

Da emergência da sonoridade às sonoridades emergentes: mediação tecnológica, emergentismo e a criação sonora com suporte computacional¹

Gabriel Rimoldi² | Jônatas Manzolli³

Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora (NICS)

Universidade Estadual de Campinas | Brasil

Resumo: Apresentamos uma visão panorâmica e crítica de como o uso computador enquanto artefato de criação musical pode retroagir sobre os próprios modelos composicionais mediados por este. De maneira similar às mudanças de paradigma que o uso de dispositivos de gravação trouxe à criação musical, emergindo disto a sonoridade como um aspecto central do discurso sonoro, o uso de computadores tem potencializado novos campos de ação criativa não orientados à determinação das estruturas da obra em si, mas à criação de condições ambientais favoráveis ao surgimento de estruturas como um aspecto emergente da própria interação entre as partes do sistema. A partir da discussão de distintos modelos composicionais, trataremos como a criação com suporte computacional tem sido explorada como aporte à emergência de novas estruturas.

¹ *From the Emergency of Sonority to Emergent Sonorities: technological mediation, emergentism, and computer-assisted music creation*. Submetido em: 01/05/2017. Aprovado em: 15/06/2017.

² Gabriel Rimoldi é flautista, improvisador e compositor. Atualmente, é Doutorando em música - subárea Sonologia pela UNICAMP, concentrando suas pesquisas nas áreas de performance, criação e análise mediada por computadores e sistemas interativos musicais. E-mail: gabriel.rimoldi@nics.unicamp.br

³ Jônatas Manzolli é compositor, matemático e professor titular do Instituto de Artes, pesquisador 1B do CNPq e Coordenador adjunto do Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora (NICS), UNICAMP. É pioneiro na pesquisa brasileira em computação musical, a qual, a partir do olhar da criação musical contemporânea e das ciências cognitivas, é representada numa significativa produção acadêmica voltada aos diálogos entre Arte e Ciência. E-mail: jonatas@nics.unicamp.br

Palavras-chave: Emergentismo, Sistemas dinâmicos, Criação musical, Mediação tecnológica.

Abstract: We present a panoramic and critical overview of how the use of the computer as creative artifact can interfere on compositional models mediated by itself. As the recording device represents a paradigm change on musical thought emerging the sonority as a central aspect of the sound discourse, the use of computers has potentiated new fields of creative action. This approach is not oriented to the determination of the structures of the work itself but to the establishment of environmental conditions whose new structures arise as an emerging aspect of the interaction between the system parts. Finally, we discuss how the computer-assisted composition models have enabled the emergence of new structures.

Keywords: Emergentism, Dynamic Systems, Music Creation, Technical Mediation.

* * *

Os artefatos do nosso cotidiano encontram-se imbricados aos processos cognitivos aos quais atuam como mediadores. Mais do que isso, como bem defende Skagestad (1993), o pensamento acaba assumindo as formas do meio físico que o veicula, de forma tal que o desenvolvimento dos instrumentos e veículos de expressão torna-se indissociável ao desenvolvimento do próprio pensamento. Tal argumento, que viria a fundamentar aquilo Skagestad propõe como Inteligência Aumentada, se fundamenta nas ideias apontadas por Charles Peirce de uma localização “exosomática” da mente no ambiente material. Antecipando os pressupostos que viriam décadas mais tarde a se consolidar no campo de estudo em inteligência computacional, Pierce trazia a noção de artefatos técnicos como extensões do corpo, como evidencia o trecho abaixo:

Um psicólogo remove um lóbulo do meu cérebro [...] e então, quando descubro que não posso mais me expressar, diz, ‘Veja, sua faculdade da linguagem estava localizada naquele lóbulo’. Sem dúvida que estava; e então, se ele tivesse roubado o meu tinteiro, eu não estaria apto a continuar minha discussão até que conseguisse outro. Sim, os próprios pensamentos não viriam à mim. Assim, minha faculdade de discussão está igualmente localizada em meu tinteiro. (CP 7.366, tradução nossa).

Das diversas interpretações possíveis à esta enigmática citação de Peirce, interessa-nos neste texto salientar a importância que os dispositivos de mediação técnica presentes em nosso cotidiano têm profundo relacionamento com os nossos modos de pensar e agir sobre o mundo. Seria talvez ingênuo pensarmos que sem o tinteiro o locutor não pudesse se comunicar. Entretanto, o artifício utilizado para

tal – o tinteiro – propiciou condições para a construção de certos pensamentos, sobretudo aqueles formado a partir de longas sequências e de difícil retenção pela memória de curto prazo (SKAGESTAD, 1993).

Artefatos tornam-se assim formas corporificadas do pensamento, o que não implica, entretanto, um mero espelhamento dos substratos fisiológicos humanos. O conhecimento materializado nos artefatos não se circunscreve a uma extensão dos corpos enquanto entidades individuais, mas se institui como elemento de criação histórico-cultural e que, como tal, retroage sobre a própria individualidade. Esses não cumprem apenas uma função passiva que possibilitam o cumprimento de objetivos constituídos internamente e a priori. Artefatos provocam mentes e, dependendo de suas características físicas, poderão então revelar o mundo de uma certa maneira (AYDIN, 2013).

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das tecnologias tem notadamente ao longo da historicidade propulsionado significativas mudanças de paradigma na interação entre o homem e o mundo ao seu redor. A mediação (*ato ou efeito de mediar, interceder, interferir*) tecnológica, mesmo que por um lado sinalize certo distanciamento entre o homem e o ambiente, visto o acréscimo de uma “camada” intermediária entre tais, traz consigo o potencial de aproximação, em que domínios heterogêneos se tornam sensíveis, acessíveis e significativos cada qual ao outro (BRUNO, 2001).

A função mediadora do suporte tecnológico entre estes domínios heterogêneos não se estabelece, entretanto, como um intermédio passivo, mas como um mecanismo que viabiliza a troca entre os mesmos e que ao mesmo tempo transforma a relação entre eles⁴. A não neutralidade da mediação tecnológica está também imbricada em nossos modos de produção e compreensão artística. A relação não neutra e dialógica entre os artefatos técnicos e as relações por estes mediadas encontra-se outrossim notória na consolidação de diferentes práticas musicais ao longo da história. Tratar da relação entre a criação musical e seus suportes possibilita não apenas a identificação dos potenciais expressivos oriundos da conjunção entre a ação humana e seus artefatos, mas também uma reconsideração dos modelos pelos quais explicamos e compreendemos a própria experiência musical.

⁴ Tal perspectiva dialoga diretamente com a visão sobre mediação técnica abordada por Bruno Latour. Em seu texto *On Technical Mediation - Philosophy, Sociology, Genealogy*, Latour (1994) propõe uma perspectiva dialógica e simétrica em relação aos objetos técnicos, abordando estes enquanto atores (ou *actantes*, como denominado pelo autor) capazes de modificar ativamente as relações sociais através de sua conjunção com agentes humanos. *Actantes* (humanos e não-humanos) pertencentes a uma determinada rede social são, deste modo, capazes de se coespecificar ao criar, através da inter(ação), propriedades não observáveis anteriormente. O surgimento de novas especificidades refere-se ao que Latour denomina como *tradução*⁴ – o “deslocamento, deslize, invenção, mediação, a criação de uma conexão que não existia antes e, em algum grau, modifica os dois elementos ou agentes” (Latour, 1994: 32).

A partir da noção de paradigma tecnológico discutida por Delalande (2001), abordaremos nos tópicos a seguir um breve panorama sobre como os artefatos técnicos de mediação musical favorecem o estabelecimento de diferentes paradigmas à criação sonora, ressaltando a importância do computador enquanto dispositivo criativo e suas potenciais interfaces com os modelos composicionais empregados. De maneira análoga às mudanças de paradigma instauradas a partir da primeira metade do século XX, favorecidas sobremaneira pelo surgimento de novos dispositivos de gravação e reprodução sonora, nas quais se observa a emergência do som como um elemento central da criação musical, o uso do computador tem propiciado nas últimas décadas o estabelecimento de novos paradigmas tornando-se assim a sonoridade um aspecto emergente da relação entre os diversos elementos postos em jogo na criação musical.

1.1. Da *Nota* ao *Som*: a Emergência da Sonoridade

A relação entre os artefatos técnicos e as práticas musicais se traduz de modo peculiar no surgimento e desenvolvimento da notação musical. A escrita, enquanto recurso mnemônico de uma prática anteriormente veiculada apenas oralmente, transforma o modo de pensamento musical à medida que proporciona o desenvolvimento de técnicas que seriam impensadas sem a presença de tal recurso. Um claro exemplo disto pode ser observado no conhecido moteto *Ma fin est mon commencement*, do compositor francês Guillaume de Machaut (c.1300-1377), por exemplo. O compositor explora simetrias na determinação de alturas e durações que se relacionam poeticamente ao texto do refrão – “*Ma fin est mon commencement. Et mon commencement ma fin*” (“meu fim é o meu começo. E meu começo é o meu fim”). Nesta obra, a voz mais grave – o *tenor* – executa uma sequência melódica em palíndromo, que quando lida de forma retrógrada articula-se a mesma sequência de notas e durações. Além disto, as duas vozes superiores – *duplum* (*cantus firmus*) e *triplum* – executam uma mesma sequência melódica, cada qual lida de forma retrógrada em relação à outra (Fig. 1). O modo de organização das texturas e formas musicais não estão diretamente relacionados à escuta da obra em questão, mas estão atrelados ao suporte sob o qual tal prática se consolida. Sobre esta relação indivisível entre a prática musical e o suporte que a veicula que François Delalande (2001) denomina *paradigma tecnológico*. Para o autor, a invenção da notação musical instaura um novo paradigma na criação musical, que viabiliza um conjunto de possibilidades e restrições em relação ao pensamento criativo. O suporte material que media a prática torna-se ao mesmo tempo o lugar de sua criação (DELALANDE, 2001).

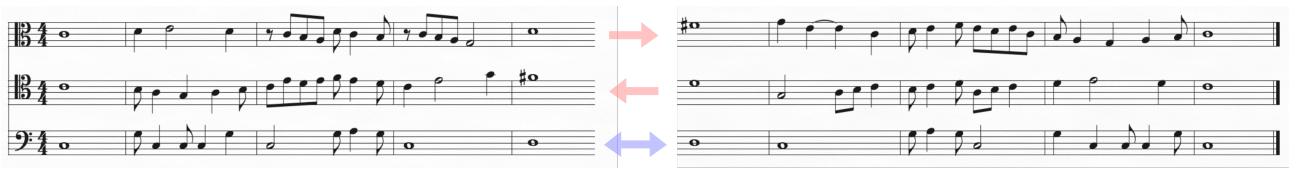


Fig. 1: Simetria em *Ma Fin est mon Commencement* do compositor francês Guillaume de Machaut (1300-1377)

A sofisticação das formas de comunicação e expressão e o surgimento de novos suportes materiais sobretudo a partir da revolução industrial propiciaram um maior estreitamento entre a produção de signos e sua materialização externa. No contexto musical, a invenção do fonograma e suas possibilidades de conservação e transmissão do som constitui-se um importante marco histórico. De modo especial, a possibilidade de manipulação e criação diretamente sobre o suporte físico, tal qual proposto em 1948 por Pierre Schaeffer, demarca o surgimento de um novo paradigma criativo, que tem a sonoridade como aporte composicional. A fixação do som em suporte, bem como a possibilidade de manipulação do mesmo, traz para Delalande uma nova relação de mediação, o qual denomina por *paradigma eletroacústico* em contraposição àquele primeiro da *escrita*. As transformações da escritura musical e sua relação com o surgimento deste novo paradigma tecnológico baseado na fixação e manipulação dos sons, aspecto este latente desde compositores como Debussy e Varèse, demarca um novo território à criação musical na primeira metade do século XX. A nota musical como unidade unívoca de pertinência na escritura instrumental cede espaço à sonoridade que se institui como uma *metadimensão* da escritura musical (GUIGUE, 2011). A influência dos novos suportes tecnológicos torna-se cada vez mais proeminente ao longo da segunda metade do século XX, sobretudo pela progressiva apropriação de modelos outrora relacionados à criação com suporte computacional aplicados à escritura instrumental (prática conhecida na literatura como *tecnomorfismo*). Tal aspecto é notável, por exemplo, no desenvolvimento da micropolifonia de György Ligeti, no espectralismo de Gerard Grisey e na música concreta instrumental de Helmut Lachenmann (CATANZARO, 2003; HOLMES, 2015).

1.2. Composição Algorítmica e Emergência na Mediação Computacional

O desenvolvimento da computação eletrônica ampliou ainda mais o campo da experimentação artística que, de modo análogo à incursão de outros artefatos técnicos, repercutiu em significativas

mudanças de paradigma às práticas musicais⁵. A criação do programa *MUSIC* por Max Mathews, o primeiro programa capaz de gerar formas de onda digital via sons sintetizados e a *Illiac Suite* de Lejaren Hiller, primeira composição algorítmica de maior porte produzida com um computador, ambos de 1957, demarcam duas importantes tendências históricas no campo da criação musical com suporte computacional. A primeira delas, que se denomina por *Música (ou sons) gerada por computador*, trata da utilização do suporte digital no controle de sinais eletromagnéticos que seriam então, tal qual os sintetizadores analógicos, transformados em energia mecânica pelos alto-falantes. A segunda tendência, denominada *Composição Assistida por Computadores*, trata da utilização do suporte digital no processamento de dados vinculados aos processos generativos das estruturas musicais (PUCKETTE, 2006).

Se, por um lado, observamos a manutenção do paradigma de escuta instaurado a partir do suporte analógico, a criação musical mediada por computadores traz uma importante mudança paradigmática no que tange aos seus processos gerativos. Enquanto o campo da *música (ou sons) gerada por computador* mantém-se o *paradigma eletroacústico* herdado da produção sonora via meios analógicos desde Schaeffer em 1948, a utilização dos computadores como ferramenta generativa das próprias estruturas musicais, isto é, a o campo da *criação musical assistida por computadores* é responsável por uma significativa mudança de paradigma.

Se no contexto da música instrumental tradicional ou mesmo ainda na manipulação analógica do sinal sonoro gravado se mantinham bem estabelecidas as funções entre agente e suporte tecnológico, o surgimento dos computadores e o progressivo desenvolvimento no campo da inteligência computacional redimensionam os contornos que definem funcionalmente cada um destes domínios. Na prática musical mediada por computadores tal aspecto torna-se evidente, por exemplo, no surgimento de novas relações entre instrumento e performer. A noção tradicional da performance musical, estabelecida sobretudo por uma relação assimétrica entre as propriedades físicas dos materiais e a ação humana que as controla e manipula, cede espaço a um ambiente compartilhado entre homem e máquina, no qual a resultante sonora pode vir a ser um aspecto emergente da interação entre os elementos postos em jogo (DRUMMOND, 2009).

O computador, enquanto máquina que substitui o trabalho mental, contrasta-se às máquinas puramente mecânicas, que visavam a substituição do trabalho puramente muscular (QUEIROZ;

⁵ Vale ressaltar que na visão de Delalande (2001), o computador não sinaliza uma mudança de paradigma equivalente ao surgimento da notação musical e dos dispositivos analógicos de gravação. Em nossa perspectiva, entretanto, o uso do computador como dispositivo criativo traz significativas mudanças de paradigma. Se, por um lado, poucas mudanças podem ser observadas nos modelos de representação sonora, visto que grande parte destes adotados no domínio digital tem correlação direta com os modelos analógicos, observa-se, como discutido no tópico 3 deste artigo, um maior imbricamento nas relações entre os agentes humanos e os dispositivos tecnológicos, cada qual modulando e sendo modulado pelo outro no processo de criação musical.

LOULA; GUDWIN, 2007). Se na perspectiva de Peirce, tal qual citamos anteriormente, mesmo os artefatos mecânicos encontram-se atrelados de modo irreversível aos processos cognitivos, visto que é através desses que se torna possível a manifestação do pensamento, a relação simbiótica dos processos cognitivos torna-se muito mais preponderante com o uso dos computadores como mediadores tecnológicos. Como bem colocado por Bruno (2001),

quando máquinas passam a simular funções cognitivas antes consideradas exclusivamente humanas, como o raciocínio lógico-matemático, quando seres absolutamente isentos de consciência passam a exibir comportamento inteligente e manipular representações simbólicas, quando certas formas de pensamento passam a manifestar-se não mais numa matéria especial — o cérebro humano — mas em qualquer matéria devidamente programada para processar informação e manipular símbolos segundo regras lógicas, as fronteiras que distinguem os humanos dos não humanos, o natural do artificial, o espiritual do material acham-se dinamizadas. Seria simplificado olhar para os programas de inteligência artificial e ver apenas intermediários que permitem ao homem desvelar os mistérios da mente. A função de mediação que desejamos ressaltar nos permite ver o quanto estes artefatos técnicos promovem contato, trocas de informação e também alterações, diferenças nas partes envolvidas (Bruno, 2001: 193).

Assim, as transformações trazidas pelo suporte computacional vão além de uma ampliação da paleta sonora, mas tratam da manipulação das representações simbólicas que regem os próprios processos da criação sonora. Da mesma maneira que observamos a emergência da sonoridade como um elemento central no discurso musical na primeira metade do século XX e, sobretudo, com o surgimento da gravação e manipulação sonora em suporte analógico, a mediação computacional potencializa novos territórios de ação musical nos quais a sonoridade torna-se uma propriedade emergente da relação entre os diversos elementos postos em jogo.

A partir de uma breve conceituação do Emergentismo (CARIANI, 1991; CRUTCHFIELD, 1994; EL-HANI; QUEIROZ, 2005) trataremos nos tópicos a seguir como a ideia de sonoridade como propriedade emergente se traduz em modelos composicionais no campo da criação mediada por suporte computacional.

2. COMPLEXIDADE, EMERGÊNCIA E SISTEMAS DINÂMICOS

De modo geral, entende-se como propriedade emergente uma *certa classe* de propriedades de ordem superior que se relaciona de *uma certa maneira* à microestrutura ou a *classes de propriedades de ordem inferior* do sistema que a comporta (EL-HANI; QUEIROZ, 2005). Como bem colocado pelos autores, os termos em destaque na definição acima são cláusulas em aberto que necessitam ser especificadas por uma teoria emergentista. Há, entretanto, muito pouco consenso na literatura sobre a amplitude e abrangência do significado de Emergência, o que torna árdua a tarefa de defini-la. Surgido à luz do

empirismo britânico do final do século XIX, sobretudo com os estudos de John Stuart Mill, Lloyd Morgan e George Lewes, o Emergentismo tem nas últimas décadas ganhado um novo enfoque na Ciência e na Filosofia, sobretudo com o crescimento das chamadas ciências da complexidade (Sistemas dinâmica não-lineares, Biologia teórica, Vida artificial e Ciências cognitivas, por exemplo). De modo peculiar, a temática tem sido relevante no campo de estudo da inteligência computacional, vida artificial e sistemas bioinspirados. O conceito de emergência computacional relaciona-se a uma abordagem *bottom-up* de processamento, que possibilita o surgimento de formas globais complexas a partir de interações computacionais locais.

Cariani (1991, 2012) distingue duas categorias de emergência computacional. A primeira delas, denominada *emergência combinatória*, trata da recombinação de primitivos já existentes. Por primitivos entende-se qualquer categoria de materiais, funcionalidades, símbolos, objetivos e/ou estados que podem ser transformados a cada novo ciclo temporal do sistema. A segunda categoria, denominada por *emergência criativa*, seria aquela que apresenta uma resultante genuinamente nova através do surgimento de novos primitivos, isto é, que não se circunscrevem às sequências lógicas pré-definidas do sistema. Nesta perspectiva, algoritmos genéticos, por exemplo, bem como grande parte da área de computação bio-inspirada estaria circunscrita à primeira categoria, visto que aquilo de novo que “emerge” do sistema baseia-se em combinações dos elementos primitivos já existentes. Esta visão não anula, entretanto, a potencialidade desses sistemas na geração de variedade funcional e estrutural, que podem se comportar de maneira bastante complexa e, dependendo do quadro de referência do observador, transparecer certa imprevisibilidade e novidade. O quadro de referência observacional é para o autor um aspecto fundamental na distinção das categorias supracitadas. Cariani argumenta com bastante ceticismo em relação à segunda categoria aplicada a sistemas artificiais, visto que para que esta ocorra é necessário o surgimento de novos estados, ações e/ou objetivos não previstos pelos mecanismos observacionais do próprio sistema. O autor exemplifica a aplicação da segunda categoria em sistemas artificiais a partir dos dispositivos eletromecânicos desenvolvidos por Gordon Pask durante as décadas de 50 e 60. Estes foram desenvolvidos de modo tal que o próprio sistema possui a habilidade de construir adaptativamente seus próprios sensores, criando assim uma rede de agentes capaz de interagir com o ambiente através de mecanismos observacionais que lhe eram peculiares (CARIANI, 1991, 2012).

É interessante notar como tal apontamento se relaciona à noção de emergência *intrínseca* abordada por Crutchfield (1994). Para ele, detecção de formação de padrões a partir da interação instâncias de menor complexidade de um sistema é insuficiente para se capturar o aspecto essencial da emergência. A qualidade *intrínseca* refere-se a como os padrões globais formados a partir da interação em nível inferior adquirem importância para o sistema, retroagindo sobre os comportamentos e tomadas de decisão do

próprio sistema.

A noção de emergência diz respeito para Cariani não apenas ao surgimento de novas estruturas ou comportamentos, mas sim “a formação fundamentalmente nova de organizações da matéria (...) novos processos informativos (...) concomitante ao aparecimento de um novo aspecto de mundo” (Cariani, 1991: 1). De modo substancial, a emergência está relacionada com o aprimoramento ou desenvolvimento de novos mecanismos sensoriais, possibilitando aos sistemas novas maneiras de perceber e interagir com o mundo.

Cariani (2012) prossegue caracterizando a emergência a partir da estrutura operacional delineada aos sistemas. Distingue-se assim três domínios distintos de operação em relação aos seus primitivos, sendo em primeiro os estados internos da máquina e operações envolvendo tais estados (domínio *sintático*), em segundo, os modos de ação/recepção através da manipulação dos sensores e atuadores do sistema (domínio *semântico*) e, por fim, em terceiro, a manipulação dos próprios objetivos e metas do sistema (domínio *pragmático*). Na Tabela 1, resumimos a taxonomia discutida pelo autor, apresentando os modos de operação de cada um dos domínios para sistemas capazes de produzir, cada qual sob seu determinado conjunto de primitivos, propriedades emergentes combinatórias e criativas. Enquanto nos sistemas combinatórios, nota-se a presença de mecanismos de operação baseados em primitivos (estados, sensores/atuadores ou objetivos) já existentes, os modos de operação nos sistemas criativos baseiam-se no estabelecimento de novos primitivos, seja pelo surgimento de novos estados do sistema (crescimento automático), pelo estabelecimento de novos mecanismos sensoriais e/ou de atuação (autonomia epistêmica) ou ainda pelo surgimento de novos objetivos e metas do sistema (sistemas auto-orientados). Nos tópicos a seguir, trataremos de diferentes modelos generativos aplicados à criação sonora, observando-os a partir da taxonomia proposta.

Dimensão	Sintático	Semântico	Pragmático
Tipos de Primitivos	Estados e operações	Medidas e ações	Objetivos
Sistemas Combinatórios	Mudança nas regras de transição de estados	Busca por combinações já existentes de mecanismos sensoriais e de atuação	Busca por combinações entre objetivos já existentes
Sistemas Criativos	Evolução de novos estados e regras (<i>crescimento automático</i>)	Evolução de novos mecanismos de ação e recepção (<i>autonomia epistêmica</i>)	Evolução de novos objetivos (<i>sistemas auto-orientados</i>)

Tabela 1: Taxonomia de sistemas emergentes apresentada por Cariani (1991; 2012).

3. EMERGÊNCIA E SISTEMAS MUSICAIS GENERATIVOS

A ideia de Emergência é elemento presente no contexto da arte generativa, sobretudo quando considerado o surgimento de estruturas e/ou organizações que não são deliberadamente explicitadas pela ação humana durante o processo criativo. Os processos generativos implicam, em certa medida, a autonomia por parte dos mecanismos mediadores, de forma tal que a experiência artística resulte de uma ação compartilhada. Processo generativo define-se, portanto, como

qualquer prática em que o artista utiliza um sistema, tal qual um conjunto e regras da linguagem natural, um programa de computador, uma máquina, ou outra invenção procedural, o qual é posto em movimento com algum grau de autonomia contribuindo para ou resultando numa completa obra de arte (Dorin, 2004: 1).

Para McCormack e Dorin (2001), de forma análoga ao sentido que as expressões genotípica e fenotípica têm para o campo da Biologia, a arte generativa parte do pressuposto do processo como figuração genotípica, mais ampla e genérica, um modelo formal que se manifesta ou instancia através do produto ou resultado artístico, uma representação fenotípica, mais específica e suscetível às condições ambientais. Nesta perspectiva, nota-se um deslocamento da ação criativa humana, focada não na especificação das próprias estruturas e materiais que circunscrevem a experiência artística, mas nos processos que mediam tal prática.

A propriedade essencial dos sistemas generativos encontra-se em seu potencial de geração de complexidade de ordem superior àquela especificada, ou seja, a interação entre componentes de uma certa complexidade é capaz de gerar agregados de complexidade estrutural e/ou comportamental de ordem superior. O complexo e interconectado relacionamento entre as partes desses sistemas gera, deste modo, um ciclo de co-especificação, de modo que não apenas os componentes se modificam e se adaptam em relação ao ambiente, mas o ambiente é modificado pela ação dos componentes que o constituem (MCCORMACK et al., 2004).

A modelagem de processos generativos prescreve um conjunto restrito de regras ou diretrizes que possibilita o surgimento de comportamentos complexos a partir da interação entre os elementos postos em jogo. Quando uma determinada propriedade ou comportamento pode ser observado no sistema como um todo e não em suas partes separadamente, de modo tal que não possamos reduzi-lo ao comportamento de suas partes ou de conjuntos de menor complexidade que o mesmo, dizemos então que esta é uma propriedade *emergente* do sistema. Obviamente, a maneira em que o surgimento destes agregados de maior complexidade se constitui – seja na observância de novos comportamentos ou pelo surgimento de novas estruturas, bem como a modo em que estes se encontram intra e inter-relacionados sistemicamente – definirão diferentes níveis e categorias de emergência presente nesses

sistemas. Deste modo, trataremos nos tópicos a seguir, de um recorte de quatro diferentes abordagens recorrentes no campo da criação musical mediada por computadores, ressaltando como as ideias de emergência, complexidade e novidade se articulam.

3.1. Automatos Celulares

Concebido pelos matemáticos Stanislaw Ulam e John von Neumann, os autômatos celulares (*Cellular Automata* – CA) têm sido amplamente empregados como modelo computacional capaz de gerar diversidade e complexidade a partir de um conjunto simples de regras. Trata-se de um modelo de sistema dinâmico composto por uma matriz de células, cada qual com um número finito de estados (em geral, binário, “ligado” ou “desligado”) condicionados por um conjunto de funções relacionadas a um conjunto restrito de vizinhança. Visto a aplicabilidade desta ferramenta aos mais diversos contextos em que um conjunto de dimensões variam no tempo, podemos encontrar uma extensiva literatura sobre o uso dos autômatos celulares em contextos musicais⁶, que vão desde modelos de síntese sonora (HUNT; KIRK; ORTON, 1991; MIRANDA, 1995), composição (BEYLS, 2004; BURRASTON; EDMONDS, 2005) à musicologia sistemática (CHEMILLIER, 2001).

A elegância e simplicidade do modelo aliado à riqueza e complexidade de suas resultantes globais despertou em meados da década de 80 o interesse do compositor Iannis Xenakis, que foi um dos primeiros a utilizar CAs como ferramenta para determinar a sucessão de acordes em sua obra orquestral *Horos* (1986). O comportamento global de um CA está diretamente relacionado às funções locais de transição utilizadas, podendo este ser classificados em quatro principais categorias: (i) padrões fixos que desaparecem com o tempo ou que se tornam fixos; (ii) padrões que se repetem ciclicamente; (iii) padrões que se tornam caóticos, exibindo o máximo de desordem tanto em escala local quanto global; e (iv) padrões que evoluem em complexidade, exibindo estruturas locais que se movem espacial e temporalmente (WOLFRAM, 1984). O modelo utilizado por Xenakis pertence à terceira categoria descrita, que se assemelha à ideia de fluxo turbulento tratada pelo próprio compositor (HOFFMANN, 2002; SOLOMOS, 2006).

Na série de instalações audiovisuais *EVIL/LIVE*, o artista Bill Vorn utilizou uma matriz de luzes suspensas no teto controladas por um sistema inspirado no conhecido algoritmo *Jogo da Vida* (GARDNER, 1970) e uma matriz de sensores situados na mesma sala da instalação. A atividade no interior da sala detectada pelos sensores modificava os estados do sistema e amostras sonoras eram disparadas de acordo com a atividade das células, produzindo uma diversidade de padrões rítmicos (Fig.

⁶ Para uma revisão mais ampla sobre o uso de autômatos celulares no contexto musical, consultar Burraston e Edmonds (2005).

2).

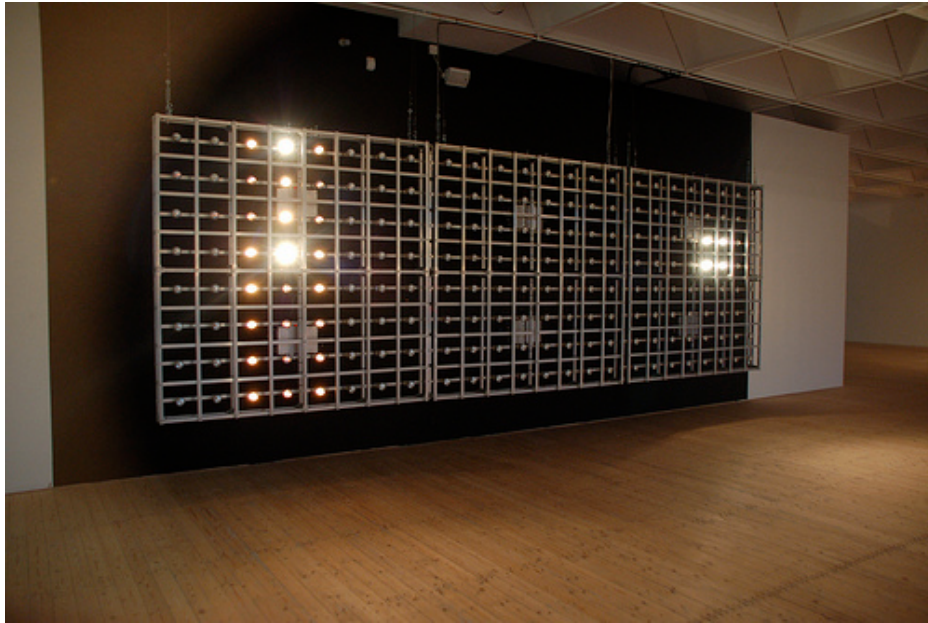


Fig. 2: *EVIL/LIVE*,
instalação audiovisual de Bill Vorn que utiliza o autômato celular *Jogo da Vida* para controle de luzes e sons.

Apesar da complexidade e diversidade de padrões gerados a partir de um conjunto simples de regras, os autômatos celulares configuram-se como um sistema fechado determinístico, prevalecendo a sensação de *stasis*, mesmo quando o comportamento global seja caótico ou cíclico (WHITELAW, 2004). Diversos artistas têm utilizado ruído como uma forma de subverter o determinismo imposto pelo modelo. A obra *Ima Traveller* (1996), de Erwin Driessens e Maria Verstappen, por exemplo, explora uma adaptação de autômato celular na geração de imagens em tempo real. Cada pixel da imagem é associado a uma célula que, a cada aproximação do vídeo controlada com o auxílio de um mouse, se divide em quatro, podendo aleatoriamente multiplicar ou dividir os valores de matriz, saturação e valor (*HSU*) que determinarão a cor das células em que se dividiu. A obra, tal qual abordagens tradicionais de autômatos celulares, funciona como uma espécie máquina de estados, utilizando o feedback como forma de se obter coerência entre as imagens. Ao explorar mecanismos aleatórios entre estados subsequentes, entretanto, a obra, mesmo que situada sob um domínio definido de possibilidades, tal qual numa abordagem tradicional dos autômatos, o exponencial número de combinações prevista pelo sistema transparece ao resultado visual quase sempre inusitado ao observador.



Fig. 3: *Ima Traveller* (1996), de Driessens e Verstappen, na exposição *BeginSetup* (1997), Instituto Overgaden, Copenhague.

3.2. *Swarm Music* e os modelos de inteligência distribuída

São inúmeros os casos na natureza em que comportamentos coletivos de grupo de animais resultam da interação local entre seus organismos sem a necessidade de um controle organizacional central. Exemplos clássicos podem ser observados na migração de pássaros ou na busca das formigas por alimentos. De modo análogo aos autômatos, a simulação computacional de comportamento coletivo de bandos baseia-se assim num paradigma de interação local, em que cada elemento do sistema tem acesso apenas a informações relativas à sua própria vizinhança, que pode englobar todo o bando ou apenas um elemento do mesmo.

Na década de 80, Reynolds e Heppner desenvolveram paralelamente algoritmos capazes de simular comportamentos complexos de pássaros a partir de regras de interação local em ambientes bi ou tridimensionais. *Boids*⁷ é um algoritmo desenvolvido por Reynolds baseado em três regras simples: (i) *separação*: cada elemento evita colidir com seus vizinhos; (ii) *alinhamento*: cada elemento tenta se mover na mesma direção que seus vizinhos; e (iii) *coesão*: cada elemento tenta se manter próximo ao centro percebido do bando. Acrescida dessas três regras, Heppner inseriu uma quarta regra em seu sistema: (iv) *atração*: a probabilidade de deslocamento possui um peso maior específico em relação à um ponto localizado no espaço topológico explorado pelo bando (HEPPNER, 1974; REYNOLDS, 1987)⁸.

Um grande número de trabalhos artísticos tem explorado a utilização deste paradigma computacional. A obra multimodal *Stocos*⁹ (Fig. 4), concebida por Muriel Romero, Pablo Palacio e Daniel Bisig, utiliza, um algoritmo de inteligência de bando para a renderização de imagens e sons utilizando o

⁷ O nome é um acrônimo da expressão “*bird-oids*”, referindo-se à simulação do deslocamento espacial de pássaros em bando.

⁸ Para uma discussão mais aprofundada sobre algoritmos de comportamento em bando, consultar Al-Rifaie, Bishop e Caines (2012).

⁹ <http://www.stocos.com/>

movimento dos bailarinos como atrator espacial aos *boids*. A instalação *Robotica: Control inside the panopticon*¹⁰ (Fig. 5), do artista multimídia Stanza, usa bando de robôs que realizam movimentos baseados num conjunto de regras, deixando rastros de suas trajetórias no espaço da instalação.

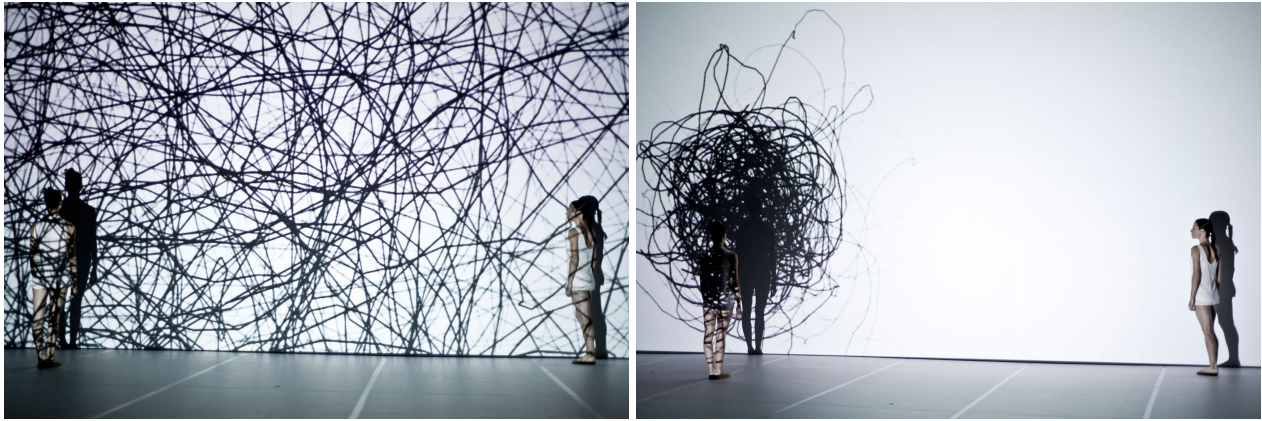


Fig. 4: *Stocos* (2011-12), obra multimodal de Muriel Romero, Pablo Palacio e Daniel Bisbig que explora o uso de algoritmos que simulam comportamentos de bando para renderização de imagens e síntese sonora.

Blackwell e Young (2004) têm explorado modelos de inteligência de bando aplicados à improvisação e síntese sonora. *SwarmMusic* utiliza controle MIDI para geração de sequências melódicas mapeadas por uma representação tridimensional do algoritmo *boids*. A posição de cada elemento do algoritmo é associada aos parâmetros de controle MIDI (amplitude, altura e duração). O sistema utiliza um estímulo sonoro externo (um músico improvisando, por exemplo), como ponto atrator do algoritmo, através da extração das mesmas características associadas ao controle de geração sonora. De modo similar, *SwarmGranulator* explora o mesmo algoritmo na geração e controle de síntese granular. Outros autores também tem explorado o uso do algoritmo *boids* associados à parâmetros de controle de síntese e espacialização sonora (BARREIRO, 2010; KIM-BOYLE, 2008).

Diferentemente dos CAs, algoritmos baseados em comportamentos de bando exibem uma complexa rede de relações de vizinhança¹¹ de forma tal a modificar a transição de estados observáveis na estrutura global. Algoritmos de comportamento de bando baseiam-se em processos probabilísticos, de forma tal a constituir uma complexa gama de comportamentos baseando-se nos pesos associados à vizinhança de cada elemento do sistema na determinação de seus comportamentos locais. Tradicionalmente, os pesos associados a cada uma das regras, bem como o número de vizinhança observada por cada elemento do bando é fixo. Para este caso, o sistema se configuraria como

¹⁰ <http://www.stanza.co.uk/panopt/>

¹¹ Apesar de também basearem-se em relação de vizinhança, os CAs possuem em geral um conjunto restrito e fixo de vizinhança observada, ao passo que, no modelos de simulação de comportamento de bandos esta pode ser uma variável do sistema e exibe comportamentos mais complexos à medida que depende dos processos probabilísticos de tomada de decisão para cada elemento do sistema.

combinatório sintático, uma vez que o comportamento global resulta de mudanças nas regras de transição entre os estados do sistema. Em abordagens em que os parâmetros de número de vizinhança observada e pesos associados a cada uma das regras se comportam dinamicamente, teríamos assim sistemas combinatórios *semântico* e *pragmático*, respectivamente, conforme a taxonomia apresentada por Cariani (1991).

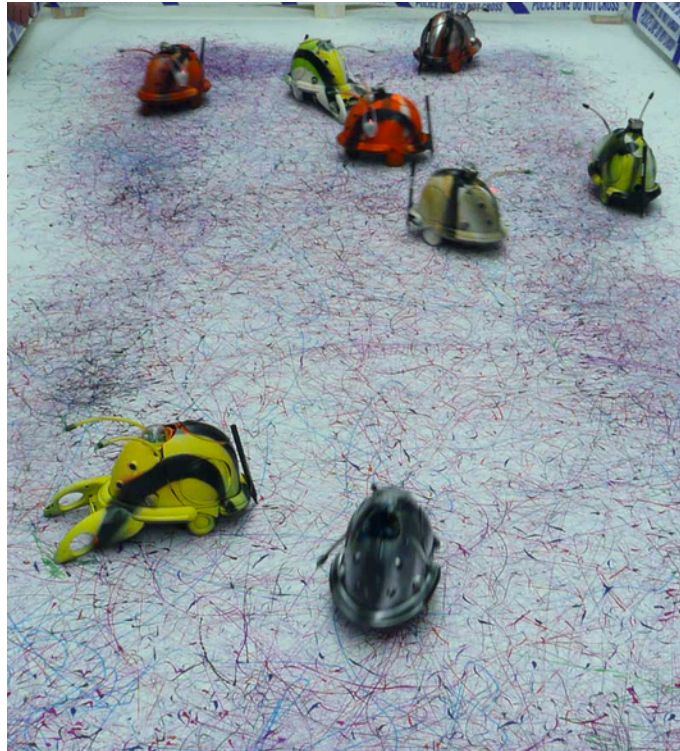


Fig. 5: *Robotica: Control Inside The Panopticon*, instalação da artista multimídia Stanza que explora trajetórias feitas por robôs baseado em regras de comportamento em bando.

3.3. Computação evolutiva e algoritmos genéticos

Surgidos em meados da década de 70, os algoritmos genéticos (*Genetic Algorithm – GA*) têm sido amplamente empregado desde então na solução e otimização de problemas complexos nos mais variados campo da computação, baseando-se em processos análogos à seleção natural, reprodução e mutação da teoria darwinista. O campo da Computação Evolutiva compreende um vasto conjunto de técnicas e variações que, entretanto, partem de um mesmo pressuposto: uma população inicial de elementos (sub-rotinas de programa) são gerados a partir de um conjunto de parâmetros (genótipo) que exibem certos comportamentos (fenótipo). Os comportamentos apresentados por cada um desses elementos (ou indivíduos) de uma geração são então avaliados por uma função de adequação que seleciona os mais adaptados para a criação de uma nova geração, que são por sua vez também avaliados até que se atinja o ponto ótimo estipulado pelas funções de adequação.

No campo da arte evolutiva, é também grande o número de trabalhos que têm proposto o uso de GAs como processo generativo. *Evolved Virtual Creatures* foi uma das primeiras aplicações deste no campo da arte generativa em meados da década de 90. O sistema, desenvolvido por Karl Sims e William Latham, compreendia a geração de vetores gráficos tridimensionais que eram selecionados de acordo com a capacidade de desempenhar comportamentos específicos, tais como: nadar, saltar, pular, etc (SIMS, 1994). Um extensivo campo de aplicação dos GAs pode ser observado também na composição algorítmica¹², indo desde a criação de sequências rítmico-melódicas (BILES, 1994; HORNER; GOLDBERG, 1991; JACOB, 1996; MORONI et al., 2000) a modelos de síntese sonora (FALCI; MAIA, 2009; LAI et al., 2006; MANZOLLI et al., 2001).

A associação de dois operadores distintos – *reprodução e mutação*, que possibilitam respectivamente a manutenção e variedade de características entre indivíduos de gerações subsequentes – permite que o sistema gere novas estruturas que podem estar associadas tanto a novos estados e regras como à geração de novos mecanismos de ação e recepção. Observando a taxonomia proposta por Cariani (1991), o surgimento de tais estruturas equivaleriam, respectivamente a processos emergentes *sintáticos* e *semânticos*. A presença de mecanismos externos de avaliação dos comportamentos desempenhados componentes do sistema, sejam estes objetivos ou subjetivos, impossibilita a emergência de novos objetivos e metas do sistema, não comportando assim o domínio *pragmático* discutido por Cariani (2012).

GAs têm se demonstrado como uma robusta ferramenta no campo da arte generativa e, dependendo dos métodos e processos empregados, trazem grande potencial na geração novas estruturas ou mesmo estruturas de difícil predição. Um dos grandes desafios do uso de GAs no contexto artístico talvez seja como estabelecer um conjunto de funções de adequação que permitam transparecer o processo de evolução de um determinado conjunto de características. Tais funções podem ser *objetivas*, isto é, estabelecidas a partir de critérios previamente estabelecidos ou *subjetivas*, através da avaliação de um usuário, modelo este conhecido como Algoritmos Genéticos Interativos (*Iterative Genetic Algorithm* – IGA). Em *Vox Populi*, por exemplo, Moroni e colaboradores (MORONI et al., 2000) utilizam critérios de tessitura e distância intervalar entre vozes subsequentes na geração texturas de acordes a quatro vozes. Já no conhecido *GenJam*, um agente humano avalia as sequências ritmo-melódicas geradas pelo computador a partir de uma sequência harmônica pré-definida (BILES, 1994). Seja objetiva ou subjetiva, as funções de adequação atuam como mecanismos de mediação entre as representações fenotípicas avaliadas e a representação genotípica de parâmetros do sistema.

¹² Um panorama das práticas encontradas no campo da computação musical pode ser encontrado em Miranda e Al Biles (2007).

4.4. Ecossistemas musicais

Apesar da predominância de trabalhos que têm empregado GAs no campo da arte com suporte computacional, uma crescente abordagem tem proposto uma mudança de foco nos mecanismos generativos, através de uma perspectiva mais holística que considerem aspectos contextuais em relação ao ambiente e o histórico de interação entre seus elementos como aspectos preponderantes ao comportamento do sistema. Trabalhos recentes têm investigado estratégias comportamento coletivo que envolvam outros tipos de relação entre os elementos do sistema do que o elitismo e as funções de adequação empregados pela computação evolutiva, gerando assim novas possibilidades de interação entre obra, artista e receptor. Bown (2009) argumenta que, de modo geral, IGAs tendem a um processo de evolução e seleção cego e relativamente passivo por parte dos usuários, uma vez que o espaço que o algoritmo utiliza na busca nem sempre tem relação direta com o espaço generativo sob o qual navega o usuário. A abordagem ecossistêmica discutida pelo autor, visa consolidar um processo co-evolutivo entre sistema e usuário, tendo como elemento crucial para este propósito o princípio da circularidade causal e da retroação, que redimensionam o paradigma de controle do usuário em relação ao sistema, tal qual abordado pelas propostas anteriores.

Em termos gerais, entende-se por ecossistema uma comunidade de componentes autônomos e interdependentes que interagem num determinado ambiente. Caracteriza-se por um alto grau de redundância, visto que a interdependência entre todos os seus componentes propicia o surgimento de ciclos retroativos de causalidade circular no próprio sistema. Tal característica torna o sistema resiliente às perturbações ocasionalmente apresentadas pelo meio, possuindo a habilidade de se modificar dinamicamente em vista de manter a coesão funcional e estrutural entre seus componentes. Modelos ecossistêmicos, apesar de serem essencialmente não interativos, compactuam dos mesmos propósitos da computação evolutiva: criar um espaço de transformação que conduza “naturalmente” a um conjunto de estados interessantes. Enquanto modelos mais tradicionais da Computação Evolutiva tendem à uma convergência em um único estado “ótimo” de características, a abordagem ecossistêmica visa a construção de nichos que podem promover maior diversidade e heterogeneidade dentro do espaço de representação das características e maior coerência e unidade face às perturbações sofridas pelo sistema.

Bown, McCormack e Kowaliw (2011) definem um conjunto de elementos que constituem como requisito mínimo para a especificação de um ecossistema, sendo eles: (i) *espaço*: o domínio que circunscreve topologicamente a atuação dos componentes do sistema; (ii) *materiais*: os elementos que ocupam o espaço. No caso de materiais sonoros, por exemplo, podem ser notas MIDI ou fragmentos de forma de onda; (iii) *características*: extração de informações dos materiais e espaço que permite aos

agentes identificar características dos mesmos; (iv) *ações*: modos pelos quais os agentes podem realizar transformações nos materiais e seu espaço; e, por fim, (v) *processos*: transformações do ambiente que independem da ação dos agentes. Podem ser, deste modo, interpretados como os fatores abióticos que atuam sobre o ambiente, similares às mudanças climáticas ou variações sazonais em ecossistemas vivos, por exemplo. No diagrama da Fig. 6 apresentamos como estes elementos se relacionam na constituição do que os autores compreendem como requisitos de um modelo ecossistêmico. Agentes modificam os materiais, ambos contidos num mesmo espaço, através de ações tomadas com base nas características extraídas desses materiais, que por sua vez sofrem transformações também dos processos externos aos agentes, mas também presentes no sistema.

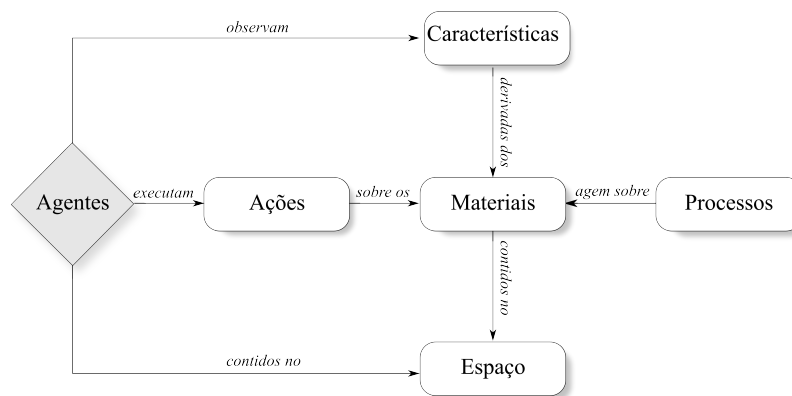


Fig. 6: Modelo ecossistêmico proposto por Bown, MacCormack e Kowaliw (2011)

Um dos aspectos elementares da abordagem ecossistema trata do uso da circularidade causal através de mecanismos observacionais que, explícitos ou implícitos, locais ou globais, regem a dinâmica de comportamentos do próprio sistema. A constante presença de mecanismos retroativos complexos e multi-escalares permite que o sistema modifique seus comportamentos em vistas de sua *homeostasis* em relação aos recursos e condições locais encontradas. O princípio da circularidade causal aqui tratado relaciona-se àquele abordado pela Cibernética e traz uma nova significação à ideia de interação. A ação criativa não se direciona, neste caso, à determinação das estruturas da obra por si, mas à criação de condições ambientais favoráveis ao surgimento dessas estruturas como aspecto emergente da própria interação entre as partes do sistema.

A instalação audiovisual *Eden* simula um ecossistema em que agentes virtuais são capazes de se modificar adaptar em relação ao ambiente. As variações do sistema são condicionadas tanto situações previstas na própria programação do sistema, como, por exemplo, variações sazonais cíclicas de recursos e mecanismos de reprodução entre agentes, como também pela interação entre o público participante e sistema computacional interpreta a presença e movimentação detectada dos participantes como “alimento”. O design interativo proposto permite que os agentes aprendam comportamentos que

não foram explicitados na programação, como é o caso, por exemplo, da hibernação em períodos com escassez de alimento ou de comportamentos predatórios pela utilização de sinais sonoros que atraia a atenção do público participante.

Apesar da presença de mecanismos observacionais e na circularidade causal, a abordagem ecossistêmica prescinde, mesmo que não exclua a possibilidade de existência, de mecanismos de agenciamento. Os ciclos retroativos podem estar associados a mecanismos restritivos ou propulsores dos processos generativos, como por exemplo, estimular a reprodução dos elementos de um sistema sob dadas condições ambientais encontradas. É o caso, por exemplo, de RiverWave, um ambiente de síntese sonora desenvolvido por MacCormack e Bown (2009) que explora a construção de nichos em sistemas evolutivos. Ao contrário de Eden, cada elemento de RiverWave é capaz de detectar a densidade de elementos presentes num certo raio de vizinhança, estando cada indivíduo condicionado a reproduzir-se sob certas condições de densidade.

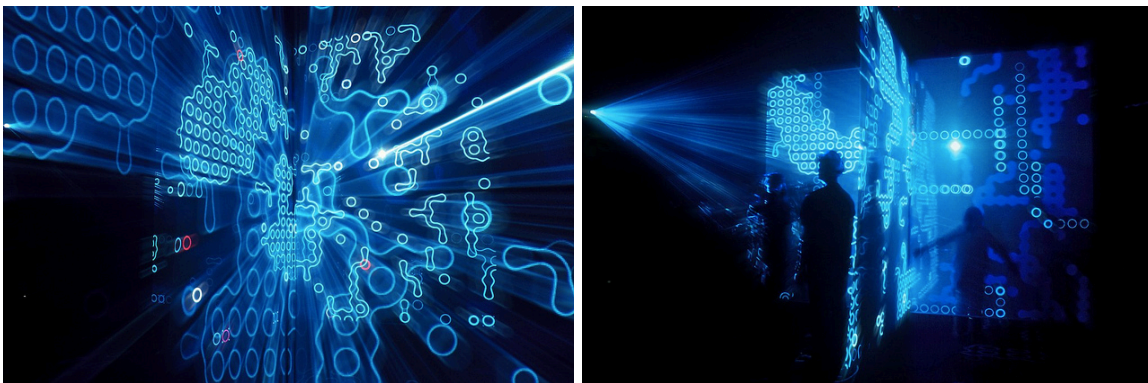


Fig. 7: Eden (2001), instalação audiovisual de Jon McCormack em que criaturas virtuais aprendem novos comportamentos através de sua interação com o próprio ambiente e com os participantes.

O ciclo retroativo que rege a dinâmica de comportamentos do sistema está, neste caso, situado no espaço de representação dos parâmetros de geração sonora. Já em *Audible Ecosystems*, um conjunto de obras para eletrônica ao vivo produzidos entre 2002 e 2005 pelo compositor italiano Agostino di Scipio, o ambiente torna-se o próprio espaço físico de difusão da obra, que por meio da extração de características do áudio capturado por microfones posicionados na ambiência modifica o comportamento dos sistemas de geração sonora. A interface desenvolvida pelo próprio compositor, a AESI (*Audible Eco-Systemic Interface*), estrutura-se a partir de um design ecossistêmico de interação entre máquina e ambiência (Fig. 8).

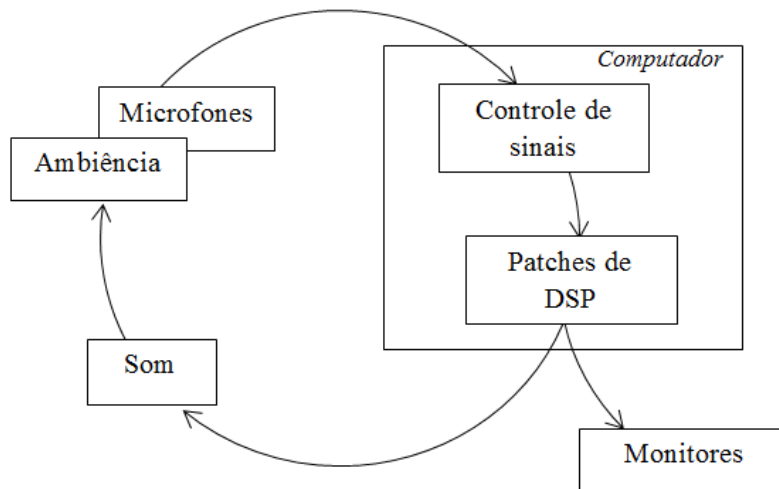


Fig. 8: Modelo da AESI - Audible Eco-Systemic Interface, desenvolvida pelo compositor Agostino di Scipio

Di Scipio tem investigado o uso de modelos dinâmicos aplicados à composição, sobretudo como estruturar elementos de ordem meso e macrotemporais a partir de processos de ordem microtemporal. O paradigma granular manifesta-se na obra de Di Scipio não apenas como um método de síntese sonora, mas amplia-se enquanto modelo composicional, permitindo que “propriedades morfológicas globais da estrutura musical emergjam de condições locais do material sonoro” (DI SCIPIO, 1994). A sonoridade, estrutura global complexa e multifacetada, emerge assim das interações locais e de menor complexidade entre os componentes do sistema (MERIC; SOLOMOS, 2005). Nesta perspectiva, estrutura (formas restritas) e ordem (organização) surgem como um fenômeno interno do próprio sistema, sem a intervenção direta de um agente externo, mas resultante da interação entre seus componentes, em estado menos complexo e menos ordenado.

As interações entre os componentes de um sistema, baseadas em regras da *morfogênese* (conservação da coerência, identidade) e da *morfostase* (mudança, comportamento dinâmico), se instituem sob o princípio da causalidade circular, capaz de propulsionar o estabelecimento de estados de equilíbrio do próprio sistema. Quando dessas interações locais entre os componentes resultam propriedades qualitativas capazes de modular o sistema de um dado estado de organização estrutural para um novo estado de ordem acontece o fenômeno conhecido como emergência. Apesar de ocasionalmente considerar relação direta entre o performer e sistema computacional, o aspecto elementar da abordagem proposta pelo compositor baseia-se na interação indireta estabelecida na triangulação entre performer, ambiência e sistema computacional. Por ambiência entende-se neste caso o espaço físico de difusão da obra, do qual são extraídas características relacionadas ao processamento

de sinais (amplitude, quantidade de transientes, brilho), bem como à correlação entre os sinais de microfones capturados¹³.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Artefatos técnicos tem ao longo de toda a história redimensionado nossa forma de observar e atuar no mundo. Neste artigo, procuramos salientar como o surgimento do computador enquanto ferramenta composicional tem ao longo das últimas décadas gerado novos paradigmas à criação musical. O uso computador como dispositivo de mediação de criação sonora amplia o território da criação e redinamiza as funções outrora mais bem delineadas entre agentes humanos e dispositivos tecnológicos. Enquanto que o paradigma da escritura resguarda um histórico relacionamento assimétrico entre seus agentes ativos (compositor, instrumentista) e objetos passivos (partitura, instrumento), cada qual com funções mais ou menos delineadas, a criação mediada por computadores novos balanceamentos se tornam possíveis e a rigidez de papéis e funções entre agentes humanos e máquina pode ser reconsiderada, de forma que ambos se tornam coagentes, cada qual modulando e sendo modulado pelo outro. Ao contrário do modelo tradicional de interação dos instrumentos acústicos, por exemplo, que prevê, em certa medida, o controle por parte do instrumentista, mesmo que em diversos momentos da literatura musical esta regra tenha sido contradita, o computador enquanto dispositivo criativo abre-se a um campo exploratório de autonomia compartilhada, preponderando assim maior relevância aos aspectos relacionais e contextuais do momento de interação entre agente humano e sistema computacional (DRUMMOND, 2009).

Os quatro modelos discutidos apresentam um recorte de diferentes abordagens de mediação tecnológica e apontam direcionamentos na criação com suporte computacional. Observamos de modo geral um maior aporte aos aspectos procedurais como abordagem criativa aos modelos tratados, de forma tal que a sonoridade se configuraria como uma resultante da interação de diversos elementos presentes no sistema. A resultante sonora de um sistema pode assim configurar-se como uma propriedade emergente quando o comportamento de cada uma de suas partes individualmente ou em arranjos de menor complexidade difere da resultante da interação do sistema em sua totalidade. Tratando-se de modelos abstratos e de domínio extramusical, o mapeamento entre os comportamentos do sistema e os parâmetros sonoros pode ser completamente arbitrário, indo desde representações simbólicas até parametrizações diretamente associadas à produção sonora. Procuramos evidenciar neste artigo abordagens de mapeamento diretamente associadas à sonoridade, aqui compreendida como uma

¹³ Em Rimoldi e Manzolli (2016) apresentamos uma análise pomenorizada sobre a obra em questão. Sobre a abordagem ecossistêmica de Di Scipio, consultar também Meric e Solomos (2005).

entidade multifacetada que resulta da interação de múltiplos elementos.

Observamos que os modelos representacionalistas de sistemas interativos musicais, nos quais as relações são dadas a priori tem progressivamente cedido espaço a abordagens mais holísticas, privilegiando as interações locais e a surgimento de nichos específicos ao invés de uma visão computacional global e onisciente. Os quatro modelos abordados delineiam um progressivo interesse nas relações contextuais e ambientais que envolvem a criação com suporte computacional. Enquanto os dois primeiros modelos privilegiam as relações locais entre elementos do sistema, as abordagens evolucionárias (sobretudo com os IGAs) e ecossistêmicas englobam elementos de avaliação sistêmica,

Diversos autores têm proposto assim a ideia de modelo ecossistêmico como ferramenta conceitual à criação musical, considerando sobretudo a permeabilidade e interdependência entre os elementos, de forma tal que sonoridade resulte não de uma ação determinística, mas figure como característica estrutural dinâmica e emergente que se forma no momento de encontro entre os elementos postos em jogo pela interação musical (BOWERS, 2002; IMPETT, 2001; WATERS, 2007).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo n.14/13166-7) pelo financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AL-RIFAIE, M. M.; BISHOP, J. M.; CAINES, S. Creativity and autonomy in swarm intelligence systems. *Cognitive computation*, v. 4, n. 3, 320–331, 2012.
- AYDIN, C. The artifactual mind : overcoming the “ inside – outside ” dualism in the extended mind thesis and recognizing the technological dimension of cognition. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, v. 217, 2013.
- BARREIRO, D. L. Considerations on the Handling of Space in Multichannel Electroacoustic Works. *Organised Sound*, v. 15, n. 3, 290–296, 2010.
- BEYLS, P. Cellular Automata Mapping Procedures. In: INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC ASSOCIATION CONFERENCE, ICMA, Miami, 2004. *Proceedings of...* Miami: 2004. 1-4.
- BILES, J. GenJam: A genetic algorithm for generating jazz solos. INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC ASSOCIATION CONFERENCE, ICMA, San Francisco, 1994. *Proceedings of...* San Francisco: 1994. 131-137.
- BLACKWELL, T.; YOUNG, M. Self-organised music. *Organised Sound*, v. 9, n. 2, 2004.
- BOWERS, J. Improvising machines: Ethnographically informed design for improvised electro-acoustic music. *ARiADATexts (4)*, 2002.
- BOWN, O. A Framework for Eco-System-Based Generative Music. In: SOUND AND MUSIC COMPUTING CONFERENCE, Porto, 2009. *Proceedings of...* Porto: 2009. 195–200.
- BOWN, O.; MCCORMACK, J.; KOWALIW, T. Ecosystemic methods for creative domains: Niche construction and boundary formation. In: IEEE SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL LIFE (ALIFE),

Paris, 2011. *Proceedings of...* Paris: 2011. 132-139.

BRUNO, F. Mediação e Interface: incursões tecnológicas nas fronteiras do corpo. In: FRAGA DA SILVA, D.; FRAGOSO, S. (Org.). *Comunicação na Cibercultura*. São Leopoldo/RS: Unisinos, 2001. 191–215.

BURRSTON, D.; EDMONDS, E. Cellular automata in generative electronic music and sonic art: a historical and technical review. *Digital Creativity*, v. 16, n. 3, 165–185, 2005.

CARIANI, P. A. Emergence and Artificial Life. In: LANGTON, C. G. (Org.). *Artificial Life II*, vol.X. Boston: Addison-Wesley, 1992. 775–798.

CARIANI, P. A. Creating new informational primitives in minds and machines. In: McCORMACK, J.; D'INVERNO, M. (Org.). *Computers and Creativity*. Heidelberg: Springer Verlag, 2012. 383–417.

CATANZARO, T. *Transformações na linguagem musical contemporânea instrumental e vocal sob a influência da música eletroacústica entre as décadas de 1950-70*. Dissertação (Mestrado) Escola de Comunicação e Artes - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CHEMILLIER, M. György Ligeti et la logique des textures. *Analyse Musicale*, v. 38, 75–85, 2001.

CRUTCHFIELD, J. P. Is Anything Ever New? Considering. In: COWAN, G.; PINES, D.; MELZNER, D. *Complexity: Metaphors, Models, and Reality*. Redwood: Addison-Wesley, 1994. 479-497.

DELALANDE, F. *Le Son des Musiques Entre Technologie Et Esthetique*. Paris: Buchet/Chastel, 2001.

DI SCIPIO, A. Micro-time sonic design and timbre formation. *Contemporary Music Review*, v. 10, n. 2, 135–148, 1994.

DORIN, A. The Virtual Ecosystem as Generative Electronic Art. *Computer Science*, v. 3005, n.1968, 467–476, 2004.

DRUMMOND, J. Understanding Interactive Systems. *Organised Sound*, v. 14, n. 2, 124-133, 2009.

EL-HANI, C. N.; QUEIROZ, J. Modos de irreduzibilidade das propriedades emergentes. *Scientiae Studia*, v. 3, n. 1, 9–41, 2005.

FALCI, F.; MAIA, A. Evolutive Processes for Granular Synthesis in Extended Gabor Spaces. In: 7TH AES BRASIL CONFERENCE, São Paulo, 2009. *Anais...* São Paulo, 2009. 1-7.

GARDNER, M. Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life". *Scientific American*, v. 223, n. 4, 120–123, 1970.

GUIGUE, D. *Estética da sonoridade*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2011.

HEPPNER, F. H. Avian flight formations. *Bird-Banding*, v. 45, n. 2, 160–169, 1974.

HOFFMANN, P. Towards an "Automated Art" - Algorithmic Processes in Xenakis' Compositions. *Contemporary Music Review*, v. 21, n. 2/3, 121–131, 2002.

HOLMES, B. Música e tecnomorfismo: surgimento do conceito e estudos preliminares. *Resonancias*, v. 36, 95–113, 2015.

HORNER, A.; GOLDBERG, D. E. Genetic Algorithms and Computer-Assisted Music Composition. In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENETIC ALGORITHMS, San Diego, 1991. *Proceedings of...* San Diego, California, 1991.

HUNT, A.; KIRK, R.; ORTON, R. Musical Applications of a Cellular Automata Workstation. In: INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC CONFERENCE, Montreal, 1991. *Proceedings of...* Montreal, 1991

IMPETT, J. Interaction, simulation and invention: a model for interactive music. In: ALMMA 2001 Workshop on Artificial Models for Musical Applications. *Proceedings of...* Cosenza-Italy, 2001. 108-119.

- JACOB, B. L. Algorithmic composition as a model of creativity. *Organised Sound*, v. 1, n. 3, 157–165, 1996.
- KIM-BOYLE, D. Spectral Spatialization - An Overview. In: INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC CONFERENCE, Berlfast, 2008. *Proceedings of...* Belfast-Ireland, 2008.
- LAI, Y. et al. Automated optimization of parameters for FM sound synthesis with genetic algorithms. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON COMPUTER MUSIC AND AUDIO TECHNOLOGY. *Proceedings of...* Taiwan, 2006. 33-38.
- LATOURE, B. On Technical Mediation - Philosophy, Sociology, Genealogy. *Common Knowledge*, v. 3, n. 2, 29–64, 1994.
- MANZOLLI, J. et al. The evolutionary sound synthesis method. ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA, Ottawa, 2001. *Proceedings of...* Ottawa, 2001. 585-587.
- MCCORMACK, J. et al. Generative design: a paradigm for design research. In: FUTUREGROUND, DESIGN RESEARCH SOCIETY, Melbourne, 2004. *Proceedings of...* Melbourne, 2004.
- MCCORMACK, J.; BOWN, O. Life's what you make: Niche construction and evolutionary art. In: *Applications of Evolutionary Computing*, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
- MCCORMACK, J.; DORIN, A. Art, emergence and the computational sublime. In: SECOND ITERATION: A Conference on Generative Systems in the Electronic Arts, Melbourne: CEMA. *Proceedings of...* Melbourne, 2001.
- MERIC, R.; SOLOMOS, M. Audible Ecosystems and Emergent Sound Structures in Di Scipio's Music : Music Philosophy Helps Musical Analysis Agostino Di Scipio's music : emergent sound structures and audible ecosystems. *Journal of Interdisciplinary Music Studies*, v. 3, n. 1, 57–76, 2005.
- MIRANDA, E. R. Granular synthesis of sounds by means of a cellular automaton. *Leonardo*, v. 28, 297–300, 1995. 297-300.
- MIRANDA, E. R.; AL BILES, J. *Evolutionary computer music*. London: Springer, 2007.
- MORONI, A. et al. Vox populi: An interactive evolutionary system for algorithmic music composition. *Leonardo Music Journal*, v. 10, 49–54, 2000.
- PEIRCE, C. S. *Collected Papers* (Vols. 1-8) Cambridge: Harvard University Press, 1931. (citado como CP seguido pelo número do volume e parágrafo).
- PUCKETTE, M. Computing while composing. *The OM Composer's Book*, v. 1, Paris: Editions Delatour/IRCAM, 2006.
- QUEIROZ, J.; LOULA, Â.; GUDWIN, R. *Computação, Cognição e Semiose*. Salvador: EDUFBA, 2007.
- REYNOLDS, C. W. Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. *ACM SIGGRAPH computer graphics*, v. 21, n. 4, 25–34, 1987.
- RIMOLDI, G.; MANZOLLI, J. Medidas de quantificação de recorrência: uma proposta de análise para Audible Ecosystems de Agostino Di Scipio. XXVI CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM MÚSICA, Belo Horizonte, 2016. *Anais...* Belo Horizonte: ANPPOM, 2016.
- SIMS, K. Evolving virtual creatures. 21ST ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTER GRAPHICS AND INTERACTIVE TECHNIQUES, Orlando, 1994. *Proceedings of...* NY: ACM, 1994.
- SKAGESTAD, P. Thinking with machines: Intelligence augmentation, evolutionary epistemology, and semiotic. *Journal of Social and Evolutionary Systems*, v. 16, n. 2, 157–180, 1993.
- SOLOMOS, M. Cellular automata in Xenakis' s music . Theory and Practice Makis Solomos.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM IANNIS XENAKIS, Athens, 2005. *Proceedings of...* Athens, Greece: 2006

WATERS, S. Performance Ecosystem: Ecological approaches to musical interaction. *EMS : Electroacoustic Music Studies Network*, 1–20, 2007.

WHITELOW, M. *Metacreation: art and artificial life*. Cambridge: Mit Press, 2004.

WOLFRAM, S. Universality and complexity in cellular automata. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, v. 10, n. 1, 1–35, 1984.