

de som atualmente disponíveis. Os equipamentos envolvidos nesta etapa, além de um microcomputador PC-486 DX-33 multimídia, foram:

- Music Workstation W-30 (Roland Corp., 1989).
- Interface MIDI MPU-IPC/T.
- Módulo de som multi-timbral SC-33 (Roland Corp., 1992)
- Placa de som Sound Blaster 16 ASP.

#### Validação e Revisão

Estas fases estão por ser iniciadas e consistirão na aplicação do courseware em uma turma-piloto com os seguintes objetivos:

- detectar erros ou ambiguidades na apresentação do conteúdo.
- detectar dificuldades no entendimento do conteúdo.
- detectar erros de navegação.
- verificar se há pontos de desmotivação.
- coletar sugestões.

As respostas aos questionários aplicados aos voluntários desta turma-piloto subsidiarão as alterações finais a serem efetivadas na etapa de revisão.

#### 3. Considerações Finais

O courseware aqui descrito foi inicialmente desenvolvido na disciplina "Estágio Supervisionado", do bacharelado em Ciência da Computação da Universidade de Brasília, no segundo semestre de 1994 (Sambuichi, 1994). Atualmente está sendo aperfeiçoado para ser comercializado pela MSD Software, empresa incubada no Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília.

#### 4. Referências

- Asymetrix Corp., (1994), *Toolbook User's Manual*, Asymetrix Corp.
- Franco, L. H. S & Rêgo, P. R. R. (1991). Estudos dos Requisitos para a Construção de um Software Instrucional. *Trabalho de Graduação*, Departamento de Ciência da Computação, UnB, Brasília.
- Sambuichi, M. R. (1994). Software Educacional de Teoria Musical. *Trabalho de Graduação*, Departamento de Ciência da Computação, UnB, Brasília.
- Hannafin, M. J. & Peck, K. L. (1988). *The Design, Development and Evaluation of Instructional Software*. Macmillan Publishing Company.
- Passport Designs (1992), *Encore User's Guide*, Passport Designs.
- Roland Corp. (1989), *W-30 for FD Owner's Manual*, Roland Corp.
- Roland Corp. (1992), *SC-33 Owner's Manual*, Roland Corp.

## SETMUS

### Uma ferramenta computacional para o Ensino da Música.

Eloi Fernando Fritsch, Rosa Maria Viccari

Instituto de Informática - UFRGS,  
Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação - CPGCC, Av. Bento Gonçalves, 9500 Bloco IV -  
Agronomia - Campus do Vale, CEP 91501-970 Porto Alegre - RS - Brasil,  
Caixa Postal: 15064 FAX: (051) 336-5576,  
E-mails: {fritsch, rosa}@inf.ufrgs.br

#### Abstract

The purpose of this paper is to present the implementation of software named SETMUS - Sistema Especialista para Teoria MUSical. The SETMUS was implemented in Hypercard using the object oriented philosophy. The program has a data base with scales and arpejos. Each scale and arpejo is a card with an address that can be called from another card. Besides this it also has a musical calculator to solve users doubts.

The SETMUS objective is to teach the theory and the musical perceptive through the user program interaction. The theory is treated in a clear and simple way because the system presents a graphical interface that makes easy its understanding. The user uses the system touching the notes in the screen with the aid of the "mouse".

One of the applications of SETMUS is to serve as a system with exercises to those who are studing musical theory, more specifically, musical harmony. The SETMUS is an expert software that accumulates the functions of teacher (at the exercise hour), didactical book (with the scores to be played by the student) and of the musical instrument. There is also a "PlayBack" function implemented. It is always used when the user wants to listen and to visualise the notes he had played and wants to compare with the correct and incorrect scales and arpejos that were played by the user. The comparasion is both visual and sonore providing the training of the user's musical perception.

#### 1. Introdução

Este artigo apresenta um protótipo utilizado como ferramenta não tradicional em ensino de teoria musical, o SETMUS. São abordados aspectos de interface gráfica, calculadora musical, "PlayBack", sistemas de navegação, reconhecimento de escalas e arpejos, didática pedagógica, recursos de som e demais características de funcionalidade.

Devido ao grande avanço tecnológico, a maneira de fazermos música mudou. Por essa razão, os sistemas de aprendizagem musical também devem assimilar essas mudanças[YAV92]. A busca de métodos não tradicionais, enriquecidos de criatividade, abrem novas perspectivas no campo da música[FRI92]. Tais métodos combinados aos métodos tradicionais, quando apropriados, podem levar-nos a um resultado ainda melhor no processo educacional, principalmente com a utilização do computador.

O grupo de Inteligência Artificial do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul tem investigado a área de tutores inteligentes sob os aspectos teóricos [OLI94] e práticos, como é o caso do presente trabalho que aborda principalmente interface.

#### 2. Apresentação do SETMUS

O SETMUS (Sistema Especialista para Teoria Musical) foi implementado em HyperCard utilizando a filosofia de orientação a objetos. O programa possui um Banco de Dados formado por escalas e arpejos de todos os vinte e quatro modos maiores e menores.

Cada escala ou arpejo constitui-se num cartão com um determinado endereço que pode ser chamado a partir de outro cartão. Além disso dispõe de uma calculadora musical para solucionar dúvidas do usuário.

#### 3. Funcionamento do sistema

O SETMUS tem como função o ensino da teoria e percepção musical através da interação do usuário com o programa. A teoria é tratada de forma clara e simples, pois como pode ser observado na Figura 1, o sistema apresenta uma interface gráfica que facilita a compreensão. O usuário utiliza o sistema tocando as notas na própria

partitura com o auxílio do "mouse". Uma das aplicações a que o SETMUS destina-se é servir como um sistema de exercícios para alunos que estão estudando a teoria musical, mais especificamente, a parte de harmonia musical [FAR63]. O SETMUS é um protótipo especialista pois substitui o conhecimento do especialista (professor) na hora do exercício e acumula as funções do livro didático (com as partituras a serem tocadas pelo aluno) e o instrumento musical para a execução (ou solfejo melódico) das notas lidas pelo aluno.

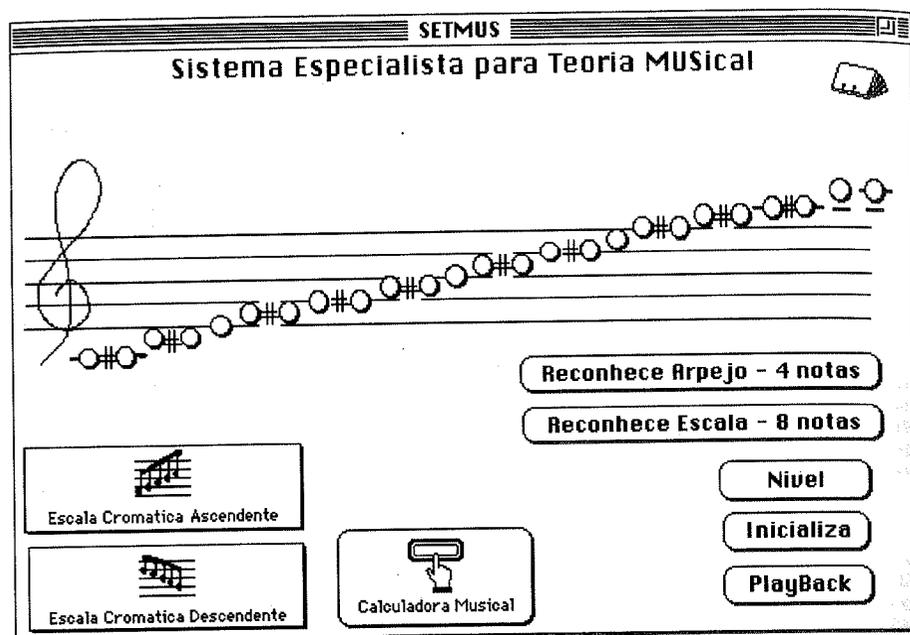


Figura 1. Tela principal.

### 3.1 Processo de reconhecimento das notas tocadas

Após o usuário tocar toda a sequência de notas que desejada, basta escolher a opção de reconhecimento, seja a escala ou arpejo. Se a escala ou arpejo tocado existir, então o sistema responderá com a classificação correta e perguntará se o usuário quer mais detalhes sobre a estrutura musical apresentada. Se a escala selecionada não existir, então o sistema apresentará uma mensagem acusando que a escala não está disponível no sistema e aconselhará ao usuário perguntar ao sistema o porquê da escala não estar disponível. Caso o usuário use a possibilidade de explanação, então deverá digitar uma das perguntas listadas na sintaxe de perguntas possíveis de serem formuladas ao SETMUS. Digitando a pergunta e confirmando, o SETMUS apresentará a resposta solucionando assim a dúvida do usuário. Se o SETMUS, ao reconhecer determinada estrutura musical, apresentar maiores detalhes por opção do usuário, então novas explicações com escalas serão mostradas ao usuário.

### 3.2 Função de "PlayBack" e seu papel de diagnóstico

Existe também uma função de "PlayBack" implementada por um botão presente na tela principal do software, Figura 1. Esta função também é encontrada ao longo da pilha de cartões correspondentes às escalas e arpejos. Nestes cartões aparece sob a forma de um botão com a letra PB como pode ser observado na Figura 2. Ela é usada pelo usuário sempre que este desejar ouvir e visualizar as notas que tocou e comparar com a escala ou

arpejo correto. O "PlayBack" fornece um diagnóstico do erro já que compara escalas e arpejos corretos com incorretos que foram tocados pelo usuário. A comparação é tanto visual quanto sonora, possibilitando o treinamento da percepção musical do estudante.

### 3.3. A Calculadora Musical

A calculadora musical, Figura 2, pode ser utilizada pelo usuário sempre que este enfrentar dúvidas ao tocar as notas. Para utilizar a calculadora basta saber as notas musicais e os dois tipos de acidentes mais comuns, o sustenido e o bemol.

#### 3.3.1. Selecionando escalas e arpejos

Existe uma sequência lógica na qual os botões devem ser escolhidos para a calculadora fornecer a escala ou arpejo desejado. Primeiramente o usuário seleciona o botão da tela principal para invocar a calculadora musical.

Após o painel da calculadora aparecer na tela, Figura 2, é necessário, primeiramente, que o usuário escolha a nota seguida do modo e, se for o caso, escolha também o acidente. Para visualizar um novo cartão com a resposta, o usuário deverá ainda escolher se a resposta será fornecida em forma de escala ou arpejo.

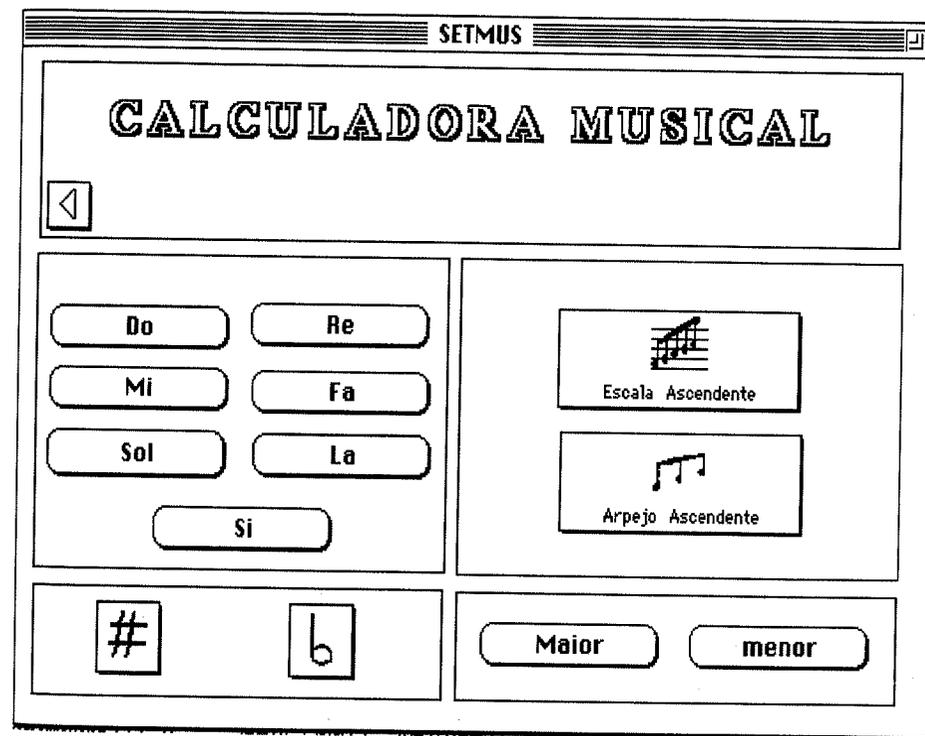


Figura 2 - Painel de controle da calculadora musical

Tomando como exemplo que o usuário aprendiz tenha dúvidas com relação a escala de RéMaior e, antes de executar as notas na tela principal do SETMUS, queira consultar a calculadora. O usuário poderá escolher a nota Ré, o modo maior e finalmente a opção de escala musical. O cartão correspondente à escala solicitada, Figura 3, será selecionado e aparecerá na tela para esclarecimento do estudante de teoria musical.

Os cartões explicativos possuem a escala ou arpejo que pode ser tocado pelo usuário bem como possibilidade de navegação para a relativa do tom em questão. Caso o estudante não queira selecionar as notas da escala com o "mouse", ele ainda pode escolher o botão que executa automaticamente a escala da partitura. Também existe a possibilidade do usuário acessar outro cartão com a mesma escala apenas trocando o modo. Isto serve principalmente para o discernimento entre os modos maiores e menores esclarecendo ao estudante tanto na forma audível quanto visual como pode ser observado no cartão mostrado na Figura 3.

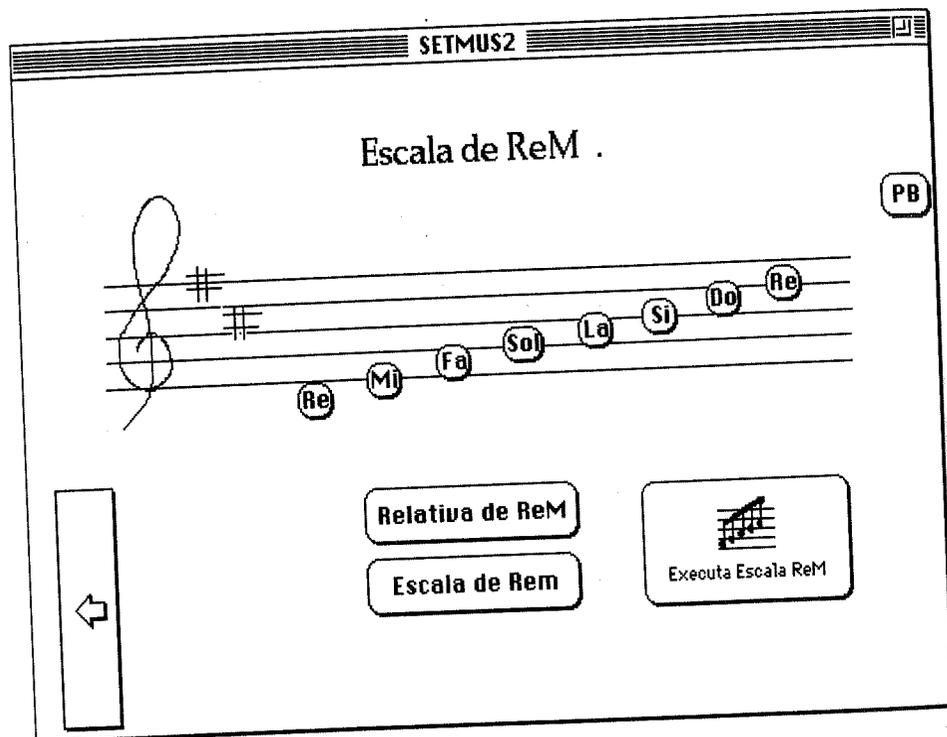


Figura 3 - Cartão explicativo sobre a escala de RéMaior.

#### 4. Implementação

O Hypercard foi escolhido para a programação do software pela existência de rotinas prontas tanto no tratamento de som monofônico quanto para a interatividade com o usuário. O controle sobre o "mouse" e a programação visual orientada à objetos são de máxima importância para a construção de uma ferramenta que necessite incorporar didática e intuitividade na apresentação de conteúdos musicais[ROA85].

##### 4.1. Processo de classificação da sequência de notas reconhecidas:

O SETMUS apresenta notas musicais compreendidas em duas oitavas para que o usuário possa escolhê-las.

Ao escolher uma nota será produzido o som da mesma através do comando play do HyperTalk[GOO90]. Cada uma das notas tocadas diretamente nessa partitura inicial, consiste num botão que armazena seu número correspondente numa fila para possibilitar o ordenamento da sequência de notas tocadas para posterior análise.

Para fazer o reconhecimento (classificação) da escala ou arpejo, é usado um algoritmo para obter os intervalos entre as notas[MIR90][HAN84][ADO63]. Após a obtenção dos intervalos, uma série de regras são testadas até determinar se a estrutura musical é ascendente/descendente, maior/menor e também a nota que se baseia a escala ou arpejo.

##### 4.1.1. Algoritmo para reconhecimento de escalas e arpejos

```

Se
(2ª nota - 1ª nota = 2) e
(3ª nota - 2ª nota = 2) e
(4ª nota - 3ª nota = 1) e
(5ª nota - 4ª nota = 2) e
(6ª nota - 5ª nota = 2) e
(7ª nota - 6ª nota = 2) e
(8ª nota - 7ª nota = 1)
então
escala maior com nome da 1ª nota.

Se
(2ª nota - 1ª nota = 2) e
(3ª nota - 2ª nota = 1) e
(4ª nota - 3ª nota = 2) e
(5ª nota - 4ª nota = 2) e
(6ª nota - 5ª nota = 1) e
(7ª nota - 6ª nota = 3) e
(8ª nota - 7ª nota = 1)
então
escala menor com nome da 1ª nota.

Se
(2ª nota - 1ª nota = 4) e
(3ª nota - 2ª nota = 3) e
(4ª nota - 3ª nota = 5)
então
arpejo maior com nome da 1ª nota.

Se
(2ª nota - 1ª nota = 3) e
(3ª nota - 2ª nota = 4) e
(4ª nota - 3ª nota = 5)
então
arpejo menor com nome da 1ª nota.

```

##### 4.2 Emissão de notas musicais utilizando o HyperTalk

Um dos motivos de usar o HyperCard é a simplicidade da linguagem HyperTalk voltada para aplicativos com navegação e a possibilidade de emitir sons monofônicos de uma maneira simples e suficiente para o alcance da tarefa em questão[YAV92].

Play é o comando que possibilita a emissão de notas musicais através do auto falante do Macintosh. Foram utilizadas, neste trabalho, três fontes sonoras: *harpichord* (cravo) utilizada para a emissão das notas, *Boing* (efeito sonoro), *flute* (flauta). O tempo é opcional na utilização do comando Play, logo foi desprezado pois o sistema não faz uso da métrica[GOO90].

A representação das notas foi feita convertendo o sistema de cifragem disponível na linguagem HyperTalk para o nome das notas. O bemol e o sustenido são empregados ao longo do programa nas notas que necessitam alguma alteração tonal. O sistema possui duas oitavas, portanto, a diferenciação de uma mesma nota tocada em oitavas diferentes, é feita por um número que identifica de onde provém a nota.

### 4.3 Navegação para as diversas partes do sistema

O usuário pode navegar facilmente pelas diversas partes do SETMUS. Isto é possível devido a programação dos botões (definidos como objetos em Hypercard) feita pelos respectivos "scripts" onde um simples comando go to endereça o destino. Neste caso, um determinado cartão[G0090]. Todos os cartões foram ligados aos dois botões de reconhecimento de estruturas musicais. Sendo assim, no momento em que o usuário solicitar maiores explicações a respeito de uma escala reconhecida pelo sistema, este trará um novo cartão com a armadura, as notas e as eventuais alterações, permitindo o retorno ou o acesso a outro modo ou, então, um acesso à escala relativa.

As ligações entre os cartões, por meio do botão de relativas, obedecem a regra geral de que, nas escalas e arpejos, deve-se baixar uma terça menor para obter a relativa menor[FAR63].

As ligações entre os cartões, por meio da troca de modo, através do botão específico da operação é obtido simplesmente pela chamada do cartão que contiver a escala ou arpejo menor caso a atual seja maior.

A navegação através da calculadora se dá pela escolha sucessiva de botões presentes em seu painel. Cada botão, ao ser escolhido pelo "mouse", recebe um número que servirá para determinar a resposta que a calculadora irá fornecer.

### 4.4 Resposta utilizando palavras-chave

Quando o SETMUS não consegue reconhecer a escala ou o arpejo tocado, pelo usuário, é apresentada uma janela onde pode-se escolher algumas das perguntas pré-determinadas pelo sistema (como por exemplo: Por que a escala não está disponível? Por que o arpejo não está disponível). Após a escolha da pergunta, o SETMUS responde com cartões que possuem informações adicionais (como por exemplo: regras para a formação de escalas maiores e menores).

Do ponto de vista da implementação a análise das palavras-chave de cada pergunta é realizada através do comando "find" do HyperTalk que procura as no texto da pergunta fornecida pelo usuário, as palavras-chave.

## 5. Restrições do SETMUS

O protótipo apresentado neste trabalho é uma tentativa de representar uma pequena parte do conhecimento musical sob a forma de regras[MIR90][VIC90] [ROA85]. Apesar do sistema atualmente só aceitar as tríades dos acordes maiores e menores, existe a possibilidade de aumentar o número de regras tornando possível o reconhecimento de acordes de 4 sons sob a forma de arpejos [GOM88] Além disso, com pequenas alterações no programa, pela colocação de novas regras, é possível o reconhecimento também de outras escalas como pentatônicas e tons inteiros[ADO63].

O sistema só produz sons monofônicos e não possui implementação MIDI [G0090] [MOR88] [FRI92].

## 6. Aplicações do SETMUS na música

O SETMUS, por ser um programa que apresenta um alto grau de interação com o usuário e possuir um conhecimento sobre as estruturas musicais nos modos maiores e menores, constitui-se num forte candidato para servir às necessidades de professores, alunos e profissionais da música. A combinação da partitura, o som e a didática torna o SETMUS capaz de reunir três elementos da teoria musical antes impossíveis de agrupar sem o uso do computador: O especialista musical, o instrumento e a partitura.

O SETMUS pode ser usado como um programa instrutor da parte de harmonia musical pois possui um diagnóstico exato tanto em termos sonoros quanto visuais [MOR88]. Além disso a calculadora musical pode, de maneira eficiente, responder a muitas perguntas que envolvam o raciocínio lógico sobre escalas e arpejos.

As principais vantagens do uso do SETMUS como tutor musical são:

- Serve como instrumento musical pois os exercícios para a fixação da teoria e percepção podem ser realizados no próprio SETMUS;
- O estudante aprende de maneira direta via calculadora musical ou através de tentativas e erros via escolha das notas na partitura;
- O sistema fornece justificativa e explicações mediante perguntas;
- A disposição das notas utilizada possui motivos didáticos;
- A navegação no sistema é facilitada pelos recursos de hipertexto;

- Possibilita o desenvolvimento do ouvido musical através da apresentação de intervalos e seus sons.

Outra aplicação do SETMUS é a de servir como uma bateria de testes para alunos que estão estudando a teoria musical, mais especificamente a parte de harmonia musical.

Para que o aluno possa ser avaliado ao interagir com o SETMUS, este deve ser convidado a tocar escalas e arpejos a gosto do avaliador de conteúdos. Através dos resultados obtidos o aluno pode ser observado quanto ao seu conhecimento musical.

Sobre este ângulo o SETMUS apresenta uma série de vantagens em relação à métodos convencionais de avaliação:

- Dispensa a utilização de instrumento musical pois o SETMUS pode emitir os sons necessários para o teste;
- Dispensa a presença do especialista para determinar se as respostas do aluno que está sendo avaliado foram corretas ou não, ainda havendo, em caso de dúvida, a justificativa do sistema. Dessa forma a avaliação poderá ser aplicada até por uma pessoa que entenda pouco de música, basta ver se o aluno conseguiu acertar a questão e depois comunicar os resultados ao especialista;
- Substitui lápis, papel e borracha.

## 7. Conclusão

Este trabalho apresentou o SETMUS, um sistema destinado ao reconhecimento de escalas e arpejos que visa o ensino dessas estruturas musicais. A interface desenvolvida para o SETMUS pode ser adequada a outros sistemas que necessitem de flexibilidade e interatividade com o usuário facilitando, dessa forma, a utilização do software.

Testes realizados com estudantes de música no próprio Instituto de Informática da UFRGS ressaltam a interface gráfica do SETMUS, juntamente com sua operacionalidade, possibilitando o seu uso didático no aprendizado do conteúdo musical. O uso de gráficos para interação é importante em sistemas tutores pois torna os diálogos menos monótonos e ajudam a fixar a atenção do usuário.

Apesar da plataforma Macintosh não ser muito utilizada nas escolas brasileiras, o projeto do SETMUS pode ser adaptado aos computadores da linha IBM PC e servir como uma ferramenta de auxílio ao aprendizado da harmonia musical.

## Referências Bibliográficas

- [ADO63] ADOLFO, Antônio. *O Livro do Música: Harmonia e Improvisação*. Rio de Janeiro: Lumiar Editora, 1963.
- [FAR63] FARIAS, Nelson. *A Arte da Improvisação Para Todos os Instrumentos*. Rio de Janeiro, Lumiar Editora, 1963.
- [FRI92] FRITSCH, Eloi Fernando. *CAMM - Compositor Automático de Melodias Musicais* (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1994.
- [GOM88] GOMES, Luis Carlos Elias. *Som Três - Pequeno Dicionário MIDI*. São Paulo: Editora 8 Três, 1988.
- [G0090] GOODMAN, Danny. *The Complete Hypercard 2.0 Handbook*. Bantam Doubleday Dell Publishing Group: New York, 1990.
- [HAN84] HANNON, O *Pianista Virtuoso*. São Paulo: Ricordi Editora, 1984.
- [MIR90] MIRANDA, Eduardo Reck. *Música e Inteligência Artificial Paradigmas e Aplicações*. Porto Alegre: CPGCC-UFRGS, 1990. (Trabalho Individual, 200)
- [MOR88] MORAES, Sylvio Messias. *Música por Computador I e II*. Rio de Janeiro: Revista Micro Sistemas, ATI editora Ltda, Rio de Janeiro.
- [OL194] Oliveira, Viccari, Coelho. *An equilibration-Oriented Conceptual Beliefs Representation*. Lisboa, II Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação, 1994.
- [ROA85] ROADS, Curtis. *Research in music and artificial intelligence*. Computing Surveys, Cambridge, v17, n.2, 1985.
- [YAV92] YAVELow, Christopher. *Music & Sound Bible*, San Mateo, California: IDG Books WorldWide, Inc., 1992.
- [VIC90] VICCARI, Rosa. *Tutor Prolog- idealização, projeto e desenvolvimento*. Lisboa: Universidade de Coimbra, 1990, Tese de Doutorado.