failure*. ICECE. Brasil. 2007.
- BURD, Leo. *Desenvolvimento de software para atividades educacionais*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. 1999.
- CARVALHO, Daniel de Souza. *2D Splitting Substitution Systems with 4 Neighbors*. A New Kind of Science: NKS Conference 2007. Disponível em: <<http://www.wolframscience.com/conference/2007/presentations/>>. Acesso em: 09 Ago. 2007.
- CARVALHO, Marcelo Nunes de. *Inteligência Artificial para Jogos de Tabuleiro*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. 2004.
- CERVO, Amado Luiz; BREVIAN, Pedro Alcino. *Metodologia Científica para Uso dos Estudantes Universitários*. 2 Ed, São Paulo. McGraw-Hill. 1978.
- CHEN, Chang Wen. *Learning through Multimedia Interaction*. Media Review. Florida Institute of Technology. 2006.
- CHOMSKY, Noam. *Democracy and Education*. Mellon Lecture, Loyola University. Chicago, 1994.
- CISCO Systems. *Reusable Learning Object Strategy: Designing and Developing Learning Objects for Multiple Learning Approaches*. White Paper. Disponível em: <http://www.e-novalia.com/materiales/RLOW__07_03.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2008.
- CONVERTINI, Vito Nicola et al. *The OSEL Taxonomy for the Classification of Learning Objects*. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects. Vol 2. 2006.
- CRAWFORD, Cris. *The Art Of Computer Game Design*. Berkeley: Osborne/McGraw-Hill, 1984.
- CROOKALL, David. *Simulation & Gaming: An Interdisciplinary Journal of Theory, Practice and Research*. v. 31, n. 1, mar. 2000. Disponível em: <<http://www.unice.fr/sg/>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- DEUBEL, Patricia. *Game on! Now educators can translate their students' love of video games into the use of a valuable, multifaceted learning tool*. (Game-Based Learning). Technological Horizons In Education, 2006.
- DEWEY, John. *Democracy and Education*. Macmillan, Nova York, 1916.
- DIAS, Paulo. *Desenvolvimento de objectos de aprendizagem para plataformas colaborativas*. Universidade do Minho. VII Congresso Iberoamericano de Informática Educativa. México, 2004.
- DOEPKE, Matthias; et al. *The Baby Boom and World War II: The Role of Labor Market Experience*. EUA, Agosto. 2005.

- EMERICK, Chas. *Levenshtein Distance Algorithm: Java Implementation*. Disponível em: <<http://www.merriampark.com/ldjava.htm>>. Acesso em: 1 Nov. 2009.
- ERICSON, Emily. *Computer and Video Games as Learning Tools in the Classroom*. 2005. Iowa State University Human Computer Interaction Technical Report ISU-HCI-2005-07. Disponível em <<http://www.hci.iastate.edu/TRS/>>. Acesso em: 29 Abr. 2005.
- FELDER, Richard M.; SOLOMAN, Barbara A. *Learning Styles and Strategies*. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/styles.htm> > Acesso em: 1 Mai. 2007.
- FLAVELL, J. H. *A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget*. São Paulo: Pioneira, 1975.
- FOWLER, Martin. *UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language*. Addison-Wesley. 1980.
- FREEDMAN, Reva. *What is an Intelligent Tutoring System*. Northern Illinois University. International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2000.
- FRIGO, Luciana Bolan; POZZEBON, Eliane; BITTENCOURT, Guilherme. *O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes*. WCETE. 2004.
- GAME RESEARCH. *Statistics*. Disponível em: <<http://www.gameresearch.com/statistics.asp>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- GARDNER, Howard. *Multiple Intelligences After Twenty Years*. Chicago: American Educational Research Association, 2003.
- GAVIRA, Muriel de Oliveira. *Simulação Computacional como Uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- GEE, James Paul. *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy*. Oalgrave Macmillan. 2003.
- GÓMEZ-MARTÍN, M. A.; et al. *Game-Driven Intelligent Tutoring Systems*. International Federation for Information Processing. 2004.
- GRANDECKI, Joe. *Kit de Programação da Realidade Virtual*. São Paulo: Berkeley, 1995.
- GUTH, Sarah. *Wikis in Education: Is Public Better?*. International Symposium on Wikis. Montréal, Québec, Canada. 2007.
- HALL, Neil. *Developing an Intelligent Tutoring System*. University of Wollongong. EdTech. 1990.
- HECKERMAN, David. *A Tutorial of Learning With Bayesian Networks*. Microsoft Research Technical Report. 1996.
- HOFFMAN, Bob. *The Encyclopedia of Educational Technology*. San Diego State University. Disponível em: <<http://coe.sdsu.edu/eet/>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- IMS. *IMS Global Learning Consortium*. Disponível em: <<http://www.imsproject.org/>>. Acesso em: 10 Fev. 2009.
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Censo da Educação Superior de 2007*. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/imprensa/noticias/censo/superior/news09_01.htm>. Acesso em: 10 Fev. 2009.
- IWAI, Takashi. *Audio Latency on Linux Kernel*. SUSE Labs Conference, Gernamy. 2003.
- JAFARI, Ali. *Conceptualizing Intelligent Agents for Teaching and Learning*. 2002. Educause Quarterly Magazine. Volume 25, Number 3. Disponível em: <<http://www.educause.edu/ir/library/pdf/eqm0235.pdf>>. Acesso em: 29 Abr. 2006.
- JAMES. K. H.; HUMPHREY, G. K.; VILIS, T.; et al. *"Active" and "passive" learning of threedimensional object structure within an immersive virtual reality environment*. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers. 2002.

- JEHAN, Tristan. *Creating Music by Listening*. Tese (Doutorado em "Media Arts and Sciences") Massachusetts Institute of Technology. 2005.
- JOHNSON, Steven. *Supremacia: A Televisão e o Video Game nos Tornam mais Inteligentes*. Rio de Janeiro: Elsevier. 2005.
- JONES, Ray. *Designing Adaptable Learning Resources with Learning Object Patterns*. Journal of Digital Information, Texas, v. 6, n. 1. 2004.
- JUNG, C. G.; HULL, R. F. C. *Psychological Types*. London: Routledge. 1991.
- KHAN, Masood Mehmood. *Implementing an intelligent tutoring system for adventure learning*. The Electronic Library, 2002. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/Insight/viewContentItem.do?contentType=Article&contentId=1506472>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- KING III, James L. *A method for piano study: Book 1*. Learning the Code. 2003.
- KINSHUK, M. et al. *Human Teacher in Intelligent Tutoring System: A Forgotten Entity!*. ICALT. 2001.
- KINSHUK, M. *Does Intelligent Tutoring have future!*. ICCE. Massey University, New Zealand. 2002. <http://www.massey.ac.nz/~icce/>
- KOOHANG, A. et al. *Structure of Storyboard for Interactive learning Objects Development*. Learning Objects and Instructional Design. Informing Science. 2006.
- KOSTER, R.; *A Theory of fun for Game Design*. Paraglyph Press. 2005.
- LAMOTHE, Andre et al. *Tricks of the Game-Programming Gurus*. Indianapolis: SAMS Publishing, 1994.
- LIMA, Alexandre de Jesus Bellandi. *Objeto de Aprendizagem para Ensinar Animação em Flash*. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências da Computação) - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2006.
- LUSTOSA, Volney Gadelha; ALVARENGA, Rogério. *O Estado da Arte em Inteligência Artificial*. Revista Digital da CVA vol.2 n. 8. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2004.
- MARTIN, J.; et al. *Student assessment using Bayesian nets*. International Journal of Human-Computer Studies. 1995.
- MAEDA, John. *The Laws of Simplicity*. MIT. 2007.
- MANOUSAKIS, Stelios. *Musical L-Systems*. Dissertação (Mestrado em Estudo do Som) – The Royal Conservatory, The Hague. 2006.
- MATOS, Hamilton de; MUSTARO, Pollyana Notargiacomo; SILVEIRA, Ismar Frango. *MILO – A Proposal of Multiple Intelligences Learning Objects*. Informing Science and Information Technology, v. 4. 2007.
- MILLS, Sandy. *Learning about Learning Objects with Learning Objects*. AliveTek, Inc. AACE - Association for the Advancement of Computing in Education. Disponível em: <http://alivetek.com/learningobjects/site_paper.htm>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- MIT OpenCourseWare. *Free Online Course Materials*. Disponível em: <<http://ocw.mit.edu>>. Acesso em: 20, Fev. 2009.
- MOEDA, Vinícius de Araújo et al. *Desenvolvimento de objetos de aprendizagem para o ensino à distância de geoprocessamento*. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005.
- MOGHARREBAN, Namdar; GUGGENHEIM, Dave. *Learning Pod: A New Paradigm for Reusability of Learning Objects*. Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects. Vol. 4. Southern Illinois University, Carbondale, IL, EUA. 2008.
- NOJOSA, U. et al. *O design contemporâneo: o futuro das novas mídias, game e narrativas digitais*. Editora Nojosa. 2006.

- MUNGAI, D.; JONES, D.; WONG, L. *Games to Teach By*. Proceedings of the 18th Annual Conference on Distance Teaching and Learning. Madison. 2002.
- MUSTARO, Pollyana Notargiacomo *et al.* *Structure of Storyboard for Development of Interactive Learning Objects*. Learning Objects and Instructional Design, Informing Science, 2006.
- NIELSEN, Simon Egenfeldt. *Understanding the educational potential of commercial computer games through activity and narratives*. Disponível em: <http://www.game-research.com/art_narratives_education.asp>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- National Science Board. *Science and Engineering Indicators 2008*. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/statistics/seind08/>>. Acesso em: 10 Fev. 2009.
- OLPC. *One Laptop per Child*. Disponível em: <<http://laptop.org/>>. Acesso em: 10 Mai. 2007.
- ONG, James; RAMACHANDRAN, Sowmya. *Intelligent Tutoring Systems: Using AI to Improve Training Performance and ROI*. Stottler Henke Associates, Inc. 2003.
- PARTRIDGE, Allen. *Creating Casual Games for Profit and Fun*. Charles River Media, Boston, Massachusetts, EUA. 2007.
- PEDROSA, Anderson Marcelo. *Objetos de Aprendizagem para Apoio ao Ensino de Casos de Uso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006.
- PERUCIA, A. S et al. *Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos Teoria e Prática*. São Paulo: Novatec, 2005.
- PETITAT, André. *Produção da Escola / Produção da Sociedade: Análise Socio-Histórica de Alguns Momentos Decisivos da Evolução Escolar no Ocidente*. Editora Artes Médicas Sul, RS, 1994.
- PFISTERER, Matthias; BOMERS, Florian. *Java Sound Resources*. 2005. Disponível em: <<http://www.jsresources.org/>>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- PIAGET, J. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- PINTO, Danilo Pereira et al. *Educação em Engenharia: Metodologia*. Editora Mackenzie. São Paulo. 2002.
- PIMENTEL, Edson Pinheiro. *Um Modelo para Avaliação e Acompanhamento Contínuo do Nível de Aquisição de Conhecimentos do Aprendiz*. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Computação) - Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 2006.
- PMBOK. *A guide to the project management body of knowledge*. Pennsylvania: Project Management Institute, 2000.
- PROCESSING. *Processing 1.0*. Disponível em: <<http://processing.org>>. Acesso em: 20. Nov. 2009.
- RALSTON, Anthony. *Let's Abolish Pencil-and-Paper Arithmetic*. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching. Imperial College, London. Disponível em: <<http://www.doc.ic.ac.uk/~ar9/abolpub.htm>>. Acesso em: 10 Fev. 2009.
- RESNICK, Mitchel. *Rethinking Learning in the Digital Age*. Massachusetts Institute of Technology. Capítulo 3. 2002.
- RHEM, James *et al.* *Problem-Based Learning: An Introduction*. The National Teaching & Learning Forum. v1. n1. 1998.
- RHODES, Glen. *Desenvolvimento de Games com Macromedia Flash Professional 8*. Cengage Learning. 2008.
- RICH, Elaine; KNIGHT, Kevin. *Inteligência Artificial*. São Paulo: Makron Books, 1993.

- ROOSENDAAL, T.; WARTMANN, C.; *The Official Belnder GameKit: Interactive 3D for Artists*. No Starch Press. 2003.
- RUSSELL, Stuart J.; et al. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice-Hall. 1995.
- SANTOS, Davi Trindade dos et al. *Desenvolvimento de Aplicativos para Ensino à Distância através da TV Digital*. FEEC – UNICAMP. SIBGRAPI: Campinas, 2005.
- SANTOS, Emanuele Marques dos; et al. *Ensino de Matemática em Ambientes de Realidade Virtual*. Faculdade Lourenço Filho, Ceará. 2002.
- SCHONER, Vivian et al. *Learning Objects in Use: 'Lite' Assessment for Field Studies*. MERLOT Journal of Online Learning and Teaching. V. 1, No 1. 2005.
- SCHUYTEMA, Paul. *Design de Games: Uma Abordagem Prática*. Cengage Learning. 2008.
- SCORM 2004 Overview. *Advanced Distributed Learning*. 2nd edition, 2004. Disponível em: <<http://www.adlnet.org>>. Acesso em 20 jun. 2005.
- SANTALLY, Mohammad Issack. *A Learning Object Approach to Personalized Web-based Instruction*. Learning Technologies University of Mauritius, Mauritius. EURODL. 2005. Disponível em: <<http://www.eurodl.org/materials/contrib/2005/Santally.htm>>. Vistado em: 10 Jan. 2008.
- SCOTT, Kendall. *The Unified Process Explained*. Pearson Education. 2002.
- SHARP, Julie E. *Learning styles and technical communication: improving communication and teamwork skills*. Department of Chemical Engineering. Vanderbilt University. Nashville, 1998.
- SIEMER, Julika; ANGELIDES, Marios C. *Embedding an intelligent tutoring system in a business gaming-simulation environment*. 26th Winter Simulation Conference, Orlando. 1994. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=193201.194914>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- SIEMER, Julika; ANGELIDES, Marios C. *Evaluating intelligent tutoring with gaming-simulations*. 27th Winter Simulation Conference. Arlington. 1995. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=224823&dl=GUIDE&coll=GUIDE>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.
- SILVER, Harvey F., STRONG, Richard W., PERINI, Matthew J., *Integrating Learning Styles and Multiple Intelligences*. Educational Leadership, 1997.
- SIWEK, Stephen E. *Video Games in the 21st Century*. Entertainment Software Association. 2007.
- SKINNER, B. F. *Science and Human Behavior*. The B.F. Skinner Foundation. Harvard University. Massachusetts. Pearson Education. 2005.
- STEINKUEHLER, Constance; DUNCAN, Sean. *Scientific Habits of Mind in Virtual Worlds*. Department of Curriculum & Instruction, University of Wisconsin, Madison, WI, EUA 2008.
- SUEBNUKARN, S.; HADDAWY, P.; *A Collaborative Intelligent Tutoring System for Medical Problem-Based Learning*. 2004.
- SUN Microsystems. *Java™ Sound Programmer Guide*. Disponível em: <http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/guide/sound/programmer_guide/contents.html>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- SUN Microsystems. *Trail: Sound (The Java Tutorials)*. Sun Developer Network. Disponível em: <<http://java.sun.com/docs/books/tutorial/sound/index.html>>. Acesso em: 20 Jul. 2008b.
- SUN Microsystems. *Java Sound API: Soundbanks*. Sun Developer Network. Disponível em: <<http://java.sun.com/products/java-media/sound/soundbanks.html>>. Acesso em: 20 Jul. 2008c.

- SURMANI, Andrew; SURMANI, K. F.; MANUS, Morty. *Alfred's Essential of Music Theory a Complete Self-Study Course for all Musicians*. Alfred Publishing. CA, USA. 2004.
- TEACH for America. *Teach for America*. Disponível em: <<http://www.teachforamerica.org>>. Acesso em 20 jan. 2008.
- TECFA. *Edutech Wiki*. TECFA - Technologies de Formation et Apprentissage. University of Geneva. Disponível em: <<http://edutechwiki.unige.ch>>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- TELEDUC. *Ensino à Distância*. Disponível em: <<http://www.teleduc.org.br/>>. Acesso em: 20 Jul. 2008.
- TORI, Roberto *et al.* *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. VIII Symposium on Virtual Reality. 2006.
- VENABLES, Anne; TAN, Grace. *Thinking and Behaving Scientifically in Computer Science: When Failure is an Option!*. Journal of Information Technology Education. Vol. 5, 2006.
- VYGOTSKY, L. S. *Mind in Society*. Harvard University Press. Cambridge, MA, 1978.
- WARDRIP-FRUIN, Noah *et al.* *First Person: new media as story, performance, and game*. MIT Press. 2004.
- WARDRIP-FRUIN, Noah. *Playable Media and Textual Instruments*. Dichtung-Digital. 2005.
- WESCH, Michael. *A Vision of Students Today*. Kansas State University. 2007. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=dGCJ46vyR9o>>. Acesso em: 20 Sep. 2008.
- WHATKINS, C. D.; SHARP, Larry. *Programando em 3 Dimensões*. Rio de Janeiro: Berkeley, 1992.
- WODASKI, Ron. *Virtual Reality Madness! 1996*. Indianapolis: SAMS Publishing, 1995.
- WOOLF, B.; SHAPIRO, S. *et al.* *AI in Education*. Encyclopedia of Artificial Intelligence. John Wiley & Sons Inc. New York. 1992.
- WRIGHT, Will *et al.* *The New World of Games*. Special Issue, p. 108-149. Wired, 2006.
- ZYDA, Michael. *Does the future of modeling and simulation have a game face?*. Winter Simulation Conference, 2004. Disponível em: <<http://www.wintersim.org/prog04.htm>>. Acesso em: 30 Abr. 2006.

APÊNDICE A – DOCUMENTO DE VISÃO E ESCOPO DE SISTEMA

Nome do Sistema: jMusicTutor

Descrição: Objeto de Aprendizagem Interativo: para instrução de música, instrumento piano/teclado

Autor: Daniel de Souza Carvalho

Data: 10 de Março de 2007

Versão: Inicial (Alpha 1)

Empresa/Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Data de início do projeto: Março de 2008

Data esperada de finalização do projeto: Dezembro de 2009

Objetivos

Exemplificar teoria (modelo) delineada sobre OAI

Principais Funcionalidades (visão macro)

Cadastro de usuário

Execução de instruções MIDI em tempo real a partir do teclado/piano externo

Apresentação de partitura em tela

Comunicação com LMS

Acompanhamento do estudante por alinhamento de sequência (IA)

Requerimentos não funcionais

Deve conter metadados para OA padrão IEEE.

Deve ser encapsulado conforme padrão SCORM.

Interfaces

MIDI

Arquivos XML/ZIP

Comunicação HTTP – WEBDAV com LMS

LMS

Envia situação do estudante para o LMS

Recebe atualização de novas lições (peças musicais) do LMS

Atualiza parâmetros do sistema a partir do LMS

Envia status do estudante para LMS

Riscos

1. A latência na execução do som em tempo real pode inviabilizar a utilização do sistema

Solução:

Utilizar placa de som *off-board* ou módulo midi externo

Evitar sintetizador 100% software

Trabalhar em modo assíncrono

2. O sistema faz acessos de baixo nível, é possível que o encapsulamento no padrão SCORM não permita execução adequada do sistema.

Solução:

Distribuir o sistema em modo cliente-servidor, para instalação no equipamento local do cliente, fora do padrão SCORM.

Limitações e exclusões

Trata-se de um objeto de aprendizagem interativo, versão preliminar (alpha)

Envolvidos (*Stakeholders*)

Programa de Mestrado em Engenharia Elétrica da UPM

Ambiente Operacional

Multiplataforma – Sistema desenvolvido 100% em Java.

Requer Java *Runtime Environment*.

Requer fontes MusiQwik e MusiQwikB *true type* instaladas.

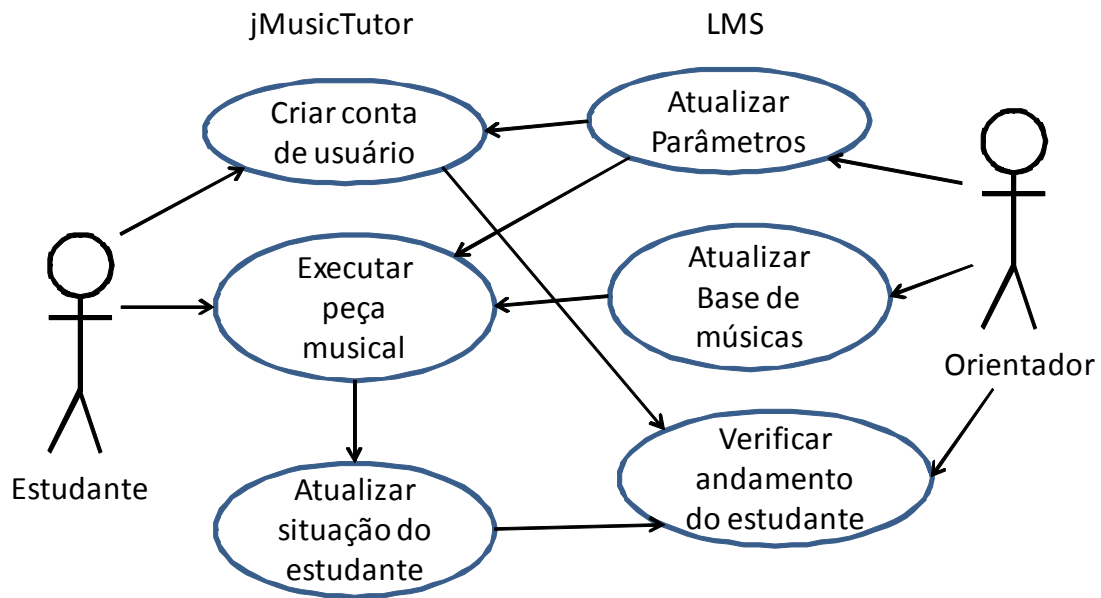
Pré-requisitos para execução

Piano ou Teclado com interface MIDI conectada ao computador

Módulo MIDI externo ou placa *off-board* dedicada (Opcional)

APÊNDICE B – CASOS DE USO

Diagrama de Casos de Uso:



APÊNDICE C – ARQUIVOS DE DADOS DO SISTEMA

Os três tipos de arquivos de dados do jMusicTutor são exemplificados conforme segue:

Arquivo: users/Daniel Carvalho.xml

Tipo: Arquivo XML

Descrição: Contêm informações sobre os usuários do sistema e informações sobre as peças musicais executadas.

Exemplo:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<user>
<name>Daniel Carvalho</name>
<level>1</level>
<exercices>
<song>
  <name>Nine Symphony</name>
  <score>98</score>
  <trebledistance>1</trebledistance>
  <bassdistance>0</bassdistance>
  <trebletime>15.0</trebletime>
  <basstime>16.0</basstime>
  <date>18/12/02009 01:26:06</date></song>
</song>
</exercices>
</user>
```

Arquivo: songs/Non-harmonic tones.xml

Tipo: Arquivo XML

Descrição: Contêm uma peça musical e suas características, tal como nível de dificuldade.

Exemplo:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<music>
<head>
  <system>jMusicTutour</system>
  <file>Non-harmonic tones</file>
  <description>jMusicTutour song for study</description>
</head>
<song>
  <score>1</score>
  <title>Non-harmonic tones</title>
  <author>Exercise</author>
  <timing>
    <beatsbymeasure>4</beatsbymeasure>
    <beatnote>4</beatnote>
  </timing>
  <notes>
    <treble>
      <beat sequence="1"><set><note>f4</note><time>1</time></set></beat>
      <beat sequence="2"><set><note>e4</note><time>1</time></set></beat>
      <beat sequence="3"><set><note>f4</note><time>2</time></set></beat>
      <beat sequence="4"><set><note>c5</note><time>1</time></set></beat>
      <beat sequence="5"><set><note>d5</note><time>1</time></set></beat>
      <beat sequence="6"><set><note>c5</note><time>2</time></set></beat>
    </treble>
    <bass>
      <beat sequence="1"><set><note>c4</note><time>4</time></set>
        <set><note>a3</note><time>4</time></set>
        <set><note>f3</note><time>4</time></set></beat>
      <beat sequence="2"><set><note>g3</note><time>4</time></set>
        <set><note>e3</note><time>4</time></set>
        <set><note>c3</note><time>4</time></set></beat>
    </bass>
  </notes>
</song>
</music>
```

Arquivo: jMusicTutorConfig.xml

Tipo: Arquivo XML

Descrição: Contêm as configurações, parâmetros do sistema, e o mapeamento de caracteres para a fonte musical MusiQwik.

Exemplo:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<config>
<head>
    <system>jMusicTutour</system>
    <file>config</file>
    <description>jMusicTutour configuration file</description>
</head>
<parameters>
<textfont>Arial</textfont>
<notefont>MusiQwik</notefont>
<textfontsize>14</textfontsize>
<notefontsize>40</notefontsize>
<backgroundcolor>White</backgroundcolor>
<notefontcolor>Black</notefontcolor>
<notehighlightcolor>Green</notehighlightcolor>
<bordersize>20</bordersize>
<notespacing>50</notespacing>
<scapecharacter>@</scapecharacter>
<staffverticaldistance>40</staffverticaldistance>
<levelupgrade>90</levelupgrade>
<leveldowngrade>40</leveldowngrade>
<songdefault>Nine Symphony</songdefault>
</parameters>
<stafftreble>
<A3 keynumber="37"><whole>p</whole><half>`</half><quarter>P</quarter><eighth>@</eighth></A3>
<A3b keynumber="38"><whole>Đà</whole><half>Đà</half><quarter>Đà</quarter><eighth>Đà</eighth></A3b>
<B3 keynumber="39"><whole>q</whole><half>a</half><quarter>Q</quarter><eighth>A</eighth></B3>
<C4 keynumber="40"><whole>r</whole><half>b</half><quarter>R</quarter><eighth>B</eighth></C4>
<C4b keynumber="41"><whole>Ôâ</whole><half>Ôâ</half><quarter>Ôâ</quarter><eighth>Ôâ</eighth></C4b>
<D4 keynumber="42"><whole>s</whole><half>c</half><quarter>S</quarter><eighth>C</eighth></D4>
<D4b keynumber="43"><whole>Ôã</whole><half>Ôã</half><quarter>Ôã</quarter><eighth>Ôã</eighth></D4b>
<E4 keynumber="44"><whole>t</whole><half>d</half><quarter>T</quarter><eighth>D</eighth></E4>
<F4 keynumber="45"><whole>u</whole><half>e</half><quarter>U</quarter><eighth>E</eighth></F4>
<F4b keynumber="46"><whole>Ôä</whole><half>Ôä</half><quarter>Ôä</quarter><eighth>Ôä</eighth></F4b>
<G4 keynumber="47"><whole>v</whole><half>f</half><quarter>V</quarter><eighth>F</eighth></G4>
<G4b keynumber="48"><whole>Ôæ</whole><half>Ôæ</half><quarter>Ôæ</quarter><eighth>Ôæ</eighth></G4b>
<A4 keynumber="49"><whole>w</whole><half>g</half><quarter>W</quarter><eighth>G</eighth></A4>
<A4b keynumber="50"><whole>xç</whole><half>xç</half><quarter>xç</quarter><eighth>xç</eighth></A4b>
<B4 keynumber="51"><whole>x</whole><half>h</half><quarter>X</quarter><eighth>H</eighth></B4>
```

<C5 keynumber="52"><whole>y</whole><half>i</half><quarter>Y</quarter><eighth>l</eighth></C5>
 <C5b keynumber="53"><whole>Û</whole><half>Û</half><quarter>Û</quarter><eighth>Û</eighth></C5b>
 <D5 keynumber="54"><whole>z</whole><half>j</half><quarter>Z</quarter><eighth>J</eighth></D5>
 <D5b keynumber="55"><whole>Û</whole><half>Û</half><quarter>Û</quarter><eighth>Û</eighth></D5b>
 <E5 keynumber="56"><whole>{</whole><half>k</half><quarter>[</quarter><eighth>K</eighth></E5>
 <F5 keynumber="57"><whole>|</whole><half>l</half><quarter>|</quarter><eighth>L</eighth></F5>
 <F5b keynumber="58"><whole>Û</whole><half>Û</half><quarter>Û</quarter><eighth>Û</eighth></F5b>
 <G5 keynumber="59"><whole>}</whole><half>m</half><quarter>]</quarter><eighth>L</eighth></G5>
 <G5b keynumber="60"><whole>ÿ</whole><half>ÿ</half><quarter>ÿ</quarter><eighth>ÿ</eighth></G5b>
 <A5 keynumber="61"><whole>~</whole><half>n</half><quarter>^</quarter><eighth>N</eighth></A5>
 <A5b keynumber="62"><whole>ÿ</whole><half>ÿ</half><quarter>ÿ</quarter><eighth>ÿ</eighth></A5b>
 </stafftreble>
 <staffbass>
 <C2 keynumber="16"><whole>p</whole><half>`</half><quarter>P</quarter><eighth>@</eighth></C2>
 <C2b keynumber="17"><whole>Đ</whole><half>Đ</half><quarter>Đ</quarter><eighth>Đ</eighth></C2b>
 <D2 keynumber="18"><whole>q</whole><half>a</half><quarter>Q</quarter><eighth>A</eighth></D2>
 <D2b keynumber="19"><whole>Ń</whole><half>Ń</half><quarter>Ń</quarter><eighth>Ń</eighth></D2b>
 <E2 keynumber="20"><whole>r</whole><half>b</half><quarter>R</quarter><eighth>B</eighth></E2>
 <F2 keynumber="21"><whole>s</whole><half>c</half><quarter>S</quarter><eighth>C</eighth></F2>
 <F2b keynumber="22"><whole>Ō</whole><half>Ō</half><quarter>Ō</quarter><eighth>Ō</eighth></F2b>
 <G2 keynumber="23"><whole>t</whole><half>d</half><quarter>T</quarter><eighth>D</eighth></G2>
 <G2b keynumber="24"><whole>Ŏ</whole><half>Ŏ</half><quarter>Ŏ</quarter><eighth>Ŏ</eighth></G2b>
 <A2 keynumber="25"><whole>u</whole><half>e</half><quarter>U</quarter><eighth>E</eighth></A2>
 <A2b keynumber="26"><whole>Ŏ</whole><half>Ŏ</half><quarter>Ŏ</quarter><eighth>Ŏ</eighth></A2b>
 <B2 keynumber="27"><whole>v</whole><half>f</half><quarter>V</quarter><eighth>F</eighth></B2>
 <C3 keynumber="28"><whole>w</whole><half>g</half><quarter>W</quarter><eighth>G</eighth></C3>
 <C3b keynumber="29"><whole>xç</whole><half>xç</half><quarter>xç</quarter><eighth>xç</eighth></C3b>
 <D3 keynumber="30"><whole>x</whole><half>h</half><quarter>X</quarter><eighth>H</eighth></D3>
 <D3b keynumber="31"><whole>Ø</whole><half>Ø</half><quarter>Ø</quarter><eighth>Ø</eighth></D3b>
 <E3 keynumber="32"><whole>y</whole><half>i</half><quarter>Y</quarter><eighth>l</eighth></E3>
 <F3 keynumber="33"><whole>z</whole><half>j</half><quarter>Z</quarter><eighth>J</eighth></F3>
 <F3b keynumber="34"><whole>Û</whole><half>Û</half><quarter>Û</quarter><eighth>Û</eighth></F3b>
 <G3 keynumber="35"><whole>{</whole><half>k</half><quarter>[</quarter><eighth>K</eighth></G3>
 <G3b keynumber="36"><whole>Û</whole><half>Û</half><quarter>Û</quarter><eighth>Û</eighth></G3b>
 <A3 keynumber="37"><whole>|</whole><half>l</half><quarter>|</quarter><eighth>L</eighth></A3>
 <A3b keynumber="38"><whole>Û</whole><half>Û</half><quarter>Û</quarter><eighth>Û</eighth></A3b>
 <B3 keynumber="39"><whole>}</whole><half>m</half><quarter>]</quarter><eighth>L</eighth></B3>
 <C4 keynumber="40"><whole>~</whole><half>n</half><quarter>^</quarter><eighth>N</eighth></C4>
 <C4b keynumber="41"><whole>ÿ</whole><half>ÿ</half><quarter>ÿ</quarter><eighth>ÿ</eighth></C4b>
 </staffbass>
 <signs>
 <restwhole><</restwhole> <!-- < -->
 <resthalf>;</resthalf>
 <restquarter>:</restquarter>
 <resteighth>9</resteighth>
 <restsixteenth>8</restsixteenth>
 <staffbegin>'</staffbegin>
 <staffend>!</staffend>


```
<staffempt>=</staffempt>
<clefebass>̄</clefebass>
<clefetreble>&amp;</clefetreble> <!-- & -->
<repeatleft></repeatleft>
<repeatright></repeatright>
<clefefinal>.</clefefinal>
<timesig4>0</timesig4>
<timesig22>1</timesig22>
<timesig24>2</timesig24>
<timesig34>3</timesig34>
<timesig44>4</timesig44>
<timesig32>5</timesig32>
<timesig68>6</timesig68>
<timesigc2>7</timesigc2>
<staffbarline>!</staffbarline>
</signs>
</config>
```