

Marcelo Gimenes

mgimenes@gmail.com

NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE COMUNICAÇÃO SONORA, UNICAMP

---

### Resumo

Este artigo aborda o caráter transdisciplinar dos sistemas interativos musicais. A título introdutório, é apresentada a experiência dos Ambientes Interativos Musicais (*Interactive Musical Environments* - iMe), um sistema computacional que tem como principal objetivo investigar a evolução dos estilos musicais sob o ponto de vista da transmissão de estruturas musicais. iMe faz parte de uma nova geração de sistemas interativos que podem contribuir de maneira significativa para a investigação da criatividade humana e da interatividade entre humanos e máquinas. Sistemas interativos devem exibir troca de informações musicais, capacidades cognitivas e a capacidade de influenciar e receber influência. Esses sistemas podem ser uma excelente ferramenta para investigar a cognição musical, uma área transdisciplinar de pesquisa que reúne a filosofia, a psicologia experimental, as neurociências e a computação com o objetivo de estudar a natureza e a estrutura dos processos cognitivos.

---

### Introdução

Em 2008, durante o Festival de Música Contemporânea organizado pelo Centro Interdisciplinar de Pesquisa em Computação Musical (*Interdisciplinary Centre for Computer Music Research* – ICCMR) da Universidade de Plymouth (Reino Unido), o sistema Ambientes Interativos Musicais (*Interactive Musical Environments* - iMe) (Gimenes, Miranda *et al.* 2007) foi apresentado pela primeira vez em um concerto público. Este sistema tem como principal objetivo investigar a evolução dos estilos musicais sob o ponto de vista da transmissão de estruturas (memes) musicais.

iMe usa o paradigma dos agentes inteligentes (também conhecidos como agentes racionais, autônomos ou de software), sistemas adaptativos que residem em um ambiente dinâmico e complexo em que sentem e agem de forma autônoma executando uma série de tarefas, a fim de atingir os objetivos para os quais foram concebidos (Maes 1991; Russell e Norvig 2002). No sistema iMe, os agentes interagem entre si e com músicos humanos através da prática de atividades inspiradas no mundo real (tarefas como ler, ouvir, executar, praticar, improvisar e compor música). O resultado dessas interações, que ocorrem enquanto o sistema executa simulações projetadas com uma determinada preocupação musicológica, é que os agentes aprendem e são capazes de desenvolver (evoluir) seu próprio estilo musical.

Estilo musical, de acordo com uma famosa definição proposta por Meyer, é “uma re-

petição de padrões, seja no comportamento humano ou nos artefatos produzidos pelo comportamento humano, que resulta de uma série de escolhas feitas dentro de um conjunto de restrições” (Meyer 1989). No sistema iMe, o estilo musical de um agente, também chamado de memória ou de visão de mundo musical, é definido como um objeto complexo que armazena um conjunto de parâmetros (e.g. informações relativas a altura, ritmo, etc.) e que corresponde ao conhecimento musical do agente em um determinado momento.

Para o concerto de Plymouth, uma simulação foi especialmente projetada de modo que um agente executasse duas tarefas. Durante a primeira tarefa, o agente deveria ler um arquivo MIDI que continha apenas a melodia da peça *Stella by Starlight*, de Victor Young. Durante a segunda tarefa o agente deveria improvisar sobre este tema, juntamente com um pianista humano. O desafio de sair do ambiente controlado do laboratório, onde o sistema havia sido inicialmente projetado e implementado, para um ambiente onde potencialmente muitos problemas poderiam ocorrer, como um concerto público, mostrou-se compensador. A reação do público foi positiva, tendo algumas pessoas mencionado que haviam percebido verdadeiros diálogos entre o computador e o músico humano. iMe também atraiu a atenção da mídia e foi objeto de duas publicações jornalísticas (Herald 2008; Johnson 2008). O vídeo dessa performance pode ser assistido no website [www.computermusiclab.com](http://www.computermusiclab.com). Uma descrição passo a passo dele se encontra em Gimenes (2008).

No concerto de Plymouth, ao iniciar a segunda tarefa da simulação, o agente toca algumas notas melódicas enquanto o pianista toca acordes. Em seguida, o agente toca notas rápidas aprendidas da performance imediatamente anterior do pianista. O agente então executa alguns elementos harmônicos, também aprendidos do pianista. Essa troca de informações e aprendizado prossegue até o final da peça. Ora o agente executa elementos (frases, escalas, acordes, etc.) extraídos da performance do pianista, ora este faz referência a elementos tocados pelo agente.

iMe faz parte de uma nova geração de sistemas interativos (Assayag, Bloch *et al.*, 2006; Pachet 2006) que podem contribuir de maneira significativa para a investigação da criatividade humana e da interatividade entre humanos e máquinas. Um outro sistema, Continuator, apresentado por Pachet (2003), também tem a capacidade de aprender estilos musicais automaticamente (sem intervenção humana) e agnósticamente (sem modelar nenhuma informação simbólica) podendo se integrar ao modo de tocar do músico humano. OMax, um sistema computacional apresentado por Assayag *et al.* (2006) possui características semelhantes.

Um dos fatores que distingue iMe dos demais é a proposta musicológica de avaliar o desenvolvimento dos estilos musicais dos agentes. O sistema guarda o histórico das transformações das memórias de cada um deles e dispõe de ferramentas para acompanhar (medir) a evolução do seu conhecimento musical. Fugiria ao escopo deste artigo detalhar cada um dos elementos e mecanismos do iMe. Para a compreensão deste texto são apresentadas aqui, contudo, algumas das suas características principais.

No que diz respeito à representação musical, iMe se baseia na capacidade dos agentes

de continuamente extrair características fundamentais do fluxo musical, como a direção da melodia, diferenças intervalares entre a seqüência de notas, etc. (percepção). Este fluxo é segmentado em elementos menores (memes musicais) através de técnicas inspiradas na psicologia Gestalt. Finalmente, a memória dos agentes, uma estrutura extremamente complexa, armazena representações desses elementos, bem como do modo como estes se inter-relacionam. Essa técnica foi usada com a finalidade de implementar o que é conhecido como aprendizagem de máquina, a capacidade do sistema aprender a partir de exemplos, sem a necessidade de codificar previamente um conjunto de regras.

A palavra *meme* se relaciona, obviamente, com a teoria memética. Alguns estudiosos (Dawkins 1989) introduziram a idéia de que a evolução cultural seguiria princípios muito semelhantes aos que regem a evolução das espécies. Deveria haver unidades de informação cultural da mesma forma que, na biologia, existem unidades de informação genética. Estas unidades de informação cultural foram chamadas de memes. Os teóricos da memética acreditam que, do mesmo modo que os padrões de informação evoluem através de processos biológicos, os memes também evoluiriam através da exploração, adaptação e transformação de um espaço informacional através da variação, seleção e transmissão (Gabora 1997).

O modelo de criatividade implementado na versão atual do iMe se inspira na tradição da improvisação do jazz, de seguir uma partitura básica, que contém instruções gerais sobre o tema e seqüência de acordes. No sistema, essa partitura é conhecida como Mapa de Composição e Performance (MCP). Os MCPs contém, além dos elementos da partitura do jazz, indicações de acordes, escalas, andamento e dinâmica, entre outras. Os agentes aplicam o seu conhecimento prévio ao MCP, o que permite que eles improvisem com outros agentes e com músicos humanos, gerando novos memes musicais que seguem as regras desse conhecimento e, ao mesmo tempo, se adaptam ao contexto local em que se encontram durante a performance.

Em sistemas como o iMe, não é possível prever o comportamento geral do sistema a partir do comportamento das suas partes. Sistemas que possuem esta propriedade são conhecidos como complexos. Não seria possível, por exemplo, prever o estilo musical de cada um dos agentes unicamente a partir dos mecanismos de percepção, cognição e de interação entre eles. As condições iniciais do sistema e a não linearidade das interações fazem com que o resultado seja imprevisível. Outra característica importante de sistemas complexos é a ocorrência dos chamados comportamentos emergentes, ou seja, o aparecimento de padrões globais a partir das interações locais dos agentes. O mesmo fato ocorre na natureza, por exemplo, quando o comportamento de um bando de pássaros, impossível de ser previsto, emerge das interações locais entre eles. Do mesmo modo, o estilo musical dos agentes, assim como o estilo musical do sistema iMe, como um todo, resulta das interações locais entre eles.

## Os sistemas interativos musicais

De fato, o uso de sistemas interativos já se tornou, há algum tempo, um assunto fas-

cinante. A experiência de “ouvir o sistema e o artista se adaptarem um à performance do outro, em observar o desenvolvimento de uma relação única entre o sistema e o humano” é muito mais cativante do que simplesmente ouvir uma performance pré-gravada (Saltz 1997).

O problema é que o conceito de interatividade tornou-se demasiadamente popular, sendo usado nos mais variados contextos, acabando por transmitir significados impróprios. No campo musical foi difundida a idéia de, possuindo algumas características elementares, qualquer sistema poderia ser chamado de interativo. Sistemas muito simples receberam esta denominação, por exemplo, unicamente porque respondem a alguns comandos do mouse. Neste caso, a palavra interativo é usada para reforçar o conceito de que estes sistemas podem ser controlados com base em algum tipo de ação do usuário em tempo real, o que os distinguiria de sistemas em relação aos quais o usuário adota uma postura passiva. Essa é a idéia contida na seguinte afirmação: “muitos compositores criaram interações musicais homem-computador através da execução de algoritmos geradores em tempo real e controlando seus parâmetros com o *input* de um intérprete humano ...” (Walker 1994).

Ora, é questionável atribuir o conceito “interatividade” a esses sistemas. Uma expressão mais apropriada talvez fosse “reatividade”. Os conceitos são bem distintos. Interação inclui a idéia de ação (ou influência) recíproca, de um fluxo bi- (ou multi) direcional de informação. Reatividade não inclui essa idéia. No contexto da interatividade, as ações são executadas por pessoas ou coisas e produzem um efeito sobre outras pessoas ou coisas. Ações também podem ser executadas por agentes: “O prefixo inter- na palavra “interatividade” implica a influência mútua entre os agentes que são de certa forma tomadores autônomos de decisão” (Dobrian, 2004). Paine compartilha da mesma opinião: “o termo interatividade é, portanto, usado em excesso” ... “a maioria dos sistemas não são interativos, mas simplesmente reativos ou responsivos, porque lhes falta um nível de cognição” (Paine 2002).

Um conceito muito próximo ao de interatividade foi proposta por Blackwell (2006) em torno de uma comunidade conhecida como Algoritmos Vivos para a Música (*Live Algorithms for Music*). Segundo este autor, algoritmos vivos são aqueles que preencham três pré-requisitos: (i) interagir sem intervenção humana, (ii) contribuir de forma criativa para a música que está sendo produzida e (iii) evitar abordagens baseadas em regra ou mapeamento simplistas.

Em vista da confusão formada em torno da expressão interatividade, uma definição estrita de interatividade foi proposta por Gimenes: “Sistemas interativos musicais são sistemas computacionais que, através da troca de informações musicais, têm a capacidade de perceber o ambiente, analisar e tomar ações de modo a alterar os estados vizinhos, bem como alterar seus próprios estados internos” (Gimenes 2008). Todos os elementos mencionados anteriormente estão presentes nesta definição, especialmente (i) a troca de informações musicais, (ii) capacidades cognitivas e (iii) a capacidade de influenciar e receber influência.

## A cognição musical e a transdisciplinaridade

Consequência lógica do que foi exposto até aqui é que os sistemas interativos podem ser uma excelente ferramenta para investigar a cognição musical, uma área de pesquisa que reúne especialmente a filosofia, a psicologia experimental, as neurociências e a computação com o objetivo de estudar a natureza e a estrutura dos processos cognitivos. Entre os objetos de estudo da cognição musical podem ser citados a representação e o processamento (aquisição, armazenamento, geração, etc.) do conhecimento musical pela mente. A modelagem computacional proporciona uma representação formal deste conhecimento e a verificação experimental de diferentes teorias cognitivas.

A ascensão da cognição musical (ou musicologia cognitiva) coincidiu, nas últimas décadas, com o interesse cada vez maior dos musicólogos por temas como memória, atenção, reconhecimento de padrões, formação de conceitos, categorização, entre muitos outros. A música como obra de arte deixa de ser o único objeto de estudo e passa a ser vista também como um processo que resulta da atuação de diversos agentes (músicos, ouvintes, etc.) (Honing 2006). A musicologia incorpora disciplinas musicais e não-musicais, misturando ciências e humanidades e define-se como o “estudo acadêmico de quaisquer e todos os fenômenos musicais”, abordando “as questões físicas, psicológicas, estéticas, sociais, culturais, políticas e históricas da música, criação musical, percepção musical e do discurso musical” (Parncutt, Kessler *et al.* 2004).

Sendo a cognição musical uma área da qual participam diversas disciplinas, surge a indagação de como deve ocorrer a integração ou interação entre elas. Além disso, tem-se que encontrar um termo que denomine adequadamente essa integração. Com essa finalidade, alguns prefixos (pluri, multi, inter, trans) são comumente usados. “Multidisciplinar” e “pluridisciplinar”, por exemplo, têm conotação semelhante e designam a existência de mais de uma (ou muitas/várias) disciplina(s). O prefixo “inter”, de interdisciplinar, designa o que está entre as disciplinas. Finalmente, o prefixo trans, em transdisciplinar, designa o que está através ou além das disciplinas.

Assim, a multidisciplinaridade indicaria a ocorrência de mais de uma disciplina mas não sugere, necessariamente, uma integração entre elas. Interdisciplinaridade, por outro lado, contém a idéia de ação (ou influência) recíproca e a existência de fluxos de informação em diversos sentidos entre as disciplinas. Santos (2006) entende que tanto a pluridisciplinaridade quanto a interdisciplinaridade estabelecem colaboração entre disciplinas mas não abrem mão de seus métodos ou de sua autonomia.

Certas pesquisas (ditas) interdisciplinares podem, contudo, não promover uma integração verdadeira, mas somente aparente. Neste caso teríamos um caso de pseudo interdisciplinaridade. A partir desse extremo (ausência de integração), outras pesquisas podem exibir níveis crescentes de integração, até atingirem o que se denomina transdisciplinaridade. Neste caso a integração ocorreria através (de um lado ao outro) das disciplinas e além dos elementos que as constituem, resultando em uma “abrangente revisão dos pressupostos fundamentais e métodos de uma disciplina com base

em uma análise aprofundada dos pressupostos e métodos de outra” (Parncutt, Kessler *et al.* 2004). O objetivo é compreender o mundo através da unidade de conhecimento (Lucchesi e Malanga 2005).

De fato, a música é ao mesmo tempo, de um lado, um fato que pertence ao mundo concreto, uma experiência objetiva, relacionada com a obra de arte em si, e, de outro, uma experiência que se relaciona com agentes musicais, os quais processam pensamentos e emoções. Olhar a música pelo prisma de uma única disciplina ou de várias porém estanques disciplinas significaria limitar a sua compreensão plena, o que a visão transdisciplinar não admite. Esta é essencialmente integrativa, holística. Ela reconhece a “existência de diferentes níveis de realidade, regidos por lógicas diferentes” e refuta “qualquer tentativa de reduzir o ser humano a uma mera definição e de dissolvê-lo nas estrutura formais, sejam elas quais forem” (Freitas, Morin *et al.* 1994). O todo não pode ser compreendido como a soma das partes, mas como algo que emerge das relações entre estas (Souza 2003).

Apesar das questões mencionadas acima, há autores (Leman 2007) que sustentam que a diferença entre os termos multidisciplinar e transdisciplinar é sutil, pelo que propõem que sejam usados como sinônimos. A razão seria que a pesquisa “verdadeiramente” multidisciplinar “também se baseia no trabalho que ultrapassa as fronteiras das disciplinas envolvidas e, a partir desse momento, esse trabalho pode-se dizer que transcende as disciplinas em que se baseia” (Leman 2007).

A fim de promover os estudos transdisciplinares, em 1987 foi fundado o Centro Internacional para a Pesquisa Transdisciplinar. O primeiro Congresso Mundial da Transdisciplinaridade ocorreu em 1994, ocasião em que foi adotada a Carta da Transdisciplinaridade (Freitas, Morin *et al.* 1994), documento no qual são inscritos preceitos e diretrizes do movimento. Leman (2007) argumenta, contudo, que a transdisciplinaridade não é um conceito novo, tendo existido desde o início da musicologia sistemática que, em fins do século XIX, já adotava essa abordagem. Morin também argumenta que a ciência sempre se caracterizou por uma transdisciplinaridade intrínseca (Morin 1980 *in* Souza 2003)

Também de acordo com Leman (Leman 2007), durante a evolução da musicologia sistemática, esta foi influenciada pela Gestalt e posteriormente pela psicologia da informação e cibernética. Mais recentemente, pela musicologia cognitiva. A musicologia sistemática, portanto, se basearia em uma estreita colaboração entre as disciplinas científicas oferecendo uma maneira de entender “como as pessoas se envolvem com a música, e como a música funciona na percepção, performance e como um fenômeno estético e social” (Leman 2007). Segundo este autor, o papel da musicologia sistemática hoje consiste em fomentar a abordagem transdisciplinar, usando “metodologias centradas no objeto e no sujeito para investigar a relação entre a música, a mente, o corpo, interação social e ambiente físico” (Leman 2008).

Recentemente, um grupo de pesquisadores europeus apresentou o “Roteiro para a Investigação da Música Digital no Reino Unido” (*UK Digital Music Research Road-*

map), uma coleção de documentos em que são identificadas linhas de pesquisa para a música digital da próxima década (Myatt 2005). O objeto de estudo desta que passou a ser chamada de “transdisciplina”, segundo os autores, seria a música mediada pela tecnologia, criada por computadores ou apresentada por meio computacional. O termo transdisciplinar é usado extensivamente nesses documentos. O Roadmap menciona, por exemplo, que a transdisciplina música digital é resultado de pesquisas que combinam arte e engenharia, além de aspectos das ciências físicas e humanas. Ocorre, contudo, que as transdisciplinas poderiam vir a ter dificuldades em conseguir suporte financeiro porque os seus limites não se enquadrariam perfeitamente naqueles estipulados por organizações que tradicionalmente apóiam a pesquisa científica.

## Conclusão

Este artigo introduz o sistema Ambientes Interativos Musicais (*Interactive Musical Environments* – iMe) como ponto de partida para demonstrar de que modo os sistemas interativos musicais podem contribuir para as pesquisas transdisciplinares, entre as quais se encontra a musicologia cognitiva. Entre as ferramentas oferecidas por esses sistemas, encontram-se as simulações computacionais, que podem ser especialmente projetadas para abordar preocupações musicológicas específicas, como é o caso da investigação da criatividade humana e da interatividade entre humanos e máquinas.

No iMe, agentes inteligentes interagem entre si e com músicos humanos através da prática de atividades inspiradas no mundo real. O resultado dessas interações é que os agentes aprendem e são capazes de desenvolver (evoluir) seu próprio estilo musical. O aparecimento de padrões globais (o estilo musical do sistema como um todo) a partir das interações locais dos agentes configuram o que é conhecido como comportamento emergente.

## Referências

- Assayag, G. *et al.* Omax Brothers: a Dynamic Topology of Agents for Improvisation Learning. Workshop on Audio and Music Computing for Multimedia, 2006. Santa Barbara, USA.
- Blackwell, T. Swarming and Music. In: E. Miranda e J. A. Biles, ed., *Evolutionary Computer Music*. London: Springer, 2006.
- Dawkins, R. *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press, 1989.
- Dobrian, C. Strategies for Continuous Pitch and Amplitude Tracking in Realtime Interactive Improvisation Software. Sound and Music Computing, 2004. Paris, France.
- Freitas, L. D., E. Morin e B. Nicolescu. *Carta da Transdisciplinaridade*. Primeiro Congresso Mundial da Transdisciplinaridade, Arrábida, Portugal, 1994.
- Gabora, L. The Origin and Evolution of Culture and Creativity. *Journal of Memetics*, 1997.
- Gimenes, M. “An Approach to Machine Development of Musical Ontogeny”. Doctor of Philosophy Thesis, School of Computing, Communications and Electronics, University of Plymouth, Plymouth, Reino Unido. 2008.
- Gimenes, M.; Miranda, E.; Johnson, C. “Emergent Musical Environments: An Artificial Life

- Approach". Workshop on Music and Artificial Life (ECAL), 2007. Lisbon, Portugal.
- Herald. "The one man jam is here" (2008). [www.thisisplymouth.co.uk/news/man-jam/article-194474-detail/article.html](http://www.thisisplymouth.co.uk/news/man-jam/article-194474-detail/article.html)
- Honing, H. On the growing role of observation, formalization and experimental method in musicology. *Empirical Musicology Review* 1, n. 1 (2006): 2-6.
- Johnson, R. C. "Virtual musician learns any playing style" (2008). <http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml?articleID=210300239>.
- Leman, M. "Musical Creativity, Technology and Social Interaction". Shaping Future FET Proactive Initiatives, Emerging Research Topics, European Commission, Information Society and Media, 2007.
- Leman, M. "Systematic musicology at the crossroads of modern music research". Systematic and comparative musicology: concepts, methods, findings (2008 ): 89.
- Lucchesi, M. A. O. S.; Malanga, E. B. A "Contribuição da Transdisciplinaridade e do Pensamento Complexo à Psicopedagogia". VIII Congresso GalaicoPortuguês de Psicopedagogia, 2005. Braga.
- Maes, P. *Designing Autonomous Agents: Theory and Practice from Biology to Engineering and Back*. MIT Press, 1991.
- Meyer, L. *Style and Music: Theory, History, and Ideology*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1989.
- Morin, E. *O Método*. Vol. III. *O Conhecimento do Conhecimento*. Portugal, Pub. Editora América, 1980.
- Myatt, T. "Digital Music Research Network: Research Goals in Digital Music: A Ten Year View" (2005). <http://music.york.ac.uk/dmrn/roadmap/>
- Pachet, F. The Continuator: Musical Interaction With Style. *Journal of New Music Research* 32, n. 3 (2003): 333-341.
- Pachet, F. "Enhancing Individual Creativity with Interactive Musical Reflective Systems", in De-liège, I. e G. Wiggins, ed., *Musical Creativity: Current Research in Theory and Practice*. Psychology Press, 2006.
- Paine, G. Interactivity, where to from here? *Organised Sound Journal* 7, n. 3 (2002): 295-304.
- Parncutt, R.; Kessler, A.; Zimmer, F. "Aims and ethos of CIMo4". Conference on Interdisciplinary Musicology, 2004. Graz, Austria. Khil.
- Russell, S. J.; Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, 2002.
- Saltz, D. Z. "The Art of Interaction: Interactivity, Performativity, and Computers". *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 55, n. 2 (1997), 117-127.
- Santos, M. A. C. "A Musicoterapia a caminho da Transdisciplinaridade". XII Simpósio Brasileiro de Musicoterapia, 2006. Goiania.
- Souza, A. G. R. "Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no conhecimento musical". II Seminário de Pesquisa em Musica da UFG. Goiânia 2003.
- Walker, W. F. *A Conversation-Based Framework For Musical Improvisation*. PhD Thesis, University of Illinois, 1994.