

# **SInCoPA – Sistema Interativo de Composição, Performance e Análise – Técnicas, Reflexões e Poéticas**

Cristiano Figueiró  
IHAC/UFBA

(figocris@gmail.com)

## **Resumo:**

A criação de música interativa é uma tarefa que envolve diversos conhecimentos como técnicas de composição musical, síntese sonora, análise e processamento de sinal digital e design de interface. Nos últimos anos, diversos projetos vem sendo desenvolvidos e adotados pela comunidade de compositores interessados em compôr música baseada na interação homem-máquina. Notadamente a linguagem Pure data (Pd), vem sendo amplamente adotada pela flexibilidade de extensão de objetos e capacidade de se integrar a outras linguagens e soluções existentes no campo da computação musical. Pd é uma linguagem gráfica orientada ao objeto e escrita com a linguagem C. Mesmo possibilitando diversas soluções ao compositor, o Pd exige o estudo formal de sua gramática tal qual qualquer linguagem de programação. Muitas das soluções apresentadas pela comunidade são específicas e dificilmente adaptáveis a problemas gerais de composição.

Neste artigo investigamos o problema da criação de uma biblioteca de utilitários que auxiliam a criação de música interativa. A biblioteca foi batizada como SInCoPA, acrônimo de Sistema Interativo de Composição, Performance e Análise. A utilização de SInCoPA permite soluções híbridas interligando diversas outras bibliotecas gerais e específicas desenvolvidas pela comunidade. O uso de SInCoPA propicia ao compositor uma rápida prototipagem em música interativa e integração com outros fluxos de trabalho, ao mesmo tempo em que permite um estudo mais aprofundado da linguagem e customização da própria biblioteca apresentada aqui.

**Palavras-chave:** *música interativa, pure data, interação homem-máquina*

## **Introdução**

Meu objetivo musical é a criação de uma polifonia densa, onde o músico controla aspectos da textura resultante com o próprio gesto sonoro. SInCoPA oferece funções que possibilitam a criação musical de texturas polifônicas diversas baseadas na análise do áudio da performance musical de um instrumentista. Nesse panorama, a polifonia resultante pode variar da completa fusão sonora e comportamental até o extremo contraste de materiais sonoros e musicais. Os resultados musicais são demonstrados na

Tese homônima desse artigo e nos vídeos resultantes da pesquisa que apresentam experimentações sonoras com as funções de SInCoPA.

Diversos problemas advém da prática musical na interação homem-máquina. Nesse sentido, o objeto de pesquisa é o percurso que vai da idéia composicional, calcada no paradigma da interação homem-máquina, passa pela implementação e posteriormente pela experimentação, performance e análise dos resultados.

SInCoPA é construído com a linguagem *Pure data* (pd). Pd<sup>1</sup> (Puckette, 1996) é uma linguagem gráfica orientada a objetos desenvolvida para a criação de música eletrônica. Desde o seu lançamento em 1996, o projeto do Pd se manteve com código aberto e distribuído livremente pela internet, o que agregou uma comunidade de artistas e desenvolvedores ao redor do projeto.

Nos últimos anos a comunidade tem desenvolvido inúmeras bibliotecas de objetos especializados em modelos matemáticos, modelagens de interface gráfica diversas, processamento e análise em tempo-real de sinal de áudio, vídeo, rede e hardware.

Os módulos de SInCoPA são construídos usando objetos “nativos” e “externals”. Todas as partes do sistema são construídas em Pd, no formato de objetos modulares. Os objetos criados tem a função de agregar diversos outros objetos e organizar o fluxo de dados de análise e performance num contexto que possibilite a reutilização em diferentes projetos de arte interativa.

Também é apresentada uma composição como protótipo de uso do sistema. A visão geral do SInCoPA é a de uma biblioteca de objetos de Pd e sua documentação de uso, além de exemplos práticos de projetos utilizando a biblioteca que servem como campo de avaliação de possibilidades e experimentação sonora.

O texto é ilustrado com muitas imagens do código. Um ideal perseguido foi o de que a correta digitação do código das imagens permita a re-criação de todos experimentos e conceitos apresentados em SInCoPA. Muitas figuras ao longo do texto não são uma representação ou esquemático das idéias, mas sim a própria implementação em código mostrando os detalhes da sintaxe e do estilo de programação.

A função das imagens varia da documentação do código desenvolvido a ilustração de um conceito. Apesar de muitas imagens serem auto-explicativas e explicadas no corpo do texto, muitas vezes a apreensão correta do sentido e funcionamento do código em questão só se dá na experiência do manuseio.

Foram usadas diversas bibliotecas externas ao Pd, algumas que são encontradas na

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://puredata.info/>

distribuição *pd-extended*<sup>2</sup> e outras contribuições da comunidade de desenvolvedores.

A criação de música interativa é uma tarefa que envolve diversos conhecimentos como técnicas de composição musical, síntese sonora, análise e processamento de sinal digital e design de interface. Nesta pesquisa investiguei o problema do desenvolvimento de uma biblioteca de utilitários para criação de música interativa. Esta biblioteca tem como objetivo fornecer módulos que facilitem a prototipação com análise e processamento de áudio de entrada, geração de síntese e controle de algoritmos MIDI.

Diversos problemas derivam da intersecção entre descrições simbólicas como nota, acorde, motivo e especificações de síntese sonora como modulação, envelope e formas de onda. Alguns problemas são conceituais e demandam um universo próprio de pesquisa como por exemplo a detecção automática de começo e fim de frases melódicas. Outros problemas são técnicos e prevêm uma depuração na programação como por exemplo a sincronia entre as mensagens de controle de parâmetros e o processamento de blocos de áudio.

Neste trabalho procurei separar e visualizar cada problema de pesquisa. Sem perder de vista o foco num sistema geral de criação de música interativa.

### **Visão geral de SinCoPA**

Na teoria musical, a síncopa é um acento rítmico resultante da execução de som em um tempo fraco, ou parte fraca de tempo sendo prolongado até o tempo forte, criando um deslocamento da acentuação rítmica.

Além de SinCoPA ser a abreviação de Sistema Interativo de Composição Performance e Análise, o termo se encaixa no sentido poético dessa pesquisa. Como uma metáfora, significando a busca de um gesto musical não determinado pela notação ou por uma pré-configuração de software que determine de forma dominante a narrativa musical.

Nesse capítulo serão expostas as abstrações desenvolvidas para o sistema, como também os protótipos e programas auxiliares desenvolvidos para explicar o uso correto das abstrações apresentadas. O conjunto de abstrações cumpre funções básicas necessárias a projetos de música interativa que relacionem análise de áudio e geradores musicais baseados nos dados da análise do áudio de entrada em tempo-real. Como é um sistema em contínuo desenvolvimento, muitos patches mostrados apresentam experimentos ou apontam elementos e idéias para futuras implementações.

---

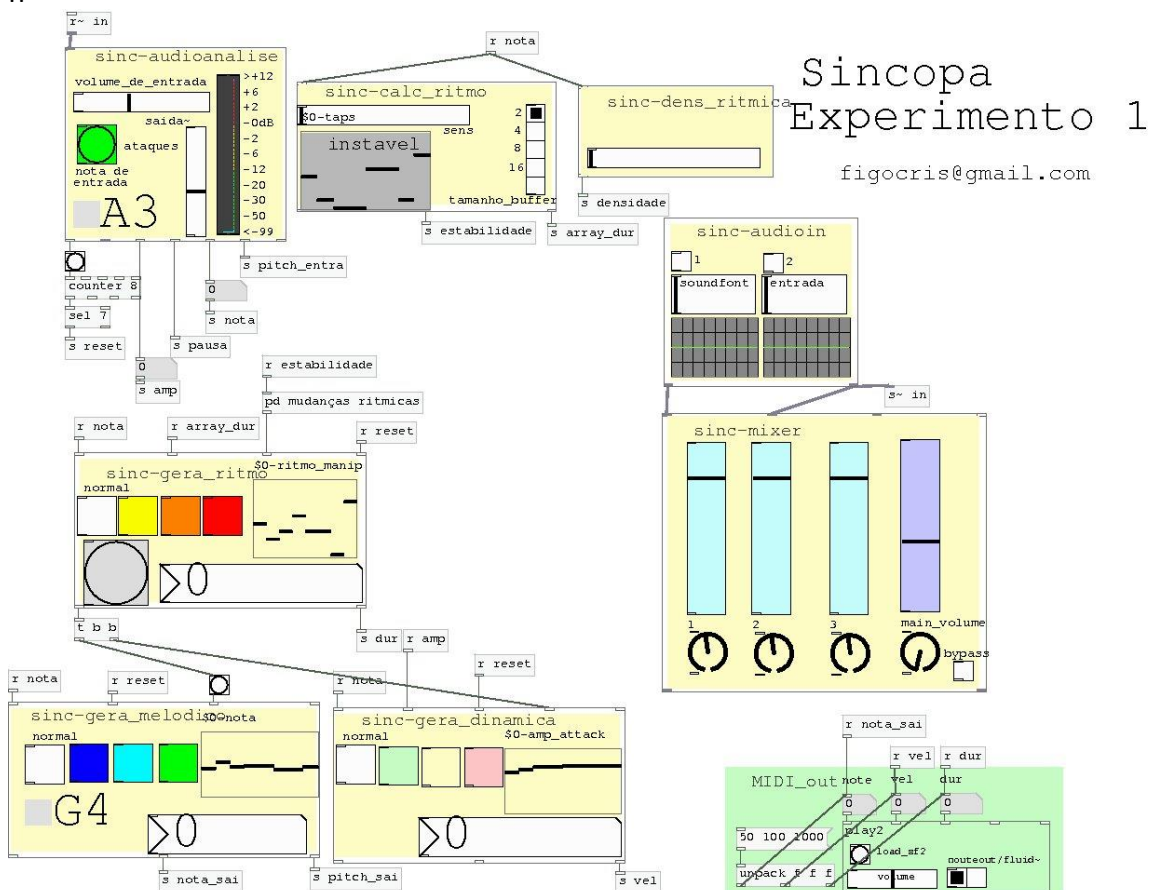
<sup>2</sup> *pd-extended* é uma distribuição do Pd com várias bibliotecas externas já compiladas na maioria dos sistemas operacionais existentes. É o principal "fork" do Pd, e possui versão estável e versão de desenvolvimento. A história de desenvolvimento do Pd pode ser entendida como uma sequência de Forks levando a diferentes versões e estágios de desenvolvimento locais, como JMax, Max-Ircam, DesireData, etc... Essa pesquisa assume como padrão a versão atual do *pd-extended* com algumas adições de bibliotecas de objetos feitos em Pd e alguns objetos codados em C e compilados como objetos de Pd.

Foi desenvolvida uma biblioteca de funções utilitárias em forma de abstrações, tornando fácil seu re-uso em outros projetos. As abstrações se dividem em 6 categorias:

- \* Análise de áudio de entrada em tempo-real;
- \* Geradores MIDI baseados no comportamento do áudio de entrada, com variações de controle, indo da mímese do sinal de entrada até um grau mais elevado de contraste rítmico e melódico;
- \* Geradores de síntese sonora, também baseados no comportamento do áudio de entrada com diversos níveis de controle;
- \* Módulos de processamento de sinal, usados no áudio de entrada e no áudio gerado pela comunicação MIDI;
- \* Visualizador de notação musical do áudio de entrada e de saída;
- \* Cenários de comportamentos interativos e Mixer de volumes responsivo;

Algumas abstrações são maiores e com funcionalidade mais geral, enquanto que outras são bem menores e mais específicas. Uma composição musical utilizando SInCoPA, consiste na concatenação de regras que coordenam os comportamentos das várias partes envolvidas. Esse conjunto de regras foi denominado de "cenário". Na composição de um cenário o compositor escolhe, por exemplo, se determinado gerador deve ter um comportamento complementar ou contrastante em relação a algum parâmetro de

a  
n



ção geral de um patch com objetos de SinCoPA.

O experimento mostrado na figura 1 mostra um diálogo entre um instrumentista com os geradores MIDI descritos na pesquisa. Nesse experimento o cenário de interação é programado para imitar o músico. No sentido de que se a densidade rítmica do instrumentista fica maior, é acionado o gerador rítmico com maior densidade e assim por diante.

Um vídeo<sup>3</sup> pode ser visto mostrando a imagem da performance instrumental na guitarra elétrica e a atividade do programa com o áudio gerado. Nesse vídeo pode-se conferir a gama de possibilidades sonoras e criativas com SinCoPA.

## Conclusão

Neste artigo apresento uma pesquisa que possibilitou a criação de uma biblioteca de módulos que auxiliam a criação de música interativa. Esses módulos podem ser combinados com objetos nativos de Pd e conectados com outros programas da maneira como tem sido mostrado ao longo do texto.

Ao longo do desenvolvimento de SinCoPA diversos experimentos foram desenvolvidos, permitindo a exploração isolada de aspectos. Essa experimentação pública e abertura dos resultados parciais do desenvolvimento, permitiram um bom *feedback* técnico e artístico em relação a comunidade de artistas e desenvolvedores de música interativa.

Dentro da grande área de computação musical, esta pesquisa engloba elementos de projeto de instrumento aumentado, composição algorítmica e busca e análise de dados musicais. Apesar de ser um recorte amplo de conhecimento, acredito ter levantado os principais problemas de pesquisa e apontado soluções que permitem uma compatibilidade para futuros desenvolvimentos.

Enquanto ferramenta pessoal de composição, SinCoPA se mostrou um ambiente ideal para a criação de música interativa, instalações e colaboração com outros músicos. Todo o código apresentado ao longo do texto pode ser acessado pela internet<sup>4</sup>. O código é distribuído pela licença GNU/GPL, permitindo que seja acessado, alterado e re-distribuído. Além da disponibilidade do código, é possível acompanhar o desenvolvimento dos algoritmos através do histórico de versões de desenvolvimento dos objetos projetados na pesquisa. Acredito que essa metodologia ajude na construção de conhecimento sobre composição de música interativa e permita o aperfeiçoamento das pesquisas na área.

Esse trabalho procurou apontar os principais elementos na construção de uma ferramenta

---

3 Disponível em [www.cristianofigo.wordpress.com](http://www.cristianofigo.wordpress.com)

4 Disponível para download em : [www.github.com/cristianofigo/sinc\\_abs](http://www.github.com/cristianofigo/sinc_abs)

de composição musical especializada em música interativa. Ao longo do texto foram expostos os motivos que levaram à essa pesquisa, no sentido da busca musical e dos problemas técnicos e conceituais ao longo da pesquisa.

Um caminho adotado na metade do processo apontava para a criação de um sistema de redes neurais para cada parâmetro musical e a concatenação dos resultados dessas redes em diferentes níveis. Em vez disso, foi optado por seguir um caminho de desenvolver ferramentas genéricas, mais leves computacionalmente, facilmente customizáveis e mais portáteis para diferentes plataformas.

De certa maneira o projeto inicial era bem mais ambicioso no sentido de que se esperava um sistema inteligente e flexível. Quando na prática não existe um sistema de música computacional que seja totalmente genérico e integral. O desenvolvimento mais notável sempre acontece no plano das ferramentas especializadas. No presente trabalho procuramos desenvolver uma série de ferramentas especializadas que podem ser empregadas genericamente, independente do design composicional, que pode combinar de infinitas formas a organização e disposição dessas ferramentas.

Ainda que a fonte primária de entrada seja o áudio puro, se optou por desenvolver ferramentas no nível sub-simbólico de representação e usar as ferramentas de DSP "standard" das bibliotecas externas do Pd. Um desenvolvimento importante é o de análise de sinal polifônico, desenvolvido no Ircam<sup>5</sup>, com ótimos resultados, porém ainda com acesso restrito ao código até a data desse texto.

A modularidade das ferramentas desenvolvidas no Pd permitem integrações mais complexas como controle de processamento de imagem e adaptação para outros dispositivos como celulares e interação via internet em tempo-real. A integração entre aplicativos voltados para composição musical e outros para vídeo e modelagem 3D é um grande ponto positivo de trabalho com Pd, onde a colaboração artística interdisciplinar, sai do nível da inspiração e é levada para o nível das ferramentas colaborativas, o que tem mostrado grande potencial na expressão de novas idéias e conceitos estéticos.

## Referências Bibliográficas

Assayag, G., G. Bloch, M. Chemillier, A. Cont, e S. Dubnov. 2006. "Omax Brothers: A Dynamic Topology of Agents for Improvisation Learning." *ACM Multimedia Workshop on Audio and Music Computing for Multimedia*.

Azuma, Ronald T. 1997. "A Survey of Augmented Reality." *Teleoperators and Virtual Environments 6 (4): 355–385 (august)*.

---

<sup>5</sup> <http://imtr.ircam.fr/imtr/Antescofo>

Barknecht, Frank. 2007. "Beginner's Guide to the FFT-objects in Pd". Disponível em <http://footils.org/2007/02/20/beginners-guide-fft-objects-pd/>.

BARKNECHT, Frank. 2011. "rj - abstractions for getting things done." *Proceedings of IV International Conference of Pure data – Weimar*.

Boulangier, Richard, ed. 2000. *The Csound Book*. Mit Press.

Brent, William. 2009a. "Cepstral Analysis for Percussive Timbre Identification". *Proceedings of III International Conference of Pd - São Paulo*.

Brent, Willian. 2009b. "timbreID." *Relatório Técnico*.

Brinkmann, Peter. 2012. *Making Musical Apps - Real-time audio synthesis on Android and iOS*. O'Reilly Media.

Caesar, Rodolfo. 1995. "Perfil e Copacabana Dois aplicativos para composição eletroacústica com o protocolo MIDI." Anais do VIII Encontro da ANPPOM. UFPB.

João Pessoa. 2008. "O loop como promessa de eternidade." *Anais do Congresso da Anppom*.

Chuan, Ching-Hua. 2008. "Hybrid methods for music analysis and synthesis: Audio key finding and automatic style-specific accompaniment." Tese de doutorado, University of Southern California.

Eigenfeld, A. 2007. "Drum Circle: Intelligent agents in Max/MSP." *Proceedings of the ICMC 2007. Copenhagen*.

Emmerson, Simon. 1986. *The Language of electroacoustic music / edited by Simon Emmerson*. London: Macmillan.

Farnell, A. 2010. *Designing Sound*. The MIT Press.

Ferraz, S. 1998. *Música e repetição: a diferença na composição contemporânea*. São Paulo: Educ.

Garnett, Guy E. 2001. "The Aesthetics of Interactive Computer Music." *Computer Music Journal* 25 (1): 21–33.

Geiger, Günter. 2005. "Abstraction in Computer music software systems." Tese de doutorado, Universität Pompeu fabra.

Grahan, Richard. 2011. "A Live Performance System in Pure Data: Pitch Contour as Figurative Gesture." *Proceedings of IV International Conference of Pure data - Weimar*.

Hanlon, Matt, e Tim Ledlie. 2002. "CPU Bach: An Automatic Chorale Harmonization System."

Kapur, A., E. Singer, M. S. Benning, e G. Tzanetakis. 2007. "Integrating hyperinstruments, musical robots and machine musicianship for North Indian classical music." *Proceedings of NIME 2007*. 238–

241.

Kelly, Edward. 2011. "Gemnotes: a realtime music notation system for pure data." *Proceedings of IV International Conference of Pure data – Weimar*.

Kerlleñevich, Hernán. 2011. "Santiago - Making music with biological neural networks in Pd-Gem." *Proceedings of IV International Conference of Pure data – Weimar*.

Kreidler, Johannes. 2009. *Loadbang: Programming Electronic Music in Pure Data*. Wolke Verlagsges.

Leman, Marc. 1989. "Symbolic and subsymbolic information processing in models of musical communication and cognition." *Interface* 18 (1-2): 141–160.

\_\_\_\_\_. 1996. *Music, Gestalt, and computing: studies in cognitive and systematic musicology*. Springer Verlag.

Lerdahl, Fred. 2001. *Tonal Pitch Space*. Oxford University Press.

Ligeti, G. 1958. "Transformações da Forma Musical." In: *Die Reihe* (revista) nov/dez 1958. Tradução para português: Conrado Silva (1971).

Lippe, Cort. 2001. "Real time Interaction Among Composers, Performers, and Computer Systems." *Computer Music Journal* 25 (1): 21–33.

M., Puckette, Apel T., e Zicarelli D. 1998. "Real-time audio analysis tools for Pd and MSP." *Proceedings International Computer Music Conference*. San Francisco: International Computer Music Association, 109–112.

Machover, T., e Chung. J. 1989. "Hyperinstruments: Musically Intelligent and Interactive Performance and Creativity Systems." *Proceedings of the International Computer Music Conference*. San Francisco: International Computer Music Association.

Mack, Allan John. 2003. *Automated music harmonizer*.

MENEZES, FLO, e F.M. Filho. 2006. *Música maximalista: ensaios sobre a música radical e especulativa*. Editora UNESP.

Minsky, M. 1988. *The Society of Mind*. Touchstone Book. Simon & Schuster.

Monteiro, Adriano, e Jônatas Manzolli. 2011. "A Framework for Real-time Instrumental Sound Segmentation and Labeling." *Proceedings of IV International Conference of Pure data – Weimar*.

Zmoelnig, Johannes. HOWTO write an External for puredata. Disponível em: <http://pdstatic.iem.at/externals-HOWTO/>.

Nissen, Steffen. "Neural Networks Made Simple." Manual técnico.



Norman, Donald. 2006. O Design do dia –a-dia. Rocco.

Patton, Kevin. 2007. “Morphological notation for interactive electroacoustic music.” *Org. Sound* 12 (2): 123–128 (Agosto).

Porres, Alexandre. “Abstrações de phase vocoder para Pure data.” *Patches de Pd*.

Puckette, M. 1996. “Pure Data.” *Proceedings, International Computer Music Conference*. San Francisco: International Computer Music Association, 224–227.

Puckette, Miller. 2004. “A divide between ‘compositional’ and ‘performative’ aspects of Pd.” *Proceedings of the First Pd convention*.

\_\_\_\_\_. 2009. Patch for guitar.

Rowe, R. 2004. *Machine Musicianship*. MIT Press.

Rowe, Robert. 1993. *Interactive Music Systems*. Cambridge, MA: The MIT Press.

\_\_\_\_\_. 2005. “Personal Effects: Weaning Interactive Systems from MIDI.” *Proceedings of the Spark Festival*.

\_\_\_\_\_. 2009. “Split Levels: Symbolic to Sub-symbolic Interactive Music Systems.” *Contemporary Music Review* 28 (1): 31–42.

Sampaio, Marcos da Silva. 2008. “Em torno da romã: aplicações de operações de contornos na composição”. *Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA*.

Schachter, Daniel. 2007. “Towards new models for the construction of interactive eletroacoustic music discourse.” *Organised Sound* 12 (1): 67–78.

Schmuckler, Mark A. 1999. “Testing models of Melodic Contour Similarity.” *Music Perception - An interdisciplinary journal* 16 (3): 295–326.

Smalley, Denis. 1986. Capítulo Spectro-morphology and Structuring Processes de *The Language of electroacoustic music*, editado por S. Emmerson. Macmillan.

Snyder, B. 2000. *Music and Memory*. MIT Press.

Soares, Guilherme. 2009. “Navalha - Programa de segmentação e sequenciamento de áudio.” *Patches de Pd*.

Winkler, Todd. 1993. *Composing Interactive Music – Techniques and ideas using Max*. MIT Press – Massachussets.

Zampronha, Edson. 2000. Notação, Representação e Composição - Um novo paradigma da escritura musical. São Paulo: Annablume/Fapesp.