

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

**Conceitos e Tecnologias para
Educação Musical Baseada na Web**

por

LUCIANO VARGAS FLORES

Dissertação submetida a avaliação,
como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação

Prof. Marcelo Soares Pimenta
Orientador

Profa. Rosa Maria Vicari
Co-orientadora

Porto Alegre, fevereiro de 2002.

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Flores, Luciano Vargas

Conceitos e tecnologias para educação musical baseada na Web / por Luciano Vargas Flores. - Porto Alegre : PPGC da UFRGS, 2002.

79 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR-RS, 2002. Orientador: Pimenta, Marcelo S.; Co-orientadora: Vicari, Rosa M.

1. Informática na educação. 2. Interação Humano-Computador. 3. Sistemas de educação musical na Web. I. Pimenta, Marcelo S. II. Vicari, Rosa M. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitora: Profa. Wrana Maria Panizzi

Pró-Reitor de Ensino: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Pró-Reitor Adjunto de Pós-Graduação: Prof. Jaime Evaldo Fensterseifer

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Coordenador do PPGC: Prof. Carlos Alberto Heuser

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao CNPq e ao PPGC por me concederem a bolsa de mestrado que tornou possível a realização deste trabalho.

Também agradeço a toda a minha família: meu pai Feliciano, minha mãe Terezinha, minha “mana” Letícia e em especial à minha esposa Marcia e à Michellinha, por me amarem e apoiarem durante esta minha carreira acadêmica, que prossegue após mais esta etapa.

Por fim, agradeço ao meu caro Eloi e aos demais colegas de pesquisa do LC&M pelas idéias que geramos juntos, aos meus queridos orientadores Marcelo e Rosa por acreditarem nestas idéias, e a todos os avaliadores, anônimos ou não, que contribuem para a validação das materializações destas idéias.

Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic.
- Sir Arthur C. Clarke

Sumário

Lista de Abreviaturas.....	7
Lista de Figuras.....	8
Lista de Tabelas.....	9
Resumo	10
Abstract	11
1 Introdução	12
1.1 Objetivos.....	14
1.2 Estrutura da dissertação	15
2 Educação musical via Web: uma visão panorâmica	16
2.1 Conceitos pertinentes a Interação Humano-Computador	23
2.1.1 Usabilidade e software educacional.....	23
2.1.2 Método de desenvolvimento e avaliação de IUs educacionais.....	24
2.1.3 Interface musical com o usuário	26
2.2 Conceitos pertinentes a Educação Musical.....	28
2.3 Conceitos pertinentes ao emprego da multimídia	29
2.4 Tecnologias Web para música.....	30
2.4.1 Representação da informação sonora/musical.....	31
2.4.2 “Plug-ins”	34
2.4.3 “Streaming”	34
2.4.4 Integração multimídia	35
2.4.5 Colaboração musical em tempo real: o Rocket Network.....	36
3 Sistemas de educação musical na Web.....	38
3.1 Princípios e requisitos para sistemas de educação musical na Web	38
3.2 Especificação de sistemas de educação musical na Web	40
3.3 Projeto e construção de sistemas de educação musical na Web.....	44
4 Estudo de caso: o sistema INTERVALOS	48
4.1 Requisitos do sistema INTERVALOS	49
4.2 Modelagem do sistema INTERVALOS	52
4.2.1 Modelo de objetos.....	52
4.2.2 Modelo de hiperobjetos.....	54
4.2.3 Modelo navegacional	55
4.2.4 Modelo de interface	58
4.3 Implementação do sistema INTERVALOS	61
4.4 Avaliação do sistema INTERVALOS	64
4.4.1 Métodos.....	64
4.4.2 Discussão dos resultados.....	66
5 Conclusão.....	69

5.1 Contribuições.....	69
5.2 Limitações.....	71
5.3 Trabalhos futuros.....	71
Bibliografia.....	73

Lista de Abreviaturas

API	Application-Program Interface
ASP	Active Server Pages
CGI	Common Gateway Interface
CODEC	Codificador/Decodificador
DLL	Dynamic-Link Library
EADI	Ensino a Distância via Internet
EMBAP	Escola de Música e Belas Artes do Paraná
FTP	File Transfer Protocol
HMT	Hypermedia Modeling Technique
HTML	HyperText Markup Language
IHC	Interação Humano-Computador
IU	Interface com o Usuário
JDK	Java Development Kit
JMF	Java Media Framework
JVM	Java Virtual Machine
LC&M	Laboratório de Computação & Música da UFRGS
MB	Mega Bytes
MEPSCM	Método de Ensino de Programação Sônica de Computadores para Músicos
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
OMT	Object Modeling Technique
OSESP	Orquestra Sinfônica do Estado de São Paulo
PBS	Public Broadcasting Service
PCU	Projeto Centrado no Usuário
RAM	Random Access Memory
SETMUS	Sistema Especialista para Teoria Musical
SMIL	Synchronized Multimedia Integration Language
STI	Sistema para Treinamento de Intervalos
STR	Sistema de Treinamento Rítmico
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
(T)EC(L)A	(Técnica), Execução, Composição, (Literatura), Apreciação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
WWW	World Wide Web
XML	EXtensible Markup Language

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 -Piano virtual do PBS executando no Internet Explorer [PUB 2001].	18
FIGURA 2.2 -O “site” Creating Music, de Morton Subotnick, oferece seis atividades educativo-musicais “online” [SUB 2001].	19
FIGURA 2.3 -A atividade “Rhythm Band” implementa a composição rítmica usando Shockwave e QuickTime [SUB 2001].	19
FIGURA 2.4 -Página do “site” da Orquestra Sinfônica de Dallas, oferecendo atividades educativo-musicais “online”, relacionadas com o tema da orquestra [DAL 2001].	20
FIGURA 2.5 -Uma das atividades que o “Kidzone!” do “site” da Orquestra Filarmônica de Nova Iorque oferece é a de conhecer os instrumentos que são tocados na orquestra [NEW 2001].	21
FIGURA 2.6 -Ciclo de vida de PCU modificado [WIN 2000].	25
FIGURA 2.7 -Número de problemas de IU encontrados nas avaliações heurísticas [WIN 98].	27
FIGURA 2.8 -Arquivos MOD e RMF são executados tocando-se a mesma amostra de timbre nas frequências correspondentes a cada nota.	33
FIGURA 2.9 -A arquitetura distribuída do Rocket Network [RES 99].	37
FIGURA 3.1 -Caixa de diálogo oferecendo a apreciação de melodia iniciando com o intervalo de 2.a maior, acessada a partir do módulo Assimilação de Intervalos do STI para Windows [FLO 2000a].	39
FIGURA 4.1 -Detalhe do sistema INTERVALOS mostrando que um intervalo é a distância entre duas notas musicais.	49
FIGURA 4.2 -Tela do módulo Teoria dos Intervalos do STI para Windows.	51
FIGURA 4.3 -Modelo de objetos do sistema INTERVALOS.	52
FIGURA 4.4 -Modelo de hiperobjetos do sistema INTERVALOS.	54
FIGURA 4.5 -Pontos de entrada no sistema INTERVALOS.	57
FIGURA 4.6 -Diagrama de navegação no sistema INTERVALOS.	57
FIGURA 4.7 -"Layout" das telas do sistema INTERVALOS.	58
FIGURA 4.8 -Maquete das telas do sistema INTERVALOS.	59
FIGURA 4.9 -Caixa de diálogo para a seleção do intervalo a consultar.	60
FIGURA 4.10 - O sistema INTERVALOS embutido em uma página HTML.	62
FIGURA 4.11 -Página de esclarecimentos e "download" do "plug-in" Neuron para o sistema INTERVALOS.	63
FIGURA 4.12 - Problemas em comum encontrados nos três testes de usabilidade do primeiro protótipo do sistema INTERVALOS.	66

Lista de Tabelas

TABELA 3.1 - Algumas das melodias para fixação dos intervalos usadas no STI para Macintosh.	44
TABELA 3.2 - Comparação entre tecnologias de programação sonora de páginas WWW visando a aplicação em educação musical [FLO 2000b].....	46
TABELA 4.1 - Tabela de associações entre classes do sistema INTERVALOS.	56
TABELA 4.2 - Escala de severidade de problemas de usabilidade.	65

Resumo

O presente trabalho insere-se no contexto das pesquisas realizadas no Laboratório de Computação & Música do Instituto de Informática da UFRGS. Com ele pretendemos *fundamentar e investigar possibilidades em educação musical através da World Wide Web* (WWW ou, simplesmente, Web).

Para isso, em um primeiro momento, investigamos *como* desenvolver *adequadamente* sistemas educativo-musicais para a Web. Queremos aproveitar uma das principais vantagens que a Web oferece para a educação: a de *facilitar a disponibilização e o acesso ao conteúdo educativo*. Especificamente nesta área do conhecimento - Música -, é rara a pesquisa visando utilizar a Web como suporte. A Internet continua impondo sérias limitações ao emprego de multimídia e ainda mais quando seus dados representam informações sonoras e musicais. Devido a isso, os poucos estudos existentes optam ou por uma simplificação exagerada do sistema ou por soluções proprietárias muito complicadas, que podem reduzir a facilidade de acesso do público-alvo. Assim, no presente trabalho procuramos encontrar um meio-termo: uma solução de compromisso entre a *funcionalidade* que se espera de tais sistemas, a sua *operacionalidade* e a *simplicidade* que a Internet ainda impõe.

Para atingir esse objetivo, nos concentramos em *promover a interatividade entre o aluno e um ambiente de aprendizado distribuído para o domínio musical*. Buscamos fundamentar essa interatividade a partir de:

- a) *conceitos* pertinentes a uma interação de boa qualidade para propósitos de ensino/aprendizagem; e
- b) adoção de *tecnologias* da Web para música que permitam a implementação adequada desses conceitos.

Portanto este trabalho é eminentemente interdisciplinar, envolvendo principalmente estudos das áreas de Interação Humano-Computador, Educação Musical e Multimídia.

Após essa fase inicial de fundamentação, investigamos uma solução possível para esse problema na forma de um protótipo de um *sistema educativo-musical na Web*, tendo em vista os seguintes requisitos:

- Ser *fácil de programar*, mas suficiente para satisfazer os requisitos de sistemas musicais.
- Ser *acessível, útil e usável* pelos seus usuários (notadamente alunos e educadores musicais).

Esse protótipo - INTERVALOS, que visa auxiliar o ensino/aprendizagem da teoria de intervalos, arpejos e escalas musicais - é uma ferramenta que pode ser integrada a um ambiente mais completo de educação musical na Web, incluindo as demais tecnologias da Internet necessárias para implementar Ensino a Distância de música nesse meio. INTERVALOS foi submetido a *avaliações de usabilidade* e *avaliações pedagógicas*, por meio das quais pretendemos validar o grau de adequação da fundamentação teórica (conceitos) e tecnológica (tecnologias) para educação musical baseada na Web.

Palavras-chave: Informática na Educação, Desenvolvimento de Sistemas para Educação Musical, Educação Musical, Interação Humano-Computador, Multimídia, World Wide Web, Sonorização em Páginas Web.

TITLE: “CONCEPTS AND TECHNOLOGIES FOR WEB-BASED MUSIC EDUCATION”.

Abstract

This work is part of the research done at the Federal University of Rio Grande do Sul’s Computer Music Lab. With it we intend *to build a background and to investigate possibilities in Web-based music education.*

To accomplish this, in a first moment, we did explore *how to properly* develop music education systems for the Web. We want to make use of one of the main advantages the Web offers to education: the one of *making it easy both to publish and to retrieve educational content.* Specifically at this knowledge field - Music -, we couldn’t find much research done aiming the use of the Web as support. The Internet still imposes tight limits to multimedia use and even more when its data represents music and sound information. As a consequence, the few researches we’ve found choose either to highly simplify the system or to employ very complex proprietary solutions, which could reduce the end-user ease of access. So, for the present work we chose to look for a balance between such systems expected *functionality*, their *operationality* and the *simplicity* that the Internet still demands.

To meet it, we focused at *promoting interactivity between the student and a distributed learning environment for the musical domain.* We meant to build a background for this interactivity based upon:

- a) *concepts* regarding high-quality interaction for teaching/learning purposes; and
- b) the choice for Web *technologies* for music that allow a proper implementation of such concepts.

Therefore this work is essentially interdisciplinary, comprising mainly the research done in the Human-Computer Interaction, Music Education and Multimedia fields.

After this initial founding stage, we investigated a possible solution for this problem as a *Web-based music education system* prototype, aiming to fulfill the following requirements:

- To be *easy to program*, but enough to meet music systems requirements.
- To be *accessible, useful and usable* by its users (clearly students and music educators).

This prototype - “INTERVALOS” (INTERVALS), that aims helping the musical intervals, arpeggios and scales theory teaching/learning - is a tool that may be integrated into a more complete Web-based music education environment, including further technologies needed to implement Distance Learning of music in this medium. INTERVALOS was submitted to *usability and pedagogical evaluations*, by means of which we intend to validate the fitness level of the theoretical (concepts) and technological (technologies) background for Web-based music education.

Keywords: Computers in Education, Music Education Systems Engineering, Music Education, Human-Computer Interaction, Multimedia, World Wide Web, Web Sound Programming.

1 Introdução

A busca por novas metodologias de ensino/aprendizagem tem resultado no crescimento da utilização de programas de computador na educação e, conseqüentemente, promovido as pesquisas em desenvolvimento de software educacional. Isso pode ser observado pelo surgimento dos laboratórios equipados com microcomputadores multimídia nas escolas e pelo aumento do número de programas educativos desenvolvidos para esse fim.

Na educação *musical* isso não é diferente: a tecnologia tem se tornando importante também neste domínio do conhecimento. Neste sentido, destaca-se o amparo da lei brasileira ao uso do computador na música, justificando a intensificação das pesquisas sobre criação, uso e avaliação de software musical. Segundo as Diretrizes Gerais do MEC para a Área de Música, elaboradas em 1997 e aprovadas em 1999, a tecnologia deve estar presente em todas as sub-áreas de formação de recursos humanos, como educação musical, composição e execução. Assim, precisam ser criados programas condizentes com os interesses e necessidades do sistema educacional brasileiro (ensino fundamental e ensino específico) também nesta área do conhecimento. A necessidade de investimento na solução deste problema, no Brasil, torna-se evidente à medida em que a produção de software de educação musical neste país é recente e tem sido, em muitos casos, realizada sem um adequado embasamento nas pesquisas das áreas envolvidas. Tendo em vista tais considerações, as pesquisas no Laboratório de Computação & Música do Instituto de Informática da UFRGS (LC&M), com a participação deste autor, vêm continuamente buscando fundamentação para os sistemas de ensino/aprendizagem de música a que dão origem desde 1992. Tais sistemas são propostas de ferramentas bem fundamentadas e de baixo custo que podem beneficiar escolas, alunos, educadores e a comunidade em geral [ver FLO 2000a, FRI 95, FRI 96, FRI 98, WUL 2001, ZUC 97].

O presente trabalho insere-se no contexto das pesquisas realizadas no LC&M. Com ele pretendemos *fundamentar e investigar possibilidades em educação musical através da World Wide Web* (WWW ou, simplesmente, Web). Aqui citamos Gamez: “Alguns métodos específicos que a escola utilizava como meios de fomentar a aprendizagem, tornam-se obsoletos a partir da crescente difusão das novas tecnologias de informação. Assim, como preconizava o ensino tradicional, ao invés de memorizar a informação, os estudantes devem ser ensinados a ir ao encontro dessas informações. Neste âmbito, a *Internet, os ambientes hipermedia, o ensino assistido por computador, entre outros*, abrem um leque enorme de possibilidades para que os alunos de hoje possam adquirir e trocar conhecimentos” [GAM 98, grifo do próprio].

Com “fundamentar e investigar possibilidades” quisemos expressar: (1) *o que é possível* realizar em termos de educação musical via Web, que recursos ou características da Web podemos explorar nesse sentido; e (2) *como é possível* realizar isso, que fundamentos/conceitos devemos seguir, que tecnologias da Web existem para esse fim e quais delas devem ser empregadas - e como - para uma adequada implementação desses conceitos.

Após a fase inicial de fundamentação, investigamos uma solução possível para esse problema, em especial para o item 2 do parágrafo acima (“como realizar”), na forma de um protótipo de um *sistema educativo-musical na Web*, tendo em vista os seguintes requisitos:

- Ser *fácil de programar*, mas suficiente para satisfazer os requisitos de sistemas musicais. Isso porque existe a real necessidade, por parte de professores de música possivelmente leigos na Ciência da Computação, de implementarem suas próprias concepções de educação musical usando a Informática como ferramenta (conforme veremos no início da Seção 3.2). Assim, queríamos experimentar uma solução simples, que pudesse representar uma alternativa para essas pessoas, mas que não comprometesse os requisitos desses sistemas.
- Ser *acessível, útil e usável* tanto por seus desenvolvedores como pelos seus usuários finais (notadamente alunos e educadores musicais).

Cabe salientar que nossa investigação não foi conduzida objetivando especificamente o Ensino a Distância via Internet (EADI). O foco deste trabalho limitou-se à questão da *disponibilização de conteúdo educativo-musical na Web* de forma adequada. Mára Lúcia Fernandes Carneiro afirma que o “sucesso na EAD é atingido quando se promove a interatividade entre professor e aluno, entre aluno e ambiente de aprendizado, e entre os próprios estudantes” [CAR 2000]. Este trabalho, portanto, se limita à segunda forma citada. Buscamos aqui *promover a interatividade entre o aluno e um ambiente de aprendizado distribuído para o domínio musical*. Isto se deu através da pesquisa por *tecnologias da Web* para música que permitam a implementação adequada de *conceitos* pertinentes a uma interação de boa qualidade para propósitos de ensino/aprendizagem.

De posse dos resultados do presente estudo, bastará integrar um sistema de educação musical para a Web, fundamentado do mesmo modo que o nosso, com as demais tecnologias da Internet necessárias para implementar EADI:

- Serviços de comunicação e trabalho cooperativo/colaborativo: diálogo remoto (“chat”), fóruns/listas/grupos de discussão, “News Groups”, teleconferência, correio eletrônico, FTP.
- Serviços de integração com Bancos de Dados: autenticação de acesso, criação e manutenção de grupos, armazenamento do desempenho dos alunos.

Acreditamos que tais tecnologias independem do domínio do conteúdo educativo, não requerendo nenhuma investigação mais aprofundada quando esse domínio for a Música, mas apenas a consulta à extensa produção bibliográfica de grupos de pesquisa bem mais especializados nesse tópico que o nosso [ver p.ex. CAR 2000, FIS 2000, GRA 2000, LAW 97, OLJ 2000, PIL 96, SOU 2001, VIC 99].

Pretendemos mostrar nesta dissertação que a *disponibilização de conteúdo educativo na Web*, esta sim, é um problema dependente do domínio do conteúdo e, neste caso, a ser estudado com maior atenção pelo fato de o domínio tratado aqui ser a Música. Por “disponibilização de conteúdo na Web” entendemos a publicação de

conteúdo na Internet a ser apresentado, e com o qual se possa interagir, na janela de programas navegadores para a Web (“Web browsers”).

É nossa convicção que ainda existe a necessidade de se pesquisar mais a fundo as diversas alternativas para uma educação musical baseada em sistemas na Internet, mais especificamente na World Wide Web. É necessário buscar soluções que contemplem, ao mesmo tempo, a *facilidade de acesso e uso* dos sistemas pelos seus usuários e a *disponibilidade de recursos e facilidades de programação* para os seus desenvolvedores. Portanto, essa pesquisa precisa tentar alcançar um equilíbrio entre:

- a) a *funcionalidade* que se espera de tais sistemas, relacionada com a disponibilidade de recursos de programação;
- b) a sua *operacionalidade*, relativa à facilidade de acesso e uso; e
- c) a *simplicidade* que a Internet ainda impõe, com suas limitações ao emprego de multimídia.

Apesar das limitações, a Internet já é considerada “um meio viável para atividades musicais, mesmo utilizando-se as tecnologias existentes” [KON 98, p.69]. Por isso acreditamos que os objetivos deste trabalho puderam ser satisfatoriamente alcançados, pois no seu decorrer unimos:

- a) cuidados relativos aos *requisitos dos sistemas musicais* em geral [FLO 2000c, FLO 2001a] e, em especial, relativos aos requisitos dos sistemas musicais na Internet [FLO 2000b, KON 98];
- b) cuidados relativos à *usabilidade de sistemas multimídia* [NEM 98] e, mais especificamente, à usabilidade de sistemas educacionais [GAM 98, VAL 2000a, VAL 2000b, WIN 2000] e à usabilidade de sistemas na Web [WIN 99];
- c) pesquisa quanto aos usos da *Internet na educação* [CAR 2000, FIS 2000, GRA 2000, LAW 97, OLJ 2000, PIL 96, SOU 2001, VIC 99];
- d) pesquisa pelas diversas *alternativas tecnológicas* [FLO 2000b] e
- e) a *experiência interdisciplinar do grupo de pesquisa* nas áreas envolvidas (Informática, Música e Educação) [KRU 99, KRU 2000].

1.1 Objetivos

Com base nesta introdução, destacamos aqui os objetivos específicos deste trabalho:

- a) Fundamentar e investigar *possibilidades em educação musical através da World Wide Web*, a partir de estudos e testes com as diferentes *tecnologias* da Web para música e da busca por *conceitos* que possam guiar sua adequada aplicação objetivando uma interação de boa qualidade para propósitos de ensino/aprendizagem;

- b) Investigar uma solução possível para esse problema, na forma de um protótipo de um *sistema educativo-musical na Web* fácil de programar, que atenda a requisitos de sistemas musicais, acessível, útil e usável; e
- c) Realizar estudos de caso com o protótipo criado, envolvendo *avaliações de usabilidade* e *avaliações pedagógicas*, de modo a validar o grau de adequação da fundamentação teórica (conceitos) e tecnológica (tecnologias) para a adequada disponibilização de conteúdo educativo-musical na Web.

1.2 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada como segue:

No Capítulo 2 caracterizamos o problema da educação musical via Web, apresentamos algumas justificativas para a investigação da sua solução e, em seguida, os conceitos que buscamos nas áreas de Interação Humano-Computador, Educação Musical e Multimídia e que consideramos os principais para fundamentar a solução que investigamos. Também apresentamos um resumo de nosso Trabalho Individual relativo às tecnologias da Web para música [FLO 2000b]. A fundamentação que buscamos tanto em conceitos como em tecnologias, apresentada nesse capítulo, auxilia na caracterização do problema da educação musical baseada na Web.

No Capítulo 3 passamos a sugerir como a fundamentação teórica e tecnológica pesquisada pode ser aplicada nas diversas fases do desenvolvimento de sistemas educativo-musicais baseados na Web.

No Capítulo 4 descrevemos o estudo de caso do desenvolvimento do sistema INTERVALOS para a Web. São descritos sua análise, projeto, implementação e avaliação, fazendo referências à aplicação prática da fundamentação descrita nos capítulos anteriores.

Finalmente, no Capítulo 5 apresentamos as conclusões de nosso trabalho e sugestões para trabalhos futuros e, na seqüência, as referências bibliográficas deste texto.

2 Educação musical via Web: uma visão panorâmica

O advento da World Wide Web representou o surgimento de um novo e poderoso meio de *disponibilização e acesso a informação* em escala mundial, e a sua crescente popularização nas últimas décadas deve-se em muito a essa sua característica. Essa foi, também, a principal vantagem que buscamos ao propor a *Web como suporte para ambientes de educação musical*. O grupo de pesquisa do LC&M estava encontrando dificuldades em tornar seus sistemas de educação musical disponíveis ao público-alvo, ao mesmo tempo em que havia a intenção de iniciarmos investigações quanto aos possíveis usos dos recursos da Internet na educação musical. Concluímos que uma das principais vantagens da Internet para a educação, a de *facilitar o acesso ao conteúdo educativo*, poderia atender aos objetivos desse laboratório relativos à publicação do software aqui produzido. Como complemento, a pesquisa desta solução acabaria sendo um adequado ponto de partida para as investigações pretendidas quanto às aplicações da Internet na educação musical.

Consideramos as principais vantagens que a Web traz para a disponibilização de informação/conteúdo educativo como sendo as seguintes:

- Recursos multimídia permitem disponibilização numa forma mais rica e integrada em um único ambiente;
- Tecnologias como CGI, ASP, Java, JavaScript e outras permitem uma maior interatividade com o conteúdo disponibilizado, além da integração com Bancos de Dados;
- Fácil integração com outros serviços da Internet (FTP, Telnet, “newsgroups”, correio eletrônico, etc.) potencializam o acesso e a circulação da informação, inclusive em grupos cooperativos, fomentando uma comunidade virtual;
- Familiaridade com os programas navegadores (“browsers”) permite acesso ao conteúdo mesmo por usuários leigos;
- Possibilidade de acesso a partir de diferentes plataformas (independência de plataforma);
- Flexibilidade de horário de acesso (informação disponível 24 horas por dia) e
- Custo reduzido para acesso e/ou geração do conteúdo.

Todas essas vantagens contribuem, em nossa opinião, para que a Web seja um meio que permite a disponibilização/acesso a conteúdos educativos de forma mais *rápida, acessível e completa* se comparada a outros meios de transferência de conhecimento.

Em se tratando aqui do desenvolvimento de sistemas de educação *musical* já é pressuposto o emprego de recursos multimídia, pois será necessário o uso de meios sonoros. Mas uma aplicação desse tipo possui ainda exigências específicas de áudio em relação a outras pelo domínio de que trata, principalmente exigências de temporização e sincronização [FLO 2000c, FLO 2001a, KON 98] (veremos um exemplo na Seção 3.2). Aplicações musicais em geral “necessitam ainda combinar a interface visual com a

interface musical, ou seja, produzir sons condizentes com as imagens e recursos visuais” [FRI 96, p.46].

Para o atendimento a requisitos do que denominamos uma *interface musical* (explicada melhor na Sub-seção 2.1.3), portanto, projetistas devem trabalhar em conjunto com consultores em música visando a apresentação correta da *informação musical*, através do cuidado adequado com os seguintes pontos:

- *Produção/geração de sons* (notas musicais) com qualidade pelo hardware do sistema projetado, considerando ainda a possibilidade de oferecer ao usuário o controle de aspectos do som como timbre, amplitude (“volume”) e frequência (que poderá refletir nas alturas das notas, no tom das músicas e/ou na duração das notas/andamento das músicas);
- *Edição e manipulação de signos musicais*, ou seja, a representação visual da informação musical (pautas, claves, notas, cifras, etc.) e
- *Controle da emissão de sons* (ritmo, temporização, sincronização com elementos visuais, etc.).

Esses cuidados se tornam bastante importantes em se tratando de sistemas a serem utilizados via *programas navegadores para a Web*, já que a Internet continua impondo sérias limitações ao emprego da multimídia e ainda mais quando seus dados representam informações sonoras e musicais. Isso porque aplicações musicais apresentam exigências de largura de banda e temporização muito mais rígidas do que outros tipos de aplicação multimídia [KON 98, p.70]. Em consequência, os poucos estudos existentes optam ou por uma simplificação exagerada do sistema ou por soluções proprietárias muito complexas, que podem reduzir a facilidade de acesso do público-alvo e a construção de sistemas similares. Esse último é o caso do MHITS - Musical Harmony Intelligent Tutoring System [CAM 2000], que utiliza um “daemon” Java para conectar o “applet” cliente a uma base de conhecimento PROLOG via TCP/IP, de modo a cumprir seus objetivos de tutor inteligente remoto. A construção de sua base de conhecimento com classes de objetos musicais é interessante, assim como o funcionamento do sistema. Porém sua programação é complexa, o que motiva a busca por soluções mais fáceis de implementar, que acreditamos ser possível.

Uma solução bastante simplificada, mas que achamos útil se integrada com o ensino presencial, é a aplicação “QUAL É A MÚSICA ?”, elaborada pela professora Ângela Inês Tesche para o “site” do Colégio João XXIII (Porto Alegre - RS) [TES 2001]. Consiste numa atividade de apreciação e técnica musicais (veremos a classificação das atividades musicais na Seção 2.2) para o nível de Educação Infantil (pré-escolar) desse colégio, onde o aluno escuta uma melodia e deve selecionar o “link” com o nome da música entre os vários apresentados. A solução dessa professora é bastante criativa pois, usando as tecnologias mais simples para música na Web - somente MIDI e HTML (veremos na Seção 2.4) - conseguiu obter um resultado interessante do ponto de vista prático. O único inconveniente desse tipo de solução é ter a funcionalidade muito limitada. Não é possível explorar níveis mais altos de interatividade ao construir sistemas apenas com essa tecnologia. Entretanto essa alternativa pode ser útil no desenvolvimento de partes de um ambiente integrado mais completo para educação musical.

Na procura por ambientes de educação musical na Web encontramos muito poucos. Apesar de “a maior contribuição do computador à educação musical ocorrer quando surge a Internet”, “ainda falta uma melhor organização dentro da rede” [GOH 2001]. Encontramos, sim, vários *sistemas*. Mas a grande maioria desvinculados do contexto de um *ambiente*. Aparecem isolados, como por exemplo os que achamos nos “sites” de atividades educativas do Public Broadcasting Service [PUB 2001] e no CREATING MUSIC [SUB 2001]. O primeiro oferece algumas atividades simples mas desconectadas entre si, como a do piano virtual (Figura 2.1). Um mérito dessa aplicação é implementar a atividade de execução, ainda pouco explorada em software educativo-musical.

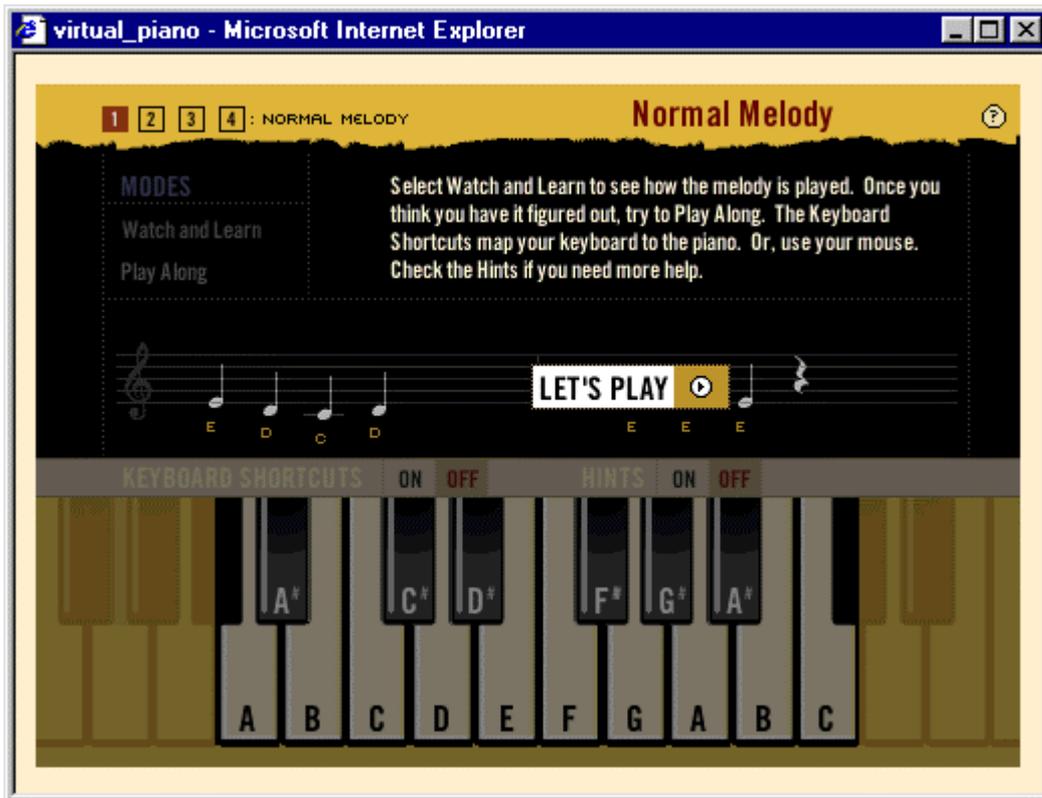


FIGURA 2.1 - Piano virtual do PBS executando no Internet Explorer [PUB 2001].

O CREATING MUSIC apresenta atividades mais criativas, porém também desvinculadas entre si (Figura 2.2). Uma delas implementa a atividade de composição rítmica (Figura 2.3), usando as soluções tecnológicas Shockwave e QuickTime (ver Sub-seção 2.4.4).



FIGURA 2.2 - O “site” Creating Music, de Morton Subotnick, oferece seis atividades educativo-musicais “online” [SUB 2001].



FIGURA 2.3 - A atividade “Rhythm Band” implementa a composição rítmica usando Shockwave e QuickTime [SUB 2001].

Sistemas que apresentam uma certa consistência na forma de ambientes foram encontrados nos “sites” das orquestras norte-americanas de Dallas e Nova Iorque [DAL 2001, NEW 2001]. Esses “sites” oferecem conjuntos de atividades educativas, geralmente para crianças, relacionadas ao tema “orquestra sinfônica”: conhecer/ouvir os instrumentos da orquestra, conhecer a história dos músicos que a compõem, conhecer as obras que tocam e a história de seus compositores (Figura 2.4 e Figura 2.5). Esse modelo está sendo seguido aqui no Brasil na elaboração da Extensão Comunitária ao “site” da OSESP - Orquestra Sinfônica do Estado de São Paulo [ORQ 2001] - incluindo atividades educativo-musicais “online”, mas poderia ser seguido em “sites” de outras instituições e organizações de Música (só o encontramos em orquestras), apresentando conjuntos de atividades integradas em um ambiente coerente e vinculadas ao contexto da organização.

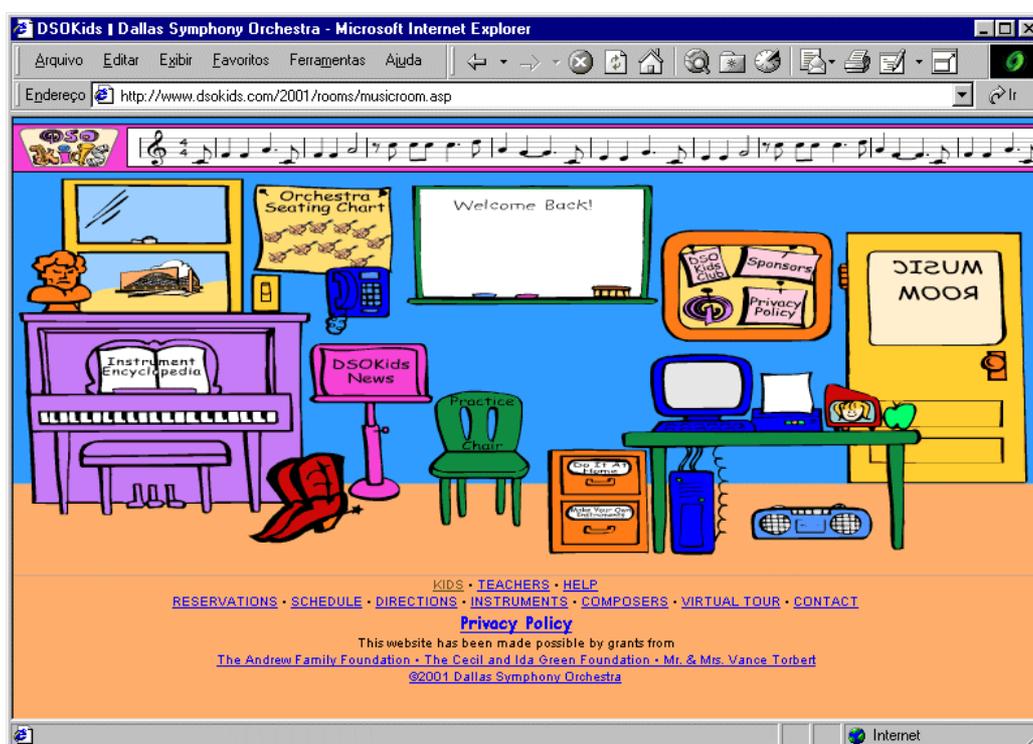


FIGURA 2.4 - Página do “site” da Orquestra Sinfônica de Dallas, oferecendo atividades educativo-musicais “online”, relacionadas com o tema da orquestra [DAL 2001].

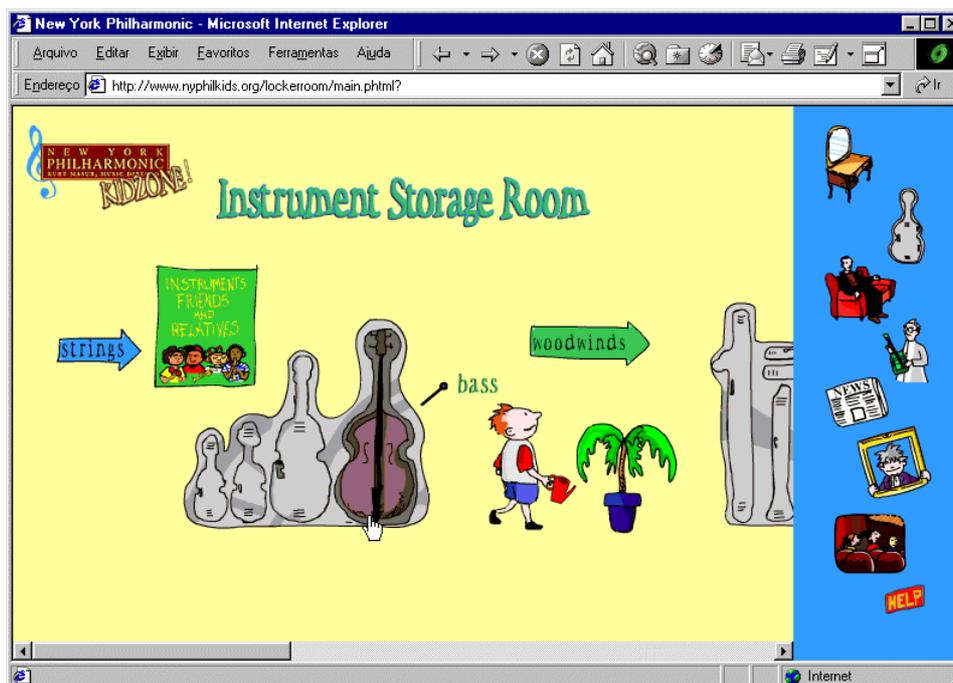


FIGURA 2.5 - Uma das atividades que o “Kidzone!” do “site” da Orquestra Filarmônica de Nova Iorque oferece é a de conhecer os instrumentos que são tocados na orquestra [NEW 2001].

Em resumo, o que estamos sentindo falta na Web são sistemas educativo-musicais integrados em ambientes coerentes em termos de *estratégia pedagógica* e de *consistência de interface* (veremos mais sobre esses dois aspectos respectivamente nas Seções 2.1 e 2.2). Quanto a esse último aspecto, inclusive, podemos afirmar que identificamos diversos problemas de usabilidade nos sistemas que encontramos, que podem interferir no processo de ensino/aprendizagem musical, mas que poderiam ser evitados em se buscando a fundamentação adequada (esclarecemos o conceito de usabilidade na Sub-seção 2.1.1). Devido a essas considerações, percebemos que é necessário procurar *fundamentação teórica* para esse tipo de alternativa tecnológica para a educação musical. Podemos perceber, igualmente, que essa base deve vir não somente de conceitos do domínio do conteúdo - música - mas também, de forma *interdisciplinar*, de conceitos das demais áreas envolvidas no desenvolvimento desses sistemas.

Notadamente, a construção de sistemas de educação musical para a Web apresenta dificuldades inerentes a essa abordagem *interdisciplinar*, que será exigida em vários níveis: em níveis mais altos trata-se do desenvolvimento de *software educacional*, o que em si já envolve, pelo menos, Informática e Educação, interrelacionadas na disciplina de Informática na Educação; em níveis mais baixos, por aplicar-se ao domínio da *Música*, passa a envolver tanto os conhecimentos de como processá-la em computador, presentes nas disciplinas de Multimídia e Computação Musical, quanto os conhecimentos de como ensiná-la, encontrados nas disciplinas de Educação Musical e Psicologia Cognitiva da Música. Também os estudos recentes da área de Interação Humano-Computador relativos à usabilidade de sistemas educacionais e de sistemas na Web contribuem para o caráter interdisciplinar nestes níveis mais específicos. Em suma, quando se fala em fundamentar o desenvolvimento de sistemas para educação musical, deve-se buscar essa fundamentação nos conceitos e tecnologias dessas várias disciplinas, empregando-os de modo complementar e interdisciplinar.

Um ponto a ser considerado em qualquer atividade interdisciplinar é o fator qualitativo dos participantes. Da mesma forma que em projetos de criação de sistemas de educação musical são necessários indivíduos de pelo menos duas áreas distintas do conhecimento - educadores musicais com conhecimento em Psicologia da Música e áreas afins, e profissionais da Informática com conhecimentos em Computação Musical e Multimídia - cada participante precisa estar capacitado e atualizado no seu campo. Os educadores musicais em de tais projetos, além de excelente formação musical, necessitam de conhecimento das teorias de Educação Musical a fim de que fatores como o desenvolvimento musical individual sejam considerados na elaboração da fundamentação teórica. Não basta “inserir” conteúdos musicais nos programas. Ao contrário, é necessário estabelecer claros objetivos educativos, estruturar e avaliar constantemente os programas a fim de atender ao desenvolvimento musical dos usuários.

Também a capacitação dos profissionais em Informática é requerida, pois a informação musical (seja representada na forma sonora ou visual) é fundamental nesse tipo de programa, ao contrário de outros onde ela cumpre papel secundário ou meramente estético. O tratamento da informação musical requer técnicas não-triviais de programação para que seja transmitida com a exatidão que se exige para fins educativos. Além desse aspecto, o conhecimento e a capacidade para projetar sistemas computacionais depende de uma visão abrangente da área de Informática. Tendo em vista que muitos profissionais de outras áreas não conhecem a complexidade e as limitações na programação dos sistemas de computação, considera-se necessário o conhecimento teórico e prático de analistas de sistemas e programadores a fim de que possam ser averiguadas as limitações, em termos de plataformas e ambientes de programação, no momento da sua escolha para implementação de projetos interdisciplinares.

Apesar das dificuldades impostas pela abordagem interdisciplinar, trabalhos como este se justificam principalmente pelas barreiras que ajudam a quebrar rumo a uma educação musical mais abrangente e eficaz. A escolha da Web como suporte quebra a barreira da necessidade de *posse de instrumentos musicais*. Historicamente, para alguém investigar possibilidades sonoras e/ou tentar compor/executar/aprender música, era necessário possuir ou ter acesso a um instrumento musical. Hoje em dia, o uso de computadores associados a placas de som rompeu a necessidade de se possuir um instrumento *físico* para a performance, composição e ensino/aprendizado musicais. A disponibilização de instrumentos *virtuais* por meio de síntese sonora no computador cliente, seja por software ou por hardware, já é possível na Web. As tecnologias que o permitem foram descritas no Trabalho Individual do autor [FLO 2000b] e serão resumidas na Seção 2.4.

Outra barreira para a educação musical que a Web quebra é a da *distância física* (e não só geográfica) entre o aluno e o conhecimento que ele busca. Como conseqüência, a sua escolha como suporte à educação musical - também neste trabalho - pode colaborar na redução da exclusão social e da elitização dos processos envolvidos no ensino/aprendizagem de música.

Para concluir a introdução a este capítulo, então, reafirmamos que o desenvolvimento e/ou a manutenção de um sistema para educação musical já pressupõem um projeto de caráter interdisciplinar. Entre as áreas de conhecimento

envolvidas podemos citar especializações da Informática - como Computação Musical, Multimídia, Informática na Educação, Interação Humano-Computador e Engenharia de Software - e áreas do domínio da Música - como Educação Musical e Psicologia Cognitiva da Música -. Nas três próximas seções (2.1, 2.2 e 2.3) destacamos os conceitos que buscamos ao longo de nosso curso de mestrado nas áreas de *Interação Humano-Computador*, de *Educação Musical* e de *Multimídia*, por terem sido as que tiveram papéis mais determinantes na nossa fundamentação e por auxiliarem na caracterização do problema aqui apresentada. Conceitos das demais áreas envolvidas não merecem destaque neste capítulo, mas aparecem integrados ao texto dessas e de outras seções e capítulos quando forem necessários para a compreensão de nosso trabalho. Após a apresentação desses conceitos, resumiremos as *tecnologias Web para música* que investigamos em nosso Trabalho Individual, na Seção 2.4, que completa este capítulo com uma visão tecnológica do problema da educação musical via Web.

2.1 Conceitos pertinentes a Interação Humano-Computador

A fundamentação do LC&M na área de Interação Humano-Computador (IHC) iniciou-se nos primeiros meses de 1998, quando foram feitos testes com o intuito de avaliar o aplicativo STI para Macintosh [FRI 96] em termos da usabilidade de sua interface com o usuário (IU). Tais testes faziam parte de um trabalho do então mestrando Marco Antonio Alba Winckler, do grupo de pesquisa em Hiperdocumentos Ativos do Instituto de Informática da UFRGS, que pretendia investigar se o treinamento de consultores de um domínio de conhecimento específico para usarem o método de avaliação heurística [NIE 97] poderia aumentar quantitativa e qualitativamente suas sugestões nos projetos [WIN 98]. Os testes e o reflexo de seus resultados em nossos estudos serão melhor descritos adiante, na Sub-seção 2.1.3.

O papel de protótipo de nosso software nesse estudo de caso atendia igualmente aos interesses de nossa equipe do Laboratório de Computação & Música, pois esperávamos identificar mais problemas em sua IU, o que iria nos auxiliar na melhoria de futuras versões. Acabamos também por comprovar a necessidade da consultoria especializada e por verificar a utilidade do treinamento de toda a equipe em técnicas de usabilidade, o que igualmente melhoraria a qualidade no desenvolvimento de quaisquer futuros projetos. Portanto, essa foi a primeira contribuição da área de Interação Humano-Computador em nossas pesquisas.

2.1.1 Usabilidade e software educacional

Segundo estudos da área de IHC, a *usabilidade* é qualidade desejável nas interfaces com o usuário de software, caracterizando-se pela facilidade no aprendizado e uso, taxa de erro mínima e alta atratividade dessas IUs. Bevan resume essas características no termo “qualidade de uso” [BEV 95].

Na concepção de software educacional, mesmo que a IU não seja o único elemento responsável pelo caráter “educacional” do aplicativo, é imprescindível que haja uma preocupação redobrada com essa qualidade [VAL 2000a]. Isso porque a IU de um software que pretende auxiliar o processo de ensino/aprendizagem deve ser a mais transparente possível, evitando que o usuário (aluno) “gaste seu tempo aprendendo a

usar a interface ao invés de aprender novos conhecimentos através da interface” [WIN 2000]. Problemas na interação do aprendiz com a IU, ou seja, problemas de usabilidade, podem levar este aprendiz “a conclusões equivocadas ou errôneas, tornar o uso do computador uma experiência frustrante e até mesmo causar desinteresse pelo estudo” [idem]. Assim, *uma IU educacional deve objetivar não só enriquecer o processo de ensino/aprendizagem mas, fundamentalmente, não comprometê-lo.*

Os usuários de software educacional têm requisitos diferentes de usuários tradicionais: interfaces com o aprendiz “devem ser atrativas para chamar a atenção do aluno, estimulantes para lhe prender a atenção, ter uma linguagem compreensível a alunos não especializados e com diferentes necessidades de aprendizado, manter coerência de representação visual e computacional com o domínio de conhecimento que está sendo abordado. A fácil interação (*também*) é um requisito importante, porque o aluno deve utilizar a interface para aprender algo novo e não simplesmente aprender a usar a interface” [WIN 2000, grifo nosso].

Em particular, softwares educacionais para o domínio *musical* apresentam desafios interessantes pois demandam, adicionalmente às preocupações clássicas da área de IHC quanto a flexibilidade de interação, robustez de interação e facilidade de aprendizado da IU, cuidados quanto ao suporte adequado para tratar das complexas *informações musicais* envolvidas, para que se atinjam com sucesso os objetivos educacionais: (a) geração de sons (notas musicais, características de timbre, amplitude, altura, etc.); (b) edição e manipulação de signos musicais (pautas, claves, figuras rítmicas, etc.); e (c) controle da emissão de sons (ritmo, andamento, sincronização com elementos visuais, etc.).

2.1.2 Método de desenvolvimento e avaliação de IUs educacionais

Além dos cuidados quanto à usabilidade da IU, é necessário seguirmos um *método para o seu desenvolvimento* e que este inclua etapas de *avaliação*. O método de desenvolvimento que seguimos no LC&M é uma extensão ao Projeto Centrado no Usuário (PCU, ou UCD - User-Centered Design [NOR 86]) proposta por Winckler, Nemetz e Lima [WIN 2000].

A extensão que esses autores propõem considera as diferenças entre o usuário tradicional de software e o aprendiz, adaptando o PCU para suportar a criação de software educacional. Isto foi feito estendendo-se duas etapas do ciclo de vida de PCU: a primeira, “*conhecer usuários e suas tarefas*”, e a etapa de *avaliação da usabilidade* dos protótipos. O ciclo de vida modificado pode ser visto na Figura 2.6.



FIGURA 2.6 - Ciclo de vida de PCU modificado [WIN 2000].

Este estilo cíclico de desenvolvimento, no qual sucessivos protótipos são avaliados e evoluem até o produto final, também é conhecido como “ciclo de prototipação”, e possibilita desenvolvimentos rápidos, facilitados e com baixo custo. Por isso foi mantido na proposta de Winckler et al.

A crítica quanto à primeira etapa do ciclo de vida de PCU, “conhecer usuários e suas tarefas”, é a de que “alunos são usuários com necessidades especiais que devem receber um tratamento diferenciado de usuários em geral” [WIN 2000] na criação de IUs para software educacional. “Essas necessidades dizem respeito à definição de conteúdos e abordagens pedagógicas utilizadas na construção da interface” [idem]. Esta etapa foi, portanto, estendida como “conhecer usuários, *alunos* e suas tarefas”.

A etapa de avaliação dos protótipos, no PCU denominada “avaliação da usabilidade”, foi estendida como “avaliação *multidisciplinar*”. Os autores entenderam que “no caso de interfaces para software educacional uma avaliação mais abrangente deve ser realizada. Deve-se avaliar, por exemplo, o interesse despertado nos alunos, adequação do conteúdo e abordagem pedagógica utilizada” [ibid.]. Esses autores sugerem que “métodos de avaliação da usabilidade (...) podem ser estendidos ou adaptados para avaliar (*esses*) outros aspectos” [ibid., grifo nosso]. A *avaliação heurística* [NIE 94, NIE 97], por exemplo, já foi usada por Winckler nos testes já citados do STI para Macintosh, provando que:

- é de fácil assimilação por especialistas no domínio da aplicação (naquele caso, música),
- pode ser estendida para avaliar aspectos desse domínio na IU, e
- alguns tipos de problemas em software educacional só podem ser identificados com essa extensão à técnica de avaliação heurística de usabilidade [WIN 98].

Nossa experiência em desenvolvimento de software educacional ainda estende a proposta de Winckler e seus colegas, por considerarmos todo esse processo como *interdisciplinar* (e não apenas multidisciplinar), já que nele ocorre a *transferência tecnológica* entre os especialistas nas múltiplas disciplinas envolvidas [KRU 99].

Existem outros métodos de avaliação da usabilidade de IUs, como a *revisão cognitiva* e a *inspeção formal* citadas em [WIN 2000], além dos *testes com usuários*. Esses autores também recomendam que o uso conjunto de vários desses métodos pode ser necessário para uma avaliação mais completa dos protótipos.

A *inspeção de conformidade com recomendações* é outro desses métodos [NIE 94]. Consiste no exame da IU em comparação com “guidelines”, “checklists”, enfim, recomendações e/ou listas de verificação de usabilidade, conferindo o quanto a IU atende ao conjunto de itens escolhido. Esse tipo de publicação é geralmente consultada nas fases de avaliação de software. Entretanto pode ser utilizada na fase de projeto da IU, dentro de um processo cíclico como o acima descrito, na respectiva etapa de avaliação dos protótipos, ou como auxílio na definição dos requisitos da IU.

Outra noção a ser lembrada aqui é a de que interfaces Web são diferentes de interfaces GUI (“Graphical User Interface”) ou WIMP (“Windows, Icons, Menus and Pointing device” - surgida com o advento do “mouse” associado aos monitores coloridos de alta resolução) -, que são as interfaces mais usadas nos softwares convencionais (“stand-alone”) atualmente. A avaliação de IUs, quando for feita em *sistemas para a Web*, apresentará algumas peculiaridades em consequência de certas características próprias desse meio computacional (para maiores detalhes, ver [WIN 99]):

- a) “decorre um tempo significativo entre a distribuição do software para o público e futuras versões, enquanto as atualizações em uma interface WWW podem ser diárias;
- b) o público de um software em geral é bem conhecido e tanto o conteúdo de informação como as funcionalidades apresentadas alteram-se pouco quando comparados com as aplicações WWW;
- c) a maioria das técnicas (de avaliação) é aplicada em estágios bem definidos do desenvolvimento da interface enquanto que para aplicações WWW é necessária uma avaliação periódica;
- d) os custos dos testes de usabilidade em software podem ser repassados diretamente no produto final enquanto o mesmo não pode ser feito em um ‘site’” [WIN 99, p.13-14].

2.1.3 Interface musical com o usuário

Nos meses iniciais de 1998 foram realizados testes com o intuito de avaliar o software de educação musical STI para Macintosh [FRI 96] em termos de usabilidade de IU. Um conjunto de três experimentos foram conduzidos: teste com usuários, avaliação heurística [NIE 97] com especialistas em IHC, e avaliação heurística com especialistas no domínio de conhecimento - no caso, música - instruídos nas técnicas de usabilidade. Os problemas identificados nos experimentos foram comparados com os encontrados anteriormente pela equipe interdisciplinar (projetistas e consultores) sem a utilização de técnicas de usabilidade, de modo a verificar a validade do treinamento dos consultores nestas técnicas.

Os testes resultaram em um artigo por Winckler, apresentado no IHC’98, concluindo que sua hipótese era verdadeira. Ou seja, “o número de problemas (51) encontrados pelos consultores treinados para o teste de avaliação heurística foi significativamente maior que os identificados (12) apenas pelos consultores e equipe sem nenhum treinamento. Além da quantidade, a qualidade das informações obtidas foi

superior, demonstrando que o treinamento acrescenta mais qualidade ao trabalho dos consultores” [WIN 98]. Ressaltava, porém, que os consultores, mesmo quando treinados para o teste de avaliação heurística, não substituem os especialistas em IHC, que foram responsáveis pela maioria dos problemas de IU encontrados (ver Figura 2.7). De fato, e o mais interessante, é que a avaliação da interface pelos especialistas em música identificou mais *problemas relativos ao domínio* (30 problemas de música) do que à IU em si (21 problemas de IU). E tais problemas só foram identificados pelos consultores neste domínio, não pelos usuários e nem pelos especialistas em IHC. Isto sugere a existência de um conjunto de problemas, em software para domínios específicos, que só são identificados por consultores no domínio abordado, tornando a participação dos citados consultores imprescindível no desenvolvimento deste tipo de programas.

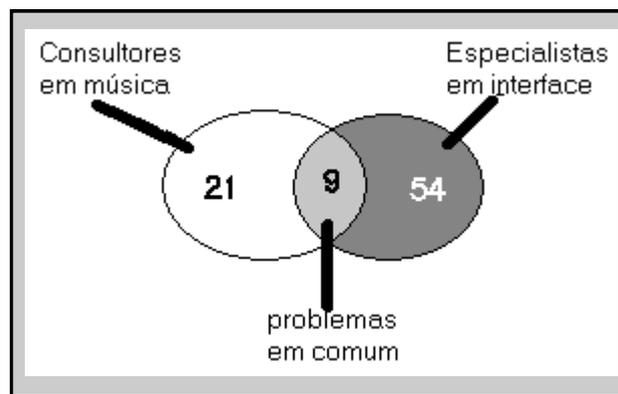


FIGURA 2.7 - Número de problemas de IU encontrados nas avaliações heurísticas [WIN 98].

Em se tratando do domínio da Música, esta afirmação fica mais evidente se analisarmos um exemplo de problema, apontado pelos consultores neste domínio durante a avaliação do STI para Macintosh, transcrito a seguir:

“Efeitos sonoros quando do acionamento dos botões da Calculadora Musical (módulo do STI, para a consulta às estruturas de escalas e arpejos) podem confundir o usuário, aparentando terem sido tocadas escalas ou arpejos muito rapidamente”.

A identificação desse problema alertava para o fato de que, enquanto o usuário estivesse em um processo de consulta às características de escalas e arpejos, qualquer efeito sonoro puramente estético poderia muito facilmente ser interpretado, de forma errada, como possuidor de significado relativo à própria consulta que estivesse sendo feita, o que não era o caso.

A tentativa de categorizar problemas desse tipo nos levou a cunhar o termo “*interface musical*”, já que eles não envolviam apenas a “interface sonora”, ou seja, o emprego do meio sonoro como elemento da IU multimídia, mas também a *informação musical* que estava sendo transmitida através desses sons. *O som estava sendo interpretado como música devido ao contexto musical do software.*

O problema dos efeitos sonoros associados aos botões da Calculadora Musical do STI para Macintosh tinha uma solução simples e imediata (a eliminação destes efeitos sonoros) que, de fato, pôde ser aplicada na correção do programa logo após os testes.

Porém existiam outros problemas de mais difícil solução, que acabaram por exigir a reengenharia do sistema [ver FLO 2000a].

2.2 Conceitos pertinentes a Educação Musical

Como já foi citado, o software STI para Macintosh passou por uma avaliação heurística. Pelo fato desse método permitir certa liberdade ao avaliador, não sendo excessivamente formal, obtivemos não só sugestões de mudanças na IU mas também, por parte dos consultores em música, de mudanças no conteúdo do programa e na forma de sua apresentação didática. Este retorno nos fez perceber a importância da formação de uma equipe interdisciplinar que incluísse consultores em tal domínio para a execução de projetos em Informática aplicada à Educação Musical. Desde o segundo semestre de 1998 o LC&M tem colocado tal constatação em prática com a participação direta da mestre Susana Ester Krüger em seus projetos, então mestranda em Educação Musical. Um relato de tal experiência pode ser visto em [KRU 99].

“Seja qual for o tipo de software criado para o uso em educação musical, é importante que sejam observados pressupostos pedagógicos atuais, coerentes com os objetivos educativos do contexto previsto e, principalmente, que o mesmo propicie o desenvolvimento musical da forma mais abrangente possível. De acordo com Krüger [KRU 96, p.24], poucos softwares brasileiros de teoria musical são desenvolvidos segundo estudos recentes de desenvolvimento cognitivo e musical; ao contrário, fundamentam-se em métodos tradicionais de apresentação, aplicação de conceitos e avaliação de resultados - o que se reflete em sua estrutura técnica, conteúdo e forma de avaliação” [KRU 99, p.254-5].

Em termos da abrangência do software educacional nos *tipos de atividades* que serão oferecidas ao estudante de música, a metodologia de trabalho interdisciplinar do LC&M segue as diretrizes do *Modelo (T)EC(L)A*, de Keith Swanwick [SWA 79]. Este conjunto de atividades tem sido o referencial para muitas pesquisas curriculares na Educação Musical brasileira [HEN 96, OLI 96b].

Em Educação Musical, segundo Swanwick, é necessário atentar para a promoção de experiências musicais específicas, de diferentes tipos, possibilitando que os alunos assumam diversos papéis em uma variedade de ambientes musicais [SWA 79, p.42]. Isto pode ser realizado mediante o equilíbrio das atividades musicais proporcionadas aos estudantes. O autor propõe, para atingir tal objetivo, o Modelo (T)EC(L)A, que apresenta cinco *tipos de atividades musicais*, ou *parâmetros de experiências musicais*, definidos da seguinte forma:

- *(Técnica)*: aquisição de habilidades - aurais, instrumentais e de escrita musical; refere-se ao “controle técnico, execução em grupo, manuseio do som com aparatos eletrônicos ou semelhantes, habilidades de leitura à primeira vista e fluência com notação”;
- *Execução*: é “um estado muito especial de paixão”, a comunicação da música como uma “presença”, que geralmente implica em uma audiência, não importando o tamanho ou caráter (formal ou informal);

- *Composição*: formulação de uma idéia musical; “todas formas de invenção musical, (...) improvisação (...); é o ato de fazer um objeto musical agrupando materiais sonoros de uma forma expressiva”;
- (*Literatura*): estudos da “literatura de” e “literatura sobre” música; inclui “não somente o estudo contemporâneo ou histórico da literatura da música em si por meio de partituras e execuções, mas também por meio de criticismo musical, histórico e musicológico”; e
- *Apreciação*: audição receptiva como (embora não necessariamente em) uma audiência; “envolve uma empatia com os executantes, um senso de estilo musical relevante à ocasião, uma disposição a ‘ir com a música’ e (...) a habilidade de responder e relacionar-se com o objeto musical como uma entidade estética (...)” [SWA 79, p.43-5].

Os parênteses nas atividades de Técnica e Literatura são utilizadas por Swanwick para caracterizá-las como secundárias ao processo educativo (conhecimento *sobre* música), uma vez que sua função seria prover suporte à Composição, Execução e Apreciação, consideradas centrais ao desenvolvimento musical dos estudantes (envolvimento direto *com* a música).

A abrangência de estilos, períodos e grupos instrumentais é também incentivada por Swanwick, quando este comenta que é necessário não transmitir uma seleção arbitrária ou limitada de valores idiomáticos, ao contrário, é necessário procurar romper com “mundos restritos de realidade culturalmente definida” e promover “criticismo imaginativo” [SWA 88, p.115].

Outra questão é ressaltada por Alda Oliveira, baseada em um estudo de John A. Sloboda. Segundo a autora, as melodias são lembradas principalmente “pelos motivos e pelas relações que envolveram as audições destas melodias e não pelas notas ou figuras rítmicas contidas nestas mesmas melodias. Logo, o trabalho didático visando o desenvolvimento da percepção musical deve preferir o uso de melodias significantes em vez de exercícios soltos de notas e figuras rítmicas sem sentido ‘gestáltico’, além de serem apresentadas de maneiras agradáveis, esteticamente adequadas e artísticas” [OLI 96a, p.74].

2.3 Conceitos pertinentes ao emprego da multimídia

Multimídia é definida como “aplicações que interagem com o usuário fazendo uso simultâneo de diversos meios, como áudio, imagens estáticas, imagens em movimento, gráficos e texto, obtendo desta forma uma comunicação mais efetiva” [SOA 92, p.1].

Dentre as vantagens que a Web traz para a disponibilização de conteúdo educativo, que enumeramos na introdução a este capítulo, os recursos multimídia, em especial, têm se mostrado valiosos. Seu emprego expande a sintaxe e reforça a semântica da informação a ser transmitida ao usuário final, o aluno, tornando a experiência do aprendizado mais eficiente e prazerosa. Entretanto este emprego deve ser cuidadoso, de forma a não acabar confundindo a compreensão no lugar de facilitá-la, o que seria danoso aos propósitos educacionais. Este alerta é encontrado no trabalho de Nemetz e Johnson, que têm buscado *princípios para o aproveitamento adequado das*

potencialidades próprias dos sistemas multimídia: naturalidade e semelhança com o real, escolha de meios, redundância, contribuição significativa do meio, facilidade de exploração e qualidade da representação da informação (“naturalness and realness, media allocation, redundancy, significant contribution of the media, exploration, quality of information representation” [NEM 98]). Esses autores afirmam que qualquer destas características da multimídia deve ser explorada corretamente, e do mesmo modo a sua integração, para que se consiga uma real melhoria na qualidade da disponibilização de conteúdo.

A *redundância*, por exemplo, consiste em passar a mesma informação de forma mais completa pela utilização de mais de um canal sensorial (visão, audição,...). Estudos indicam que com a redundância é possível “produzir melhorias significativas no entendimento e no aprendizado” [MAY 97]. “Se combinados de maneira congruente (harmônica, sincronizada), o uso de múltiplos meios é muito mais eficaz que usar-se um único. Porém, se combinados de maneira incongruente, eles se tornam menos eficazes (neste caso ocorrem desassociação, ambigüidade e confusão)” [HOO 97].

Outro exemplo, relativo à *qualidade da representação* da informação: “Com a tecnologia atual, as representações em multimídia geralmente têm uma qualidade mais pobre se comparadas a seus equivalentes analógicos” [NEM 98]. Outras vezes, a falta de qualidade pode derivar de um tratamento computacional indevido. Essa falta de qualidade pode prejudicar a transmissão correta da informação, o que às vezes leva a conseqüências graves para os propósitos de ensino/aprendizagem.

Perceba-se que esta seção relativa ao emprego adequado dos recursos da multimídia está em total acordo com as noções de usabilidade de IUs apresentadas na Sub-seção 2.1.1. Também esse cuidado quanto à apresentação correta da informação (neste caso, musical) já foi salientado na introdução ao presente capítulo, bem como na Sub-seção 2.1.3.

2.4 Tecnologias Web para música

O Trabalho Individual do autor [FLO 2000b], como parte integrante desta pesquisa, resume um conjunto de tecnologias de programação sonora para a Web e as classifica em cinco grupos (as próximas sub-seções detalham cada grupo):

- *Representação da informação sonora/musical*, que inclui os formatos de arquivos de som que podem ser referenciados no código HTML e executados com o auxílio dos “helpers” ou “plug-ins”;
- “*Plug-ins*”, que são extensões aos navegadores, registrados nesses para executarem formatos específicos de arquivos sonoros;
- “*Streaming*”, que é a tecnologia de fluxo contínuo de som, também indicada por referência no código HTML;
- *Integração multimídia*, que inclui os programas de autoria multimídia que podem ser executados via navegador para a Web com o auxílio de “plug-ins” específicos; e

- *Colaboração musical pela Internet*, um grupo especial referente ao *Rocket Network*, uma sub-rede virtual da Internet que possibilita sessões de colaboração remota em tempo real na composição de peças musicais, o que consideramos ter boas possibilidades de utilização na educação musical remota.

Essas representam as alternativas até agora desenvolvidas para a solução dos problemas relacionados à disponibilização de conteúdo musical na Web, e podem ser empregadas na criação de “sites” para a educação musical. Esse emprego deve ser estudado relacionando-se os requisitos do sistema a ser criado às características dessas tecnologias que poderão atendê-los (ver Seção 3.3).

2.4.1 Representação da informação sonora/musical

A maneira mais simples para se incluir sons em uma página Web, e também a primeira a ter sido utilizada, consiste na inclusão de referências aos arquivos de som a serem tocados no corpo do código HTML das páginas. O funcionamento desse mecanismo é semelhante ao utilizado para mostrar figuras em páginas da Web, caso no qual uma referência ao arquivo gráfico é incluída no código HTML e o programa navegador se encarregará de baixar o arquivo, decodificá-lo e incluir a imagem na posição do texto onde a referência foi feita. Veremos que para a inclusão de arquivos de som/música o processo é semelhante. Entretanto, o sucesso desse procedimento depende da capacidade do programa navegador de decodificar e reproduzir o arquivo especificado.

Na programação sonora de páginas Web a informação a ser processada será o som. Os dados a serem manipulados pelo programa, portanto, serão representações de áudio ou música codificadas de alguma maneira.

Existem muitas formas de se codificar o som para que seja processado em computadores, o que resulta na existência de uma quantidade equivalente de formatos de arquivo. Entretanto, uma boa disciplina a ser seguida no desenvolvimento de “sites” de educação musical é adotar os formatos de arquivos mais usuais na Internet, tendo sempre em mente o objetivo de tornar o software acessível, sem que seja barrado por questões de compatibilidade de formatos.

Os formatos mais usuais para o tratamento de som na Internet são:

- Wave, da Microsoft (extensão .wav)
- AIFF, da Apple (extensão .aiff)
- Sun Audio, da Sun (extensão .au)
- MIDI, ou Standard MIDI File - SMF (extensão .mid)
- Real Audio, da RealNetworks (extensão .ra)
- MPEG Layer 3 (extensão .mp3)

Existem também outros formatos conhecidos de arquivos de som, que não são tão usuais no ambiente da Internet, mas que também podem ser empregados na sonorização de “sites” por existirem “plug-ins” que os suportam. São eles:

- Module files, originalmente da Commodore - Amiga (extensões .mod, .mdz)
- Rich Music Format, da Beatnik (extensão .rmf)
- Liquid Audio file, da Liquid Audio (extensão .lqt)

Os formatos Wave e AIFF são do tipo áudio digitalizado, ou onda digitalizada, sem compressão. Baseiam-se na codificação PCM (Pulse Code Modulation), onde a própria onda sonora é representada como uma sucessão de números correspondentes às amplitudes do sinal medidas a uma frequência constante. Esse tipo de codificação origina normalmente um grande volume de dados, na ordem de 0,6 MB a 10,3 MB por minuto de gravação, dependendo da qualidade definida para o arquivo. Por isso, não são muito adequados para a estreita largura de banda da Internet atual. Sua única vantagem é a reprodução fiel do áudio, se o arquivo for gravado com qualidade de CD.

Uma das alternativas é a compressão desse tipo de arquivos, reduzindo o seu tamanho. Diferentes técnicas desenvolvidas acabaram por originar novos e diferentes formatos de arquivos, como o Sun Audio (que também é aceito pela plataforma Apple), MPEG-3, o Real Audio e o Liquid Audio. Esses são, portanto, formatos de arquivos tipo onda sonora digitalizada com compressão. Alguns desses algoritmos são muito eficientes, alcançando taxas de compressão de até 12:1 se for mantida uma aparente qualidade, no caso do MPEG-3 (ou até maiores, mas com declínio na qualidade). Ou seja, o arquivo não comprimido poderá ser reduzido a 1/12 do seu tamanho. O problema é que essas taxas só são alcançadas através de compressão com perdas: parte da informação sonora é descartada, o que reduz a fidelidade da representação em relação ao áudio original.

Outro problema dos arquivos tipo onda digitalizada em geral é que eles representam a informação sonora e nenhuma informação musical. Isso quer dizer que, se quisermos manipular os arquivos no nível de elementos musicais, para alterar parâmetros da música ou gerar uma música nota por nota, por exemplo, teremos que buscar uma representação mais adequada a esse objetivo.

Felizmente essa opção existe e é adotada nos formatos MIDI, Module e Rich Music. Tais formatos são representações da informação musical. Em geral, esses arquivos contêm o equivalente a uma partitura para o computador, mais especificamente para o sintetizador presente na placa de som. Seu código são instruções para um sintetizador, correspondentes a eventos musicais como soar uma nota, silenciar uma nota, mudar o andamento ou o tom da música, etc. O sintetizador, por sua vez, interpreta este código e o executa, podendo usar vários timbres de instrumentos simultaneamente. O tamanho desses arquivos, portanto, tende a ser bem reduzido, já que a codificação de eventos musicais pode ser bem compacta. A limitação desse sistema está, justamente, no sintetizador, pois de sua qualidade dependerá a qualidade final da música executada. Isso também quer dizer que a mesma música poderá soar bastante diferente se tocada em diferentes sintetizadores.

Uma saída para esse problema é oferecida pelos formatos Module e Rich Music. Estes incluem no arquivo, além dos eventos musicais codificados, amostras curtas de ondas digitalizadas dos timbres dos instrumentos que devem ser usados na música. Os sintetizadores que tocam estes arquivos, conhecidos como sintetizadores por software (“software synthesizers”), são programas que tocam as amostras presentes no arquivo usando diferentes frequências, de forma que aquele certo “instrumento” soe na nota desejada (Figura 2.8). Isso também pode ser realizado por um hardware sintetizador que conte com uma memória RAM para carregar os timbres, geralmente chamada de “sound bank”. Neste caso, essa técnica é conhecida como “síntese por amostragem”, ou “wavetable synthesis”.

Com esse processo consegue-se unir as vantagens das duas codificações anteriores: a fidelidade é aumentada mas é mantido o tamanho reduzido do arquivo, além de continuar representando informação musical.

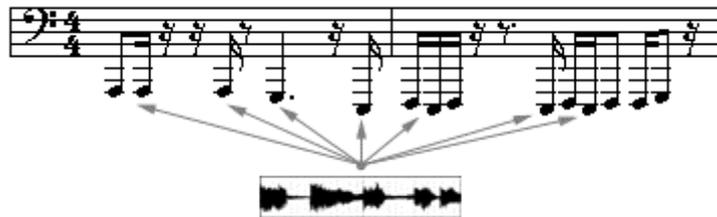


FIGURA 2.8 - Arquivos MOD e RMF são executados tocando-se a mesma amostra de timbre nas frequências correspondentes a cada nota.

Para tocar o áudio e a música codificados em uma página Web basta incluir uma referência ao arquivo de som no corpo do código HTML da página. Essa referência pode estar relacionada a uma âncora da página ou a uma marca (“tag”) HTML específica (“EMBED”, “META” ou o comando JavaScript “onLoad”) que faz com que o arquivo seja executado assim que a página for carregada (para maiores detalhes de programação ver [FLO 2000b]).

Como o programa navegador irá apresentar o som ou música codificados dessa maneira depende de alguns fatores, principalmente de como o programa navegador está configurado para tratar do formato de arquivo em questão. No caso de arquivos de imagem, ao término do seu carregamento o programa navegador se encarrega de apresentá-las nos pontos do texto da página onde foram referenciados. Com arquivos de som isso deveria ocorrer de modo semelhante: depois de carregados o “browser” iniciaria sua execução. Porém nem todos os navegadores atuais estão programados para tocar arquivos de som, eles geralmente irão requerer a ajuda de programas externos, extensões: os “plug-ins”, “players” ou “helpers” (descritos na Sub-seção 2.4.2). Uma vez tendo acesso a um “helper” que possa tocar o formato de arquivo recém baixado, o navegador passará essa tarefa para o “helper” específico, que iniciará, então, a execução do arquivo de som.

Mais alguns fatores são importantes para o sucesso desse mecanismo: o “helper” ou “plug-in” deve estar registrado no programa navegador, declarando ser responsável pela execução de arquivos de som de um formato específico que forem baixados pelo

“browser”. Se isso não ocorrer, o “browser”, em vez de tocar o arquivo de som, perguntará ao usuário se esse deseja que o arquivo seja salvo em disco. Outra possibilidade é a do navegador tentar abrir o arquivo em sua própria janela, o que resultará na apresentação de caracteres na forma de um texto ilegível. Um outro fator importante, dessa vez para o provedor do conteúdo da página, é que o tipo do arquivo de som esteja registrado no servidor WWW da página, na lista de tipos MIME (“MIME Types”), para que eles sejam enviados como arquivos a serem processados e não como páginas da Web [HEL 96, RAT 98].

2.4.2 “Plug-ins”

Para que alguns formatos de arquivos de áudio ou música sejam tocados no navegador para a Web é necessária a instalação de extensões na forma de pequenos programas chamados “plug-ins”, “players” ou, de forma mais geral, “helpers” (porque outros tipos de arquivos - gráficos, vídeos, etc. - também podem requerer o registro de seus próprios “helpers” no navegador). Cada um desses programas costuma ser específico, ou seja, é capaz de reproduzir apenas um formato de arquivo, ou vários formatos mas de um mesmo fabricante. Isso quer dizer que o usuário que necessitar da reprodução de um arquivo de som pelo seu “browser” terá que buscar o “helper” adequado ao formato daquele arquivo, e realizar sua instalação. Durante a instalação deverá ser registrado (manual ou automaticamente), nos arquivos de configuração do “browser”, o relacionamento do “helper” com os formatos de arquivos que ele é capaz de reproduzir.

Alguns “helpers” atualmente acompanham o instalador de sistemas operacionais gráficos, como o Windows Media Player (da Microsoft) e o Quick Time (da Apple). Esses, portanto, já eliminam o trabalho do usuário de buscar “helpers” para os formatos nativos dessas plataformas, como o Wave, o AIFF, o AU e o MIDI. Já os formatos de fabricantes que não os dos sistemas operacionais, como o Real Audio, o Liquid Audio, o MP3, o MOD e o RMF em geral necessitarão da instalação de “helpers” específicos. Para o MP3, o Real Audio e o Liquid Audio, que podem ser ouvidos como “streams” (ver Sub-seção 2.4.3) ou baixados inteiros e depois tocados, existem os “players” Winamp [NUL 2000a], RealPlayer [REA 2000] e Liquid Player [LIQ 2000], respectivamente. Para os formatos MOD e RMF, os “players” mais comuns são respectivamente o ModPlug e o Beatnik, e esse último ainda é uma solução integradora de multimídias na Web (ver Sub-seção 2.4.4). Esses dois formatos e o MP3 possuem muitos outros “helpers” alternativos.

2.4.3 “Streaming”

Quando as amostras de som a serem utilizadas no “site” de educação musical forem muito longas em sua duração, seus arquivos provavelmente serão muito grandes, implicando em um longo tempo de “download” e podendo por isso tornar frustrante a experiência do aprendiz. É aconselhável, nesses casos, o emprego da tecnologia de “streaming”. Seu mecanismo consiste na criação de uma conexão com o servidor por onde o cliente recebe um fluxo contínuo de código de áudio. Assim, aliado a um processo de bufferização, o áudio pode começar a ser tocado no lado cliente já no início

de seu carregamento, com um tempo de espera bastante curto após sua solicitação, o que agiliza o acesso à informação sonora pelo usuário.

As implementações da tecnologia de “streaming” baseiam-se na utilização de “plug-ins” apropriados, que nada mais são do que clientes do servidor de áudio. As mais conhecidas dessas implementações são o Real Audio, o Liquid Audio e o SHOUTcast. Todas elas tocam arquivos de som de formatos diferentes, utilizando diferentes técnicas de compressão para suportar a estreita largura de banda da Internet. Porém o mecanismo de funcionamento é basicamente o mesmo. Para se fornecer os fluxos de áudio é necessário que se tenha instalado no servidor as respectivas aplicações servidoras. Em alguns casos, deve ser comprada uma licença para o servidor [REA 2000] [LIQ 2000] [NUL 2000b].

A programação de uma referência ao “stream” na página HTML é feita de um modo um pouco diferente do explicado na Sub-seção 2.4.1. Na verdade, a sintaxe é a mesma, porém o arquivo referenciado será um “metafile” contendo, esse sim, o endereço do arquivo de áudio. Isso porque, ao receber o “metafile” do servidor, o programa navegador executa o “plug-in” apropriado e esse, então, é que estabelece a conexão com a aplicação servidora do fluxo de áudio e passa a receber e a tocar o arquivo indicado no “metafile”. Se for referenciado o próprio arquivo no código HTML da página, o “browser” iniciará o “download” completo do arquivo antes de chamar o “plug-in”, o que não é o que se deseja (a não ser que se queira disponibilizar a música para “download”) [RAT 98] [HEL 96].

2.4.4 Integração multimídia

Uma grave deficiência das linguagens usuais para a Web é a de não permitirem um controle maior das interrelações entre os elementos das páginas WWW. Especificamente, não se consegue sincronizar a apresentação desses diferentes elementos, o que dificulta a produção de conteúdo educativo-musical para esse meio.

Chamamos este grupo de “integração multimídia” porque existem tecnologias que surgiram para contornar essas limitações possibilitando a utilização de diversas mídias simultâneas no mesmo programa. Ou seja, *integram essas mídias*, dando suporte a aspectos importantes de coordenação entre elas, como a sincronização.

A princípio, ambientes de autoria multimídia, como o ToolBook (da Asymetrix) e o Director (da Macromedia), começaram a oferecer “plug-ins” para “Web browsers” que permitiam a execução de seus tipos de arquivos diretamente na janela do programa navegador. São eles os “plug-ins” Neuron e Shockwave, respectivamente. A Macromedia foi além e hoje fornece um novo ambiente de autoria chamado Flash, específico para desenvolvimento visando a Web, e que se tornou um forte padrão “de fato” nessa área [MAC 2000] [CLI 2000].

O “plug-in” Beatnik Player (da Beatnik, Inc.) é como uma “versão compacta” desses primeiros, permitindo basicamente a sincronização entre som (arquivos RMF) e imagens na página Web, além de efeitos interativos como, por exemplo, tocar um som sempre que o cursor passar sobre uma determinada figura da página. Esses comportamentos são conseguidos através de programação JavaScript embutida no

código HTML da página, com a qual são chamadas funções de um objeto via a interface Music Object, que é baixada do servidor juntamente com a página [BEA 2000].

Outra maneira de obter integração entre as várias mídias de uma página WWW é construir essa página como um “applet” Java. A linguagem Java, já interpretada pela maioria dos “browsers” atuais, permite alguma programação de objetos multimídia. Mais recentemente, a Sun lançou o Java Media Framework API (JMF), que integra áudio, vídeo e outras mídias dependentes de temporização e contém bibliotecas para lidar com protocolos afins e com o “streaming” dessas mídias. Faz parte do JMF a biblioteca Java Sound, que inclui, entre outras facilidades para tratamento de som, um sintetizador por software [SUN 2000]. Infelizmente, à época da edição deste trabalho as últimas versões dos programas navegadores mais populares só suportavam bem a linguagem Java até a versão 1.1 (ou seja, ainda não suportavam o JavaSound, integrado apenas a partir do JDK 1.2).

Uma alternativa mais recente e promissora à integração multimídia na Web é a tecnologia SMIL (criada pelo W3C - World Wide Web Consortium). SMIL significa Synchronized Multimedia Integration Language (Linguagem de Integração de Multimídia Sincronizada), e é uma linguagem de marcação como o HTML criada especificamente para coordenar a apresentação de múltiplas mídias na Internet. Através da utilização de uma única linha de tempo para todas as mídias em uma página, suas apresentações podem ser adequadamente coordenadas e sincronizadas. A linguagem SMIL é baseada em XML e muito similar a HTML, tornando-a fácil de aprender e entender [W3C 2000].

2.4.5 Colaboração musical em tempo real: o Rocket Network

O Rocket Network, da empresa californiana (EUA) Res Rocket Inc., é uma sub-rede constituída sobre a Internet, onde são criados *espaços/estúdios virtuais*, públicos ou privados, nos quais músicos podem se encontrar e colaborar, em tempo real, em um mesmo processo de *composição musical* sem a necessidade de estarem no mesmo local físico.

Tal sistema não é do tipo “streaming”. Em vez disto, os músicos participantes de uma mesma sessão (conectados a um mesmo “estúdio virtual”) trabalham sobre a composição de uma mesma seqüência MIDI, à qual adicionam e subtraem partes em tempo real. As mudanças feitas por um são replicadas para todos os outros via uma solução cliente/servidor específica, evitando os atrasos introduzidos nos envios e recebimentos eletrônicos usuais de arquivos. A música em si é tocada e controlada localmente, no sistema MIDI conectado ao computador de cada um. Este último executa uma aplicação musical cliente, o Res Rocket Surfer Client, ou qualquer software musical que tenha “RocketPower”, significando que se comunica via API com, neste caso, uma outra aplicação cliente, o RocketControl (Figura 2.9).

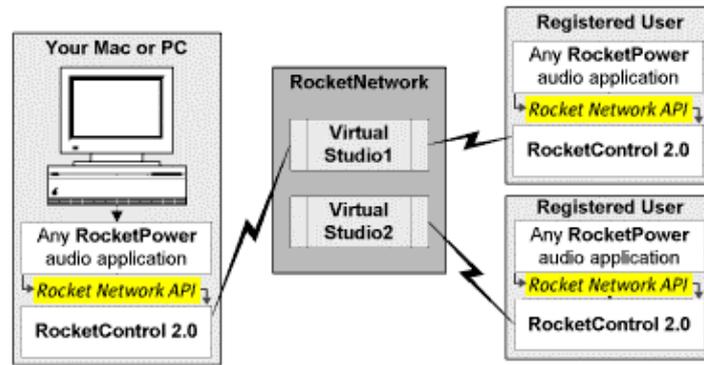


FIGURA 2.9 - A arquitetura distribuída do Rocket Network [RES 99].

A adoção do padrão MIDI proporciona uma experiência mais “fluída”, pois exige pouca largura de banda e vazão, além do que os comandos musicais não são executados imediatamente nos clientes e sim, inseridos na seqüência sobre a qual todos estão trabalhando (como a colagem de uma palavra em um documento digital de texto). Ainda assim, a Res Rocket incorporou a possibilidade de utilização de áudio digital nas suas últimas versões do RocketControl, associada ao uso de CODECs de compressão para uma transmissão eficiente [RES 99].

Desta maneira, com o Rocket Network os músicos já estão tendo à disposição um sistema que os permite realizar encontros musicais via Internet com um razoável nível de interatividade, o que a Res Rocket costuma chamar de “online jams”. E, por possibilitar que essa cooperação seja remota, este sistema já está sendo utilizado por muitos profissionais das áreas da indústria musical que mais necessitam deste tipo de recurso para dinamizar, ou imprimir velocidade à sua produção, como por exemplo a área de “jingles” comerciais e, em ritmo crescente, a área de “web design”, que começa a ampliar sua utilização da multimídia [TRA 97].

3 Sistemas de educação musical na Web

Nas próximas seções passamos a sugerir como a fundamentação teórica e tecnológica pesquisada pode ser aplicada nas diversas fases do desenvolvimento de sistemas educativo-musicais baseados na Web.

3.1 Princípios e requisitos para sistemas de educação musical na Web

Vimos até aqui, nesta dissertação, que em Informática aplicada à Educação é necessário atentar para critérios de usabilidade de interfaces, de modo que o aluno se concentre apenas em aprender e não em como utilizar a interface. Em particular, softwares educacionais para o domínio *musical* apresentam mais desafios pois, além de usabilidade, suas IUs necessitam um suporte adequado para tratar das complexas informações musicais envolvidas, para que se atinjam os objetivos educacionais musicais. Esses cuidados se tornam ainda mais importantes em se tratando de sistemas a serem utilizados via programas navegadores para a Web, que ainda impõem limites ao emprego das mídias sonoras/musicais e à sua integração com as demais mídias da Internet. Vimos também a importância da observação de pressupostos pedagógico-musicais atualizados, que sejam coerentes com os objetivos educativos do contexto previsto e, principalmente, que propiciem o desenvolvimento musical da forma mais abrangente possível.

Por conseqüência, conforme já afirmamos, neste trabalho precisamos encontrar um equilíbrio entre *funcionalidade*, *operacionalidade* e *simplicidade* no desenvolvimento de sistemas de educação musical baseados na Web. Isso quer dizer que:

- a) Em relação à *funcionalidade*, o sistema a ser construído deve oferecer ao aluno uma gama variada de atividades musicais. Não que as atividades em si devam ser oferecidas necessariamente em grande número, mas mesmo em uma só atividade deve-se propiciar a consulta e/ou manipulação do conteúdo musical de diversas maneiras. Por exemplo, na representação (visual) de uma partitura deve ser possível escutá-la (representação sonora). Pode-se inclusive oferecer o controle da execução ao aluno (mudança de timbre, mudança de andamento, etc.). Da mesma forma, diversos tipos de experiências musicais podem ser agrupados em um mesmo módulo, como diferentes táticas para se obter um mesmo resultado educativo. Por exemplo, no treinamento do ouvido musical do estudante para a identificação de intervalos melódicos - o que é uma atividade de técnica segundo o Modelo (T)EC(L)A (ver Seção 2.2) - é um recurso comum em sala de aula a execução de uma melodia conhecida que inicie com aquele intervalo, para facilitar sua memorização - o que seria uma atividade de apreciação (ver Figura 3.1). Não esqueçamos que um possível usuário para esses sistemas também pode ser o professor e que, assim, funcionalidades para ele devem estar igualmente presentes. A página de entrada no “site” DSOkids da orquestra de Dallas, citado na introdução ao Capítulo 2, oferece um “link” para o professor, esclarecendo como aquelas atividades podem ser integradas às atividades presenciais.



FIGURA 3.1 - Caixa de diálogo oferecendo a apreciação de melodia iniciando com o intervalo de 2.a maior, acessada a partir do módulo Assimilação de Intervalos do STI para Windows [FLO 2000a].

- b) A *operacionalidade* diz respeito a quão bem o aluno poderá acessar todas as funcionalidades oferecidas no sistema. Isso tem relação direta com a *usabilidade*, da qual falamos na Sub-seção 2.1.1, assim como a funcionalidade está relacionada à *utilidade* do sistema. Por isso, repetimos, deve-se atentar para critérios de usabilidade de interfaces, de modo que o aluno se concentre apenas em aprender e não em como utilizar a interface. Nesse sentido, devem ser empregadas ações como buscar uma consistência de interface do sistema com o ambiente do qual fará parte, bem como uma adequação à estratégia pedagógica desse ambiente.
- c) Finalmente, a *simplicidade* é uma exigência imposta pelas limitações do meio - a Web. Deve-se investir na funcionalidade e na operacionalidade do sistema recorrendo-se a tecnologias as mais simples possíveis, com o auxílio da criatividade. Soluções complexas, aliadas às limitações de largura de banda da Internet, poderão acabar interferindo na usabilidade, e daí a necessidade de uma abordagem simples. Isso inclui, em uma visão mais ampla, a questão do acesso do usuário ao sistema, que consideramos ser um parâmetro de usabilidade em sistemas na Web (veremos mais detalhes na Seção 3.3) e que, portanto, deve ser facilitado.

Por tudo isso é que já afirmamos, na introdução a esta dissertação (Capítulo 1), que a solução que investigamos aqui (apresentada adiante, no Capítulo 4) deveria ser *acessível, útil e usável* tanto por seus desenvolvedores como pelos seus usuários finais (notadamente alunos e educadores musicais). Incluímos aí os desenvolvedores porque estamos propondo soluções para o desenvolvimento adequado de sistemas educativo-musicais para a Web. Então os cuidados relativos a funcionalidade, operacionalidade e simplicidade devem ser estendidos também ao trabalho desses indivíduos. Porém, dessa vez, em relação ao ambiente de desenvolvimento e às implementações de tecnologias a serem usadas, que serão sugeridas na Seção 3.3. Veremos como existem outros aspectos relacionados à questão do desenvolvedor a seguir, no início da Seção 3.2.

3.2 Especificação de sistemas de educação musical na Web

Afirmamos, na introdução ao Capítulo 2, que o desenvolvimento de sistemas educativo-musicais para a Web exige um trabalho em equipe interdisciplinar. Além disso, afirmamos que essa equipe precisa contar com profissionais da Informática capacitados e atualizados no seu campo. Entretanto isso não impede, na nossa opinião, que algumas tentativas sejam feitas no sentido de se promover “end-user programming” [CYP 93], ou seja, a *programação do sistema pelo usuário*, satisfazendo mais adequadamente os requisitos próprios desse último.

O doutorado do colega Eloi Fernando Fritsch, coordenador do grupo de pesquisa do LC&M, denomina-se “MEPSCM - Método de Ensino de Programação Sônica de Computadores para Músicos”, e está sendo criado para *possibilitar ao músico desenvolver sua capacidade de programação* e aplicá-la na criação de software musical. Já foi identificada por Fritsch a necessidade do músico contemporâneo de estar atualizado na tecnologia musical, incluindo aí as aplicações do computador na música. Essas últimas são, principalmente, de auxílio à composição musical e à execução musical, mas também podem ser de auxílio ao ensino/aprendizagem de música. Muitos dos sujeitos nos testes do método de Fritsch, realizados no Instituto de Artes da UFRGS, têm sido educadores musicais interessados em poderem implementar suas próprias concepções de educação musical com os recursos que a Informática oferece.

Em cooperação com o trabalho de Fritsch, esta nossa pesquisa de mestrado também procura sugerir conceitos e tecnologias que possam ser empregados por leigos na Ciência da Computação - pessoas sem formação e/ou conhecimento teórico e prático de Computação - como é o caso, a princípio, dos professores de música. Assim, nossa fundamentação poderá ser ensinada como parte do MEPSCM.

A barreira do desconhecimento da Ciência da Computação é uma barreira para a promoção da educação musical baseada na Web que, no entanto, pode ser quebrada sem muita dificuldade, com algumas ações básicas, as quais adotamos neste trabalho:

- a) Seguir uma *abordagem baseada em princípios* para o desenvolvimento desses sistemas [FLO 2001a];
- b) Seguir um método de desenvolvimento de sistemas simplificado, porém fortemente adaptado à concepção de software educacional e que contempla requisitos de usabilidade [WIN 2000] (resumido na Sub-seção 2.1.2); e
- c) Na implementação, usar ambientes de autoria multimídia. Conforme veremos, na Seção 3.3, tais ambientes oferecem uma programação principalmente visual associada a linguagens de alto nível, facilmente compreensíveis e utilizáveis mesmo por leigos. Além disso oferecem os recursos multimídia necessários ao processamento de música, e os programas resultantes podem ser embutidos em páginas Web com o auxílio dos “plug-ins” adequados (ver Sub-seção 2.4.4).

Por ser essencialmente uma atividade de equipe interdisciplinar, o desenvolvimento de sistemas educativo-musicais para a Web deve ser praticado seguindo uma abordagem baseada em princípios, os quais acreditamos serem essenciais ao *processo multi-pessoal de construção de ambientes multidisciplinares*. Em nossa opinião, tais princípios são

muito mais importantes que qualquer notação ou metodologia em particular. De fato, eles permitirão aos projetistas avaliarem diversas técnicas, ferramentas e possibilidades de soluções tecnológicas, bem como aplicá-las adequadamente [FLO 2001a]. Do mesmo modo, princípios irão facilitar a transferência tecnológica entre a área da Computação e os especialistas em Música.

De acordo com as conclusões de Winckler quanto à usabilidade de software educacional (Sub-seção 2.1.1), outro procedimento aconselhável a projetos de sistemas educacionais é o treinamento de toda a equipe de desenvolvimento, incluindo os consultores no domínio de conhecimento abordado no programa, em técnicas de usabilidade. Ressalta para esse fim a técnica heurística, por sua simplicidade de transferência de tecnologia e excelente relação custo/benefício [WIN 98].

Para facilitar o cuidado com requisitos de usabilidade e levar em conta as particularidades da concepção de software educacional, o método de desenvolvimento de sistemas aqui sugerido é o proposto por Winckler e seus colegas para a concepção de IUs educacionais [WIN 2000] (resumido na Sub-seção 2.1.2). Segundo Alan Kay, para o usuário, a interface é o programa [KAY 90]. Portanto o processo cíclico de desenvolvimento de IUs, guiado pelo método adotado, se confundirá bastante com o processo de desenvolvimento do sistema como um todo. Ainda mais em se tratando de software educacional, no qual “um dos aspectos mais importantes (...) é a interação do aprendiz com o sistema e o diálogo que é estabelecido entre as partes” [WIN 2000]. Queremos dizer com isso que o método aqui adotado tem seu foco original no projeto da IU mas pode ser seguido na concepção do sistema como um todo, conforme também já afirmamos em [FLO 2001a]. Além disso, o ciclo de prototipação é bastante adequado a desenvolvimentos e manutenções para a Web.

A *especificação* de sistemas de educação musical na Web cabe, no ciclo de desenvolvimento sugerido, na primeira fase, “conhecer usuários, alunos e suas tarefas”. Na especificação define-se os requisitos do sistema específico em construção, que devem se basear nos princípios e requisitos gerais desses sistemas que definimos na seção anterior. Esses requisitos específicos são definidos pela equipe de desenvolvimento após uma *análise contextual*.

No caso de sistemas educacionais, a análise contextual deve atentar para alguns pontos:

- Os *usuários* são alunos e professores;
- As *tarefas* são aquelas envolvidas no processo de ensino/aprendizagem; e
- O *contexto* é normalmente o de uma instituição educacional.

Além do perfil do usuário, devem ser analisados e levados em conta outros aspectos do contexto, por exemplo como o aprendizado dos alunos costuma ser avaliado, que abordagem pedagógica (teorias de aprendizagem) a escola adota, quais serão os requisitos de hardware e software para executar o sistema, e aspectos culturais afins.

Questões que definem a *nova tarefa* - porque o ensino/aprendizagem com o sistema será diferente do que era realizado sem o sistema - devem, da mesma maneira, considerar aspectos educacionais, como qual *abordagem pedagógica* adotar. Esse

aspecto, por exemplo, ajuda a determinar que tipo de sistema será desenvolvido. Gamez sugere uma correspondência entre as duas principais escolas pedagógicas - comportamentalismo e cognitivismo - e diferentes tipos de software educacional: tutoriais e sistemas tipo “exercício e prática” seguem um enfoque *algorítmico*, representado pelas teorias *comportamentalistas*; simulações, jogos educativos, micro-mundos de exploração e descoberta, e sistemas especialistas seguem um enfoque *heurístico*, representado pelas teorias *cognitivistas* de aprendizagem; finalmente, os sistemas tutores inteligentes combinam ambas abordagens [GAM 98, cap.4].

É óbvio que a música cumpre um papel importante em sistemas de educação musical, mais do que em outros sistemas multimídia, e por isso não deve ser esquecida na especificação de requisitos. Devem ser definidos, por exemplo:

- Que qualidade de áudio a tarefa educativo-musical requer;
- Que tecnologias devem ser usadas para representar o som/música (áudio digitalizado, MIDI, etc.);
- Que notação musical deve ser empregada (basear-se naquela já conhecida do público-alvo);
- Se o sistema tem requisitos de temporização (O ritmo deve ser perfeitamente reproduzido? Às vezes não, o conteúdo pode tratar apenas das alturas das notas. Os eventos musicais devem ser perfeitamente sincronizados com elementos visuais?). Durante a experiência interdisciplinar de desenvolvimento do software STR [FRI 98, KRU 99], deparamo-nos com um caso desse tipo. Na simulação de um “ditado rítmico” (exercício comum em aulas de iniciação musical, que consiste em ditados de trechos rítmicos executados pelo professor, aos quais os alunos devem responder identificando e escrevendo as figuras rítmicas correspondentes na pauta musical), se não houver uma temporização exata da duração das notas musicais e do tempo entre a execução de uma e outra (o que constitui basicamente o ritmo), o aluno terá dificuldade em identificar as figuras rítmicas que ouviu para responder o ditado, tornando frustrante essa experiência de aprendizado. O problema era tão crítico para a viabilização do software que exigiu a criação de uma biblioteca de extensão do sistema exclusivamente para tratá-lo [FLO 2000c];
- Etc.

Metáforas a serem empregadas no projeto visual para a interação do aluno com a música devem refletir o conhecimento que o aluno tem do domínio (daí a necessidade de se realizar uma profunda análise contextual e determinação do perfil do usuário). Por exemplo, estudantes de violão podem preferir ver acordes representados (e manipular tais acordes) em uma tablatura, no lugar de uma representação do teclado do piano.

Já afirmamos (Sub-seção 2.1.2) que a literatura de recomendações de usabilidade pode ser consultada como auxílio à especificação dos requisitos do sistema. No contexto de sistemas educacionais, destacamos o guia de recomendações do GEPESE - Grupo de Estudos e Pesquisa em Software Educacional, da Universidade de Passo Fundo (RS - Brasil) [VAL 2000b] como mais direcionado à fase de concepção de IU. Para a fase de avaliação podem ser citados dois roteiros que contém recomendações: a TICESE - Técnica de Inspeção de Conformidades Ergonômicas em Software Educacional [GAM

98] e o roteiro de Krüger [KRU 2000], específico para avaliação de software para educação musical. Repetimos, porém, que todos esses conjuntos de recomendações podem ser empregados nas fases que se escolher, seja na concepção ou avaliação de IU. Krüger cita, a esse respeito, Squires e McDougall [SQU 94]: “Há várias formas de avaliar um software educacional (...). A *avaliação formativa* ocorre durante o desenvolvimento do software (protótipo) e focaliza eventuais modificações. A *avaliação somativa* é realizada após o desenvolvimento do software (produto), para verificar as experiências educacionais que ele pode fomentar ou visando a sua aquisição” [apud KRU 2000, grifos da própria].

A colaboração da área de Educação Musical no desenvolvimento de sistemas educacionais para a música ocorre na *definição do conteúdo*, em termos de conhecimento e informação a serem inseridos no programa. Essa definição se dá a partir da identificação do público-alvo da aplicação e do currículo de ensino adequado a esse usuário, principalmente em termos do período escolar (musical) no qual ele provavelmente se encontre. Também a *forma de apresentação do conteúdo* (didática) é definida pelos consultores dessa área, levando em conta teorias de ensino/aprendizagem atualizadas e/ou reconhecidas da Educação Musical e da Psicologia Cognitiva da Música. Concepções de Educação Musical como o Modelo (T)EC(L)A de Swanwick (ver Seção 2.2), por classificarem tipos de atividades educativo-musicais, podem auxiliar na especificação de requisitos.

Seguir o Modelo (T)EC(L)A pode facilitar nosso objetivo de criação de atividades musicais para implementação em páginas Web. Além deste modelo sugerir uma gama variada de aplicações para as tecnologias estudadas neste trabalho (conforme veremos na Seção 3.3), e classificar os tipos de atividades educativo-musicais, traz consigo a recomendação de Swanwick quanto ao oferecimento de todos esses tipos de atividades para o aluno, para que se obtenha qualidade no método de ensino/aprendizagem de música. Isto quer dizer que devemos procurar criar um ambiente de ensino/aprendizagem na Web que proporcione experiências musicais de todos os tipos citados por Swanwick. Entretanto, não é imprescindível que todas estas atividades sejam realizadas no computador (oferecidas em sistemas na Web) mas, nesse caso, deve ser sugerida a complementação das atividades realizadas no “Web browser” com atividades em sala de aula, dos tipos que não forem contemplados no curso “online”.

A questão da abrangência de estilos, períodos e grupos instrumentais, incentivada por Swanwick e Oliveira conforme citamos na Seção 2.2, se reflete na *escolha do repertório de obras musicais* que porventura devam ser inseridas num sistema de educação musical. Como exemplo, as melodias selecionadas para facilitarem a memorização da sonoridade dos intervalos, no módulo de Assimilação de Intervalos do STI para Macintosh, já atendiam a esta recomendação. Incluíam músicas conhecidas do público-alvo, de variados estilos e períodos musicais (ver Tabela 3.1) [FRI 96]. Na reengenharia do STI para Windows foi prevista, inclusive, a possibilidade futura de permitir ao usuário do programa a inclusão de melodias, com o mesmo propósito, que o próprio venha a julgar mais adequadas à sua experiência educacional [FLO 2000a].

TABELA 3.1 - Algumas das melodias para fixação dos intervalos usadas no STI para Macintosh.

 Intervalos ascendentes	
Intervalo	Melodia
2.a menor	Vozes da Primavera (J. Strauss)
2.a maior	Noite Feliz (Franz Gruber)
3.a menor	Berceuse (J. Brahms)
3.a maior	Tema de Amor de Superman (John Williams)
4.a justa	Chariots of Fire (Vangelis)
6.a maior	Hi-Lili, hi-lo (Kaper/Deutsch)
8.a justa	Over the Rainbow
 Intervalos descendentes	
Intervalo	Melodia
2.a menor	Pour Elise (L. Van Beethoven)
2.a maior	Oh, Minas Gerais (origem no folclore italiano)
4.a justa	Eine Kleine Nachtmusik (W. A. Mozart)
6.a menor	Tema de Love Story (F. Lai/C. Sigman)

3.3 Projeto e construção de sistemas de educação musical na Web

Essa etapa corresponde, no ciclo de vida de PCU modificado, à fase de “prototipação”. Aqui o desenvolvedor irá utilizar as especificações resultantes da fase anterior para projetar e construir um primeiro protótipo do sistema. Esse protótipo será então avaliado, revisado e reprojeto, em um *processo de desenvolvimento cíclico*. A cada ciclo, nova funcionalidade é adicionada e problemas identificados são corrigidos, dando origem a novas versões que evoluem até se chegar ao produto final.

Na construção de sistemas educativo-musicais exige-se um cuidado no tratamento computacional da *informação musical* (representada tanto sonora quanto graficamente, através da notação musical), de modo que ela seja apresentada de forma correta para o aluno. Como consequência, neste trabalho sugerimos tecnologias multimídia para a Web nas quais os recursos sonoros possam reproduzir corretamente essa *informação musical*, e ainda possam ser sincronizados com os recursos visuais, para que a mesma informação a ser transmitida simultaneamente por dois ou mais meios (a “redundância”, vista na Seção 2.3) resulte coerente.

Para esta fase, concluímos que *ambientes de autoria multimídia* podem ser satisfatoriamente utilizados. Uma de suas vantagens é a de incorporarem linguagens de programação de alto nível. Juntando isso a uma programação essencialmente visual, esses ambientes permitem que mesmo programadores com pouca experiência construam

sistemas aceitáveis. Além disso, são ferramentas de prototipação rápida, de boa adequação ao ciclo de prototipação, já que se pode construir uma primeira versão pobre em funcionalidade (mas suficiente para avaliações) e ir adicionando novas funções continuamente até obter o produto final.

Por outro lado, uma desvantagem dessas ferramentas é a de que, em certos casos, elas podem exigir adaptações para satisfazer requisitos musicais. Elas costumam oferecer ao programador apenas funções de alto nível de abstração e por isso, para música, oferecem somente funções de manipulação de arquivos de som (p. ex. tocar, parar, pausa, etc.). Funções desse tipo serão inúteis se desejarmos trabalhar no nível dos eventos musicais, manipulando eventos MIDI, por exemplo. Como consequência pode ser necessária a extensão das capacidades musicais desses ambientes com bibliotecas de funções escritas em outras linguagens. Em [FLO 2000c] descrevemos um caso desses (também citado na Seção 3.2), no qual um sistema construído no ambiente ToolBook necessitou de uma DLL escrita em Delphi para manipulação de eventos MIDI.

Nossas conclusões, quanto à possibilidade satisfatória do uso de ambientes de autoria multimídia na construção de sistemas para a Web, resultaram tanto de experiência acumulada no LC&M quanto da comparação com outras tecnologias da Web para música (resumidas na Seção 2.4) que também foi realizada em nosso Trabalho Individual. Essa análise considerou os níveis de adequação de cada tecnologia ao desenvolvimento de conteúdo didático para o ensino/aprendizado de música via Web. Um resumo foi feito na forma de uma tabela cujas colunas refletem os parâmetros que foram levados em conta (Tabela 3.2):

- *Implementações*: produtos ou padrões que implementam as tecnologias.
- *Qualidade sonora*: qualidade do áudio resultante do emprego de cada tecnologia.
- *Qualidade musical*: exatidão na representação e reprodução de elementos musicais (como melodias, harmonias, ritmos, etc.).
- *Sincronização*: possibilidade de sincronização entre som e imagem (no caso de representações sonora e visual da mesma informação musical - “redundância”).
- *Facilidade*: refere-se à facilidade de utilização de cada tecnologia pelos implementadores.
- *Aplicações, (T)EC(L)A*: Indicação de possíveis aplicações para as tecnologias e dos parâmetros do Modelo (T)EC(L)A que elas podem satisfazer.

TABELA 3.2 - Comparação entre tecnologias de programação sonora de páginas WWW visando a aplicação em educação musical [FLO 2000b].

Tecnologias	Implementações	Qualid. sonora	Qualid. musical	Sincronização	Facilidade	Aplicações, (T)EC(L)A
Representação da informação sonora	MS Wave, SUN Audio, Mac AIFF, MP3.	Dependente da qualidade da gravação.	Alta somente para exemplos inteiros.	Não.	Muita.	Técnica, literatura, apreciação. Indicada para pequenos trechos ou quando admitir-se baixa qualidade sonora.
Representação da informação musical	MIDI, MOD, DLS-2.	Em geral, alta. Usando MIDI dependerá da qualidade do sintetizador.	Alta.	Não.	Muita.	Técnica, literatura, apreciação.
“Plug-ins”	Beatnik, MODPlug, QuickTime, Windows Media Player.	Em geral, alta. Usando MIDI dependerá da qualidade do sintetizador.	Alta.	Não.	Muita.	Técnica, literatura, apreciação.
“Streaming”	Real Audio, ShoutCast, Liquid Audio.	De média a baixa.	Alta somente para exemplos inteiros.	Não.	Média. Depende de licença para o servidor.	Literatura, apreciação. Indicada para audições mais longas, mas que não dependam de alta qualidade sonora.
Integração multimídia	ToolBook, Director, Beatnik, SMIL, Java Sound.	De média a alta.	Alta se usando MIDI. Usar áudio digital somente para exemplos inteiros.	Sim.	Média. Depende de software de autoria e de plug-in no cliente.	Técnica, execução, composição, literatura, apreciação.
Colaboração musical em tempo real	Rocket Network.	De média a alta.	Alta.	Não.	Média.	Técnica, execução, composição. Indicada para “teleconferências musicais”.

Não foi necessária a inclusão, na Tabela 3.2, da coluna que representasse um outro parâmetro considerado importante para as comparações buscadas aqui: o da *disponibilidade das tecnologias para o usuário final* (incluindo a flexibilidade em termos de plataformas de execução). O motivo é que já limitamos nossa pesquisa pelas tecnologias àquelas mais difundidas (padrões “de fato”). Desta forma, a aplicação de qualquer das implementações dessas tecnologias para propósitos de educação musical via Web não deverá originar maiores dificuldades no lado cliente. No máximo, o usuário terá o trabalho de buscar o “plug-in” apropriado e/ou configurar o seu programa navegador para tratar o formato de mídia adotado na implementação. Estas tarefas podem ser, inclusive, facilitadas com o acréscimo de instruções ao usuário e de “links” para a obtenção dos “plug-ins” nas páginas Web introdutórias ao curso “online”.

A única exceção referente a essa segurança é o Java Sound, que ainda não é suportado pelas JVMs embutidas nos navegadores atuais (ver Sub-seção 2.4.4). Mas isso esperamos que não tarde a acontecer, dada a rápida evolução que se observa atualmente nos produtos desse mercado.

Acreditamos que os padrões tecnológicos “de fato” também serão os mais acessíveis ao usuário, o que é interessante se queremos atingir nosso objetivo de facilitar a difusão do conteúdo educativo. Segundo estudos recentes de usabilidade na Web [WIN 99], o advento desse meio contribuiu para o crescimento do número de usuários não-especializados, o que motiva a preocupação geral quanto à usabilidade. Acreditamos que a facilidade de acesso às tecnologias da Internet também pode ser vista como um *parâmetro de usabilidade* nesse meio computacional específico.

Note-se que nessa fase do ciclo de prototipação converge a aplicação dos conceitos pesquisados e descritos no Capítulo 2. O embasamento nas áreas de IHC, Educação Musical e Multimídia se refletem agora na *escolha das tecnologias Web* para música mais adequadas à correta disponibilização de conteúdo educativo-musical nesse meio.

4 Estudo de caso: o sistema INTERVALOS

A idéia do objeto escolhido para este estudo de caso já havia sido sugerida como trabalho futuro no projeto do STI para Windows [FLO 2000a]. Pretendíamos desenvolver um completo subsistema hipermídia para o *módulo de consulta à Teoria dos Intervalos* do STI. Por ser um sistema hipermídia, também já sabíamos que poderia ser empregada a técnica de modelagem e projeto HMT - Hypermedia Modeling Technique [NEM 95].

A HMT toma como base a OMT - Object Modeling Technique [RUM 94] - e a estende levando em conta particularidades do desenvolvimento de aplicações *hipermídia* (que integram hipertextos e multimídia) como:

- Interatividade e navegação;
- Aspectos visuais (interface com o usuário); e
- Multidisciplinaridade devido ao uso da multimídia [NEM 95, p.18].

De modo a satisfazer os objetivos da presente pesquisa de mestrado, decidimos implementar esse subsistema hipermídia, projetado segundo a HMT, na forma de um *sistema independente e baseado na Web*, denominado *INTERVALOS*, deixando para integrá-lo com o STI em um trabalho futuro.

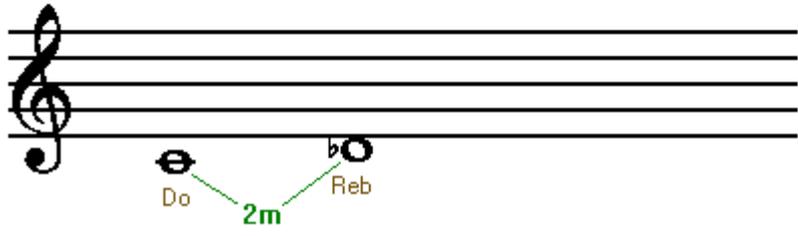
INTERVALOS [FLO 2001b] é um sistema hipermídia para a Web, destinado ao ensino/aprendizado introdutório à teoria musical, tendo como principal objetivo transmitir *conceitos e demonstrações sobre a teoria dos intervalos, escalas e arpejos musicais*. Diferentemente do STI, que aborda apenas o conteúdo relativo aos intervalos musicais melódicos, pensamos que seria interessante disponibilizar para o usuário (aluno) os conceitos de escalas e arpejos, em diferentes modos, associados ao conceito de intervalos, por possuírem relação direta com esse (escalas e arpejos são estruturas musicais que podem ser vistas como uma superposição de intervalos que, por sua vez, são as distâncias entre as notas musicais - ver Figura 4.1). O sistema poderá ser utilizado por escolas que trabalham com esse domínio do conhecimento, bem como por usuários que queiram exercitar-se individualmente nos seus computadores pessoais. O acesso ao sistema é facilitado por tratar-se de uma aplicação baseada na Web.

Seu formato hipermídia o caracteriza como um sistema *exploratório*, permitindo a livre exploração do conteúdo pelo aluno, e assim aproximou ainda mais as pesquisas em desenvolvimento do LC&M das teorias de ensino/aprendizagem mais cognitivistas.

**Intervalo de 2.a menor (2m),
de Do a Re bemol**

Entre Do e Re bemol, temos o intervalo de 2.a menor (veja [abaixo](#)).

Este intervalo corresponde, em uma escala [temperada](#), ao intervalo de [um semitom](#).



The image shows a musical staff with a treble clef. Two notes are placed on the staff: 'Do' on the first line (G4) and 'Reb' on the first space (F4). A green double-headed arrow connects the two notes, with the label '2m' written below it. The notes are labeled 'Do' and 'Reb' respectively.

FIGURA 4.1 - Detalhe do sistema INTERVALOS mostrando que um intervalo é a distância entre duas notas musicais.

4.1 Requisitos do sistema INTERVALOS

Vimos por bem apresentar a seguir uma introdução relativa aos requisitos do STI para Windows [FLO 2000a], que são importantes para dar uma noção do *contexto* onde se insere o sistema INTERVALOS. Logo após, apresentamos os requisitos do sistema INTERVALOS propriamente dito.

A fase de levantamento de requisitos para o STI para Windows baseou-se tanto nos requisitos do projeto original [FRI 96] como na análise dos problemas, e respectivas sugestões de solução, identificados na avaliação de usabilidade de IU conduzida juntamente com o mestrando Marco Antonio A. Winckler em janeiro de 1998, sobre uma das versões originais do STI para Apple Macintosh [WIN 98]. Também foi utilizada, para estabelecer requisitos de conteúdo e apresentação didática, a consultoria com a especialista em Educação Musical Susana E. Krüger e com professores do curso de Música do Instituto de Artes da UFRGS.

Um dos primeiros requisitos analisados foi o relativo ao *conteúdo musical a ser abordado* pelo software. Esse deve ser definido determinando-se o *público-alvo* da aplicação e verificando que currículo normalmente estaria sendo ensinado a esse usuário. Porém, em se tratando em [FLO 2000a] de um processo de engenharia reversa, baseamo-nos em primeiro lugar no *conteúdo já oferecido pelo STI para Macintosh*. Após esta verificação, o que fizemos foi identificar a qual estágio do ensino musical corresponde tal conteúdo em um determinado currículo e, conseqüentemente, a qual tipo de estudante (usuário) ele se destinaria, para então complementar ou eliminar excessos do conteúdo já determinado.

Foi analisado o conteúdo programático do Curso de Formação Musical, disciplina Educação Musical Coletiva, da Escola de Música e Belas Artes do Paraná (EMBAP), a fim de relacionar o software a uma etapa específica do aprendizado musical. Entretanto, tal curso encontrava-se em fase de reestruturação curricular, de modo que não foi

possível estabelecer exatamente a que etapa do currículo o STI se adequava. Além disso, o ensino da Teoria dos Intervalos (conteúdo ao qual o STI se destina) no citado curso era feito em etapas distribuídas por mais de um ano de estudo. Porém, a análise da proposta curricular desta disciplina sugeriu que o conteúdo original do STI, que corresponderia provavelmente a uma das últimas etapas curriculares a abranger o ensino dos intervalos melódicos, podia ser mantido com pequenas adaptações. Após a definição do novo currículo do curso analisado, adequaríamos os níveis de dificuldade do software, que deviam ser configuráveis pelo usuário, aos conteúdos correspondentes aos currículos de cada ano letivo.

De acordo com essa análise, o *público-alvo* do STI é o aluno de música que já tenha aprendido tal conteúdo (ou esteja aprendendo, já que, como já foi dito, o software pode servir como bateria de exercícios durante o aprendizado), o que se dá por volta dos 11 a 15 anos de idade em cursos completos de formação musical como o da EMBAP.

A versão do STI para Apple Macintosh [FRI 96] integrava ainda mais duas atividades além das quatro traduzidas no STI para Windows: a consulta hipermídia à Teoria das Escalas e Arpejos e a consulta às estruturas de escalas e arpejos de vinte e quatro modos maiores e menores (em um módulo chamado de “Calculadora Musical”). Tais módulos, porém, não faziam parte do programa à época de sua primeira fase de desenvolvimento. Foram extensões ao primeiro protótipo, tendo sido importadas de uma outra aplicação do LC&M, o SETMUS [FRI 95].

Em conseqüência, os requisitos da primeira versão do STI para Windows basearam-se nas idéias originais para a estrutura do STI. Naquela versão, portanto, esses módulos (Teoria das Escalas e Arpejos; consulta a escalas e arpejos nos diferentes modos) foram deixados de lado.

O presente trabalho, de desenvolvimento do sistema hipermídia INTERVALOS, será inserido (em trabalho futuro) no módulo Teoria dos Intervalos do STI para Windows. Nossa idéia é justamente a de incluir os dois módulos que tinham sido deixados de lado, mas que possuem relação direta com o conteúdo teórico abordado. Em outras palavras, pensamos que seria interessante disponibilizar para o usuário (aluno) os conceitos de Escalas e Arpejos, em diferentes Modos, associados ao conceito de Intervalos.

Na Figura 4.2 pode-se observar como o módulo atual da Teoria dos Intervalos encontra-se pobre, apresentando apenas um texto ilustrado a respeito do assunto. Justifica-se, portanto, a extensão desse módulo na forma do sistema hipermídia proposto - INTERVALOS -, o que melhoraria a interação do usuário com o sistema e provavelmente o próprio processo de ensino/aprendizagem do conteúdo tratado no STI.

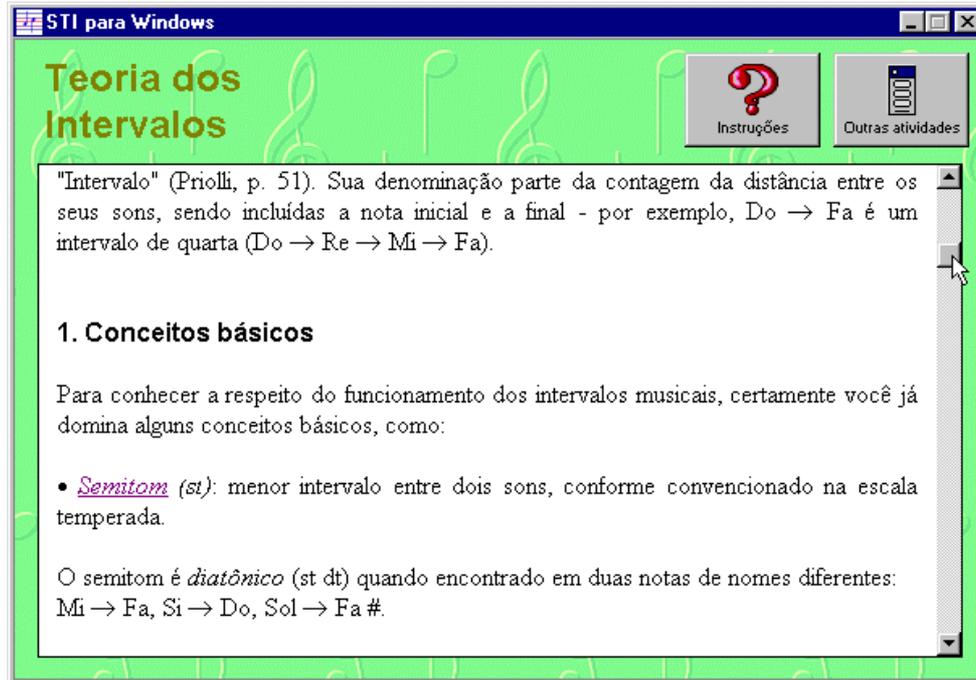


FIGURA 4.2 - Tela do módulo Teoria dos Intervalos do STI para Windows.

O sistema INTERVALOS herdou alguns requisitos do STI para Windows, como por exemplo tratar apenas dos seguintes intervalos:

- Intervalos melódicos simples (até uma oitava).
- Os (12) seguintes intervalos melódicos, mais comuns, nas formas ascendente e descendente: 2.a m, 2.a M, 3.a m, 3.a M, 4.a justa, 4.a aum, 5.a justa, 6.a m, 6.a M, 7.a m, 7.a M, oitava justa. Também os (2) intervalos mais básicos, conhecidos como Tom e Semitom.

Os intervalos apresentados obedecem sua funcionalidade. Por exemplo, uma 4.a aumentada *não é apresentada* como sendo o mesmo que uma 5.a diminuta, embora sejam intervalos enarmônicos em uma escala diatônica temperada. Desse modo, “Do a Fa#” é apresentado como uma 4.a aum. e “Do a Solb” como uma 5.a dim.

Adicionalmente, o sistema apresenta conteúdo referente a Arpejos e Escalas musicais. Essas estruturas têm *representação visual (na pauta) e sonora* nos 2 modos (maior e menor), iniciados nas seguintes fundamentais:

- Do, Reb, Re, Mib, Mi, Fa, Fa#, Sol, Lab, La, Sib e Si.

Como consequência, tivemos que apresentar no INTERVALOS também os conceitos de:

- Intervalo
- Arpejo
- Escala
- Modo
- Fundamental e
- Grau.

4.2 Modelagem do sistema INTERVALOS

4.2.1 Modelo de objetos

Esse é o primeiro modelo a ser construído em se seguindo a técnica HMT. Consiste na mesma proposta da OMT, utilizando a mesma notação que essa para descrever, segundo Nemetz, o “domínio da aplicação” [NEM 95].

A representação gráfica da presente aplicação é constituída pelo relacionamento entre classes, conforme a Figura 4.3, determinadas segundo os requisitos apresentados na Seção 4.1, obtidos por análise realizada entre usuários e especialistas do domínio da música.

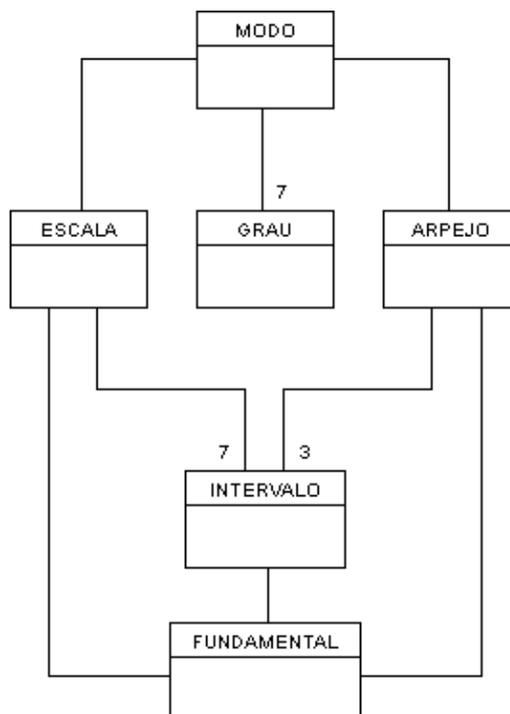


FIGURA 4.3 - Modelo de objetos do sistema INTERVALOS.

Chegamos à conclusão que os conceitos definidos (como classes) são de extrema relevância para o entendimento e implementação do modelo. Assim sendo, segue-se uma pequena explicação sobre suas inter-relações:

- Um **intervalo** é, basicamente, a distância entre duas notas musicais, medida em *graus* de determinado *modo*. Os intervalos recebem nomes específicos que devem ser aprendidos pelos estudantes de música (entre Do e Re temos a “2.a maior”, entre Do e Sol temos a “quinta justa”, etc.).
- Uma **escala**, por ser uma seqüência de 8 notas, pode ser vista também como uma superposição de 7 *intervalos* (na escala de Do maior, de Do a Re temos uma 2.a maior, de Re a Mi temos mais uma 2.a maior, e assim por diante). Assim, no modelo de objetos, uma escala é composta de 7 intervalos. Um **arpejo** tem essa mesma relação com os intervalos (também é uma seqüência de 4 notas e portanto uma superposição - ou composição - de 3 intervalos).
- A seqüência dos *intervalos* que compõem uma *escala* ou *arpejo* é definida pelo **modo** em que se encontra a escala ou arpejo. Dependendo do modo essa seqüência muda, e também o nome da escala ou arpejo. Assim, uma determinada escala ou arpejo sempre se encontra em um determinado modo (a escala de Do maior está no modo “maior”).
- Os **graus** indicam a posição das 7 notas no *modo* (a 1.a nota corresponde ao I grau, a 2.a ao II grau do modo, etc.).
- *Intervalos*, *escalas* e *arpejos* sempre iniciam por uma determinada nota, denominada **fundamental** (a fundamental de Do maior é Do, a de Sol menor é Sol, etc.).

4.2.2 Modelo de hiperobjetos

O modelo seguinte a ser construído, de acordo com a técnica HMT, consiste na representação do “domínio da solução”, mostrado a seguir (Figura 4.4).

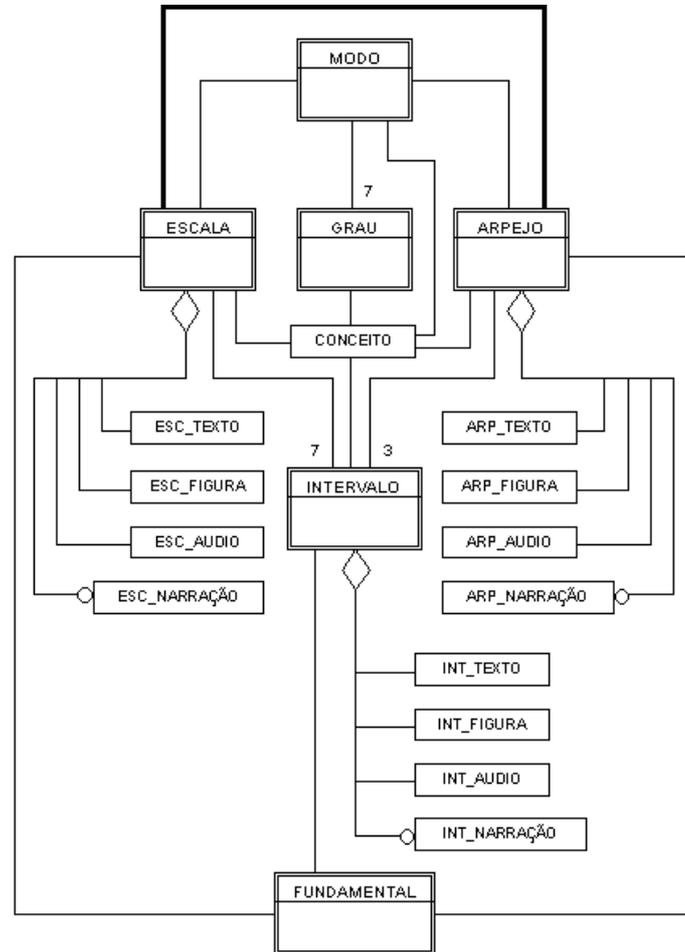


FIGURA 4.4 - Modelo de hiperobjetos do sistema INTERVALOS.

No modelo de hiperobjetos, segundo a HMT, são adicionadas novas associações e classes pertencentes ao domínio da solução, criando caminhos desejados (e assim já modelando decisões de projeto). No caso de nossa aplicação, INTERVALOS, os seguintes elementos foram acrescentados ao modelo de objetos para criar o modelo de hiperobjetos:

- *Associação entre Escala e Arpejo* - Escalas e arpejos podem ter uma correspondência de 1 para 1 (à escala de Do maior corresponderia o arpejo de Do maior, e vice-versa), e essa correspondência deve ser disponibilizada para o usuário (o aluno, encontrando-se na tela da *escala* de Do maior, pode ter a curiosidade de ver como é a estrutura do *arpejo* de Do maior).
- *Classe Conceito* (concreta) - No modelo de objetos do sistema INTERVALOS, as classes representam os objetos em si envolvidos na aplicação, mas não seus

conceitos. Por exemplo, as instâncias da classe Arpejo serão o arpejo de Do maior, o arpejo de Do menor, o arpejo de Re maior, e assim por diante. Porém, em se tratando de uma aplicação educacional, é de extrema importância que se disponibilize para o aluno, igualmente, o *conceito geral* de arpejo (no caso do exemplo), como sendo “uma seqüência de 4 notas correspondentes aos I, III, V e VIII graus de uma escala”. Os conceitos são relativos às *estruturas* apresentadas no sistema (intervalos, arpejos, escalas, modos e graus) e não às suas instâncias (o conceito de arpejo é o mesmo para qualquer arpejo), justificando a sua inclusão como uma nova classe (e não como mais um simples componente dos objetos) no modelo de hiperobjetos. Além disto, tais conceitos, que no exemplo foi colocado de forma bastante resumida, seriam na verdade explanados de forma mais completa através de um texto mais elaborado, e por isso a classe Conceito é apresentada no modelo como sendo concreta. Ela será diretamente instanciada através do texto e se utilizará das mídias das outras classes para complementar suas explicações (tanto que, como veremos, a apresentação dos conceitos será feita por roteiros guiados através das mídias das outras classes, partindo do texto do conceito).

- *Classes de Mídias* (para instanciação dos objetos) - Os objetos a serem instanciados no sistema INTERVALOS serão os Intervalos, as Escalas e os Arpejos (além dos seus conceitos e dos de Modo e Grau). Essa instanciação será composta por um texto, uma figura (representação na pauta) e um áudio (som das notas do objeto musical). Adicionalmente, poderá ser ouvida uma narração do texto, com comentários, apenas durante os roteiros guiados que apresentam os conceitos (por isso as associações com as classes *_Narração são modeladas como opcionais - nem sempre essa mídia estará disponível).

4.2.3 Modelo navegacional

A *tabela de associações* indica como será feita a navegação entre as classes de hiperobjetos (Tabela 4.1). Antes de apresentá-la, explicaremos os atributos das associações e o significado de seus valores:

- *Cardinalidade*: indica se a navegação a partir de uma instância da primeira classe pode ser feita para uma única instância da segunda classe (1:1) ou para mais de uma (1:N). Por exemplo: da escala de Do maior se pode navegar para o arpejo de Do maior, não para o arpejo de qualquer outra escala (1:1). A partir de qualquer escala pode-se navegar para qualquer dos intervalos que a compõem (1:N).
- *Direção*: indica se, depois de navegar para uma instância da segunda classe, pode-se voltar à instância da primeira classe da qual se partiu (Bidirecional) ou não (Unidirecional).
- *Tipo de elo / estrutura de acesso*: indica se na instância de origem encontra-se apenas um elo para a instância de destino (Elo simples); ou se existem vários elos para as várias instâncias de destino (N elos simples); ou se apenas é possível navegar para a próxima instância ou para a instância anterior de uma seqüência de instâncias pré-definida (Estrutura de acesso tipo roteiro guiado); ou, por fim, se além de navegar para as instâncias próxima e anterior, se pode

navegar diretamente para qualquer uma da seqüência pré-definida (Roteiro guiado indexado).

TABELA 4.1 - Tabela de associações entre classes do sistema INTERVALOS.

Classes associadas	Cardinalidade	Direção	Tipo de elo / estrutura de acesso
Escala - Arpejo	1:1	Bi	Elo simples
Escala - Modo	1:1	Bi	Elo simples
Escala - Intervalo	1:N	Uni	N elos simples
Escala - Fundamental	1:N	Bi	N elos simples
Arpejo - Modo	1:1	Bi	Elo simples
Arpejo - Intervalo	1:N	Uni	N elos simples
Arpejo - Fundamental	1:N	Bi	N elos simples
Intervalo - Fundamental	1:N	Bi	N elos simples
Escala - Conceito	1:1	Uni	Elo simples
Arpejo - Conceito	1:1	Uni	Elo simples
Intervalo - Conceito	1:1	Uni	Elo simples
Modo - Conceito	1:1	Uni	Elo simples
Grau - Conceito	1:1	Uni	Elo simples
Conceito - Escala	1:1	Uni	Roteiro guiado
Conceito - Arpejo	1:1	Uni	Roteiro guiado
Conceito - Intervalo	1:1	Uni	Roteiro guiado
Conceito - Modo	1:1	Uni	Roteiro guiado
Conceito - Grau	1:1	Uni	Roteiro guiado

A partir da tabela de associações pode-se extrair os *contextos navegacionais* do sistema. Contexto navegacional é um conceito importante para evitar a desorientação do usuário que navega em um hiperdocumento, tendo relação portanto com a usabilidade do mesmo. Os contextos navegacionais do sistema INTERVALOS serão:

- *Fundamental*: a navegação bidirecional por elos simples entre escalas e arpejos manterá a mesma fundamental. Assim pode-se ir da escala de Re maior para o arpejo de Re maior e vice-versa. Também pode-se ir da escala de Re maior para a escala de Re menor, via modo, mantendo o contexto da fundamental Re (idem para a navegação arpejo maior - arpejo menor, ou seja, entre arpejos via modo). Também a navegação entre os diferentes intervalos manterá a mesma fundamental.
- *Modo*: a navegação pelas diferentes fundamentais manterá o mesmo modo. Estando na escala de Re maior pode-se ir à escala de Mi maior, à escala de Fa maior, enfim, a qualquer escala maior acessada pela sua fundamental.
- *Estrutura*: navegando por diferentes fundamentais e modos, ou para o conceito, será mantida a mesma estrutura musical - intervalo, arpejo ou escala.
- *Conceito*: entrando no contexto dos conceitos, pode-se navegar entre os diversos conceitos, das estruturas oferecidas e outros (grau, modo, fundamental).

O usuário poderá acessar os diferentes contextos navegacionais pelos seguintes pontos de entrada (Figura 4.5):

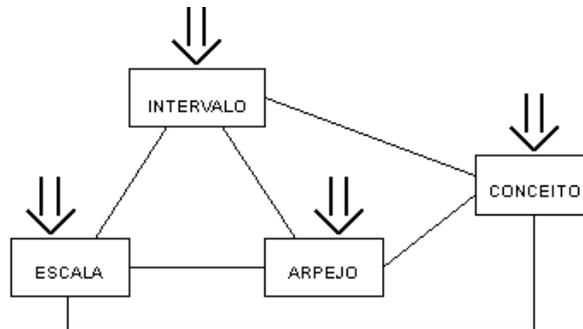


FIGURA 4.5 - Pontos de entrada no sistema INTERVALOS.

Isto significa que, a partir da tela de entrada no sistema - ou a qualquer momento da exploração -, o aluno deve poder optar por iniciar/reiniciar sua exploração do sistema pelos diferentes intervalos, ou pelos diferentes arpejos, ou pelas diferentes escalas, ou ainda pelos diferentes conceitos, conforme quiser.

Completando o modelo navegacional, o *diagrama de navegação* (Figura 4.6) sintetiza os pontos de entrada e a navegação entre as classes associadas:

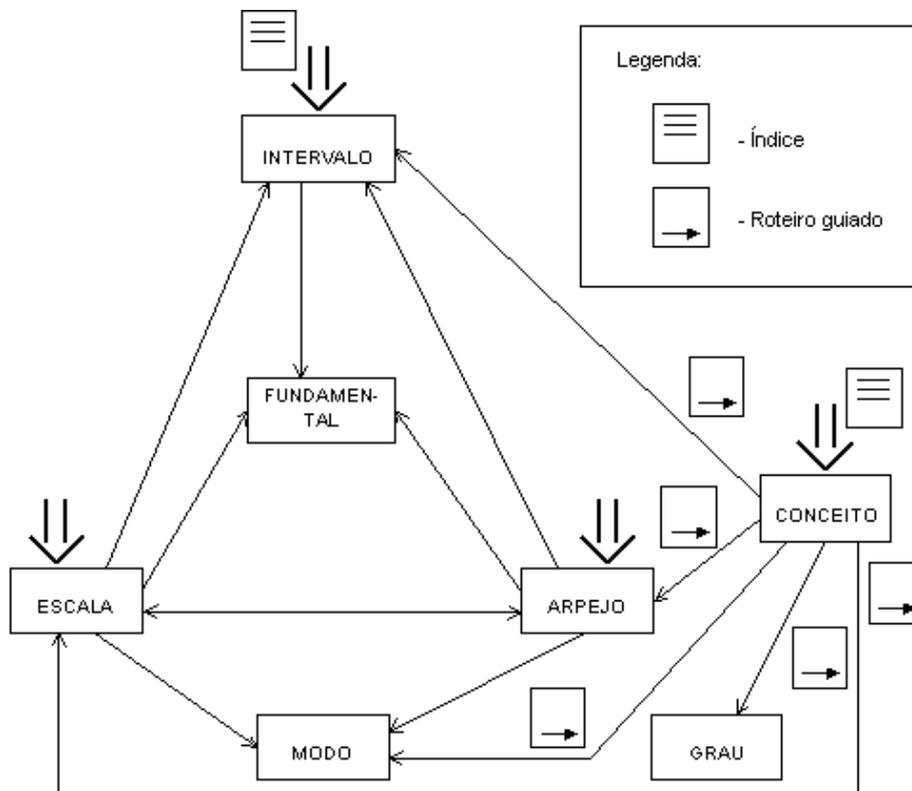


FIGURA 4.6 - Diagrama de navegação no sistema INTERVALOS.

Note-se que a entrada nos contextos “intervalo” e “conceito” é feita através de índice. Isso quer dizer que, ao pedir para ver os intervalos, o usuário verá um índice de todos os doze oferecidos no sistema e poderá escolher qual ele quer consultar primeiro. Do mesmo modo, ao acessar os conceitos, verá a lista dos conceitos e escolherá qual deseja consultar.

4.2.4 Modelo de interface

O modelo de interface na HMT consiste apenas do chamado “layout” das telas do sistema, indicando que regiões da tela cumprirão que funções. Isso está relacionado com a heurística de usabilidade “consistência de interface”: informações do mesmo tipo devem poder ser encontradas sempre nos mesmos lugares, mesmo em telas diferentes. Além disso Nemetz apenas sugere que se descreva outros aspectos, como que metáforas serão utilizadas na interação [NEM 95].

Porém, uma visão mais abrangente da área de IHC revela que o modelo de interface, ligado ao *projeto da apresentação* nessa área, deve incluir a seleção de *estilos e objetos de interação*, a *maquetagem* (ou *modelo de interface estático*) e o projeto do *diálogo de baixo-nível* entre os objetos de interação. Para os propósitos desta dissertação, apresentaremos apenas o “layout” das telas do INTERVALOS (Figura 4.7) e a maquete de uma delas, com alguns comentários referentes aos objetos de interação e ao diálogo de baixo-nível.

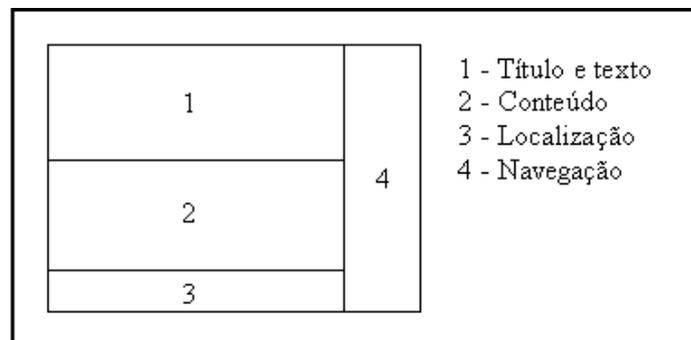


FIGURA 4.7 - "Layout" das telas do sistema INTERVALOS.

Na região “1 - Título e texto” incluímos como título o nome da estrutura que estiver sendo apresentada, seguido por um texto que a explica. Na região “2 - Conteúdo” é sempre apresentado o conteúdo auxiliar à compreensão do texto, em geral uma pauta com as notas da estrutura em questão. Com esse conteúdo o aluno poderá interagir. A região “3 - Localização” foi projetada para indicar sempre a localização do aluno no hiperdocumento, porém durante a implementação (Seção 4.3) vimos que o objeto de interação utilizado poderia servir igualmente para a navegação no sistema. Assim, essa região agora incorpora as funções de “feedback” de localização e de interação para navegação, que estava prevista apenas para ser feita na região “4 - Navegação”. Veremos que essa última também cumpre um pouco da função de auxiliar na localização do usuário (observar a Figura 4.8).



FIGURA 4.8 - Maquete das telas do sistema INTERVALOS.

Na maquetagem das telas do INTERVALOS já pudemos perceber uma das utilidades de um ambiente de autoria multimídia. O modo mais rápido e simples que tínhamos para trabalhar nas maquetes era diretamente no ambiente ToolBook. Dessa forma, as maquetes definitivas já estavam implementando as próprias telas do sistema, ou seja, a maquete acima já é uma tela do protótipo em estudo. Isso prova a propriedade de prototipação rápida desses ambientes de desenvolvimento. Além disso, objetos em comum às várias telas, como o fundo, os botões de navegação, a pauta, etc., foram reaproveitados em todas elas, acelerando a construção de cada uma. Essa acaba sendo uma vantagem não só para o desenvolvedor, como para o usuário, que encontrará sempre os mesmos objetos nos mesmos lugares, diminuindo o esforço para aprender a usar a IU (o que é um parâmetro de usabilidade).

Na maquete da Figura 4.8 pode-se notar que o “layout” apresentado na Figura 4.7 foi seguido, com os seguintes detalhes:

- Os botões de navegação “Intervalos”, “Arpejos”, “Escalas” e “Conceitos” referem-se aos pontos de entrada nos diversos contextos navegacionais projetados no modelo da Figura 4.5. Além de servirem à navegação, percebe-se que o botão do contexto em que se está permanece “pressionado”, cumprindo papel de auxílio também à localização.
- A troca de contexto principal já previa, na Figura 4.6, que a entrada nos contextos de conceitos e de intervalos seria feita por meio de índice. Isso foi mantido - ao selecionar “Intervalos” o usuário é questionado quanto a qual intervalo deseja consultar (Figura 4.9). O mesmo ocorre com a seleção de “Conceitos” a partir da tela de entrada no sistema, ou estando-se no contexto “Conceito”. Porém a partir das telas das estruturas musicais essa navegação para os conceitos obedece o contexto “Estrutura”, conforme a definição dos contextos na Sub-seção 4.2.3. Ou seja, na tela da Figura 4.8, se for pressionado

o botão “Conceitos”, iremos diretamente ao conceito de intervalo (a partir do qual, entretanto, poderemos selecionar outros conceitos, se quisermos).

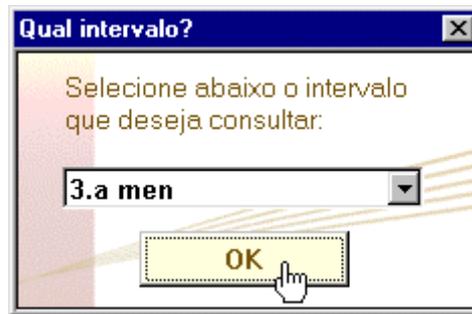


FIGURA 4.9 - Caixa de diálogo para a seleção do intervalo a consultar.

- A navegação pela fundamental (“Primeira nota” na maquete) é proporcionada por uma metáfora da notação musical. As âncoras para os elos às diferentes fundamentais estão nas próprias figuras das notas na pauta pequena. Note-se que aqui também o objeto de navegação cumpre uma papel de auxílio à localização, mantendo selecionada a “Primeira nota” da estrutura sendo apresentada.
- Estando-se, na Figura 4.8, no contexto da “Estrutura intervalo”, a navegação aos outros intervalos é feita, como projetado, por um índice na forma da caixa de combinação “Intervalo” que, mais uma vez, além da navegação fornece “feedback” quanto à localização. No contexto das demais estruturas musicais, o mesmo objeto de interação é usado para navegar entre os modos maior e menor.
- Como acréscimo às possibilidades de navegação, achamos adequado incluir os “links” para “voltar” e “avançar” no histórico das telas (ou “nós”) já visitadas, com a mesma semântica dos botões correspondentes em um programa navegador para a Web (com a qual, em hipótese, o usuário já estará familiarizado). Consideramos isso importante em um sistema educativo exploratório, como auxílio à construção, pelo aluno, de associações entre as informações que ele já consultou.
- Finalmente, com o mesmo objetivo acima, exploramos os recursos próprios de um sistema hipermídia incluindo, no texto descritivo de cada estrutura musical apresentada, “links” que promovem a associação de idéias. Assim, o texto em alguns momentos também pode servir à navegação.

4.3 Implementação do sistema INTERVALOS

O sistema INTERVALOS foi implementado no ambiente ToolBook II Instructor versão 6.0, da empresa Click2Learn (antiga Asymetrix) [CLI 2000]. Essa escolha foi natural, já que foi o mesmo ambiente utilizado para a implementação dos últimos sistemas para educação musical desenvolvidos no LC&M, o SETMUS para PC, o STR e o STI para Windows. Portanto já tínhamos experiência em sua utilização. Além disso, o plano de incorporar o INTERVALOS no STI para Windows será mais fácil de se realizar se ambos sistemas foram construídos no mesmo ambiente.

Como já afirmamos, ambientes de autoria multimídia, como ToolBook e Director, oferecem uma programação basicamente visual e de alto nível, que pode facilitar a criação desse tipo de sistema até mesmo por pessoas de fora da área de Informática (como pode ser o caso dos próprios educadores). Esta experiência da sua utilização para criar sistemas na Web também procurou verificar se para esse novo meio a programação continua fácil.

Outras razões para a escolha do ToolBook foram a possibilidade de prototipação rápida e a conformidade com as características desejáveis em ambientes de autoria hipermídia, sendo adequado para a construção desse tipo de sistemas [SOA 92, p.85]. Mais um aspecto importante é que a análise e projeto do INTERVALOS não resultaram em nenhum requisito demasiadamente rígido quanto a qualidade de reprodução sonora e musical. Assim o uso do ToolBook poderia ser feito do modo mais simples, sem requerer extensões complicadas como as citadas na Seção 3.3.

A programação no ToolBook gera arquivos com a extensão .TBK (doravante denominados “arquivos TBK”), interpretáveis por um ambiente de execução (“runtime”) que pode ser tanto o do próprio ToolBook como o contido no “plug-in” Neuron para navegadores Web (ver Sub-seção 2.4.4). Assim, um arquivo TBK pode ser chamado diretamente por um “link” numa página Web, ou mesmo embutido no próprio código HTML da página, com o uso do “tag” EMBED. Nós empregamos essa segunda alternativa, pois acreditamos que dessa maneira podemos facilitar no futuro a integração com outras tecnologias visando EADI (ver a introdução, Capítulo 1).

Tendo isso em mente, achamos que já podíamos experimentar de maneira simples essa integração. Incluímos, na mesma página do objeto TBK embutido, alguns “links”, na forma de um menu superior (ver Figura 4.10):

- Um “link” para enviar uma mensagem de correio eletrônico ao professor (“mailto”);
- Um “link” que abre um glossário em outra página;
- Um “link” para uma página de “links” relacionados ao conteúdo;
- Um “link” para baixar o “plug-in” Neuron (se o aluno acessar a página e o objeto TBK não aparecer pela falta do “plug-in”); e
- Um “link” para fechar a janela com a página, programado via JavaScript.

FIGURA 4.10 - O sistema INTERVALOS embutido em uma página HTML.

Esses “links” poderiam ser programados no próprio INTERVALOS, mas achamos que isso daria uma margem muito maior à ocorrência de falhas na execução distribuída do programa. Além disso, estamos aqui empregando nosso conceito da *simplicidade* na construção de sistemas na Web (ver Seção 3.1): por quê usar “links” para a Web dentro de um programa ToolBook se podemos implementá-los no seu “meio natural”, a página HTML, com uma robustez muito maior? Para deixar claro, lembramos que “links” também aparecem no INTERVALOS, por se tratar de um sistema hipermídia. Entretanto esses referem-se apenas à navegação dentro do próprio sistema, não à navegação na Web.

Ainda em relação à navegação na Web, um aspecto importante da nossa implementação é que o sistema INTERVALOS é chamado, no navegador, a partir de uma página de apresentação mas é aberto, via programação JavaScript, em *uma nova janela sem recursos de navegação na Web* (ver Figura 4.10). Com isso quisemos evitar a confusão do usuário quanto às semânticas de navegação *na Web* e *no INTERVALOS*. Conforme já explicamos em relação à maquete da Figura 4.8, os “links” “voltar” e “avancar” nas telas do INTERVALOS referem-se à navegação pelo histórico das telas visitadas *no próprio sistema*, e não pelo histórico de *páginas visitadas na Web*.

Quanto aos programas em ToolBook, tivemos o cuidado de separar o sistema em vários arquivos TBK interpretáveis. Isso porque, na execução distribuída de programas ToolBook, cada arquivo TBK é carregado por inteiro no computador cliente antes de ser executado. Por serem aplicações multimídia, programas completos feitos em ToolBook costumam ser bastante grandes (o STR [FRI 98] possui 8 MB). Portanto nossa abordagem procura evitar uma espera muito longa no acesso do usuário ao INTERVALOS na Web, ao custo de incrementar esse tempo de acesso nas navegações entre arquivos TBK - o que, no entanto, não mostrou ser crítico na prática.

Finalmente, um último recurso implementado foi uma página Web (Figura 4.11), em HTML, com explicações quanto às características do “plug-in” Neuron, como instalá-lo e como obtê-lo (incluindo “links” para esse fim). Como afirmamos na Seção 3.3, acreditamos que a facilidade de acesso às tecnologias da Internet pode ser vista como um *parâmetro de usabilidade* nesse meio. Portanto queríamos tornar mais simples e mais bem informado o acesso do usuário à tecnologia necessária para usar o INTERVALOS (neste caso, o “plug-in” Neuron). No entanto, identificamos um inconveniente no uso dessa tecnologia: o “plug-in” Neuron consiste em praticamente todo o ambiente de execução do ToolBook, totalizando 7 MB que devem ser “baixados” da Internet no computador do usuário. Em nossa opinião, isso já dificulta o acesso do usuário ao INTERVALOS em última instância, caracterizando, ainda segundo nosso critério, um problema de usabilidade do nosso sistema. Porém, pelo menos o usuário necessitará obter e instalar o “plug-in” apenas uma vez para passar a utilizar o INTERVALOS quantas vezes desejar (em um computador específico, é claro).

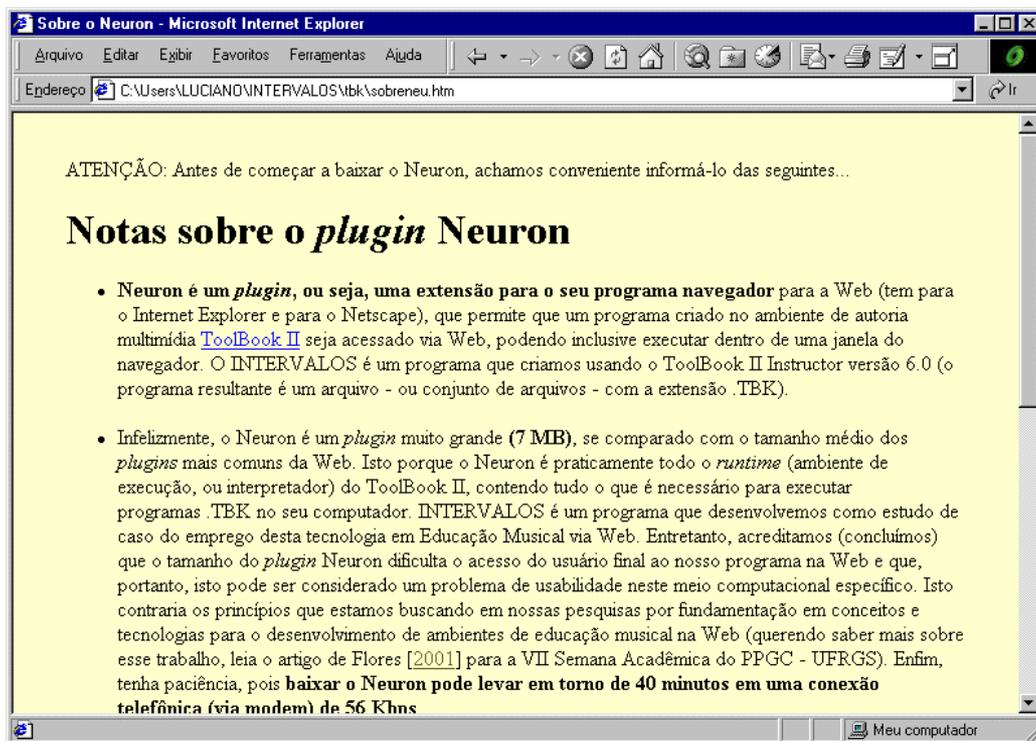


FIGURA 4.11 - Página de esclarecimentos e "download" do "plug-in" Neuron para o sistema INTERVALOS.

4.4 Avaliação do sistema INTERVALOS

Nesta seção descreveremos as avaliações realizadas ao fim dessa primeira iteração do ciclo de prototipação do sistema INTERVALOS. O objetivo de apresentá-las aqui é apenas, a princípio, o de sugerir como os fundamentos para a fase “Avaliação multidisciplinar” do ciclo de prototipação, apresentados na Sub-seção 2.1.2, podem ser aplicados na prática.

A descrição dos métodos empregados para avaliar o primeiro protótipo não estaria completa se não incluíssemos seus resultados. Entretanto acreditamos que tais resultados não trazem muitas respostas quanto à validade da aplicação da fundamentação reunida neste trabalho no desenvolvimento de sistemas de educação musical para a Web. Na verdade, a validade do trabalho encontra-se implícita em toda a descrição de um exemplo de sua aplicação prática feita neste Capítulo 4, que mostra como nossa fundamentação praticamente guiou o desenvolvimento do sistema INTERVALOS. Nosso testemunho empírico dessa validade igualmente consta da conclusão desta dissertação (Seção 5.1).

Por essas razões, decidimos não reproduzir integralmente aqui os dados obtidos na avaliação realizada. Nossa opção foi por incluir apenas alguns dados gerais e uma breve discussão de alguns resultados da análise desses dados que podem servir, de algum modo, para dar uma idéia do sucesso da aplicação prática de nossas sugestões. Nas perspectivas de trabalhos futuros (Seção 5.3) está prevista a realização de mais iterações no ciclo de prototipação do INTERVALOS e, a partir dessa continuidade sim, esperamos obter resultados mais concretos quanto à validade da aplicação deste trabalho, principalmente quando pudermos comparar o desenvolvimento desse produto com o de nossas experiências anteriores. Tão logo obtivermos esses resultados mais significativos procederemos às suas publicações, de modo que a comunidade possa acompanhar a continuidade deste trabalho, bem como ter acesso mais completo aos dados obtidos.

4.4.1 Métodos

Nessa etapa do trabalho, procuramos reproduzir os testes que Winckler efetuou com o software STI para Apple Macintosh [WIN 98]. Os mesmos testes foram aplicados agora sobre o sistema INTERVALOS visando, além da avaliação da usabilidade da sua IU, uma futura comparação dos resultados com os obtidos por Winckler, verificando a evolução na sistemática de desenvolvimento de sistemas para educação musical do grupo de pesquisa. Repetimos que essa comparação só poderá ser feita, de forma mais significativa, após a realização de mais iterações no ciclo de prototipação aqui descrito e, até mesmo, da realização de outros estudos de caso envolvendo o desenvolvimento de produtos semelhantes.

Um dos três testes aplicados por Winckler foi o *teste com usuários*, também conhecido como “ensaios de interação” [NIE 94]. “Este método fornece informações de como as pessoas utilizam os computadores e quais problemas ocorrem durante a interação e, por isso, problemas encontrados por esta técnica podem ser considerados problemas reais de usabilidade (Nielsen, 1993). Além disso, existe uma parcela de

problemas que somente são identificados por este teste (Nemetz et al., 1997)” [apud WIN 98].

Os testes devem ser realizados com usuários reais, representativos do público-alvo da aplicação. No presente caso, esses usuários correspondem a alunos de música que estejam estudando ou já estudaram os intervalos musicais melódicos (em geral entre os 11 e 15 anos de idade - ver Seção 4.1). Para reproduzir o procedimento de Winckler, foram feitos 5 testes (com 5 usuários). Seguimos o método “Think Aloud” simplificado [NIE 94], em sessões individuais não filmadas. Cada sessão durou em média 25 minutos.

Para completar a sistemática seguida em [WIN 98], foram ainda realizadas *avaliações heurísticas* com 3 especialistas em IHC e 3 especialistas em música (professores de música). Os problemas identificados na avaliação heurística são classificados de acordo com a heurística que violaram e com uma *escala de severidade de problemas de usabilidade*, reproduzida abaixo (Tabela 4.2).

TABELA 4.2 - Escala de severidade de problemas de usabilidade.

Severidade	Descrição
0	problema cosmético, pouca importância para as tarefas
1	afeta levemente a performance
2	causa confusão ao usuário e diminui sensivelmente a performance
3	o usuário fica muito confuso ou completa a tarefa com muita dificuldade
4	o usuário não consegue completar ou desiste da tarefa por causa do problema

Foi realizada também uma avaliação complementar do ponto de vista pedagógico, seguindo para isto o roteiro proposto por Krüger [KRU 2000], utilizado por 3 educadores musicais para avaliar o sistema INTERVALOS.

As categorias nas quais se divide o roteiro de Krüger - *Parâmetros Pedagógicos, Interações Sociais e Informática & Educação Musical* - refletem que essa autora partilha das opiniões de Gamez. Esse último propõe que se avalie a qualidade de software educacional considerando tanto os pontos de vista ergonômico quanto pedagógico. Em [GAM 98] ele afirma que “o estudo de inúmeras metodologias para avaliar qualidade em software educacional permite perceber que existe pouca ou quase nenhuma integração entre os aspectos relacionados com a interface homem-computador, com os aspectos relacionados à cognição e aprendizagem. Grande parte das metodologias de avaliação (...) não estabelece uma clara integração dessas duas vertentes de estudo, primando ora pela definição de critérios de avaliação da interface dos sistemas, ora pela definição de critérios de avaliação pedagógica”.

As técnicas empregadas nesta avaliação do INTERVALOS - testes com usuários, avaliações heurísticas com especialistas em IHC e Música, e avaliações pedagógicas com educadores musicais - estão de acordo com os fundamentos sugeridos na Sub-seção 2.1.2:

- a) Usar mais de uma técnica de avaliação de usabilidade para uma avaliação mais completa dos protótipos;

- b) Avaliar também outros aspectos, como o pedagógico (interesse despertado nos alunos, adequação do conteúdo e abordagem pedagógica utilizada, etc.); e
- c) Em se usando a técnica de avaliação heurística de usabilidade, certos problemas em sistemas educativos só podem ser identificados estendendo essa técnica para avaliar aspectos do domínio da aplicação. Para isso, contar com a participação de especialistas nesse domínio (no caso, Música).

4.4.2 Discussão dos resultados

Nos testes de usabilidade de IU foram encontrados 39 problemas pelos especialistas em IHC, 33 problemas pelos especialistas em Música e 26 problemas nos experimentos com usuários. Esses valores referem-se ao número de problemas diferentes encontrados por cada grupo de avaliadores, ou seja, foram descontadas as repetições dentro de cada grupo (problemas iguais identificados por avaliadores diferentes no mesmo grupo). No total foram identificados 84 problemas diferentes na IU do sistema INTERVALOS, e é interessante observar as quantidades de problemas em comum encontrados pelos diferentes grupos, conforme a Figura 4.12 abaixo. É interessante observar também que, destes 84 problemas, 18 são do domínio da Música, restando portanto 66 problemas referentes exclusivamente à usabilidade da IU.

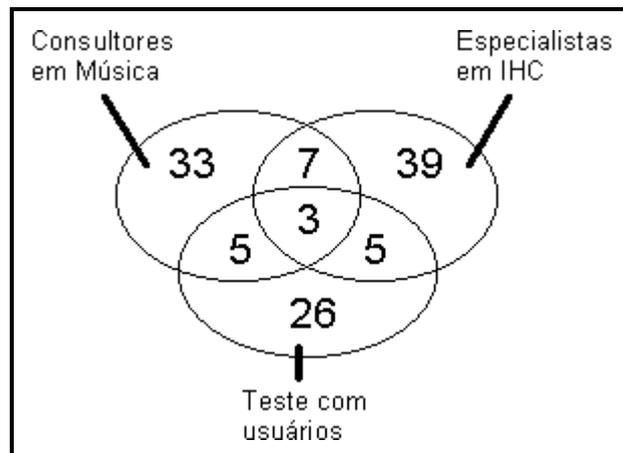


FIGURA 4.12 - Problemas em comum encontrados nos três testes de usabilidade do primeiro protótipo do sistema INTERVALOS.

A quantidade de problemas identificados pode ser explicada pelo fato de ainda se tratar aqui do primeiro protótipo de um ciclo de prototipação. Espera-se que a realização de mais iterações desse ciclo, o que está previsto nas sugestões de trabalhos futuros (Seção 5.3), reduza progressivamente o número de problemas encontrados ao final de cada ciclo. A meta é que se chegue a um protótipo que tenha uma quantidade de problemas suficientemente reduzida e de pouca gravidade, de modo a que seja aceitável como produto final. Estamos supondo aqui que seja muito difícil (ou muito caro) chegar-se ao final de uma determinada iteração do ciclo de prototipação na qual se obtenha uma quantidade nula de problemas identificados na avaliação do protótipo em trabalho (aliás, suposição essa que se constitui num interessante tema para pesquisa).

A quantidade de problemas identificados nesta primeira avaliação acaba também por sugerir que ela foi realizada de forma bastante eficaz. Isso confirma as afirmações em [WIN 98] de que a utilização de mais de uma técnica de avaliação mostra-se mais eficaz na prática do que o uso de uma só técnica, ainda mais se compararmos a quantidade total de problemas encontrados com a quantidade de problemas encontrados exclusivamente em cada um dos três testes. Outros resultados igualmente confirmam conclusões de Winckler em [WIN 98]:

- A importância de testes com usuários e com especialistas no domínio da aplicação, neste caso a Música, confirma-se pelas quantidades expressivas de problemas encontrados exclusivamente por esses dois grupos (19 e 24 problemas, respectivamente).
- Os 19 problemas identificados exclusivamente nos testes com usuários confirma a afirmação de que “existe uma parcela de problemas que somente são identificados por este teste (Nemetz et al., 1997)” [apud WIN 98].
- A quantidade maior de problemas foi encontrada pelos especialistas em IHC (30 problemas, exclusivamente) e todos esses problemas referem-se à usabilidade da IU. Dos 24 problemas encontrados exclusivamente pelos especialistas em Música, 18 referem-se ao domínio de conhecimento Música (problemas que fazem referência explícita a conteúdos da Teoria Musical), restando apenas 6 problemas referentes à usabilidade da IU. Isso confirma que “os consultores, mesmo quando treinados para o teste de avaliação heurística, não são tão eficientes quanto os especialistas em interface para encontrar problemas de usabilidade com a interface” [WIN 98]. Ou seja, especialistas no domínio da aplicação, treinados para a avaliação heurística, podem identificar problemas de usabilidade de IU, mas não substituem os especialistas em IHC.
- Por outro lado, todos os 18 problemas do domínio de conhecimento Música foram identificados somente na avaliação heurística com os especialistas em Música e no teste com usuários. Os especialistas em IHC foram incapazes de identificar problemas do domínio de conhecimento específico, confirmando as observações de Winckler.
- No estudo de caso de Winckler o teste com usuários não revelou nenhum problema do domínio da Música. Winckler explica isso de duas formas: “primeiro porque há uma exigência de conhecimento para identificar tais tipos de problemas, que os alunos que participaram nos testes ainda não alcançaram; e, segundo, porque os alunos poderiam ter pensado que o software foi desenvolvido por professores de Música e, portanto, não apresentava problemas com o conteúdo, e sentiram-se inseguros em comentar algum problema dessa natureza” [WIN 98]. Sugere ainda que “com alunos mais avançados poderiam ser identificados problemas do domínio da teoria musical” [idem]. Essa sugestão se confirmou na presente avaliação: os estudantes de Música já conheciam um pouco mais sobre o conteúdo tratado no protótipo, sendo capazes de apontar 4 problemas do domínio da Música. Observamos, no entanto, que a quantidade total de problemas de Música encontrados nesta avaliação continua sendo 18, porque os 4 problemas encontrados no teste com usuários também foram apontados pelos especialistas no domínio específico. Ou seja, o teste com usuários não identificou nenhum problema de Música de forma exclusiva, que não fosse também identificado pelos especialistas em Música. Isto nos sugere

algo novo: que usuários, assim como especialistas em IHC, igualmente não são tão eficazes quanto os especialistas no domínio da aplicação para identificar problemas desse domínio na IU.

Em se tratando deste primeiro protótipo, é interessante observar, também, que o número de problemas de usabilidade encontrados (66) foi menor que o relatado em [WIN 98] (88), sendo que naquela avaliação o objeto já era um protótipo um pouco mais avançado (2.o protótipo). Com isso concluímos que a sistemática do grupo de pesquisa para o desenvolvimento de sistemas de educação musical de fato evoluiu, devido tanto à aplicação das sugestões deste trabalho mas também à experiência prática já adquirida pelo grupo. Apesar disso, temos que lembrar que se tratam de sistemas educativos de tipos diferentes: o de 1998 era do tipo “exercício e prática” e o tratado aqui é do tipo “hipermídia exploratório”, além de ser baseado na Web. Portanto, acreditamos que qualquer comparação como a apresentada neste parágrafo deve ser interpretada com cuidado.

Quanto aos resultados da avaliação pedagógica, essa foi realizada seguindo o roteiro de Krüger [KRU 2000], que resulta numa avaliação do sistema muito mais qualitativa do que quantitativa. Dessa forma fica difícil apontar aqui o “número de problemas identificados”, por exemplo. O resultado desse tipo de avaliação é obtido, em grande parte, a partir da análise de todos os comentários realizados pelos avaliadores e registrados no formulário do roteiro. Tais comentários seria excessivo reproduzir aqui. Entretanto, selecionamos alguns dos mais relevantes:

- É explicativo, “não precisa de professor”.
- A teoria é objetiva e com referência bibliográfica.
- Teorias de aprendizagem observadas: construtivismo, cognitivismo. Como são aparentes: no conteúdo pedagógico-musical e na estrutura e formato computacionais do sistema. Concepção de Educação Musical observada: tradicional.
- As teorias de aprendizagem e a concepção de Educação Musical observadas são adequadas às tarefas educacionais às quais o sistema se propõe.
- O sistema relaciona-se bem ao contexto de ensino/aprendizagem dos avaliadores (educadores musicais), em termos de conteúdos, atividades e/ou outros aspectos considerados relevantes por eles.
- Ponto fraco: muito específico. Seria interessante articular o sistema com outras áreas/conteúdos da teoria e percepção musicais.

Para concluir, observamos que o resultado geral da avaliação pedagógica foi bastante satisfatório, tendo o sistema recebido mais aprovação do que críticas. Também mostrou-se uma avaliação de fato bastante válida, já que as críticas foram sempre acompanhadas de sugestões, de ótima qualidade, para a solução dos problemas criticados.

5 Conclusão

Esta conclusão se articula em torno de 3 seções: discussão de contribuições, limitações e perspectivas de continuidade do trabalho.

5.1 Contribuições

O objetivo mais amplo deste trabalho é o de investigar possibilidades e buscar fundamentação para o emprego da World Wide Web como suporte à educação musical. Rumo a esse objetivo, constatamos que era necessário iniciar pelo estudo de *como* disponibilizar o conteúdo educativo-musical na forma de sistemas na Web, e como fazer isso de uma forma *adequada* do ponto de vista do ensino/aprendizagem de música.

A primeira questão está relacionada com aspectos de implementação, denominados neste trabalho de aspectos *tecnológicos*. A segunda questão relaciona-se aos aspectos teóricos, aos *conceitos* do que é considerado “adequado” para fins educativos e musicais. Esses dois aspectos foram o ponto de partida de nossa investigação e, assim, constituíram o núcleo desta dissertação. Tais questões estão na base do tema e devem ser investigadas antes de outras mais complexas, conforme veremos adiante nas perspectivas de trabalhos futuros.

A principal contribuição deste trabalho é *prover fundamentação teórica e tecnológica para o desenvolvimento dos sistemas de educação musical na Web*. Esses sistemas se caracterizam primariamente por serem:

- a) educacionais,
- b) musicais e
- c) baseados na Web.

Esse fato levou-nos a buscar a fundamentação deste trabalho nas áreas de:

- Educação, mais especificamente *Educação Musical*, que possui concepções próprias diferenciadas das da educação em outros domínios.
- *Interação Humano-Computador*, pois a qualidade da interface com o usuário já é considerada um aspecto crucial em sistemas educacionais.
- *Multimídia e Computação Musical*, para que se possa tratar adequadamente das informações musicais, que em sistemas musicais não cumprem somente o papel secundário ou apenas estético como nos sistemas para outros domínios.
- *Tecnologias da Web para música*, que forneceriam a contrapartida tecnológica para a adequada implementação da fundamentação em conceitos buscada nas demais áreas, além da adaptação ao meio da Web.

Não encontramos trabalhos semelhantes na fase de levantamento bibliográfico. Logo no início da pesquisa constatamos que todas as implementações de sistemas educativo-musicais existentes na Web que encontramos possuem problemas sob o ponto de vista de uma ou mais das áreas consideradas aqui. Nenhum desses sistemas parece ter sido elaborado com base numa fundamentação mais completa e aprofundada como a que estamos sugerindo com este nosso trabalho.

Além disso, em cooperação com nosso colega Eloi F. Fritsch, que busca métodos de ensinar a programação sônica de computadores para músicos, consideramos neste trabalho a promoção dessa forma de “end-user programming” (conforme discutimos na Seção 3.2). Professores de música podem ter interesse em implementar suas próprias concepções de educação musical na Web, ou em adaptar sistemas já prontos aos seus contextos curriculares. Ao mesmo tempo, podem não ter conhecimentos aprofundados na Ciência da Computação, e muito menos acesso a equipes interdisciplinares com esse fim. Por isso esta nossa investigação também buscou essa democratização no desenvolvimento de sistemas de educação musical na Web, levando em conta maneiras de facilitar esse processo:

- a) Seguir uma *abordagem baseada em princípios* para o desenvolvimento desses sistemas (discutida na mesma Seção 3.2);
- b) Seguir um *método de desenvolvimento de sistemas simplificado*, porém fortemente adaptado à concepção de software educacional e que contempla requisitos de usabilidade (resumido na Sub-seção 2.1.2); e
- c) Na implementação usar tecnologias mais acessíveis, tais como os *ambientes de autoria multimídia*. Tais ambientes oferecem uma programação principalmente visual associada a linguagens de alto nível, facilmente compreensíveis e utilizáveis mesmo por leigos. Além disso oferecem os recursos multimídia necessários ao processamento de música, e os programas resultantes podem ser embutidos em páginas Web com o auxílio dos “plug-ins” adequados (conforme vimos na Seção 3.3).

Por fim, as avaliações de usabilidade e pedagógicas do sistema INTERVALOS (Seção 4.4) serviram para concluirmos que a *fundamentação teórica* sugerida aqui de fato auxilia na escolha e no emprego adequado das tecnologias da Web para música, igualmente pesquisadas neste trabalho como *fundamentação tecnológica*. Os conceitos das áreas de Interação Humano-Computador, Multimídia e Educação Musical praticamente guiaram o projeto e a implementação do protótipo com o uso das tecnologias adequadas, escolhidas com base nesses conceitos. O resultado, em termos *funcionais e operacionais*, mostrou-se satisfatório na prática (nos testes das avaliações), comprovando a afirmação de Kon e Iazzetta de que a Internet já é “um meio viável para atividades musicais, mesmo utilizando-se as tecnologias existentes” [KON 98, p.69], ou seja, apesar das limitações que esse meio ainda impõe.

O desenvolvimento com base nesses *conceitos e tecnologias* também mostrou-se fácil, conforme pretendíamos para que fosse útil a desenvolvedores leigos na Ciência da Computação, como pode ser o caso dos educadores musicais. Entretanto é necessário ainda realizar testes nesse sentido, conforme colocado abaixo nas sugestões de trabalhos futuros.

Acreditamos que os resultados deste trabalho atenderam à nossa proposta de promover a educação musical baseada, de forma adequada, na Web. “A discussão sobre o uso de computadores nas escolas já ultrapassou a fase de saber se são úteis no processo educacional, pois a sua utilidade como ferramenta de trabalho é hoje incontroversa” [GAM 98, cap.4]. Pesquisas nessa área passaram agora a investigar *como* o computador pode ser usado para *melhorar* o processo de ensino/aprendizagem [ver p. ex. VIC 88]. Este trabalho pioneiro aponta alguns caminhos nesse sentido, especificamente para a Educação Musical. É nossa convicção que, ao apresentar recursos para auxiliar a busca por novas metodologias de ensino/aprendizagem de música, servirá sem dúvida como base para futuras investigações objetivando uma educação musical mais abrangente e eficaz.

5.2 Limitações

Uma limitação deste trabalho é a de apenas tratar da *implementação dos sistemas educativo-musicais na Web* de forma isolada, apesar de bem fundamentada nos conceitos pertinentes ao caso. Dissemos “isolada” no sentido de não termos investigado a integração com ambientes mais completos de EADI, conforme discutimos e justificamos na introdução desta dissertação (Capítulo 1). O mesmo se aplica ao emprego de Inteligência Artificial na educação musical, que também foi abordado superficialmente neste trabalho. Apesar disso, os conceitos que sugerimos para guiar a implementação levam em conta os aspectos da futura integração com ambientes mais completos.

5.3 Trabalhos futuros

Conforme citamos na introdução à Seção Contribuições acima (5.1), demais questões, tais como de que forma usar os recursos da Internet como táticas de novas estratégias de ensino/aprendizagem de música, ou de que forma inserir sistemas educativo-musicais na Web em contextos mais amplos de educação musical, só poderiam ser investigadas posteriormente ao presente estudo por prescindirem desta fundamentação na realização de seus estudos de caso.

Assim, este trabalho abre caminho para uma gama variada de investigações quanto ao emprego da Web na educação musical, além de naturalmente apontar perspectivas para sua própria continuidade, principalmente no sentido de compensar suas limitações. Com base em tais conseqüências diretas deste trabalho, apresentamos algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Investigar diversas *estratégias* para o ensino/aprendizagem de música na Web, aproveitando seus recursos de interatividade, multimídia e navegação.
- Testar a integração do INTERVALOS com as demais tecnologias da Internet necessárias para *implementar EADI*, realizando estudos de caso nesse sentido (se possível, integrados à experiência real de uma instituição de ensino de música).
- Realizar estudos de caso do emprego de *outras tecnologias Web para música*, além da de integração multimídia aplicada no Capítulo 4.

- Prosseguir no *aperfeiçoamento do sistema INTERVALOS*, incluindo novas funcionalidades a partir da realização de mais iterações do ciclo de prototipação seguido no seu desenvolvimento (Sub-seção 2.1.2).
- Integrar o sistema INTERVALOS ao módulo de *Teoria dos Intervalos do STI para Windows*.
- Experimentar a *conversão do STI para Windows*, e possivelmente dos demais sistemas do LC&M feitos em ToolBook (SETMUS para PC e STR), para seu *uso via Web*.
- *Testar o ensino desta fundamentação* no MEPSCM - Método de Ensino de Programação Sônica de Computadores para Músicos -, de modo a verificar se é de fácil assimilação por educadores musicais interessados em implementarem suas próprias concepções educativas na Web.

Bibliografia

- [BEA 2000] BEATNIK INC. **Beatnik - Basics**. Disponível em: <www.beatnik.com/software/tutorials/beatnik_basics.html>. Acesso em: jul. 2000.
- [BEV 95] BEVAN, N. Usability is Quality of Use. In: ANZAI, Y.; OGAWA K.; MORI, H. (Ed.). **Symbiosis of Human and Artifact**. Amsterdam: Elsevier, 1995. p.349-354.
- [CAM 2000] CAMINHA, A. O. et al. MHITS - A Musical Harmony Intelligent Tutoring System. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER MUSIC, 7.; CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 20., 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Champagnat, 2000. 1 CD.
- [CAR 2000] CARNEIRO, Mára Lúcia Fernandes. Videoconferência: Ambiente para Apoio à Educação a Distância. In: TAROUCO, Liane M. R. (Ed.). **Tecnologia Digital na Educação**. Porto Alegre: Pós-Graduação em Informática na Educação, UFRGS, [2000].
- [CLI 2000] CLICK2LEARN. Disponível em: <www.asymetrix.com>. Acesso em: jul. 2000.
- [CYP 93] CYPHER, Allen (Ed.). **Watch What I Do: Programming by Demonstration**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1993.
- [DAL 2001] DALLAS SYMPHONY ORCHESTRA. **DSOkids - Music, Fun & Games!** Disponível em: <www.dsokids.com>. Acesso em: nov. 2001.
- [FIS 2000] FISCHER, Graciana Simoní. Um Ambiente Virtual Multimídia de Ensino na Web, com Transmissão ao Vivo e Interatividade. In: SEMANA ACADÊMICA DO PPGC, 5., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PPGC / UFRGS, 2000. p.87-90.
- [FLO 2000a] FLORES, Luciano Vargas. **STI - Sistema para Treinamento de Intervalos para Plataforma Windows 95/98**. 2000. Projeto de Diplomação (Bacharelado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [FLO 2000b] FLORES, Luciano Vargas. **Música e Internet: Uma Revisão Bibliográfica Visando a Aplicação em Educação Musical via Web**. 2000. Trabalho Individual (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- [FLO 2000c] FLORES, L. V.; VICCARI, R. M.; PIMENTA, M. S. Extending the Musical Capabilities of a Multimedia Authoring Environment. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER MUSIC, 7.; CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 20., 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Champagnat, 2000. 1 CD.
- [FLO 2001a] FLORES, L. V.; VICARI, R. M.; PIMENTA, M. S. Some Heuristics for the Development of Music Education Software: First Steps Towards a Methodology. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER MUSIC, 8.; CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 21., 2001, Fortaleza. **Anais...** Niterói: Instituto Doris Ferraz de Aragon, 2001. 1 CD.
- [FLO 2001b] FLORES, L. V.; MILETTO, E. M.; NAKAYAMA, L. Y. **INTERVALOS - Sistema Hipermídia para o Ensino/Aprendizagem de Intervalos, Arpejos e Escalas Musicais.** Disponível em: <www.inf.ufrgs.br/~lvf/hiperdoc/tgrupo/tbk/inicio.htm>. Acesso em: nov. 2001.
- [FRI 95] FRITSCH, E. F.; VICCARI, R. M. SETMUS: Uma Ferramenta Computacional para o Ensino da Música. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO E MÚSICA, 2., 1995, Canela - RS. **Anais...** Porto Alegre: Instituto de Informática / UFRGS, 1995. p.267-273.
- [FRI 96] FRITSCH, E. F. STI - Sistema para Treinamento de Intervalos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO E MÚSICA, 3., 1996, Recife. **Anais...** Recife: Departamento de Música / UFPE, 1996. p.45-55.
- [FRI 98] FRITSCH, E. F. et al. Desenvolvimento de Software Educacional para a Música: STR - Sistema de Treinamento Rítmico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO E MÚSICA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 18., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Música / UFMG, 1998. v.3, p.209-218.
- [GAM 98] GAMEZ, L. **TICESE - Técnica de Inspeção de Conformidades Ergonômicas em Software Educacional.** 1998. Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Disponível em: <www.labiutil.inf.ufsc.br/estilo/Ticese.htm>. Acesso em: nov. 2000.
- [GOH 2001] GOHN, Daniel M. **As Novas Tecnologias e a Educação Musical.** Disponível em: <sites.uol.com.br/cdchaves/educamusical.htm>. Acesso em: nov. 2001.

- [GRA 2000] GRANDI, R. H.; MENEZES, P. F.; VICARI, R. M. A Database Structure for Didactic Exercises on Distance Learning Programs Adapted to ISO/IEC 9126 Standard. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION, ICECE, 2000, São Paulo. **Cooperative Network for Engineering and Computer Education Development**: Proceedings. São Paulo: SENAC / SP, 2000. 1 CD.
- [HEL 96] HELMSTETTER, A.; SIMPSON, R. **Web Developer's Guide to Sound & Music**. Scottsdale, AZ: Coriolis Group, 1996.
- [HEN 96] HENTSCHE, Liane. Um Estudo Longitudinal Aplicando a Teoria Espiral de Desenvolvimento Musical de Swanwick com Crianças Brasileiras da Faixa Etária de 6 a 10 Anos de Idade: Pólo Porto Alegre - 1994. **Série Estudos**, [S.l.], n.2, p.9-34, jun. 1996.
- [KAY 90] KAY, Alan. User Interface: A Personal View. In: LAUREL, B. (Ed.). **The Art of Human-Computer Interface Design**. Reading: Addison-Wesley, 1990. p.191-207.
- [KON 98] KON, Fabio; IAZZETTA, Fernando. Internet Music: Dream or (Virtual) Reality? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO E MÚSICA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 18., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Música / UFMG, 1998. v.3, p.69-81.
- [KRU 96] KRÜGER, Susana Ester. **Análise de Softwares de Educação Musical quanto à sua Compatibilidade ao Ensino do Piano**. 1996. Monografia (Especialização em Educação Musical - Piano) - Escola de Música e Belas Artes do Paraná, Curitiba.
- [KRU 99] KRÜGER, Susana Ester; FRITSCH, Eloi Fernando; FLORES, Luciano Vargas; GRANDI, Roges Horacio; SANTOS, Tiago Rubin; HENTSCHE, Liane; VICCARI, Rosa Maria. Developing a Software for Music Education: An Interdisciplinary Project. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO E MÚSICA, 6.; CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EntreLugar, 1999. v.3, p.251-264.
- [KRU 2000] KRÜGER, Susana Ester. **Desenvolvimento, Testagem e Proposta de um Roteiro para Avaliação de Programas para Educação Musical**. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação Musical) - Programa de Pós-Graduação em Música / UFRGS, Porto Alegre.
- [LAW 97] LAWHEAD, P. et al. The Web and Distance Learning: What is Appropriate and What is Not. **ACM SIGCUE Outlook**, New York, v.25, n.4, p.27-37, Oct. 1997.

- [LEW 85] LEWIS, C.; GOULD, J. Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think. **Communications of the ACM**, New York, v.2, p.300-311, Mar. 1985.
- [LIQ 2000] LIQUID AUDIO. **Welcome to Liquid Audio**. Disponível em: <www.liquidaudio.com>. Acesso em: jul. 2000.
- [MAC 2000] MACROMEDIA. Disponível em: <www.macromedia.com>. Acesso em: jul. 2000.
- [NEM 98] NEMETZ, Fabio; JOHNSON, Peter. Developing Multimedia Principles from Design Features. In: SUTCLIFFE, A.; ZIEGLER, J.; JOHNSON, P. (Ed.). **Designing Effective and Usable Multimedia Systems**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. p.57-71.
- [NEW 2001] NEW YORK PHILHARMONIC. **Kidzone!** Disponível em: <www.nyphilkids.org>. Acesso em: nov. 2001.
- [NIE 94] NIELSEN, J.; MACK, R. L. (Ed.). **Usability Inspection Methods**. New York: John Wiley & Sons, 1994.
- [NIE 97] NIELSEN, Jakob. **Heuristic Evaluation**. Disponível em: <www.useit.com/papers/heuristic/>. Acesso em: jan. 1997.
- [NOR 86] NORMAN, Donald A.; DRAPER, Stephen W. (Ed.). **User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- [NUL 2000a] NULLSOFT. **Winamp**. Disponível em: <www.winamp.com>. Acesso em: jul. 2000.
- [NUL 2000b] NULLSOFT. **SHOUTcast**. Disponível em: <www.shoutcast.com>. Acesso em: jul. 2000.
- [OLI 96a] OLIVEIRA, Alda. A pesquisa em Psicologia da Música. In: ENCONTRO ANUAL DA ABEM, 5., 1996, Londrina. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1996. p.59-86.
- [OLI 96b] OLIVEIRA, Alda. Um Estudo Longitudinal Aplicando a Teoria Espiral de Desenvolvimento Musical de Swanwick com Crianças Brasileiras da Faixa Etária de 6 a 10 Anos de Idade: Pólo Salvador - 1994. **Série Estudos**, [S.l.], n.2, p.35-67, jun. 1996.
- [OLJ 2000] OLIVEIRA, J. P. M.; VICCARI, R. M.; PEREIRA, A. S.; EDELWEISS, N.; BICA, F. Projeto Tapejara : Um Ambiente de Ensino à Distância na Web. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, SIIE, 2., Puertollano, Ciudad Real, Espanha. **Informática y Educación para una Sociedad Interconectada**. Ciudad Real: ADIE, 2000. 1 CD.

- [ORQ 2001] ORQUESTRA Sinfônica do Estado de São Paulo. Disponível em: <www.osesp.art.br>. Acesso em: nov. 2001.
- [PIL 96] PILGRIM, C. J.; LEUNG, Y. K. Appropriate Use of the Internet in Computer Science Courses. **SIGCSE Bulletin**, New York, v.28, p.81-86, 1996.
- [PUB 2001] PUBLIC BROADCASTING SERVICE. **Games and Diversions**. Disponível em: <www.pbs.org/neighborhoods/fun>. Acesso em: nov. 2001.
- [RAT 98] RATTON, Miguel. **Áudio na Internet - Sonorizando Homepages**. Disponível em: <www.music-center.com.br/internet.htm>. Acesso em: jul. 2000.
- [REA 2000] REALNETWORKS. **RealPlayer Home Page**. Disponível em: <www.real.com>. Acesso em: jul. 2000.
- [RES 99] RES ROCKET INC. **Rocket Network Press Kit**. 1999. Disponível em: <www.rocketnetwork.com/company/press/Rocket_Network_Press_Kit.pdf>. Acesso em: jul. 2000.
- [SOA 92] SOARES, Luis Fernando G. et al. **Fundamentos de Sistemas Multimídia**. Gramado: Instituto de Informática / UFRGS, 1992. Minicurso da Escola de Computação, 8., 1992.
- [SOU 2001] SOUTO, M. A.; BICCA, F.; WARPECHOWSKI, M; VICARI, R. M.; OLIVEIRA, J. P. M.; ZANELLA, R.; SONNTAG, A. A. Ferramentas de Suporte a Monitoração do Aluno em um Ambiente Inteligente de Ensino na Web. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 12., 2001, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2001.
- [SQU 94] SQUIRES, D.; McDOUGALL, A. **Choosing and Using Educational Software: a Teachers' Guide**. London: Falmer Press, 1994.
- [SUB 2001] SUBOTNICK, Morton. **Creating Music**. Disponível em: <www.creatingmusic.com>. Acesso em: nov. 2001.
- [SUN 2000] SUN MICROSYSTEMS. **Java(TM) Sound API Home Page**. Disponível em: <java.sun.com/products/java-media/sound/index.html>. Acesso em: jul. 2000.
- [SWA 79] SWANWICK, Keith. **A Basis for Music Education**. London: Routledge, 1979.
- [SWA 88] SWANWICK, Keith. **Music, Mind and Education**. London: Routledge, 1988.

- [TES 2001] TESCHE, Ângela Inês. **Qual é a Música?** Disponível em: <www.joaoxxiii.g12.br/alunos/salaula/musica/qual%20o%20som/inicio.htm>. Acesso em: nov. 2001.
- [TRA 97] TRASK, Simon. Global Music Networking. **Studio Sound**, [S.l.], Nov. 1997. Disponível em: <www.prostudio.com/studiosound/nov97/internet.html>. Acesso em: jul. 2000.
- [VAL 2000a] VALIATI, E.R.A.; LEVACOV, M.; LIMA, J.V.; PIMENTA, M.S. Guia-GEPESE: User Interface Guidelines for Educational Software. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, SIIE, 2., Puertollano, Ciudad Real, Espanha. **Informática y Educación para una Sociedad Interconectada**. Ciudad Real: ADIE, 2000. 1 CD.
- [VAL 2000b] VALIATI, Eliane R. A. **Guia de Recomendações para o Desenvolvimento de Interfaces com Usabilidade em Softwares Educacionais do tipo Hipertexto/Hipermídia Informativo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [VIC 88] VICCARI, R. M. The question today is not whether computers should be used in school but to decide how to introduce them. In: INTERNATIONAL CONGRESS ABOUT MATHEMATICS EDUCATION, 6., 1988, Budapest. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1988. p.1-12.
- [VIC 99] VICCARI, R. M.; SOUTO, M. A. M.; OLIVEIRA, J. P. M. Construindo um Ambiente Educacional na WEB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 1999, Curitiba. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 1999.
- [W3C 2000] WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **Streaming Media World: SMIL**. Disponível em: <www.justsmil.com>. Acesso em: jul. 2000.
- [WIN 98] WINCKLER, M. A. A.; NEMETZ, F.; LIMA, J. V. Estudo de Caso da Aplicação do Método de Avaliação Heurística em um Projeto Multidisciplinar. In: WORKSHOP SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS, IHC, 1998, Maringá. **Compreendendo Usuários, Construindo Interfaces**: Atas. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1998.
- [WIN 99] WINCKLER, Marco Antonio Alba. **Proposta de uma Metodologia para Avaliação de Usabilidade de Interfaces WWW**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- [WIN 2000] WINCKLER, M. A. A.; NEMETZ, F.; LIMA, J. V. Interação entre Aprendiz e Computador: Métodos para Desenvolvimento e Avaliação de Interfaces. In: TAROUCO, Liane M. R. (Ed.). **Tecnologia Digital na Educação**. Porto Alegre: Pós-Graduação em Informática na Educação, UFRGS, [2000].
- [WUL 2001] WULFHORST, R. D.; FRITSCH, E.; VICARI, R. M. SeVEM - Separador de Vozes em Execuções Musicais Polifônicas. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTER MUSIC, 8.; CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 21., 2001, Fortaleza. **Anais...** Niterói: Instituto Doris Ferraz de Aragon, 2001. 1 CD.
- [ZUC 97] ZUCCO, L. A.; FRITSCH, E. F.; VICCARI, R. M. SETMUS: Sistema Especialista para Teoria Musical para Plataforma PC. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 1997, Porto Alegre. **Livro de Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 1997. p.23-24.