

## **[BRANE~] MONO 1.0 – UM SISTEMA PARA ELETRÔNICA AO VIVO BASEADO EM MODELOS DE DISSONÂNCIA**

Alexandre Torres Porres

Universidade de São Paulo  
porres@gmail.com

**Resumo:** Este artigo apresenta um sistema interativo para eletrônica ao vivo chamado [Brane~] em sua versão mono 1.0, seu primeiro lançamento. O sistema foi implementado em Pd e é fruto de uma pesquisa de doutorado que estudou o desenvolvimento de ferramentas criativas a partir de modelos psicoacústicos de dissonância. Ele surgiu como pólo de convergência das capacidades criativas aventadas em pesquisa e foca em manipulação avançada de altura, como reafinações automáticas e Mapeamento Espectral.

**Palavras-chave:** Composição e Improvisação, Eletrônica ao Vivo, Psicoacústica, Afinação, Modelos de Dissonância

### **[Brane~] mono 1.0 – A system for live electronics base don dissonance models**

**Abstract:** This paper presents an interactive system for Live Electronics called [Brane~] in its mono version 1.0, its first release. The system was implemented in Pd and comes from a PhD research that studied the development of creative tools based on dissonance models. It came to be as a convergence point between many creative applications envisioned in the research and focuses on advanced pitch manipulations, such as automatic retuning and Spectral Mapping.

**Keywords:** Composition and Improvisation, Live Electronics, Psychoacoustics, Tuning Systems, Dissonance Models

## **INTRODUÇÃO**

A pesquisa de doutorado do autor (Porres 2012) – que deu origem ao sistema interativo [Brane~] – buscou o desenvolvimento de novas ferramentas criativas baseadas em modelos psicoacústicos de dissonância. Em torno desse foco central, temos outros problemas pertinentes, como uma revisão crítica do estado da arte em teoria psicoacústica e a projeção de novos trabalhos na área.

A aplicação dessa teoria em computação musical ainda é muito incipiente, portanto outra contribuição inclui tornar a teoria e técnicas mais acessíveis por meio do texto da tese e das ferramentas desenvolvidas. Mas a principal contribuição e objetivo está em explorar um potencial criativo negligenciado de modelos psicoacústicos de dissonância em eletrônica ao vivo, assim como investigar suas limitações e discutir sua pertinência e impacto. O sistema foi implementado em Pure Data<sup>1 1</sup> e desenvolvido para interação em tempo real (ou seja, eletrônica ao vivo).

---

1 Vide [puredata.info/](http://puredata.info/)

Este artigo traz um apanhado de atributos psicoacústicos da dissonância de acordo com a teoria de Terhardt (1984) antes de apresentar alguns exemplos de aplicações criativas, como o trabalho de Sethares, Clarence Barlow e Sean Ferguson. Enfim, o artigo foca no sistema [Brane~] e suas capacidades criativas.

## ATRIBUTOS PSICOACÚSTICOS DA DISSONÂNCIA MUSICAL

Terhardt (1984) traz os atributos psicoacústicos da Dissonância Musical em dois grupos: “Dissonância Sensorial” e “Harmonia” (vide tabela 1). A teoria de Altura Virtual de Terhardt (1979) é o elemento por trás do *Tonalness* (definido como Clareza de Percepção de Altura), mas também serve de base para os atributos de Harmonia. A *Aspereza (Roughness)* é o primeiro e ainda principal atributo psicoacústico a explicar uma dimensão perceptiva de Dissonância, desde sua definição por Helmholtz (1954). Parncutt (1989) desconsidera a importância do Brilho e apenas menciona *Tonalness* e a *Aspereza* como os principais elementos da Dissonância Sensorial. Os atributos foram implementados em Pd e serviram de base para o desenvolvimento de aplicações criativas.

Dissonância Sensorial:	Harmonia:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brilho (<i>Sharpness</i>)</li> <li>• <i>Aspereza (Roughness)</i></li> <li>• <i>Tonalness</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental do Acorde</li> <li>• Afinidade de Tons: Comonalidade de Altura</li> </ul>

Tabela 1. Quadro de Atributos Perceptivos da Dissonância Musical segundo Terhardt (1984).

Enquanto a “Dissonância Sensorial” pode ser avaliada e medida em qualquer sonoridade, os atributos da “Harmonia” dependem de um contexto musical e incluem a relação de notas com uma Fundamental do Acorde, como teorizado por Rameau (1722), e relações de similaridade entre notas e acordes, dada pela Comonalidade de Altura. Logo, estão alinhados com conceitos tradicionais de Harmonia, mas os modelos também aplicam-se em sonoridades inarmônicas e não tradicionais.

Terhardt não deixa explícito como cada elemento contribui ou deve ser contabilizado para a percepção e medida final de Dissonância. Assim, seu quadro é um bom ponto de partida, mas ainda está relativamente em aberto. Novas pesquisas e resultados na área psicoacústica podem nos dar mais respaldo para implementar e explorar ferramentas criativas.

## EXEMPLOS DE APLICAÇÕES CRIATIVAS COM MODELOS DE DISSONÂNCIA

O maior potencial de aplicação desses modelos se encontra em medir a dissonância de intervalos musicais, analisar estruturas harmônicas de acordes e progressões de acordes e, com destaque, técnicas de manipulação de Sistemas de Afinação. Sethares (2005) trabalha apenas com a *Aspereza* e oferece técnicas como a geração de escalas a partir de espectros (por meio de Curvas de *Aspereza*) e o inverso (a técnica de Mapeamento Espectral), que consiste em manipular o espectro para que uma sonoridade se torne compatível com uma escala qualquer, em termos de alinhamento dos parciais (eliminação de Batimentos e *Aspereza*). Ambas as técnicas foram desenvolvidas em tempo real pelo autor, mas ainda não

têm sido devidamente exploradas por outros compositores.

Barlow e Ferguson não trabalharam com ferramentas em tempo real, e sim com sistemas de Composição Assistida por Computador. Ferguson (2000) desenvolveu o sistema *Apprentice* em *Open Music*<sup>2</sup>, que implementa os modelos de Comonalidade de Altura e Aspereza – dentre outros conceitos alheios à Dissonância (como teoria de contorno rítmico/melódico). Seu processo para compor progressões harmônicas consistiu basicamente em ordenar acordes por medidas de Aspereza e medir a semelhança entre acordes sucessivos com o modelo de Comonalidade de Altura.

Barlow possui influências de música estocástica, onde seu sistema, chamado *Autobusk*<sup>3</sup>, assume uma função generativa e foi primeiramente aplicado na peça *Ço luotobüsi letmesi* (1975–79), onde sua teoria sobre tonalidade e métrica de (Barlow 1980) foi primeiramente explorada. Assim como no processo de Ferguson, não há apenas um modelo de dissonância como pilar único de desenvolvimento composicional. O sistema de Barlow se baseia em alguns modelos psicoacústicos, quando possível, tal o caso do modelo de Aspereza, mas, de modo geral, se baseia em conceitos próprios.

Outros exemplos pertinentes incluem técnicas baseadas em Descritores de Áudio, que já possuem impacto em ferramentas criativas, como em técnicas de Síntese Concatenativa, no âmbito de identificação e reconstrução de Timbres. Similarmente, o *Orchidéé*<sup>4</sup> reconstrói uma sonoridade a partir da combinação de sons de um banco de *samples* de instrumentos musicais. Paralelamente, os descritores de dissonância podem expandir esses conceitos. O exemplo mais claro é o modelo de Comonalidade de Altura, que pode relacionar sonoridades por graus de semelhança de altura em vez de semelhança timbrística.

## [BRANE~] MONO 1.0

O sistema [Brane~] surgiu como um pólo de convergência de diversas aplicações criativas desenvolvidas durante a pesquisa. Desse modo, diferentes processos implementados em *patches* e objetos independentes se misturaram criando novas relações entre si em um novo ambiente. A melhor forma de se familiarizar com o programa e suas capacidades é por meio de seu manual detalhado e exemplos de um tutorial que acompanha o lançamento<sup>5</sup>. Os diferentes elementos desenvolvidos na pesquisa incluem módulos independentes de:

- a) *Sampler* com capacidades flexíveis de gravação e leitura
- b) Compressão e expansão de Tempo (*Phase Vocoder*)
- c) Ressíntese via banco de osciladores (com controle arbitrário de parciais)
- d) Mapeamento Espectral
- e) Gerador de escalas
- f) Mudanças de Altura / *Autotuner*
- g) Harmonizador
- h) Modulações de Amplitude
- i) Síntese Cruzada
- j) Imitação melódica
- k) Implementação de Modelos Psicoacústicos de Dissonância
- l) Geração de Curvas de Dissonância

---

2 Vide <http://repmus.ircam.fr/openmusic/home>

3 Vide <http://www.musikwissenschaft.uni-mainz.de/Autobusk/>

4 Vide <http://repmus.ircam.fr/orchidee>

5 Lançamento disponível em <https://sites.google.com/site/porres/pd>

Uma versão do [Brane~] com todas essas capacidades embutidas já encontra-se em desenvolvimento e uso pelo autor (Porres 2012). Porém, trata-se de um sistema relativamente complexo e de difícil acessibilidade, visto que uma versão mais simplificada e compacta é a versão 1.0 que está sendo lançada e distribuída nesta ocasião. Em vez de condensar todas as capacidades em um sistema único, há um planejamento de lançar diferentes versões, assim como os módulos independentes, em toda uma coleção de patches e objetos. O [Brane~] mono 1.0 é uma versão *light* que exclui os elementos de “i” a “l” da lista acima. Com essa simplificação, é possível que o sistema seja implementado apenas como um *patch* de Pd, facilmente carregado em uma distribuição do Pd-Extended (para qualquer sistema operacional), uma vez que apenas alguns objetos externos foram adotados e a maioria dos objetos são nativos do Pd. Já sua versão em mono faz com que o sistema economize CPU.

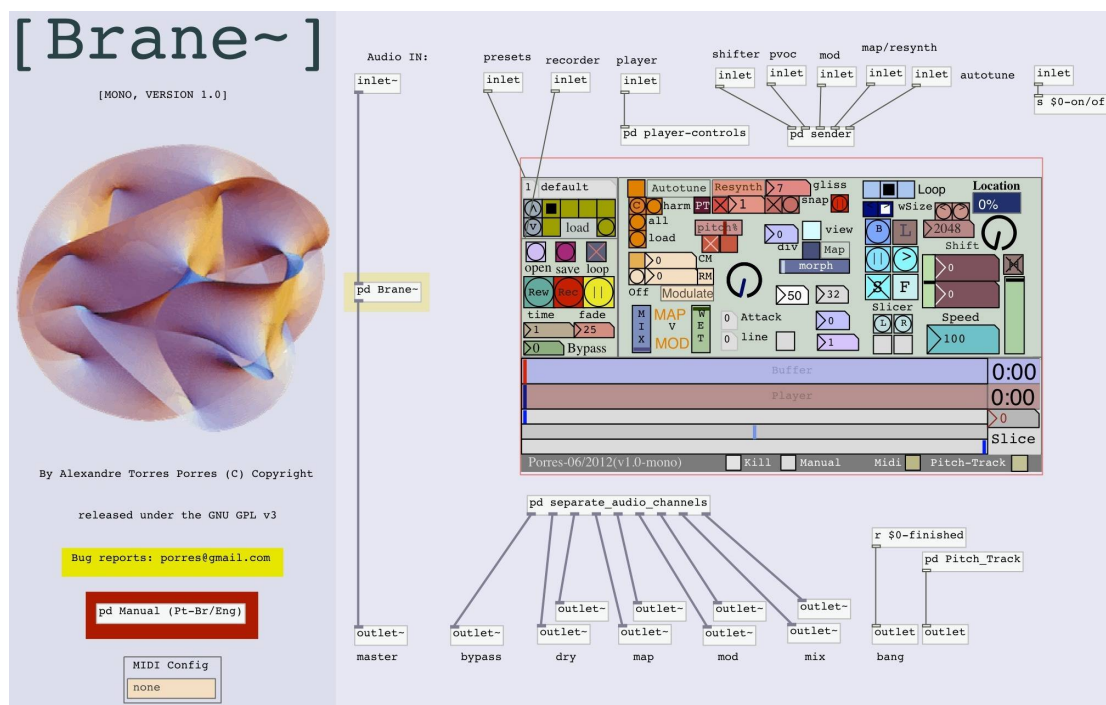


Fig. 1 – Tela de fundo do patch [Brane~], versão 1.0 Mono.

A base inicial do sistema é um *sampler* com diversos controles de gravação e leitura, e um *Phase Vocoder* que propicia controle independente de Altura e velocidade de leitura. Essa unificação de um *Phase Vocoder* com um *sampler*, apesar de relativamente trivial, não é muito comum, pois a maioria das implementações de *Phase Vocoder* requerem que um arquivo seja primeiro gravado para depois ser manipulado, ou então carregado no *buffer*. Já essa implementação possibilita uma manipulação imediata, tendo apenas a latência da análise de FFT como restrição.

Essa base permite um diálogo entre uma entrada de áudio em tempo real e sua armazenagem no *buffer*. Com uma velocidade de leitura apenas um pouco mais lenta, temos uma espécie de *delay*, que entra em uma defasagem maior com o tempo. É possível assim gerar uma espécie de cânones, e contrapontos diversos. Um mecanismo de *loop* permite também manter ostinatos de base em uma camada de fundo para improvisações e contrapontos. Trechos menores do áudio gravado podem ser selecionados também. Variações diversas são possíveis com simples mudanças de leitura em tempo real, como variação de tempo e altura, e também na capacidade de tocar os trechos gravados de trás pra frente. Sem contar que diferentes parametrizações estão facilmente disponíveis pela navegação de bancos de *presets*. Mesmo a inclusão das outras funções relacionadas à pesquisa ainda se vale desses mesmos princípios de manipulação em tempo real do *buffer*, que influencia a

idiomática de performance do sistema.

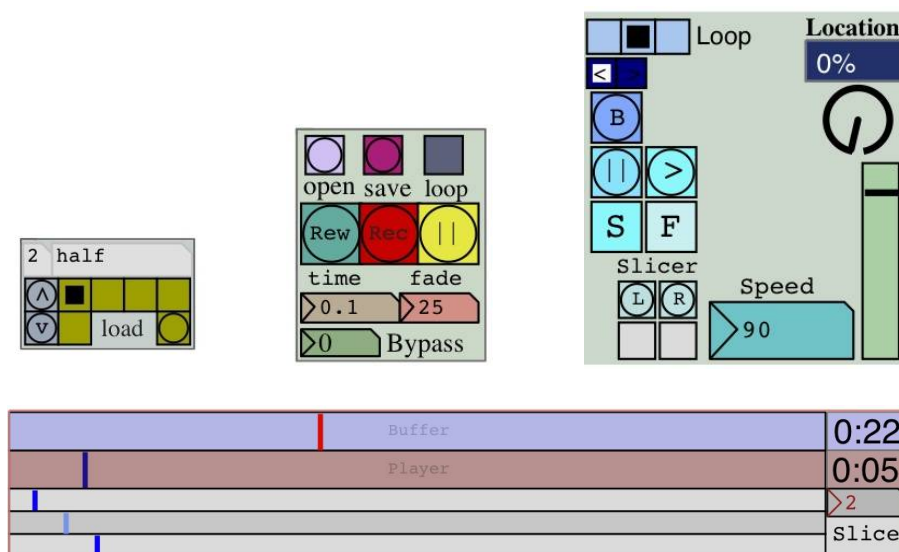


Fig. 2 – Na parte de cima à esquerda o módulo de presets, ao meio temos os controles do buffer e, à direita, os controles de leitura. Abaixo temos sliders que indicam o ponto de gravação (buffer) e leitura (player), com o tempo em segundos à direita. Já os três sliders inferiores são capazes de selecionar e fixar um trecho do áudio gravado.

O *Phase Vocoder* também permite reafinações automáticas (*Autotuning*), pois o sistema pode carregar escalas, ou ainda ser alimentado com um gerador de temperamentos iguais embutido. Por fim, um segundo *Phase Vocoder* permite uma segunda voz como um *harmonizer*. [Brane~] possui dois módulos de efeitos; um primeiro de modulação de Amplitude (Clássica, em Anel, e Complexa), e um segundo que se trata de um módulo de ressíntese, que permite controle arbitrário de parciais, ou uma aplicação específica de Mapeamento Espectral, que faz com que afinações com fortes relações inarmônicas – como uma divisão da oitava em 11 ou 13 partes iguais – possuam uma nova qualidade melódica/harmônica, onde uma linguagem tonal diferente da tradicional pode ser desenvolvida.

O módulo de *autotune* parte de uma identificação de alturas para corrigir e reafinar de acordo com uma dada escala, que pode ser gerada automaticamente no *patch*, ou carregada por mensagens e arquivos. Correções automáticas de altura podem ocorrer também a partir de modulação de amplitude, mantendo-se a mesma fundamental, o que permite uma compressão ou expansão dos componentes espectrais.

Com esse conjunto de elementos, são possíveis diversas manipulações de leitura, harmonizações, reafinações automáticas e mesmo manipulações espectrais para que um Sistema de Afinação esteja de acordo com o espectro sonoro. Todas essas capacidades são independentes e ajustáveis em tempo real e permitem muitas combinações e opções de manipulação e performance.

Capacidades avançadas para futuros lançamentos incluem os modelos de dissonância que, dentre outras coisas, permitem gerar curvas para obter escalas. Porém, nesse caso, já é necessário uma configuração mais complexa que envolve carregar objetos externos, e manter um *patch* de geração de curvas separado e conectado via rede para não interferir no processamento de áudio. Com dois canais independentes (estéreo), é possível dois mapeamentos distintos e, por meio das curvas de dissonância, é possível encontrar uma escala com pontos mínimos e máximos de dissonância para essa combinação espectral. Uma versão em estéreo também possibilita harmonização de canais independentes, ou que a linha melódica de um canal imite a melodia de outro.

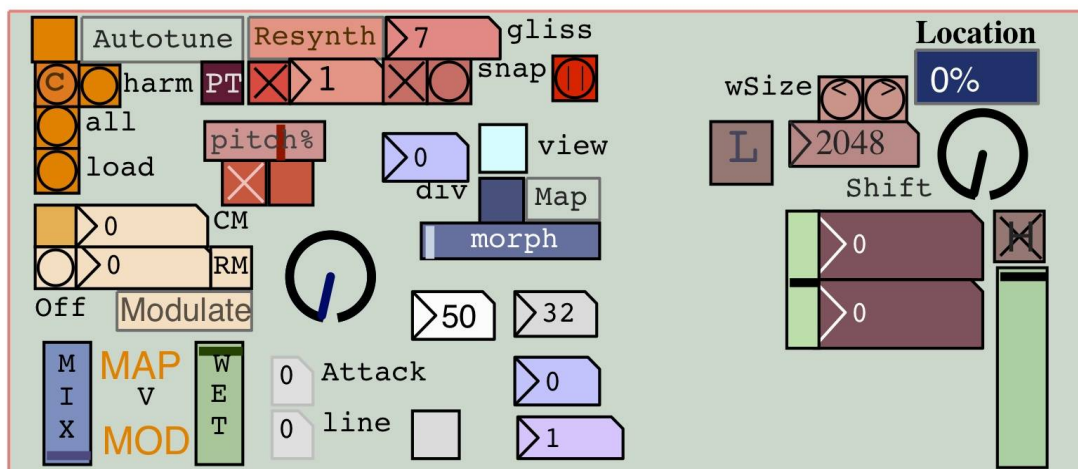


Fig. 3 – Módulos de efeitos e capacidades avançadas do sistema. Módulo de *autotuning*, ressíntese, modulação de amplitude, mapeamento espectral, controles do Phase Vocoder, *Harmonizer* e controles finais de mixagem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse sistema explora uma potencialidade negligenciada a partir de princípios teóricos psicoacústicos. O desenvolvimento contou com diversas descobertas e relações inesperadas ao longo do processo. O que antes era apenas um sampler integrado com um Phase Vocoder acabou se tornando um sistema bem mais complexo. Novas potencialidades já têm sido exploradas e outras ainda estão para ser descobertas e implementadas no sistema, que deve formar um corpo de diferentes módulos, objetos e *patches* com exemplos de aplicações criativas aventadas durante a pesquisa. Espera-se que a distribuição desse sistema promova novas descobertas e possibilidades a partir de outros usuários.

Como se trata de apenas uma abstração de Pd, de um módulo único, ainda é possível integra-lo a uma série de outros projetos e potencialidades desse ambiente de programação para eletrônica ao vivo. As ferramentas de Mapeamento Espectral de Sethares et. al (2009) possuem essa limitação de se configurarem como ferramentas relativamente fechadas, e dedicadas a um único aspecto e especialidade: o de ajustar um espectro e sua melodia de acordo com um novo sistema de afinação. Dessa maneira, sempre se busca um acordo e consonância. O mapeamento se dá para um espectro harmônico, ou uma divisão igual da oitava.

Já o [Brane~] traz algumas expansões e novas possibilidades, um maior controle de como o mapeamento pode ocorrer, se todos os parciais devem ser relocados, ou apenas os que se encontram em um raio de proximidade. As escalas às quais podemos mapear os espectros podem ser das mais distintas. Não nos atemos a apenas divisões da oitava, ou apenas divisões iguais da oitava, mas um gerador de escalas permite diferentes tipos de divisão, e de qualquer intervalo musical. É possível também importar arquivos .scl, do software Scala<sup>6</sup>, que não só possui diversas capacidades de geração de escalas, como possui também um banco de dados com mais de quatro mil escalas.

Os módulos de reafinação automática e harmonizador permitem também que um dado mapeamento espectral seja tocado em uma outra escala qualquer, ou que uma escala qualquer seja aplicada para uma entrada sonora que não obteve nenhum mapeamento espectral. Diversas mudanças são possíveis em tempo real, onde se permite passear por

6 Vide <http://www.huygens-fokker.org/scala/>

essas distintas opções. Assim como um *slider* de “*morph*” permite alternar continuamente entre o som original e o som manipulado.

Apesar de capacidades extras em uma versão estéreo já terem sido aplicadas pelo autor, tendo em vista uma maior acessibilidade e lançamento para usuários finais, compreende-se que essa primeira versão, anexa a um manual detalhado e um tutorial de exemplos já abre margem para uma boa curva de aprendizado das possibilidades que o sistema permite, antes de ainda expandi-lo na versão em estéreo. O pacote de objetos e *patches* em anexo à pesquisa também servem de módulos complementares e processos paralelos ao potencial de [Brane~].

## REFERÊNCIAS

- BARLOW, C. “Bus journey to Parametron”. *Feedback Papers* vol. 21-23, Köln, 1980.
- FERGUSON, S. **Concerto for Piano and Orchestra**. Tese de Doutorado. Montreal: McGill, 2000
- HELMHOLTZ, H.L.F. (1877) **On the Sensations of Tone as a Psychological basis for the Theory of Music**. Nova Iorque, NY: Dover Publications. 2ª edição, 1954
- PARNCUTT, R. **Harmony: a psychoacoustical approach**, Berlim: Springer, 1989
- PORRES, A. T. **Modelos Psicoacústicos de Dissonância para Eletrônica ao Vivo**. Tese de Doutorado. São Paulo: USP, 2012
- RAMEAU, J.P. **Traité de l’harmonie réduite à ses principes naturels**. Paris, Ballard, 1722
- SETHARES, W.A. **Tuning, Timbre, Spectrum, Scale**. Londres: Springer-Verlag. 2ª Ed. com CD-ROM, 2005
- SETHARES, W. A. J. Milne, S. Tiedje, “Spectral Tools for Dynamic Tonality and Audio Morphing” *Computer Music Journal*, Volume 33, Number 2, pp. 71-84. Summer 2009
- TERHARDT, E. “The concept of musical consonance: A link between music and psychoacoustics” **Music Percept.** 1, 276-295, 1984
- TERHARDT, E. “Calculating virtual pitch” *Hear. Res.* 1, 155-182, 1979