

# Reflexões sobre o Ensino de Computação Musical: Como é a disciplina de Introdução a Computação & Música no INF/UFRGS

Marcelo Johann, Marcelo Pimenta

Laboratório de Computação Musical (LCM: [www.inf.ufrgs.br/lcm](http://www.inf.ufrgs.br/lcm))

Instituto de Informática, UFRGS - Porto Alegre, RS – Brasil

{johann, mpimenta}@inf.ufrgs.br

***Abstract.** This paper describes the course on Introduction to Computer Music given at the Instituto de Informática, UFRGS, with seven editions offered between 2005 and 2014. Emphasis is given to the selected contents, specific resources used in class, the integration of students from different levels and curricula, and evaluation methodology, including theoretical, practical and artistic assignments. The course provides an opportunity for students to gain a common base on audio and music concepts, and also to become aware of the large variety of related topics and applications with which they might work in the future. Finally, a set of questions about teaching Computer Music in Computer Science courses is proposed.*

***Resumo.** Este artigo descreve a disciplina de Introdução a Computação e Música, no Instituto de Informática da UFRGS, com sete edições já ocorridas entre 2005 e 2014. É dado enfoque ao conteúdo selecionado, ao uso de recursos específicos durante as aulas, integração de alunos de diferentes níveis e cursos e na forma de avaliação, que inclui trabalhos teórico, prático e artístico. A disciplina oferece oportunidade para os estudantes formarem uma base de conhecimentos comuns de áudio e música e perceberem a grande diversidade de assuntos e aplicações com as quais podem trabalhar no futuro. Finalmente, alguns temas são propostos para reflexão sobre ensino de Computação e Música nos cursos de computação.*

## 1. Introdução

Computação Musical (CM) é uma área inerentemente interdisciplinar e que engloba problemas computacionais interessantes e relevantes, como por exemplo, de representação de conhecimento musical, de controle em tempo-real de dispositivos, de interação com usuários possivelmente leigos em informática, para enumerar apenas alguns, subjacentes ao universo musical.

No entanto, normalmente é uma área não abordada de forma adequada nos currículos de computação e engenharia. Alguns dos temas envolvidos até aparecem em diversas disciplinas de cursos relacionados, mas normalmente estão fracionados, e a teoria não é facilmente associada à prática pelos alunos. O que se espera de uma disciplina de introdução à CM é: (i) apresentar os fundamentos teórico-práticos do uso de sistemas e tecnologias computacionais para composição, síntese, performance de sons e música, assim como para educação musical com auxílio do computador; e (ii)

permitir que os alunos entrem em contato com múltiplas (quantidade) e diversas (variedade) tecnologias envolvidas em CM.

Claramente, uma das dificuldades é a carência de livros-texto em Português. Atualmente, alguns dos conceitos necessários incluídos em disciplinas de CM relacionadas a programas de graduação e pós-graduação poderiam fazer parte do currículo de referência da SBC (Sociedade Brasileira de Computação) (SBC 2015). Apesar da grande diferença dentro dos planos de ensino de disciplinas relacionadas à área de CM (diversas ementas, conteúdos programáticos e nomenclaturas das disciplinas), existe aparentemente um consenso: a falta de livros-texto adequados em português (e mesmo em inglês) que contemplem as características de multidisciplinariedade e diversidade inerentes à área de CM. Como em geral a disciplina de CM ocorre em cursos em que esta perspectiva multidisciplinar não é usual, cabe aos professores assumir a grande responsabilidade de estimular e propiciar o contato dos alunos com ideias, conceitos, técnicas e práticas destas múltiplas áreas. Além do mais, alunos de CM devem lidar frequentemente com uma multiplicidade (saudável a nosso ver) de linguagens, técnicas, ferramentas, ambientes e plataformas, com algumas dificuldades para integração e portabilidade.

No Brasil, existem disciplinas de CM (com este título ou não) em cursos de vários níveis (graduação, pós-graduação) e com diferentes enfoques e abordagens. Neste artigo, apresentamos um relato sobre as várias ocorrências da disciplina CM no Instituto de Informática da UFRGS. O objetivo deste artigo é primeiramente relatar a abordagem particular na implementação da disciplina na UFRGS, compartilhando a experiência no processo de concepção e realização das suas várias edições, e resultados observados, com os demais pesquisadores e professores da área. Em segundo lugar, buscamos também levantar a partir desta experiência alguns questionamentos que, do ponto de vista dos autores, são fundamentais na discussão sobre o Ensino de CM.

O artigo está estruturado como segue. A seção 2 descreve de forma geral a abrangência e organização dos assuntos da disciplina. A seção 3 mostra o público-alvo e os alunos que efetivamente a cursam, bem como os colaboradores e convidados que atuam para apoiar e enriquecer o conteúdo. A seção 4 apresenta de forma mais detalhada a metodologia e os recursos didáticos empregados, com exemplos das aulas mais importantes, que caracterizam essa abordagem, e são pontos importantes de referência e reflexão. A seção 5 descreve brevemente os variados mecanismos de avaliação, e finalmente a seção 6 apresenta as nossas conclusões e discussões propostas.

## **2. Abrangência e Organização da Disciplina**

Nesta seção, é apresentado um resumo da disciplina de CM, principalmente pela lista de assuntos e pelo enfoque adotado. Em linhas gerais, pode-se observar a divisão das aulas e o tratamento construtivo dos conceitos abordados, partindo dos mais fundamentais, inicialmente conceitos físicos e matemáticos, até os mais complexos e aplicados, com maior ênfase em pesquisa na parte final.

A disciplina de Introdução à Computação e Música é oferecida no Instituto de Informática como disciplina eletiva, com o nome “Tópicos Especiais em Computação: Introdução à Computação e Música” e é oferecida neste formato tanto para a graduação quanto para a pós-graduação. Disciplinas de “tópicos especiais” são uma forma flexível que a Instituição possui para incluir no currículo básico alguns

temas atuais ou não convencionais e que não sejam parte de disciplinas regulares (periodicamente oferecidas). É nossa intenção que CM torne-se uma disciplina eletiva regular, principalmente nos cursos de graduação Bacharelado em Ciências da Computação (CIC) e Engenharia da Computação (ECP) e também do Programa de Pós-graduação em Computação (PPGC).

Para os 3 cursos – CIC, ECP e PPGC – a disciplina CM não exige pré-requisitos específicos. Entretanto, existe a exigência de que o aluno tenha integralizado 100 créditos obrigatórios do seu currículo, de forma a garantir que tenha adquirido bem os fundamentos e tecnologias essenciais, e cursá-la mais para o final de seu bacharelado. Apesar de não exigir pré-requisitos, é notória a ausência de alunos de outros cursos, sobretudo do curso de Música, talvez por uma falta de divulgação maior ou ainda por esta disciplina não constar do currículo perene do curso, sendo oferecida como uma disciplina de tópicos especiais. O oferecimento da disciplina para os alunos de CIC, ECP e PPGC ocorre simultaneamente, ou seja, as 3 turmas são integradas em uma só, com horário e sala unificados, como ocorre eventualmente em outras disciplinas de interesse eventual ou de pesquisa, oferecidas nesse formato. Isto foi deliberado para estimular a convivência entre alunos com diferentes tipos de maturidade, conhecimento e experiências e também para facilitar a operacionalização das aulas. Embora integradas, as turmas de graduação e pós-graduação são avaliadas diferentemente, como será detalhado adiante.

Em todas as sete ocorrências da disciplina (em 2005, 2006, 2009, 2010, 2012, 2013 e 2014), o conteúdo e o roteiro (ordem em que os conteúdos são vistos) em sua essência foram pouco alterados. As variações de uma ocorrência a outra são relativas à forma de organizar as aulas em cada parte do roteiro, à profundidade dedicada a um ou outro tópico e ao tipo de avaliação efetuado. Apresentamos abaixo os objetivos e o conteúdo programático em formato semanal, conforme registrado no sistema de dados da Universidade:

**Objetivos:** *“A disciplina tem por objetivo geral introduzir os conceitos básicos sobre Computação e Música. O objetivo específico é permitir aos participantes conhecer, compreender e utilizar os conceitos principais, equipamentos, técnicas, modelos, ferramentas e linguagens de Computação e Música.”*

**Tabela 1. Conteúdo Programático**

Semana	Título	Conteúdo
1	Introdução e Histórico	Introdução, motivação e perspectivas; História dos instrumentos, métodos, descobertas e invenções para síntese de som e música.
2 a 3	Conceitos de som e música	Conceitos básicos de som e música, vibrações, ondas, sons e sinais elétricos, domínio tempo e frequência, harmônicas, consonância e dissonância, timbre, intervalos, notas e acordes, evolução das escalas musicais e temperamento.
4 a 5	Síntese de Som	Métodos e equipamentos de síntese: síntese, osciladores, síntese aditiva, síntese subtrativa, filtros e envelopes, modulação em frequência, modelagem física, síntese granular, outras formas de síntese.
6	Representação de som e música	Representação da informação sonora: formatos de áudio digital e MIDI. Gravação, processamento e reprodução de áudio digital.
7	Definição de Trabalhos	Apresentação e discussão de temas para trabalhos teóricos, práticos e artísticos
8	Verificação Escrita	Verificação Escrita (PROVA)

9	Educação musical	Educação musical: aspectos principais, exemplos e utilização.
10	Ferramentas de <i>Software</i>	<i>Software</i> musical para acompanhamento, edição de partituras, seqüenciamento, gravação de áudio, estações de audio digital e programação de <i>plug-ins</i> .
11	Música em Jogos de Computador	Música em Jogos de Computador: Histórico, circuitos de síntese e características; Formatos e padrões atuais; Compositores; Eventos de Música de Jogos;
12	Inteligência Artificial e Interfaces	Inteligência artificial e música, interação homem-computador e música, novas interfaces musicais;
13	Tendências e Tópicos	Tendências em Software, Hardware, Pesquisa e Tópicos Atuais
14 a 15	Apresentações	Apresentação de Trabalhos Práticos

Tomando como referência a edição de 2013, apresentamos abaixo o programa detalhado de assuntos tratados em cada aula. O programa é adaptado a cada semestre em função dos cronogramas dos professores e das oportunidades de participação de convidados. Junto com o programa, aparecem tecnologias computacionais indicadas, e as referências principais de audições escutadas no final de cada aula.

**Tabela 2. Programa de cada aula em 2013**

Data	Aula	Assuntos Principais	Audições Principais	Linguagem
09.Ago	01	Introdução, Histórico	Paganini, Demo ATC-1	
16.Ago	02	Escalas, Notas	Jean Jacques Perrey	Pure Data
23.Ago	03	Timbre, Síntese aditiva	Hammond players	Impromptu
30.Ago	04	Síntese subtrativa, filtros, controle	Walter Carlos - Swtched on Bach	
06.Set	05	Componentes e equipamentos	Gravações OSP/ULBRA	swarm.cc, osc
13.Set	06	Áudio digital, FM e Sampling	ELP, Robert Moog, EMS synthi A	JavaSound, Falstad
20.Set	-	Feriado - Farroupilha		
27.Set	07	MIDI, representação musical, osc	Animusic - Pictures at an Exhibition	JavaSound's MIDI
04.Out	08	Verificação Escrita		
11.Out	09	Discussão de Trabalhos, Artigos	Tomita - Quadros de uma Exposição	Csound
18.Out	10	VideoGame Music, pesquisa Áudio	Música de Jogos em Orquestra	OpenAudioL
25.Out	-	Semana Acadêmica		
01.Nov	11	Tópicos atuais em síntese, SW, HW	Jingles produzidos em Porto Alegre	[gibber, chuck]
08.Nov	12	Sequenciamento, DAW, plugins	Eloy Fritsch, Miranda, SBCM, ICMC	VST
15.Nov	-	Feriado - República		
22.Nov	13	Educação Musical e Pesquisa LCM	Kraftwerk, Vangelis, Kitaro	MusicXML
29.Nov	14	Tópicos atuais em C&M, interfaces	Pet Shop Boys, Jean Michel Jarre	
06.Dez	-	IV Workshop UBIMUS		
13.Dez	15	Apresentação trabalhos práticos		
20.Dez		Recuperação		

### 3. Alunos, Colaboradores e Convidados

Como visto, o público da disciplina é formado principalmente por alunos de graduação, alunos de pós-graduação (mestrado, doutorado) regularmente matriculados nos cursos de computação (CIC e ECP). Em nível de pós-graduação, também são aceitos alunos especiais (alunos que não são alunos regulares de cursos de UFRGS mas que podem se submeter a um processo de inscrição e seleção para frequentar a disciplina e, se aprovados, requerer os créditos em matrículas futuras) e alunos ouvintes (que não estão oficialmente matriculados e solicitam informalmente aos professores permissão para assistir as aulas). Eventualmente, devido aos programas de intercâmbio que o INF possui com outras universidades do exterior (notadamente da França, Alemanha e Peru), já tivemos alunos de diferentes nacionalidades convivendo na turma.

A tabela abaixo apresenta o número de alunos que participaram em todas as edições realizadas até o ano de 2014, incluindo a edição de 2011 com o formato de disciplina de projetos.

**Tabela 3. Participação Discente**

Edição	CIC	ECP	Mús	EE	Inter	PPGC	Micro	Espec	Ouv	Total
2005-2	15	9			2	11			1	38
2006-2	24	5	1			3	1	5	2	41
2009-2	23	3				9			1	36
2010-2	11	4		1					1	17
2011-2	13								1	14
2012-2	20					12	1	1		34
2013-2	14					1		4	3	22
2014-2	10									10
<b>totais</b>	<b>130</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>212</b>

Além dos estudantes, a disciplina CM tenta promover a convergência de uma heterogeneidade de conteúdos e formações também entre seus colaboradores, que ajudam os professores a conduzir as aulas e a apresentar tópicos com os quais têm bastante familiaridade e experiência. Os colaboradores com quem já tivemos a oportunidade de contar foram principalmente:

- pesquisadores do LCM (tipicamente alunos de doutorado e mestrado), como por exemplo Evandro Miletto, Luciano Flores, Leandro Costalonga, na época em que eram estudantes;
- pesquisadores ou professores do CME/UFRGS (tipicamente professores do Departamento de Música), como por exemplo Eloy Fristsch, James Correa, Rafael Oliveira;
- pesquisadores de outras instituições com quem o LCM tem cooperação estabelecida, como por exemplo Eduardo Miranda (Univ. Plymouth), Damián Keller (UFAC);
- músicos, como por exemplo Yanto Laitano (que demonstrou ao vivo seu Theremin na disciplina), Marcelo Birck (integrante da banda Graforrêia Xilarmônica), Hique Gomes (ator, diretor, produtor, violinista);
- profissionais da área de produção musical, que em sua atividade profissional utilizam intensivamente aplicações musicais (p.ex. para fazer *jingles*), como Eduard Follmann, da Produtora TechnologicaWeb, em Porto Alegre;
- Contamos também com a grata colaboração de outros interessados com conhecimento e experiência específicas. Um exemplo é a ex-aluna do curso de Ciência da Computação da UFRGS, Sílvia Regina Vargas Gomes, que possui um enorme e completo acervo sobre músicas de *videogames*, em áudio, MIDI emuladores, e colaborou para organizar e ministrar uma aula sobre a história do áudio e música em *videogames*, contemplando todas as gerações de jogos desde os mais primitivos, até os atuais eventos de *Video Game Live*.

#### 4. Metodologia e Recursos didáticos

A disciplina oferecida, com apenas dois créditos (2 horas-aula por semana, em 15 semanas), é bastante densa em termos de conteúdo. Assim, percebe-se desde o início o desafio de desenvolvê-la da forma mais eficiente. Apesar de ser realmente uma disciplina com caráter mais informativo, e não um extenso treinamento com foco limitado, e desenvolvimento de habilidades bem caracterizadas, ela não pode se tornar apenas uma longa listagem de tópicos existentes. Ao contrário, deve fornecer experiências de aprendizagem marcantes e concretas.

Por essa razão, tanto a lista de conteúdos como a forma de abordar as aulas, ou seja, a metodologia de ensino, foram cuidadosamente selecionadas em termos de profundidade e material de suporte.

A lista de tópicos abordados já define a sequência fundamental de conteúdos. Além disso, uma série de tecnologias devem ser apresentadas, pelo menos sucintamente. São ferramentas de *hardware* e *software*, como as linguagens de programação orientadas a música, ou sistemas e padrões musicais, essenciais para que os estudantes trabalhem e manipulem áudio e música. Igualmente importante são as referências estéticas e artísticas, que mostram o contexto, as aplicações e o impacto que essas tecnologias tiveram. Na nossa abordagem, procuramos evitar que tais tópicos fossem concentrados em algumas aulas, e principalmente que viessem a ser introduzidos muito tarde, após os conceitos mais fundamentais.

Assim, chegamos a dois aspectos importantes da abordagem dessa disciplina. Primeiro, que a maioria das aulas, com pouquíssimas exceções, seria composta por um tema principal associado a um conceito fundamental (como escalas, síntese aditiva, interfaces), pela apresentação de ao menos uma diferente ferramenta computacional (como PureData, Impromptu, VST) e uma parte final de audição, dedicada ao aspecto artístico, lembrando e usando como exemplo algum dos grandes artistas/compositores da área (como Wendy Carlos, Vangelis, Kraftwerk). O segundo aspecto é que procuraríamos fazer um esforço para trazer as experiências mais concretas e autênticas possíveis. Em vez de mostrar apenas uma figura ou slide, damos preferência a trazer um equipamento e um instrumento e permitir que os alunos observem e ouçam o resultado da maneira bem realista, mesmo com tempo e recursos limitados, em aulas eminentemente expositivas. Acredita-se que esse contato com o objeto real de estudo, apesar de demandar esforço e um pouco mais do tempo de aula, seja essencial para que os alunos mais rapidamente compreendam os conceitos, se aproximem das questões e soluções reais.

De fato, pelos relatos que tivemos, a experiência de cursar essa disciplina parece ter sido muito significativa. Por exemplo, um conceito fundamental como espectro, Teorema de Fourier, normalmente é matéria obrigatória em um curso de engenharia. Mas não só ele é em grande parte dissociado da música, do conceito de síntese aditiva, como não são oferecidas experiências onde o aluno possa ver, ouvir, e calcular sons reais e sintéticos na aula onde isso é apresentado. Normalmente se deixa para que em outra oportunidade o aluno chegue a ter essa experiência, apresentando somente a teoria. Algumas pessoas, entretanto nunca chegam a ter a oportunidade de experimentar aquilo, o que dificulta muito sua compreensão, faz com que não conectem o conceito com o mundo ao seu redor, ou o esqueçam com facilidade. Outro exemplo é toda a complexa matemática envolvida na definição das notas e escalas. Virtualmente as pessoas ignoram isso completamente, e valem-se majoritariamente de regras ou dogmas para aprender quais são as notas, quais são as escalas existentes,

sem entender ou experimentar por quê, quais são os problemas e razões de sua existência.

Nesse sentido, as ferramentas computacionais (e eletrônicas em geral) são excelentes para oferecer experiências variadas que demonstram rapidamente esses fenômenos. Com sintetizadores e programas musicais, é fácil perceber a análise ou composição de timbres com harmônicas, e é também fácil demonstrar diferentes afinações, consonâncias e dissonâncias básicas com notas e frequências, usando simultaneamente o som, a imagem das ondas, e a matemática, com as medidas de frequência. Para melhor demonstrar essa metodologia, citamos os recursos empregados em algumas dessas aulas iniciais, como exemplo.

Para demonstrar as escalas, usamos a abordagem apresentada por (FERENCE 1978), que toma a escala “verdadeira” ou Ptolemaica como uma referência principal, para demonstrar a grande quantidade de consonâncias perfeitas obtidas com frações simples ideais. Essa experiência é oferecida com um *patch* em PureData que reproduz duas ondas dente-de-serra (mais fáceis de identificar do que apenas um seno), um osciloscópio digital de duplo canal, um frequencímetro, uma mesa de som externa que permite rotar e isolar os dois canais, e o quadro onde anotamos as frequências percebidas como consonantes. Os alunos são solicitados a identificarem quais frequências melhor combinam, e começam a descobrir as frações básicas  $2/1$ ,  $3/2$ ,  $5/4$ ,  $4/3$ , pontos centrais para definição de escalas. Então é apresentado o problema de como definir todas as notas intermediárias, ou dividir os intervalos de tom maior e tom menor ( $10/9$  e  $9/8$ ) em intervalos menores, de forma a obter notas que combinem com as já encontradas, problema que sabe-se não ter uma solução completa. Ao apresentarmos a escala igualmente temperada, predominante na música ocidental moderna, usamos um sintetizador com as duas afinações para mostrar claramente como os acordes soam em cada um dos sistemas, evidenciando os problemas e vantagens de cada uma. Os alunos ficam impressionados em perceberem pela primeira vez a relativa “desafinação”, em relação a acordes com frações perfeitas, da escala moderna, mas entendem facilmente que não é possível afinar um acorde perfeitamente como em uma escala Justa pois isso implicaria em deixar muito mais dissonantes outros acordes.

Como segundo exemplo de metodologia e procedimentos, aparecem as aulas de síntese aditiva e subtrativa. Elas também são executadas com auxílio de osciloscópio, analisador FFT e espectrograma, permitindo aos alunos ouvirem e verem as formas de onda e os efeitos de adição e subtração de harmônicas. Acrescentamos um elemento marcante nessas aulas que é a presença de sintetizadores analógicos, de forma a oferecer a experiência sonora mais autêntica possível. Para a síntese aditiva, usa-se equipamentos apropriados (em geral um Korg CX-3 modelo antigo, analógico, ligado a pré-amplificador valvulado MesaBoogie V-twin e simulador de caixas Leslie Dynacord CLS-222). Isso permite-nos executar facilmente desde as experiências mais simples de síntese com duas ou três harmônicas, quando eles percebem que as ondas senoidais são facilmente identificadas separadamente mas fundem-se na nossa percepção quando passam a acompanhar uma a outra quando disparadas pelas mesmas teclas, até o ápice da composição de um som famoso como o obtido por um órgão Hammond com o efeito sonoro característico das caixas Leslie.

Já para síntese subtrativa, trazemos para a aula um pequeno sintetizador puramente analógico, em geral um ARP AXXE. Novamente, ele permite as experiências fundamentais que demonstram os conceitos e a operação dos osciladores,

filtros, envelopes e modulação, com audição e visualização no espectrograma, e também a riqueza e abrangência de tais timbres assim como produzidos pelos circuitos eletrônicos clássicos no domínio analógico. Em geral acreditamos que a presença desses instrumentos originais dá maior sentido para a compreensão da capacidade plena desses métodos, sem contar com sua importância histórica e pelo caráter de curiosidade que desperta nos estudantes. Somente no final da aula passa-se a apresentar as emulações, recriações virtuais, ou mesmo modelos computacionais mais simples que também empregam tais métodos de síntese, mas então com a vantagem de estarem acessíveis a qualquer um em qualquer lugar.

## 5. Mecanismos de Avaliação

Como já citado, mesmo considerando a disciplina como mais informativa, pela enorme abrangência e interdisciplinaridade, e pela diversidade de formação prévia dos alunos, sempre entendemos que os conhecimentos mais fundamentais devem ser sólidos e precisos. Os procedimentos didáticos são selecionados justamente para isso. Desta forma, mesmo com o pouco tempo, propusemos desde o início que o aproveitamento e desempenho dos alunos fosse avaliando com uma prova escrita e com a realização de trabalhos de implementação e escrita de textos. A escrita de um texto toma a forma de um artigo, ou “*survey*” sobre um tema de escolha dos alunos, sendo que este artigo, com melhor fundamentação teórica, é um dos aspectos de avaliação que recebe maior importância e peso para as turmas de pós-graduação. O trabalho de implementação é em geral um trabalho maior, final, a ser apresentado para todo o grupo em uma ou duas das últimas aulas.

Após as primeiras edições, percebeu-se que o aspecto artístico também deveria ser abordado, não somente pela participação, ainda que pequena, de alunos de outros cursos (artes, música, outros), como pela importância do aspecto artístico nesse tema. Assim, passamos a propor a realização de mais um trabalho artístico. Esse consiste na produção de um trecho de áudio com entre 30 segundos e 1 minuto, feita utilizando-se algum recurso computacional, preferencialmente algum método relacionado à computação, com algoritmo, função, linguagem, e não apenas com o uso de um programa pronto. Ou seja, estimulamos os alunos a pensarem computacionalmente, criativamente, sobre a música, e não a serem usuários de algum produto já existente, embora essa interface não seja sempre clara.

Assim, a avaliação consiste finalmente nesses quatro componentes, com os seguintes pesos para os alunos de graduação e pós-graduação:

**Tabela 4. Pontuação na Avaliação**

Nível	Prova	Trab. Artístico	Trab. Teórico	Trab. Prático
graduação	3	2	2	3
pós-graduação	3	2	3	2

Os trabalhos teóricos em geral apresentam em nossa opinião um nível médio de qualidade e profundidade. De fato, na maioria dos casos eles demonstram apenas o aprendizado dos alunos, que descrevem determinados temas como foram compreendidos por eles, e enriquecidos com outras referências ou exemplos. Em diversos casos, entretanto, os alunos procuram também temas de seu interesse que não



foram cobertos nas aulas da disciplina, parte desses com o objetivo de servirem como suporte conceitual e estudo para a implementação de algo que pretendem como projeto de trabalho prático, o que lhes é proposto e incentivado. Eventualmente alguns trabalhos abordam temas inesperados, inovadores, que não haviam sido sequer considerados pelos professores, o que consideramos uma boa contribuição de originalidade e criatividade dos alunos.

Entretanto, é nos trabalhos práticos finais e nos trabalhos artísticos que os alunos mais se destacam e mostram sua capacidade, empenho e criatividade. Nos trabalhos finais, geralmente na forma de implementações em *software* ou em *hardware*, os alunos tem demonstrado ao longo das várias edições uma variedade enorme de ideias, algumas implementadas com grande sucesso. Uma lista completa não pode ser apresentada neste artigo, mas os trabalhos incluem programas de síntese, análise, variados jogos musicais, diversas interfaces, algumas envolvendo dispositivos como aparelhos celulares, câmeras, controles de videogame, sistemas de hardware com acelerômetros, sensores ópticos, etc. Já foram apresentados jogos envolvendo realidade virtual, síntese de imagem a partir do som e síntese de som a partir de imagens, a maioria dos sistemas com gráficos em 3D, jogos musicais, baseados em MIDI, entre outros. Um aspecto que merece destaque é o fato de que mesmo com a maioria dos alunos sendo de cursos de Ciências da Computação, diversos protótipos de hardware foram apresentados funcionando perfeitamente, incluindo tanto *hardware* digital com microprocessador, com circuitos discretos, ou em FPGA, quanto circuitos analógicos, implementados por alunos de Computação.

Finalmente, a realização do trabalho artístico proposto é um dos fatores que mais nos chamou a atenção, e mais demonstra o potencial criativo dos alunos. Os trabalhos são reunidos previamente, junto com um slide de informações essenciais sobre cada um, como um formulário, e são apresentados em uma sessão de audição específica, que pode ser em parte de uma aula, ou em um horário específico, por exemplo, na Semana Acadêmica da Universidade. Ao serem incentivados a produzirem áudio sem ter exigências técnicas ou estéticas, os estudantes parecem explorar mais livremente as suas ideias. Eles sabem que não necessariamente precisam produzir uma música “convencional”, ou algo fácil de ser ouvido, mas algum som que tenha uma forma computacional, como se estivessem desenvolvendo um recurso, uma ferramenta, respondendo à alguma pergunta, testando alguma hipótese. Trabalhos apresentados incluem diferentes fórmulas ou modelos de geração de áudio ou sequências MIDI, traduções ou processamentos nos dois domínios, uma enorme variedade de recursos digitais, amostras obtidas ou criadas por eles, e principalmente, como é o objetivo do trabalho, propostas e resultados estéticos diversos e interessantes. Embora alguns trabalhos isolados sejam compostos apenas por alguns ruídos (na linha de “*noise music*” e “*glitch music*”), todos percebem na sessão de audição que o importante é como se produziu estes sons e não se são esteticamente aprovados ou não: assim, os trabalhos artísticos no conjunto ganham sentido, como exploração de recursos em uma grande e diversa paleta de cores. A experiência de audição sempre tem sido vista por todos como um momento lúdico, descontraído, surpreendente, e carregado de aprendizado, inclusive pela oportunidade de percepção e conhecimento entre os alunos, pelo que eles produzem ou o que o método de sua escolha produziu. A proposta desse trabalho não poderia ter sido mais acertada, e superou em muito as nossas expectativas.

## 6. Discussão e Considerações Finais

As seguintes reflexões emergiram a partir das experiências descritas. Muitas delas levam a questões fundamentais dentro da problemática que é o Ensino de CM e acreditamos que devem ser discutidas de uma forma ou de outra por vários docentes de CM no Brasil. As observações estão reunidas em três grupos básicos associados às três seguintes perguntas:

Reflexão 1 - Por quê e quando estudar CM? Quais são os pré-requisitos? É necessária alguma maturidade por parte dos alunos ou isto não é relevante?

Reflexão 2 - O que estudar dentro da área de CM? Quais tópicos privilegiar? Como conciliar o conhecimento teórico com a aplicabilidade prática? Como desenvolver exercícios práticos de uso das várias tecnologias (*hardware* e *software*) no prazo limitado de um semestre letivo?

Reflexão 3 - Qual(ais) o(s) enfoque(s) mais adequados para ensino de CM no contexto dos cursos do Brasil?

Estas questões podem servir como um roteiro para futuras discussões sobre o assunto. Espera-se que em nosso fórum da comunidade (SBCM) sempre tenhamos espaço para este tipo de discussão, e neste artigo procuramos registrar a abordagem realizada como forma de contribuir para esse processo.

### ***Reflexao 1:***

Constatou-se nas várias ocorrências da disciplina de CM que a grande maioria dos alunos matriculados e ouvintes são os que possuem algum interesse (geralmente em caráter amador) em atividades musicais: pessoas que tocam algum instrumento, ou que tiveram alguma formação musical no passado ou ainda que sejam ouvintes intensos, frequentemente com conhecimento sobre um determinado tema e estilo que supera o conhecimento dos professores. Ou seja, o público tem um interesse e um potencial invejável. A nossa experiência nesse caso foi bastante promissora, mesmo tendo em uma mesma turma alunos de graduação, pós graduação, computação, engenharia elétrica e música.

### ***Reflexao 2:***

Nas várias ocorrências da disciplina CM temos seguido o objetivo fundamental de conciliar teoria e prática, Estamos acostumados em outras disciplinas da Informática a pensar que frequentemente o que precisa ser alcançado é a aquisição de conceitos, com as técnicas e ferramentas sendo somente tratadas a nível introdutório ou ilustrativo. No entanto, esta separação entre teoria e prática não nos parece apropriada em CM. Se é verdade que muitos antigos e consolidados conceitos de CM continuam sendo importantes – tais como as noções de síntese aditiva, síntese subtrativa e síntese FM – também é verdade que é preciso saber “botar a mão na massa” para ter assimiladas as características e dificuldades de cada forma de síntese e também para reconhecer “no ouvido” as limitações de cada uma.

Além disto, optamos por não privilegiar *uma* tecnologia (linguagem, ferramenta, técnica, ambiente) em detrimento de outras. Esta posição pode ser controversa pois muitos cursos no Brasil focam a disciplina de CM basicamente em atividades usando PureData (PD). De fato, o livro de Miller Puckette [3] é muito bom, muito bem escrito, muito completo e consegue mostrar o poder de expressão e a

versatilidade de PD. Se os alunos percorrerem uma boa parte do livro entendendo e executando os *patches* certamente terão uma boa ideia do campo da CM.

No entanto, acreditamos que na CM convive-se e deve-se conviver com uma multiplicidade (quantidade) e uma diversidade (variedade) de tecnologias. Embora possa parecer criticável a primeira vista, temos preferido possibilitar acesso dos alunos – mesmo que superficialmente em alguns casos – às várias tecnologias existentes e isto só é viável se – mesmo sem ter condições ou tempo para utilizar todas – os alunos conhecerem os fundamentos subjacentes a estas tecnologias.

Em relação à falta de um livro-texto em português, os autores acreditam que a elaboração de livros didáticos ou artigos tipo "*survey*" sobre alguns tópicos desta área é uma meta indispensável à melhoria do conteúdo da disciplina. Algumas iniciativas isoladas de textos em português existem, como a apostila do curso "Introdução à CM" (Miletto et al 2004) e a tradução do livro de Miller Puckette (Puckette 2003) efetuada por Alexandre Porres (SP) mas ambas contemplam apenas parcialmente o conteúdo da nossa disciplina. Ambos podem ser solicitados diretamente aos autores ou encontrados na Internet. Uma ideia interessante para atenuar esta falta seria a criação de um repositório de material (copyleft de preferência) – algo como CompMusLib(re), a biblioteca "livre" da compmus - que pudesse armazenar e disponibilizar para a comunidade brasileira os materiais criados por membros desta mesma comunidade.

Além disto, é muito importante que os alunos tenham acesso a bibliografia (artigos em conferências como ICMC, ISMIR, NIME e journals como Leonardo, Organised Sound, Journal of New Music Research, Computer Music Journal; e capítulos de livro, etc) na sua versão original (tipicamente em inglês) e que a sua leitura seja estimulada pelo(s) professor(es). Propiciar o acesso direto dos alunos às fontes de informação sem necessidade da intermediação do professor (como acontece nas aulas expositivas) é uma forma de incentivar a autonomia da turma e de inculcar nos alunos o salutar hábito de leitura.

### ***Reflexão 3:***

Um enfoque muito baseado em ferramentas tem como obstáculo eventual a dificuldade de obtenção de ferramentas. Uma maneira de obter ferramentas, além de desenvolvê-las, é a adoção de ferramentas open source disponíveis.

Em relação aos trabalhos práticos, os alunos encontram grandes dificuldades para realizar trabalhos que sejam ao mesmo tempo complexos o suficiente para permitir o aprofundamento desejado de conhecimentos e delimitados o suficiente para serem realizados no período letivo de um semestre (tipicamente 4 meses). Trabalhos grandes demais ou pequenos demais têm uma função didática questionável. Pode-se pensar como alternativa em uma disciplina adicional de CM (p.ex. Projeto de Aplicações CM, como implementamos no semestre 2011-2), onde um trabalho pode iniciar em uma disciplina e terminar em outra. Outra opção é tolerar que os trabalhos de CM sejam aproveitados no contexto de alguma outra disciplina (p.ex. IHC, Computação Gráfica, etc) e assim os alunos implementam, estudam e exploram conceitos das 2 disciplinas complementarmente em um trabalho só.

Em relação a participação dos alunos, constata-se em geral uma melhoria substancial na compreensão dos conceitos quando se utilizou aulas participativas. Existe uma correlação grande entre o rendimento da disciplina, a personalidade dos

estudantes e a agilidade do(s) professor(es) para orientar a discussão para o rumo desejado. Isto pressupõe alunos que perguntam e perguntas que sejam adequadas para permitirem avançar no tópico tratado e um professor que as utilize como "gancho" para os conceitos que pretende apresentar.

Em suma, neste artigo, a experiência dos autores na condução da disciplina CM no INF/UFRGS foi descrita e serviu como ponto de partida para coletar uma série de reflexões sobre questões usualmente relacionadas a problemática do ensino de CM. Os autores pretendem que o relato e suas reflexões sirvam como ponto de partida de um maior fórum de discussões a respeito pela comunidade de CM no Brasil.

## Referências

- SBC (2015). SBC – Sociedade Brasileira de Computação. “Currículo de Referência”. Disponível em: <[http://www.sbc.org.br/en/index.php?option=com\\_jdownloads&Itemid=195&task=view.download&catid=36&cid=52](http://www.sbc.org.br/en/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=195&task=view.download&catid=36&cid=52)>
- Miletto et all (2004). E. M. Miletto, L. L. Costalonga, L. V. Flores, E. F. Fritsch, M. S. Pimenta e R. M. Vicari. 2004. “Introdução à Computação Musical”. Congresso Brasileiro de Ciência da Computação, Itajaí, 2004, pag. 883 – 902. Itajaí, SC – Brasil, ISSN 1677-2822. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/lcm>>
- Puckette (2003). Puckette, Miller. “Theory and Techniques of Electronic Music”, 2003. Disponível em: <<http://msp.ucsd.edu/techniques/v0.02/book-html/>>
- Ference (1978). Ference Jr, M.; Lemon, H. B.; Stephenson, R. J. “Física: cursos colegial e vestibular. v.3 - Ondas (Som e Luz)”. - Editora Edgard Blücher, 1978.
- LCM (2015). “Laboratório de Computação e Música”. Instituto de Informática/UFRGS. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/lcm>>
- CME (2015). “Centro de Música Eletrônica da UFRGS”. Instituto de Artes/UFRGS, Disponível em: <[www.ufrgs.br/musicaeletronica](http://www.ufrgs.br/musicaeletronica)>
- Johann e Pimenta (2015). Johann, Pimenta. “Tópicos Especiais em Computação: Computação e Música”. Disponível em: <[http://www.inf.ufrgs.br/lcm/site\\_arquivos/topespcm.html](http://www.inf.ufrgs.br/lcm/site_arquivos/topespcm.html)>