

Um estudo sobre o registro e a interatividade da música computacional

José Eduardo Fornari Novo Jr¹

RESUMO:

Este artigo traça um breve panorama do desenvolvimento da música computacional, estabelecendo uma continuidade desta com a música tradicional, tanto no aspecto de seu registro, através da notação musical, como da interatividade, na atuação do intérprete durante sua performance. Na música computacional, o registro é dado pelo algoritmo, cuja programação assemelha-se à composição de uma estrutura musical; a partitura. Porém, o algoritmo musical tem a vantagem de poder ser criado de modo a ser uma estrutura dinâmica, variante no tempo. Da mesma forma, a performance da música tradicional, pela interpretação de um músico sobre uma partitura, é similar ao processo computacional de interatividade musical entre um usuário e o algoritmo musical. Isto confere uma plasticidade musical sem precedentes, que pode ser explorada criando obras musicais adaptativas e até mesmo evolutivas.

Palavras-chave: música computacional, notação musical, interatividade.

ABSTRACT:

This article provides a brief overview on the development of computer music, establishing a continuity with traditional music, both in terms of its registration throughout musical notation, and interactivity, through the role of the performer. Computer music registration (or notation) is given by the algorithm, whose programming is similar to the composition of a musical structure; the score. However, a musical algorithm has the advantage of the possibility of being created so to be a dynamic, time-varying structure. Likewise, in the performance of traditional music, the interpretation of a musician over a score is similar to the computational process of musical interaction between the user and the musical algorithm. This gives to computer music an unprecedented musical plasticity, which can be explored by creating musical pieces presenting adaptive, and even evolutionary features.

Keywords: computational music, musical notation, interactivity.

Vivemos, atualmente, numa época em que a interação com – e através de – computadores já não é obra de ficção, mas faz parte da rotina diária de uma quantidade cada vez maior de pessoas de todas as partes do mundo. A capacidade de memória e processamento das máquinas, segundo a Lei de Moore, vem, desde a metade do século XX, dobrando a cada 18 meses (MOORE, 1965). Atualmente, é possível utilizar computadores em música que operem como unidades processuais independentes (ainda que essas máquinas possam ser ou estar interconectadas em rede) e portáteis, que realizem processos de análise musical, transformação acústica e síntese sonora, gerando sons de grande complexidade, em termos de seu controle paramétrico e riqueza psicoacústica. Essa mesma tecnologia também permite

¹ Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora, Unicamp.

registrar e coletar dados do movimento e expressão humana, através de sensores diversos, tais como acelerômetros, giroscópios, câmeras e microfones (KIM, 2007). Os diversos tipos de interfaces de aquisição de dados gerados pelo movimento corporal são chamados de Interfaces Gestuais (TRIESCH, 1998). Estas permitem uma enorme gama de controle interativo, dinâmico e em tempo real, de processos computacionais artísticos, propiciando e fomentando a comunicação entre humanos e máquinas. Um passo fundamental na direção de propiciar tal interatividade artística foi alcançado no momento em que, em concomitância ao surpreendente aumento da capacidade processual e de memória das máquinas, também foram projetadas e construídas interfaces gestuais com capacidade de aquisição de dados coletados em tempo real por sensores de movimentos, capazes de detectar as sutilezas dos gestos artísticos e transmiti-los em tempo real e sem fio (*wireless*). Nesse momento, a tecnologia passou a propiciar a criação de instrumentos musicais virtuais, bem como o projeto de modelos computacionais de análise performática e composição musical assistida por algoritmos inteligentes (FORNARI, 2011).

O processo dinâmico de análise, transformação e/ou síntese sonora na música computacional pode ocorrer através da manipulação de duas categorias de dados: 1) Acústicos e 2) Simbólicos. Os dados acústicos são aqueles relacionados diretamente com a representação da forma de onda (*waveform*) das compressões e expansões de pressão de um meio elástico (normalmente o ar) que compõem o som. Desde a década dos 90s (com a comercialização do CD), estes dados são normalmente descritos de forma digital, calculados pela amostragem do sinal acústico (inicialmente contínuo no domínio do tempo, sob a forma de sinal de áudio analógico) numa determinada taxa de amostragem (*sampling*) e resolução (*quantizing*). Este processo reduz a representação sonora a uma sequência no tempo (série temporal) de números inteiros e finitos, o que facilita enormemente o seu processamento por modelos computacionais. Os dados simbólicos dizem respeito aos parâmetros de controle de processos musicais. Estes podem ser descritos na forma de alguma linguagem de controle musical, tal como o MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*), ou na forma de notação musical (ex: cifras, partituras, notações gráficas, etc.). Os dados calculados pelos modelos computacionais que compõem os descritores musicais são chamados de predições, pois tentam emular a capacidade humana de percepção, entendimento e afeto a determinados aspectos musicais. Poderia-se, desse modo, utilizar as predições de descritores musicais para controlar os parâmetros de um processo computacional de criação automática de notação musical. Este deve necessariamente ser um modelo computacional de uma das seguintes categorias: 1) Determinístico (ou formal), 2) Probabilístico (ou estatístico) e 3) Adaptativo.

Modelos determinísticos utilizam métodos formais para modelar um fenômeno e assim prever o seu comportamento, ou saída de dados. Modelos probabilísticos utilizam métodos estatísticos para prever a probabilidade de ocorrência de um determinado resultado, estado ou comportamento, dentro de uma faixa de possíveis soluções. Modelos adaptativos são dinâmicos, ou seja, não são baseados em métodos fixos ou estáticos de previsão de um comportamento, seja esta previsão de natureza determinística ou estatística. Estes têm a vantagem de possuírem uma estrutura algorítmica que se adequa, que permite ser reestruturada durante a busca pela melhor solução possível para a previsão de um determinado problema. Em termos computacionais, é comum referir-se a um dado fenômeno como um problema a ser solucionado.

Aqui, comparamos estes modelos computacionais com o processo lógico triádico descrito por Charles S. Peirce, da mente humana que, como uma máquina, constantemente busca por soluções a diversos problemas genéricos que nos rodeiam e afetam, a todo instante de nossas vidas, sejam estes de ordem perceptual (o que) ou cognitiva (por quê). Peirce descreve 3 processos mentais independentes que simultaneamente interagem na resolução de um problema. Estes são: 1) Dedução, 2) Indução e 3) Abdução (PEIRCE, 1931). A dedução corresponde aos métodos determinísticos, pois criam soluções únicas e específicas para um mesmo problema. A indução relaciona-se aos métodos estatísticos, uma vez que apresentam, não apenas uma única, mas uma gama de possíveis soluções para o mesmo problema em questão. A abdução relaciona-se aos métodos adaptativos, que podem ser automaticamente redefinidos e recriados a qualquer momento de sua execução, com base em novas compreensões do problema que modelam, ou simplesmente dada a sua dinâmica mudança evolutiva (OLIVEIRA, 2010).

Um processo computacional de notação interativa pode ser utilizado de diversas formas e dimensionado por modelos computacionais determinísticos, estatísticos ou adaptativos. Uma possibilidade seria gerar material composicional original misto, ou seja, composto por material musical acústico e simbólico, criado pela interação dinâmica da máquina com o usuário humano, seja este um músico intérprete, um compositor ou um artista de outra modalidade de atuação artística (ex: um(a) dançarino(a), um(a) ator/atriz de teatro, etc). A geração de material misto em tempo real traz a possibilidade de exploração de execuções de leitura à primeira vista, com um intérprete competente, capaz de executar em uma performance o material simbólico gerado em tempo real. Sob um certo aspecto, o material assim criado pode ser visto como derivado da formalização (notacional) de uma improvisação inicial. Isto remete ao conceito cibernético de realimentação (*feedback*) mútuo;

entre as partes protagonistas deste processo musical: o usuário humano e a máquina.

A confecção da criação musical, através da realimentação do material notacional (simbólico) e sonoro (acústico) gerado entre humano(s) e máquina(s), torna difusa a determinação da autoria de uma obra musical assim composta. Em primeira instância, uma composição musical realizada por um sistema dessa natureza, possui ao menos 3 criadores: 1) O compositor do material inicial, que programou a máquina e assim estabeleceu as regras composicionais algorítmicas que o sistema irá seguir, enquanto gera a notação musical; 2) A máquina, estratificada no modelo computacional – seja este determinístico, estatístico, ou adaptativo – que cria dinamicamente a partitura musical a qual o intérprete executa; e 3) O músico intérprete, que executa a notação musical dinamicamente gerada e assim acrescenta seus conceitos pessoais estéticos, o que não apenas caracteriza a performance, mas também realimenta o processo geracional da notação computacional interativa através dos aspectos musicais de sua execução. No entanto, um sistema dessa ordem poderia gerar uma nova peça musical a cada performance, ou seja, a cada vez que o processo fosse repetido, ter-se-ia uma nova partitura musical gerada. Isso assemelha-se a uma peça de teatro ou performance musical, onde a cada nova apresentação tem-se uma nova interpretação que pode ser registrada (filmada). Todos os registros são similares, porém nunca idênticos. No caso do estudo aqui apresentado, cada nova partitura gerada a cada performance seria uma nova composição em si, ou pelo menos seria o instanciamento de um processo maior de criação musical; uma forma de metacomposição musical. O que sabe-se ao certo é que, ao final, o resultado alcançado é um processo musical gerado pela interatividade dos elementos da tríade humano-máquina-humano, ou seja, compositor-algoritmo-músico. Cada elemento introduz no processo as suas próprias idiosincrasias, espargidas em distintas elaborações e variações, na medida em que ocorre a contribuição e atribuição de cada parte.

A genuína implementação de um sistema computacional de síntese automática de partituras, através de processos de notação interativa, deve necessariamente tratar do problema de geração em tempo real de uma estrutura notacional simples e coerente. Percebe-se que a notação tradicional da música erudita europeia é, sob o ponto de vista de seu aspecto gráfico, constituída por uma complexa e extensa gama de símbolos, dada pela sua histórica necessidade de classificar e registrar a maior parte possível de aspectos e gestos musicais (ex: alturas, dinâmicas, durações, articulações, andamentos, etc.) de forma unívoca, inequívoca e invariante. Isto fez com que a notação musical tradicional se torna-se – do ponto de vista da implementação de sistemas algorítmicos para a computação gráfica de partituras – complexa e desarticulada. No entanto, as chamadas “partituras gráficas” muitas vezes permitem ao

músico uma maior flexibilidade e liberdade de interpretação. Consequente, têm um menor rigor em sua formalização gráfica e maior simplicidade na implementação computacional de seus objetos gráficos. Estas também viabilizam as práticas de improvisações livres, ao invés de almejar a rigorosa execução de uma composição musical formal, elaborada em notação musical tradicional e dada sob a forma de uma estrutura fixa e invariante. O equilíbrio entre notação musical tradicional e outras formas de representação musical mais livres – como as notações gráficas e/ou cifras populares – parece apontar para um possível caminho que viabilizaria a implementação efetiva de um processo computacional de geração musical de notação dinâmica e em tempo real.

Abre-se, assim, a possibilidade de criação de um sistema computacional que seja capaz de gerar notação musical em tempo real, orientado por descritores musicais. Com isso, pretende-se apresentar um processo inicial de criação notacional, através de um modelo computacional determinístico capaz de gerar automaticamente uma partitura de fácil realização notacional, ou seja, de baixo custo computacional para o processamento da máquina, bem como de baixo custo cognitivo para o entendimento do intérprete, onde se crê que um músico erudito, de formação mediana, seja capaz de interpretar a partitura com certa facilidade, interagindo com o modelo computacional através da leitura da notação musical tradicional; mas que ao mesmo tempo expressa conceitos musicais com suficiente precisão, no que concerne a execução de uma prosódia musical formalizada, conforme previamente determinada pelo projetista do sistema, ou seja, o compositor do processo composicional.

Com isto, surge a figura do compositor de um processo composicional. Este indivíduo, ao programar um sistema computacional de geração de notação musical (seja este determinístico, probabilístico ou adaptativo), controlado por descritores musicais (sejam estes simbólicos ou acústicos), estabelece as regras composicionais de um processo de geração e busca automática de soluções composicionais (sejam estas de ordem dedutiva, indutiva ou abdutiva), que finalmente criam automaticamente uma composição musical, estratificada sob a forma de uma estrutura gráfica acabada, de notação musical. O indivíduo que programa tal sistema computacional assume a figura de um metacompositor musical, pois de fato usa o ambiente computacional como um pintor usa uma tela, ou mais acertadamente, como um compositor erudito usa uma pauta musical, dispondo sua criação artística na forma de um algoritmo como um compositor registra sua arte em símbolos de notação musical. Este metacompositor constrói um processo que compõe uma nova peça musical a cada vez que é executado.

O registro desse processo passa pelo viés da notação musical. Esta de fato existe há

mais tempo do que normalmente pressupõe-se. A literatura traz evidências arqueológicas de tabelas cuneiformes, encontradas na antiga Mesopotâmia (atual região do Iraque), contendo placas com notação musical, datadas de cerca de 2000 A.C. (FRANKLIN, 2002). Tem-se evidências de notação musical nas grandes civilizações da antiguidade, tais como na antiga Grécia, com símbolos musicais dispostos sobre as sílabas do texto do seu respectivo canto (de VI A.C. até IV D.C.) (WEST, 1992) e nos impérios Bizantino e Persa, com uma notação rítmica baseada em símbolos geométricos (entre 1250 e 1300 D.C.) (WRIGHT, 1978), bem como nas antigas civilizações orientais, como Índia, China e Japão. Na Europa, as primeiras evidências de notação musical surgiram durante o período medieval, nos mosteiros da igreja católica, como forma de registrar os cantos gregorianos (TARUSKIN, 2010). Esta primeira notação é chamada de notação neumática (do grego *pneuma*, que significa “respiração”) e surgiu por volta do século XIV D.C. Tal notação registrava o texto do canto litúrgico acompanhado de sua frase melódica, não necessariamente grafando a altura exata de cada nota musical ou a métrica de sua execução. A figura abaixo mostra um exemplo dessa antiga forma de notação musical.

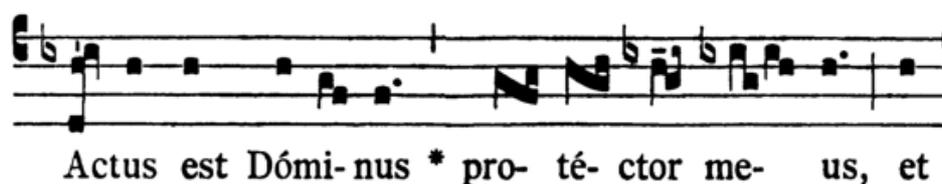


Figura 1. Trecho da introdução da "Missa Pro Defunctis" (missa para os mortos) do "Requiem Aeternam".

É atribuída a Guido d'Arezzo a criação do sistema notacional da música ocidental moderna, com a publicação do livro *Micrologus*, em 1026 D.C. Neste trabalho, o monge D'Arezzo lançou as bases da notação musical para o canto gregoriano polifônico. Inicialmente, a pauta musical continha apenas 4 linhas, o que se manteve por vários séculos. Somente no século XVI, a quinta linha foi gradualmente incorporada, passando esta estrutura a ser referida de Pentagrama; como é conhecida até os dias de hoje .

No entanto, também existem diversas outras formas possíveis de notação musical, tais como: a tablatura, as cifras da música popular, sistemas cromáticos (como a notação Klavarskribo²), entre outras. Diversos compositores do século XX também desenvolveram

2 www.klavarskribo.nl

seus próprios métodos de notação musical. Entre tais compositores, destacam-se os trabalhos de Witold Lutoslawski e Morton Feldman. Suas formas notacionais são consideradas como soluções possíveis de fácil utilização e fonte de inspiração na criação de um processo computacional de notação musical interativa (MAIA, 2011). A figura abaixo mostra dois exemplos de notação gráfica utilizados por estes compositores, realizadas entre as décadas de 1950 e 1960.

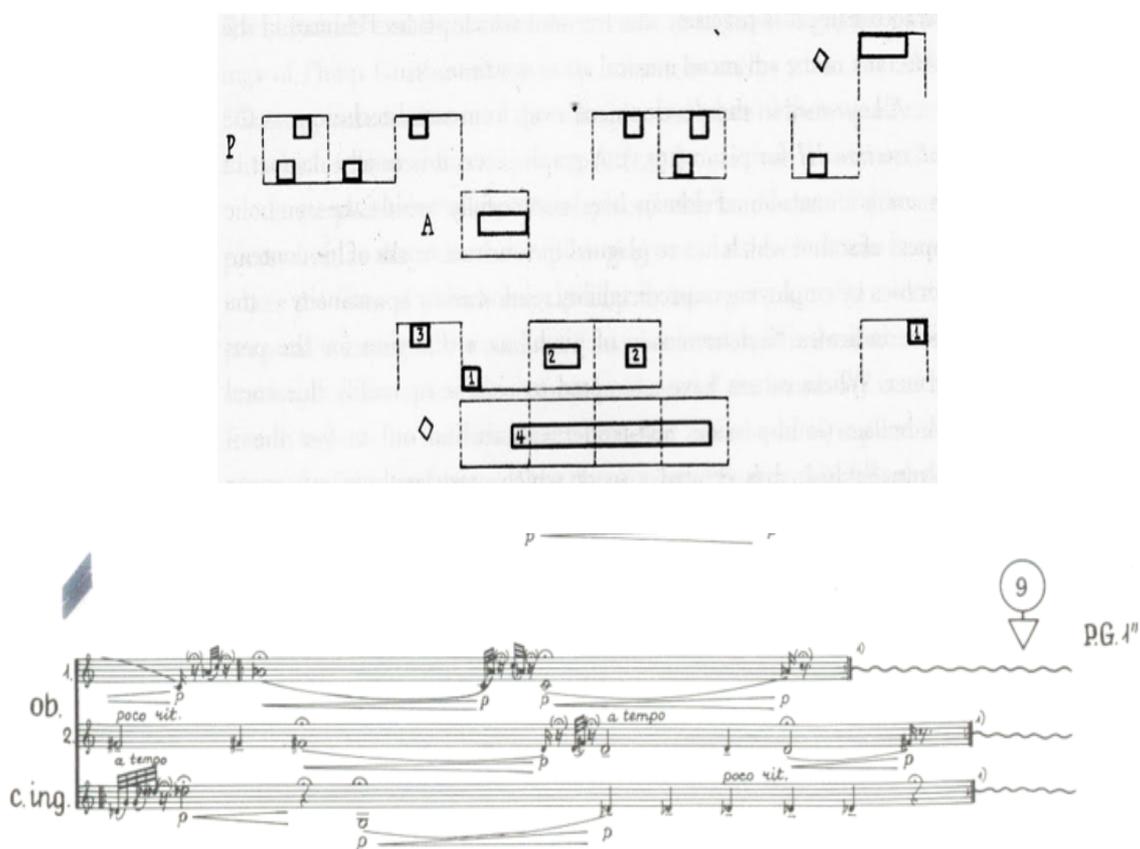


Figura 2. Exemplos de dois tipos de Notação Gráfica do século XX. (Acima) Notação desenvolvida por Morton Feldman. (Abaixo) Trecho da 2ª sinfonia de Witold Lutosławski, evidenciando a notação do contraponto aleatório, à direita, indicado pelo número 9.

Morton Feldman foi um relevante compositor norte-americano do século XX, e pioneiro no uso de notações musicais experimentais. Sua característica marcante é a investigação de inovações notacionais, especialmente desenvolvidas com o intuito de criar efeitos musicais característicos que possibilitam a expressão de uma maior liberdade ou fluidez rítmica e melódica, muitas vezes almejando expressar padrões musicais de sonoridade mais complexa, cuja referência metafórica sinesteticamente compara tais sonoridades ao “fora de foco”, em termos de tonalidade, ou ao assimétrico, em termos rítmicos (FELFMAN, 2000).

Witold Lutoslawski foi um renomado compositor Europeu do século XX que também

explorou novos métodos notacionais, porém mais próximos da notação musical tradicional. Em suas obras “*Chains I*”, “*Mi-Parti*”, “*String Quartet no. 2*”, Lutoslawski introduziu uma técnica composicional por ele concebida e denominada de “contraponto aleatório” (RAE, 1999). Através da escrita de passagens musicais inseridas em objetos que ele chamou de *boxes* (caixas), juntamente com a notação musical tradicional, que permitem ser executados em distintos andamentos e entradas, para cada performance musical, criando assim um efeito musical similar porém ligeiramente distinto, a cada performance. Lutoslawski criou, assim, um modelo probabilístico de notação musical, através de um processo de aleatoriedade controlada, permitindo a sincronização espontânea entre os instrumentos musicais da orquestra, porém sem deixar atingir uma liberdade total (e conseqüentemente caótica) em relação a outros parâmetros notacionais (altura, métrica, etc.), uma vez que tais caixas também representam trechos com notação musical tradicional, contendo notação tradicional da grafia de alturas e rítmicas, mas com duração relativa ao contexto da estrutura, representado em cada caixa.

Uma outra vertente de notação gráfica, estritamente visual e livre de contexto semântico, é dada pelas partituras de escuta visual (*visual listening scores*) criadas por Rainer Wehinger, na década de 1970. Wehinger criou esse tipo de partitura para a peça *Artikulation*, de György Ligeti.³, conforme visto na figura abaixo.

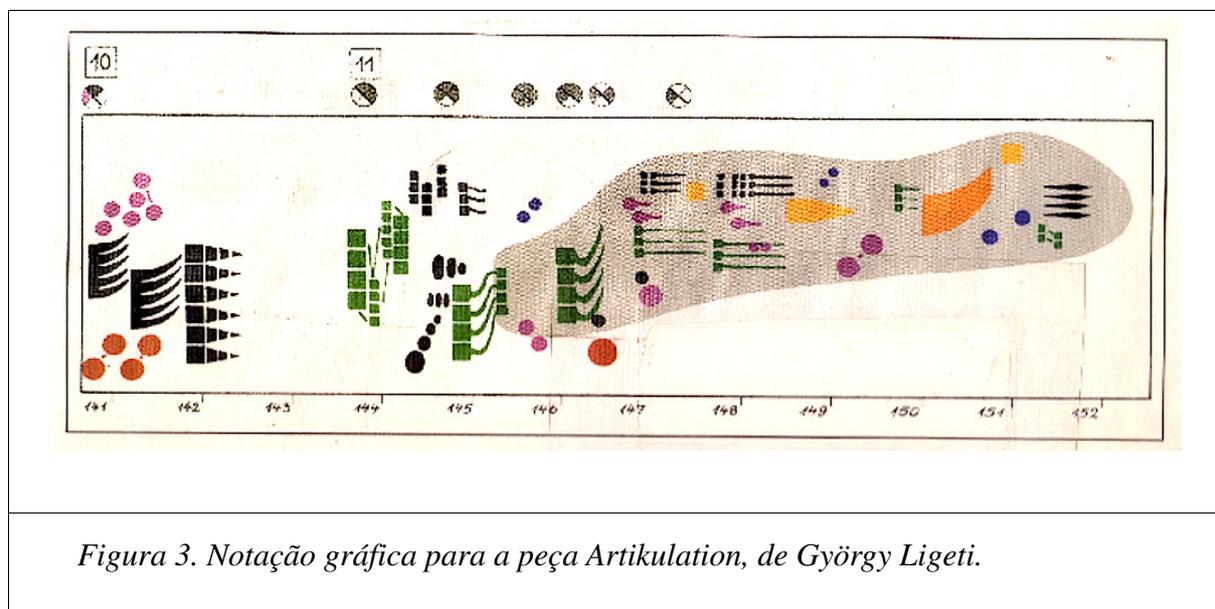


Figura 3. Notação gráfica para a peça *Artikulation*, de György Ligeti.

Por volta da primeira década do século XXI, diversos artistas de música computacional utilizaram notações gráficas criadas em modelos computacionais de

3 http://www.youtube.com/watch?v=71hNl_skTZQ&feature=related

processamento em tempo real. Tais formas de notação musical são usadas como forma de representação dinâmica de peças de música computacional. Um exemplo típico é mostrado na próxima figura. Esta mostra um trecho da peça *Solitude*⁴ de Hans-Christoph Steiner, composta em 2004, e escrita em forma de uma estrutura algorítmica (*patch*) PD (*Pure Data*)⁵.

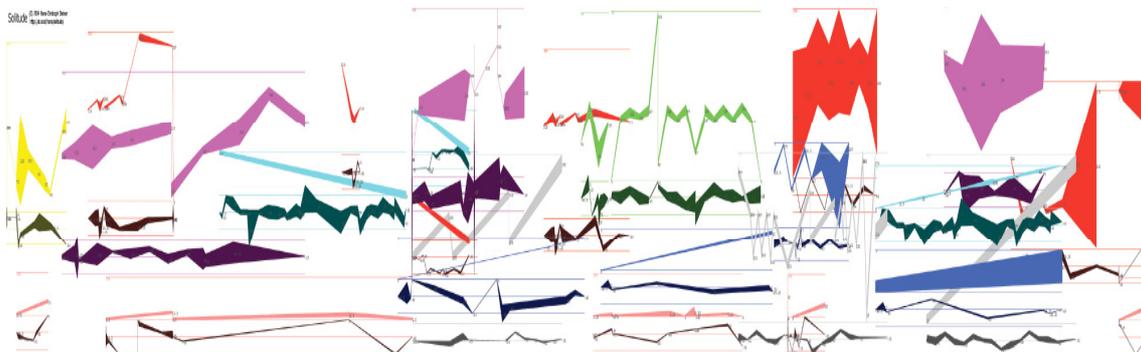


Figura 4. Notação gráfica da peça *Solitude*, de Hans-Christoph Steiner, criada no ambiente computacional do PD.

Pode-se, assim, dizer que a notação gráfica musical, tais como aquela mostrada na figura anterior, parece ser a extensão natural da notação pré-computacional, como a proposta por Wehinger, para as peças de Ligeti (da figura 3), porém com a vantagem de ser em notação virtual. Ao invés de estar impressa em papel, esta apresenta-se na forma de animação gráfica, disposta na tela de um computador, o que lhe confere dinâmica plasticidade, que pode ser modificada a qualquer instante e assim adaptada às variações de uma obra musical interativa. Tal maleabilidade gráfica descreve os passos processuais do modelo computacional da peça, sobre o processamento sonoro de um material musical que parametriza tal processo, seja este preexistente (gravado) ou dinamicamente captado por sensores, de onde são coletados aspectos musicais relevantes, através de descritores musicais que controlam um processo auto-organizado de criação e emergência de significado musical.

Referências Bibliográficas

FELDMAN, M. **Give My Regards to Eighth Street: Collected Writings of Morton Feldman**. Exact change, 2000.

FORNARI, J.. **Path of Patches: Implementing an Evolutionary Soundscape Art Installation**, 01/2011, Científico Internacional, 9 Evomusart'11. Proceedings of the 9th European event on Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design, v.

4 <http://at.or.at/hans/solitude/>

5 <http://www.puredata.info>

1, p.1-10, Torino, Italia, 2011

FRANKLIN, J. C. **TERPANDER: The Invention of Music in the Orientalizing Period.** PhD Dissertation, Classics. University College London, 2002. Disponível em:

< <http://www.kingmixers.com/Terp.html> > Acesso em: jan 2012.

MAIA, I.; FORNARI, J. Notação Interativa: Um Estudo sobre o Processo de Criação Musical Compositor-Computador-Intérprete. Artigo Musical. **Anais do 13º SBCM - Simpósio Brasileiro de Computação Musical.** Vitória, ES, 2011.

MOORE, G. E. Cramming more components onto integrated circuits. **Electronics Magazine.** 1965. p. 4

OLIVEIRA, L. F.; FORNARI, J.; SHELLARD, M.; MANZOLLI, J. **Abdução e Significado em Paisagens Sonoras: Um Estudo de Caso sobre a Instalação Artística RePartitura,** 01/2010, Kinesis, v.. 3, p.43-67, Rio Grande do Sul, 2010.

PEIRCE, C. S. **The Collected Papers of Charles S. Peirce.** Cambridge: Harvard University Press. Volume 5, parágrafo 400. 1931.

RAE, C. B.. **The Music of Lutosławski.** 3rd Ed. London: Faber & Faber, 1999.

TARUSKIN, R.. **Oxford History of Western Music,** Vol. 1: Music from the Earliest Notations to the 16th century. Chapter 1, the curtain goes up, page 6. 2010

WEST, M.L. **Ancient Greek Music.** Oxford: Oxford University Press. 1992. p. 410

WRIGHT, O. **The Modal System of Arab and Persian Music AD 1250-1300.** Oxford : Oxford University Press, 1978.