

FÁBIO PARRA FURLANETE

**MODELAGEM DE INTERAÇÕES MUSICAIS COM
DISPOSITIVOS INFORMÁTICOS**

Tese apresentada ao Instituto de Artes, da
Universidade Estadual de Campinas, para
obtenção do Título de Doutor em Música.
Área de concentração: Processos Criativos.

Orientador: Prof. Dr. Jonas Manzolli.

CAMPINAS
2010

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE ARTES DA UNICAMP**

F978m Furlanete, Fábio Parra.
Modelagem de Interações Musicais com Dispositivos
Informáticos. / Fábio Parra Furlanete. – Campinas, SP: [s.n.],
2010.

Orientador: Prof. Dr. Jonatas Manzolli.
Tese(doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Artes.

1. Composição (Musica). 2. Improvisação (Musica). 3. Jogo.
4. Sistemas auto-organizadores. 5. Software. 6. Rede. I. Manzolli,
Jonatas. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes.
III. Título.

(em/ia)

Título em inglês: “Musical Interactions Modeling With Computers.”

Palavras-chave em inglês (Keywords): Composition (Music) ; Improvisation (Music), Game ; Self-optimizing systems ; Software ; Net.

Titulação: Doutor em Música.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Jonatas Manzolli.

Prof. Dr. Adolfo Maia Junior.

Prof^a. Dr^a. Artemis Maria Francelin Sanches Moroni.

Prof^a. Dr^a. Fátima Carneiro dos Santos.

Prof. Dr. Daniel Luis Barreiro.

Prof. Dr. José Eduardo Fornari Novo Junior.

Prof^a. Dr^a. Denise Hortência Lopes Garcia.

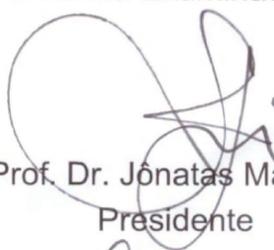
Prof^a. Dr^a. Janete El Haoli Santos.

Data da Defesa: 25-02-2010

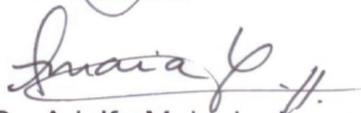
Programa de Pós-Graduação: Música.

Instituto de Artes
Comissão de Pós-Graduação

Defesa de Tese de Doutorado em Música, apresentada pelo Doutorando Fabio Parra Furlanete - RA 040887 como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor, perante a Banca Examinadora:



Prof. Dr. Jônatas Manzolli
Presidente



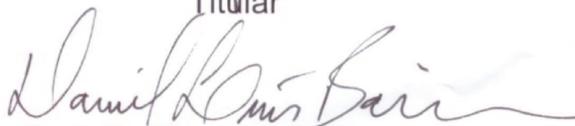
Prof. Dr. Adolfo Maia Junior
Titular



Profa. Dra. Artemis Maria Francelin Sanches Moroni
Titular



Profa. Dra. Fatima Carneiro dos Santos
Titular



Prof. Dr. Daniel Luis Barreiro
Titular

A minha mulher e filho amados,

Karina e Danilo.

Agradecimentos

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Jonatas Manzolli, pelo apoio incansável e pelo fluxo ininterrupto de boas ideias.

Ao Prof. Dr. Adolfo Maia, pelo apoio nas questões matemáticas e pelas prazerosas discussões sobre música.

Ao Programa de Pós-Graduação em Música da UNICAMP e ao Instituto de Artes da UNICAMP, pela possibilidade de realizar este trabalho.

Ao NICS/UNICAMP, pelo ambiente acadêmico acolhedor e estimulante, e aos colegas e amigos do NICS, por compartilhar mais do que ideias acadêmicas. Também ao pesquisador Cesar Rennó Costa por dividir comigo a implementação do segundo mecanismo de síntese sonora.

Ao Departamento de Música e Teatro da UEL, por me abrir a porta para esta experiência e, especialmente, à Profa. Cleusa Cacione, pelo apoio e pela camaradagem.

À CAPES, pelo suporte aos meus experimentos no Japão.

À minha irmã, Sandra Parra, pela revisão paciente e minuciosa do texto.

À minha mulher, Karina, por percorrer comigo esse caminho.

Ao meu filho, Danilo, por esperar que eu terminasse de percorrê-lo.

Acknowledgments

To Professor Kenji Mase, for having me in his lab, for insisting on making my writing more clear to engineers, and for teaching me to be more rigorous in the use of the method.

To the Information Technology Center of the Nagoya University, for giving me the means to carry out my work in Japan.

To my fellow Researchers in the MaseLab, for the warm welcome on my first experience in a foreign land.

Resumo

Este trabalho investiga o possível papel para o compositor em uma situação de interação musical coletiva e propõe estratégias para sua atuação nesse contexto. Apresenta exemplos dessas estratégias em trabalhos composicionais e implementa um desses trabalhos na forma de uma ferramenta digital que permite ao compositor modelar contextos interativos, elaborar regras de interação e interferir nos processos enquanto eles ocorrem.

A implementação das ferramentas digitais é feita na forma de um sistema para modelagem sonora coletiva que usa o projeto de jogos digitais como modelo para interação musical entre agentes artificiais e jogadores humanos em rede. Nosso trabalho tem como foco as regras de interação e como elas podem ser projetadas gerar resultados esteticamente atraentes e que ao mesmo tempo não restrinjam excessivamente a autonomia criativa dos jogadores. Essas regras devem ser aplicáveis tanto no contexto da Arte-Educação quanto no da performance. Acreditamos que o conhecimento da área de *design* de jogos em rede é útil para o projeto de tais regras.

Abstract

This work investigates the possible role for the composer in a situation of collective musical interaction and proposes strategies for their action in this context. It presents examples of these strategies in compositional works and implements them in the form of computer tools that allows the composer to model interactive contexts, develop rules of interaction and interfere with the processes as they occur.

The implementation of the computer tools is in the form of a system for collective sound shaping. It uses digital games design patterns as models for musical interaction between artificial agents and human players in a network. Our work aimed to the interaction rules and how they can be designed to provide interactions whose outcome is aesthetically appealing and, at the same time, to not restrict the creative autonomy of the players. These rules should be applicable both in the context of Art Education and in the performance. We believe that knowledge of the project area network gaming is useful for the design of such rules.

Lista de Figuras

Figura 1: diagrama K.....	19
Figura 2: rede situacional discreta.....	31
Figura 3: rede semiônica.....	32
Figura 4: sequência de ações de um jogador em “Jogo de Cartas”.....	36
Figura 5: exemplo de carta com notação musical.....	39
Figura 6: interações do jogo de cartas representadas na rede semiônica.....	42
Figura 7: rede semiônica de “Ludo”.....	43
Figura 8: representações gráficas dos sons no plano bi-dimensional.....	48
Figura 9: área de influência de um som.....	48
Figura 10: áreas de influência sobrepostas.....	49
Figura 11: trajetória sobre as áreas de influência dos sons.....	50
Figura 12: separação espacial das características dos sons.....	51
Figura 13: duas trajetórias distintas no tabuleiro.....	52
Figura 14: novas versões das trajetórias anteriores.....	52
Figura 15: trajetória de variação e início da aproximação.....	53
Figura 16: aproximação gradativa em direção ao modelo.....	53
Figura 17: rede de parceiros, conexões compartilhadas e conexões cortadas.....	54
Figura 18: rede semiônica que representa o comportamento de um jogador artificial em “Acusmata”.....	56
Figura 19: módulos de “Acusmata”.	58
Figura 20: estrutura do sistema com suas plataformas de base.	59
Figura 21: Interpolação entre áreas de influência de sons no <i>multi-morphing</i>	63
Figura 22: estrutura resumida do agente.	65
Figura 23: fluxograma do comportamento de um agente.	66
Figura 24: versão condensada do exemplo apresentado no capítulo 4.....	69
Figura A2.1: Xubuntu Live Desktop.....	134
Figura A2.2: interface principal do servidor de áudio.....	135
Figura A2.3: <i>patchbay</i> para conexões de áudio e MIDI entre aplicativos.....	135
Figura A2.4: exemplo de um <i>patch</i> em Pure Data.....	137
Figura A2.5: gravador multi-pista e sequenciador Ardour.....	138
Figura A2.6: logomarca.....	140
Figura A2.7: liNICS Desktop (versão nova).....	140

Sumário

1 INTRODUÇÃO	1
2 O COMPOSITOR NO CONTEXTO DA ABERTURA	9
2.1 META-COMPOSIÇÃO E SISTEMAS INTERATIVOS	9
2.2 INTERAÇÕES COLETIVAS	11
2.3 AUTO-ORGANIZAÇÃO	13
2.4 MÚSICA E JOGO	17
3 DESIGN DE INTERAÇÕES MUSICAIS	23
3.1 PADRÕES DE DESIGN EM JOGOS	23
3.1.1 Estrutura do Jogo.....	24
3.1.2 Ações do Usuário.....	25
3.1.3 Tempo.....	25
3.1.4 Expectativa.....	27
3.2 MODELOS DE INTERAÇÕES EM REDE	28
4 COMPOSIÇÕES EXPERIMENTAIS	35
4.1 JOGO DE CARTAS	35
4.2 LUDO	42
4.3 ACUSMATA	46
5 IMPLEMENTAÇÃO DIGITAL	57
5.1 DESCREVENDO IDEIAS MUSICAIS COMO TRAJETÓRIAS	59
5.2 MECANISMO DE SÍNTESE SONORA	60
5.3 SISTEMA DE AGENTES	63
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICES	83

1 INTRODUÇÃO

Durante o curso do século XX observamos um processo gradual de desconstrução do papel do compositor como nos foi legado pelo Classicismo/Romantismo. Compositor esse que tem total controle da linguagem e dos meios expressivos para elaborar uma ideia musical construída como um todo em sua mente. Ele traduz essa ideia em uma notação musical suficientemente precisa para que um executante suficientemente competente possa reconstruí-la para um ouvinte que, com o suficiente conhecimento da linguagem adotada pelo compositor, poderá compreendê-la (STRAVINSKY, 1942, p. 112; ZAMPRONHA, 2000, p. 37). Essa desconstrução se deu através de três processos interconectados, porém distintos: primeiro, a crescente conscientização da abertura inerente a toda fruição estética, e sua conseqüente incorporação à poética. Segundo, a vontade de compartilhar explicitamente com os outros atores do processo artístico – executantes e ouvintes – a construção da obra, não apenas no sentido da interpretação subjetiva, mas também em sua realização material. E, por último, a introdução de estratégias composicionais que, em seu formalismo, utilizam-se de processos estocásticos (controlados por geração de números randômicos ou pseudo-randômicos) como meio de articulação do material e de geração de estruturas musicais.

Schaeffer (1966) apresenta uma visão particularmente interessante sobre a abertura da fruição estética, não somente por ser uma visão especificamente musical, mas também por ser diretamente derivada da experimentação com o material sonoro. Ao dividir a escuta em quatro partes distintas em seu quadro das escutas (SCHAEFFER, 1966, p. 116), ele estabelece uma separação entre as partes superior (compreender e escutar¹) e inferior (entender e ouvir²) do quadro, chamadas por ele de objetiva e subjetiva, respectivamente.

1 No original: *comprendre* e *écouter*.

2 No original: *entendre* e *ouïr*.

Para ele, a parte superior contém os elementos pré-estabelecidos dos quais o compositor tradicionalmente parte para elaborar o seu trabalho: as linguagens sedimentadas pelo uso em uma determinada cultura e seus suportes instrumentais correspondentes. Enquanto isso, a parte inferior contém os elementos que dizem respeito à experiência particular do sujeito frente ao material sonoro: o fenômeno perceptual e as qualidades diretamente derivadas dele. A música tradicional operaria através da imposição dos elementos da parte superior do quadro sobre os elementos da parte inferior. A escuta seria resultado de um processo composicional elaborado sobre elementos de linguagem abstrata pré-estabelecidos. A proposta de Schaeffer (1966) para a Música Acusmática foi inverter essa direção e fazer com que o processo composicional partisse da experiência subjetiva da escuta para, dela, abstrair um solfejo que desse suporte aos elementos da linguagem.

Porém, essa substituição das linguagens elaboradas *a priori* com relação ao material sonoro por linguagens elaboradas *a posteriori* (EMMERSON, 1986) possui implicações profundas no circuito compositor-executante-ouvinte. Além do fato de a Música Acusmática inicialmente excluir o papel do executante como intermediário – uma vez que o compositor é ele mesmo responsável pela execução e fixação da obra em suporte magnético ou digital – ela transfere um poder muito maior para o ouvinte. Se a linguagem é abstraída a partir da escuta do material sonoro, e a escuta é necessariamente pessoal, nada impede que cada ouvinte, a cada escuta, articule o *continuum* sonoro de forma diferente e, ao destacar elementos diferentes desse fluxo, abstraia um solfejo diferente que dê surgimento a linguagens diferentes. A inversão da direção no quadro das escutas de Schaeffer sugere a impossibilidade de que qualquer sentido se construa de outra forma que não seja *a posteriori* com relação às percepções.

Essa visão é corroborada e ampliada por Eco (1968, p. 88), em um estudo que parte de uma semiótica de base linguística e da teoria da informação. Ele aponta o fato de que nem o sujeito da percepção nem o objeto percebido possuem em si os elementos que conferem a impressão de totalidade e de abertura à obra. Ao contrário, essa impressão é resultado da interação de ambos – sujeito e objeto – no processo de cognição, a partir dos estímulos organizados com intenção estética. Assim, “a abertura é a condição de toda

fruição estética, e toda forma fruível como dotada de valor estético é aberta. [...] mesmo quando o artista visa uma comunicação unívoca e não-ambígua” (ECO, 1968, p. 89). Assim, mesmo para a música mais tradicional – a que se organiza a partir da parte superior do quadro das escutas de Schaeffer – na qual há um consenso estabelecido sobre as possibilidades de entendimento musical, mesmo que o código utilizado pelo compositor seja compartilhado por todos os ouvintes, ainda assim há abertura.

Essa relação entre os papéis de compositor e ouvinte se torna mais clara no estudo sobre os paradigmas da notação e da representação em composição musical de Zampronha (2000). Ao abordar a notação do ponto de vista da semiótica peirceana, ele afirma que não existe um objeto final a ser representado pela notação ou pelo próprio som que não seja também uma representação. Mesmo os processos mentais – memórias e interpretações – de quaisquer dos atores envolvidos no processo de fruição estética são, elas mesmas, representações.

Se o que há são apenas representações de representações, se não há nada fora das representações, então é desse contínuo de possibilidades, dos próprios sistemas de representação, que emergem os procedimentos composicionais, e não de outro lugar. Eles são construções realizadas a partir das interpretações que se realizam do próprio sistema de representação, desse contínuo de possibilidades interpretativas. (ZAMPRONHA, 2000, p. 160)

Assim, mesmo no contexto estrito da música tradicional, no qual o consenso e o hábito estabelecem *a priori* os elementos da linguagem, tudo o que esse consenso pode fazer é delimitar um campo de possibilidades de interpretação que será sobreposto ao campo criado pela obra em si. Este, por sua vez será, sobreposto ao campo de possibilidades de interpretação oferecido pela memória e pelos hábitos de cada ouvinte. Mesmo o compositor, ao elaborar a obra, trabalhou a partir do campo de possibilidades estabelecido por sua memória e por seus hábitos de escuta e participou, assim, de um caminho com ramificações infinitas em todas as direções. E cada ramificação, com suas possibilidades, pode dar espaço para a emergência de outros sentidos que permitem, eventualmente, alargar o consenso inicial.

Essa visão de abertura, em sua radicalidade e possibilidade de novos espaços abertos para a exploração artística, pode ser comparada em importância para sua área específica à dos autores que estabeleceram a Epistemologia como fundamento para o método científico entre os séculos XVII e XVIII (PRIGOGINE & STENGERS, 1984, p. 68-69). Assim como faz a Epistemologia para o método científico, a conscientização dessa abertura estabelece com clareza o limite da interferência do compositor no(s) possível(is) entendimento(s) da obra. Deixa clara a impossibilidade de qualquer previsão segura sobre a vivência do outro. Nenhuma tentativa de significação – a transferência para o ouvinte desse campo de sentidos criado pelo compositor – pode ser tomada como unívoca e garantida. A ação do artista na construção do sentido é resultante de uma mera hipótese sobre a possibilidade de vivência do outro. Eventualmente uma boa hipótese, mas não mais do que isso. O compositor só cria/manipula o material a partir de seu próprio campo de sentidos. A ação do compositor só pode ser efetiva na criação de um contexto, um campo de possibilidades para o entendimento, com o qual as pessoas interagem a partir de seus próprios campos de significação. Ora, o compositor estabelece o seu material a partir de suas próprias ideias pré-concebidas, que orientam a segmentação do fluxo sonoro partindo do campo de sentido estabelecido por essas ideias. Só o que poderia garantir que esse fluxo sonoro fosse segmentado do mesmo modo pelo ouvinte seria um campo de possibilidades de interpretação tão estreito que a vivência da obra seria substituída pelo simples reconhecimento de padrões e estereótipos. O próprio material é estabelecido *a posteriori* com relação à escuta durante o processo criativo do compositor, e diferente a cada escuta.

Paralelamente ao processo de conscientização da abertura na fruição estética, o segundo processo através do qual se deu a desconstrução do papel do compositor tradicional ocorreu pela vontade do compositor de compartilhar explicitamente com os outros atores do processo artístico a realização material da obra. Enquanto na proposta inicial da Música Acusmática não havia qualquer espaço para a ação de ouvintes ou executantes (exceto nos casos onde há especialização performática), experiências feitas a partir da década de 50 pelos compositores americanos da chamada Música Experimental (NYMAN, 1974), como John Cage, Morton Feldman e Christian Wolff, apresentavam uma maneira completamente diferente de abordar a escuta e a abertura. Nessas experiências, o

poder de decisão e de ação sobre o material sonoro/musical que antes era uma prerrogativa do compositor passa a ser compartilhado com os executantes e, eventualmente, com os ouvintes. Mesmo o entendimento do papel da percepção na fruição estética não estava dissociado da ação. Aqui, perceber e agir fazem parte do mesmo processo. Esse foco no agir e no perceber sobrepõe-se, inclusive, ao material, que costuma ser o centro das preocupações do compositor durante o século XX.

Compositores experimentais não estão, em geral, preocupados em definir um objeto temporal cujos materiais, estruturas e relações sejam calculados e arranjados antecipadamente, mas são mais animados pela perspectiva de destacar uma situação na qual sons podem ocorrer, um processo de ação gerativa (sonora ou de outro tipo), um campo delineado por certas 'regras' composicionais. (NYMAN, 1974, p. 03) (tradução nossa)³

Pré-estruturar o material sonoro era visto como uma forma de limitar as possibilidades de experiência. Experiência que frequentemente ocorria em um campo estético mais amplo do que apenas o da música. A vivência e o entendimento instantâneos e irrepetíveis sobre um recorte da paisagem ou sobre um contexto eram mais importantes do que o artesanato sonoro/musical. Essa abertura das composições às interferências mais efetivas dos intérpretes e às possibilidades do acaso colaborou, principalmente no âmbito da execução musical, para o questionamento do modelo do compositor detentor da linguagem que vai, *a priori*, determinar as possibilidades de sentido da obra.

A introdução do computador como ferramenta composicional ofereceu um novo impulso a ambas as formas de abertura e possibilitou o surgimento de outras. Na *Computer Music*⁴ fica mais explícita a dinamicidade da interação do compositor com suas ferramentas, ao possibilitar a constante avaliação aural e conseqüente reformulação do discurso (DI SCIPIO, 1995; TRUAX, 1991). Em alguns casos, tornou-se indistinta a separação entre composição e improvisação. Se por um lado o compositor passou a

3 Experimental composers are by and large not concerned with prescribing a defined *time-object* whose materials, structuring and relationships are calculated and arranged in advance, but are more excited by the prospect of outlining a *situation* in which sounds may occur, a *process* of generating action (sounding or otherwise), a *field* delineated by certain compositional 'rules'.

4 Dado que as possíveis traduções do termo para a língua portuguesa já possuem denotações sutilmente diferentes da pretendida aqui, preferimos mantê-lo no original em inglês.

construir sua obra a partir da manipulação e experimentação do material e dos elementos de seu repertório, por outro lado foi muito mais fácil para ele oferecer aos executantes e ao público os meios para tomar parte em sua experimentação.

Além disso, a *Computer Music* favorece a incorporação do acaso no formalismo que descreve e gera o material e suas conexões. Na composição algorítmica temos, por um lado, o desejo estético genuíno de usar o acaso como elemento estruturante da composição musical (XENAKIS, 1971). Por outro lado, o uso do computador como suporte para a composição musical favorece uma outra via para o uso do acaso, na medida em que ele exige que o compositor especifique de maneira formal todos os detalhes da composição. Esse não era o caso com os suportes tradicionais, que sempre contaram com o hábito dos executantes, elementos definidos culturalmente ou pela moda e, mesmo que nem sempre reconhecido diretamente, o acaso inerente ao suporte e aos executantes. Assim, o compositor sentiu, frente a um suporte que exigia formalização total, a necessidade de abrir mão explicitamente do controle de partes do material. Isso levou ao desenvolvimento de técnicas para gerar material musical para diferentes níveis de uma composição: desde a geração de notas, ou mesmo parciais e grãos, até a ordenação no tempo de partes da macroforma. Também ocorreu em diferentes níveis de complexidade: desde a utilização de geradores de números pseudo-randômicos com distribuições uniformes até processos estocásticos e sistemas dinâmicos não lineares (ROADS, 1996; MANZOLLI, 1993).

À medida que os compositores exploram o potencial dessas três formas de abertura, a obra passa a se configurar como um contexto que estimula (ao mesmo tempo que limita) a manipulação e experimentação do material por parte dos executantes, ouvintes e outros compositores, cada um com suas preferências, hábitos e seu próprio repertório na memória. O conceito da obra orgânica, detentora de uma identidade fechada e resultado do trabalho de uma única mente criadora, começa a se dissipar em favor da ideia da obra como marca deixada por um processo criativo coletivo, contínuo e interconectado. Ao pensar composição musical como processo interativo, a obra deixa de ser dada *a priori* com relação à performance. O material passa a ser visto não mais como um conjunto de objetos moldados pelo compositor – regiões de identidade pelas quais o discurso musical trafega. E

sim como o resultado *a posteriori* de estratégias de interação nos quais os agentes se engajam e a partir dos quais pode emergir não mais um discurso, mas um *decurso* musical.

Mas como atribuir um papel para o compositor nesse novo contexto de abertura e interatividade que não seja nem o papel tradicional do compositor “dono do discurso”, nem o de um compositor completamente diluído em um processo de criação coletivo?

O capítulo 2 apresentará uma visão sobre o papel do compositor no contexto da interatividade, com foco na *Computer Music*. Discutiremos os conceitos de Composição Baseada em Regras e de Meta-Composição (LASKE, 1991a, 1989), e como a composição de interações musicais coletivas pode ser entendida a partir desses conceitos. As interações musicais coletivas serão tratadas também do ponto de vista dos processos auto-organizados e será mostrado como a observação delas a partir desse ponto de vista torna-as muito próximas do conceito de jogo.

No capítulo 3, descreveremos os parâmetros que guiarão nosso experimento de criação de jogos musicais. Apontaremos que tipo de interação esses jogos permitirão e como o material sonoro/musical será gerado e transformado por eles. Para isso, apresentaremos um modelo empírico utilizado pela indústria de jogos para dar suporte à parte criativa do projeto de jogos, e um modelo teórico, utilizado para analisar e gerenciar processos interativos complexos.

O capítulo 4 mostrará três composições experimentais na forma de jogos nos quais esses modelos e estratégias são aplicados. A primeira composição, realizada antes do início desta pesquisa, é analisada a partir dos modelos escolhidos para, a partir dela, derivar os parâmetros para a elaboração das composições seguintes a partir dos mesmos modelos.

A terceira dessas composições, “Acusmata”, é apresentada na forma de um jogo digital em rede cujos detalhes da implementação serão descritos no último capítulo. Concentrar-nos-emos particularmente nos detalhes da implementação dos mecanismos de síntese sonora utilizados em diferentes fases desta pesquisa, e no módulo de agentes artificiais utilizado nas modelagens e testes com regras de interação musical.

2 O COMPOSITOR NO CONTEXTO DA ABERTURA

2.1 META-COMPOSIÇÃO E SISTEMAS INTERATIVOS

A *Computer Music*, definida pelo uso criativo de um suporte tecnológico de uso geral, constitui um campo amplo que envolve muitas atividades artísticas e acadêmicas distintas. Atividades essas para as quais ela se torna, do ponto de vista estético, um ponto de convergência pelo compartilhamento de ferramentas em comum. Essa tendência interdisciplinar faz da *Computer Music* um campo privilegiado para o teste de novas soluções que envolvam a conexão e a síntese de propostas originadas em movimentos artísticos ou áreas do conhecimento diferentes. Essa capacidade para a síntese se manifesta em vários trabalhos nos quais podemos detectar a conexão entre as diferentes formas de abertura.

Isso ocorre, por exemplo, na transposição que Rowe (1999, 1996) fez para os sistemas interativos do conceito de composição baseada em regras, ou meta-composição⁵ de Laske (1991a, p. 239; 1989, p. 47-48), conceito presente também em Taube (2004, p. 04). Segundo Laske (1991a, 1989), a composição musical sempre esteve, tradicionalmente, focada no *design* da própria música, seu material e suas relações. Da mesma forma que o surgimento do computador como ferramenta composicional permitiu uma relação mais direta e intensa com o material sonoro, ele permitiu também que o compositor deslocasse o foco do processo criativo do *design* musical ou sonoro para o *design* do processo composicional. Assim o computador proporcionou a transição do que Laske chama de composição baseada em modelos para a composição baseada em regras, ou meta-composição (LASKE, 1989). O compositor começou a estruturar os elementos, as regras e as relações dos processos que gerariam, num segundo momento, a música propriamente

5 Tradução nossa a partir do original em inglês *meta-level*. O termo é frequentemente utilizado no lugar de *composition at the meta-level* ou *meta-composition*.

dita. A partir desse conceito de composição baseada em regras, Laske propôs uma teoria da composição onde esses processos criativos sejam associados a uma epistemologia do processo composicional. Ele sugeriu que, da mesma forma que engenheiros e matemáticos usavam linguagens formais como ferramenta para aumentar sua compreensão sobre o domínio de um determinado problema, o compositor usasse a composição baseada em regras como ferramenta para o entendimento que ele tem de sua própria percepção.

[...] criar música é um método de entendimento, é um método de entendimento de nós mesmos como percebedores. Podemos nos perguntar se criar música é um método de codificação desse entendimento, de duas formas, nos termos (a) do processo que o compositor usa para entender o que ele percebe, e (b) dos resultados de seu entendimento. (LASKE, 1991b, p. 126) (tradução nossa)⁶

Quando Rowe aplicou esse conceito de meta-composição aos sistemas musicais interativos, ele combinou a abertura a partir da ação, característica da Música Experimental, com o acaso presente na composição algorítmica.

Ao delegar parte da responsabilidade criativa aos executantes e a um programa de computador, o compositor conduz a composição (para um meta-nível capturado no processo executado pelo computador) e a exterioriza (para os executantes humanos que improvisam na lógica da obra). (ROWE, 1999, p. 85) (tradução nossa)⁷

Além disso, os sistemas musicais interativos descritos por ele devem ser capazes de reagir de forma adequada às nuances das interpretações e improvisações dos músicos. Para isso eles devem, assim como no conceito original de meta-composição, incorporar uma grande quantidade de informação a respeito da percepção do material sonoro/musical. Agora, o compositor deve usar o sistema não apenas para conhecer melhor

6 [...] creating music is a method of understanding, is a method of understanding ourselves as perceivers. One might ask that creating music is a method of codifying that understanding, in two ways, in terms (a) of the process the composer uses to understand what he perceives, and (b) of the results of his/her understanding.

7 By delegating some of the creative responsibility to the performers and a computer program, the composer pushes composition up (to a meta-level captured in the processes executed by the computer) and out (to the human performers improvising within the logic of the work).

sua própria percepção, mas também para antecipar as percepções e reações dos intérpretes. Um sistema interativo inteligente deve ser capaz de aprender com a interação e acumular em si mesmo marcas das escutas particulares dos participantes do processo.

2.2 INTERAÇÕES COLETIVAS

Apesar de os sistemas musicais interativos descritos por Rowe proporcionarem uma síntese entre as três formas de abertura, eles tinham como foco a interação entre um ou poucos músicos com um sistema digital pré-programado. Não era considerada a possibilidade de uma interação coletiva mais ampla, com um grupo de agentes maior e mais heterogêneo. Esse tipo de interação surgiu posteriormente como uma decorrência do desenvolvimento da tecnologia para a distribuição de áudio pela Internet.

Nos últimos anos, muito investimento tem sido colocado na criação de ferramentas para interação musical em rede e interfaces que permitam tanto especialistas quanto leigos participarem do processo criativo em improvisações coletivas. A possibilidade de transportar para a rede as interações musicais entre o compositor e seu material despertou a imaginação de músicos e pesquisadores. Surgiram grupos de improvisação com *live-electronics* em rede como, por exemplo, “The Hub” <<http://emfinstitute.emf.org/exhibits/hub.html>> e novos campos de pesquisa como o *Computer-Supported Cooperative Work* (CSCW) e a *Community-Oriented Music* (COM) que, no contexto da moderna sociedade da informação, tem reunido artistas, engenheiros e cientistas da computação em torno da questão da interatividade.

Podemos citar como exemplo os resultados de recentes trabalhos nessa área que nos chamam a atenção, como o “Public Sound Objects” (BARBOSA & KALTENBRUNNER, 2002), que desenvolve um sistema para performance musical colaborativa pela Internet. Seu mecanismo de síntese sonora é executado em um servidor remoto e controlado por uma interface via *web*. A implementação é baseada na biblioteca C++ CLAM, desenvolvida na Pompeu Fabra University, MTG. Outro projeto notável é o “Auracle” (RAMAKRISHNAN *et al.*, 2004). Ele é um instrumento musical distribuído e

interativo para a internet controlado pela voz. É desenvolvido para a plataforma Java™ a partir das bibliotecas JSyn e TransJam. Temos também o estudo sobre o desenvolvimento de interfaces colaborativas para a interação musical desenvolvido por Blaine & Fels (2003). Os autores consideram as questões envolvidas no *design* de interfaces com o usuário, como por exemplo o equilíbrio entre complexidade e expressividade, de modo a permitir o engajamento de músicos experientes no processo sem excluir a possibilidades de interações com leigos. Esses sistemas são o resultado de esforços para solucionar questões específicas definidas na agenda de pesquisa estabelecida por Rowe para os sistemas musicais interativos na década de 1990, como processamento de áudio ou interfaces para controle.

Ainda que eles tragam essas questões para o campo das interações em rede, nenhum deles tenta abordar uma importante questão em interfaces colaborativas: a complexidade inerente às interações coletivas com grupos grandes e heterogêneos. Nem procuram oferecer ao compositor ferramentas para elaborar estratégias para lidar com essa complexidade. Mesmo na situação mais controlável do uso do conceito de meta-composição em processos interativos de menor escala, a questão do compartilhamento do controle já era digna de nota para Rowe:

Um efeito interessante dessa delegação é que ela requer uma especificação muito detalhada das decisões musicais necessárias para produzir um programa de computador ao mesmo tempo que o compositor cede grande parte do controle sobre as decisões musicais para o improvisador humano. A música resultante representa um novo tipo de composição ao mesmo tempo que necessita de novos tipos de habilidades de performance. (ROWE, 1999, p. 85) (tradução nossa)⁸

Uma interação musical coletiva em rede aberta, com a possibilidade de abrigar um número grande e heterogêneo de participantes autônomos, torna esse problema do controle muito mais grave. Grave a um ponto no qual talvez não seja possível criar uma quantidade suficiente de especificações detalhadas com a precisão necessária para dar suporte às

8 An interesting effect of this delegation is that it requires a very detailed specification of the musical decisions needed to produce a computer program at the same time that the composer cedes a large measure of control over musical decision-making to the human improviser. The resulting music represents a new kind of composition at the same time that it necessitates new kinds of performance skill.

decisões musicais. Nesse caso o compositor pode não ser capaz de garantir os parâmetros mínimos para circunscrever a capacidade dos participantes de interferir no processo e alcançar um resultado musical pré-estabelecido. Ele pode se ver obrigado a confiar na capacidade dos participantes, como um grupo, de negociar as direções do processo e resolver as tensões e os conflitos decorrentes de tomadas de decisões coletivas. Esse tipo de interação e a possibilidade da emergência de padrões de comportamento coletivo em grupos heterogêneos de agentes autônomos são descritos pela teoria dos sistemas auto-organizados.

2.3 AUTO-ORGANIZAÇÃO

O conceito de auto-organização que associamos à interação musical é o definido por Debrun (1996a), Segundo ele,

Há auto-organização cada vez que, a partir de um encontro entre elementos realmente (e não analiticamente) distintos, desenvolve-se uma interação sem supervisor (ou sem supervisor onipotente) - interação essa que leva eventualmente à constituição de uma 'forma' ou à reestruturação, por complexificação, de uma forma já existente. (DEBRUN, 1996a, p. 13)

Essa definição coincide perfeitamente com o tipo de processo de interação que ocorre em uma improvisação musical coletiva bem sucedida. Mas a coincidência vai além da constituição de novas formas a partir de uma interação não supervisionada de agentes autônomos. Sistemas auto-organizados são caracterizados pelo corte espacial e temporal que dá início ao processo, e por um conjunto mínimo de regras que determina o que está “dentro” e “fora” do processo, assim como o contexto e o grau de autonomia de seus agentes.

O começo é importante porque introduz um corte com o passado e com o contexto – o que permite ao processo se tornar independente, em parte, do resto do universo. O começo também fornece uma orientação ou um impulso numa certa direção. De um modo ou de

outro será incorporado ao processo, contribuindo para dar-lhe sentido ou pujança. (DEBRUN, 1996a, p. 06)

Ainda,

As condições de partida [...] desempenham um papel importante, mas apenas coadjuvante: seja através de desafios (ruídos, competição ameaçadora); ou de recursos, atuais e potenciais, que proporcionam; ou de alvos que sugerem em resposta aos desafios [...]. (DEBRUN, 1996b, p. 25-26)

Mas a característica que mais aproxima as improvisações musicais coletivas da definição de auto-organização é o papel da memória como elemento organizador. É a memória que dá ao processo sua estabilidade dinâmica. Ela dá margem ao surgimento de atratores: comportamentos estáveis ou fragmentos de informação para os quais o estado do sistema se dirige e tende a se cristalizar. É isso que permite que ele incorpore elementos novos ao fluxo de informação sem se desagregar e se torne resistente ao ruído. A importância da memória na temporalidade dos processos interativos auto-organizados é apontada por Debrun:

É à medida que um jogo complexo vai se estabelecendo entre uma memória real (isto é, não apenas reconstruída pelo observador, mas vivida pelo sistema em vias de constituição ou redefinição) e antecipações baseadas nessa memória que o processo poderá ao mesmo tempo “ir para frente” e se cristalizar numa forma. Ou seja: inventando aos poucos um atrator, e, logo em seguida, a ele obedecendo – ou inversamente, contestando-o, até o amadurecimento de um atrator definitivo. (DEBRUN, 1996a, p. 16)

Porém,

À medida que o processo auto-organizado tende - quando bem sucedido – a se fechar sobre si, devido à consolidação de um atrator, sua temporalidade tende a definhir. O processo se torna cada vez mais previsível, até, eventualmente, se transformar em “quisto”. (DEBRUN, 1996b, p. 54)

Se a memória é um elemento fundamental na formação dos atratores, a formação desses atratores por si só pode ser muito pouco interessante do ponto de vista estético. Para fins estéticos, preferimos a *quase-formação* de atratores, estados críticos do sistema que mantenham viva não apenas a temporalidade do sistema, como também o interesse dos participantes do processo e dos eventuais ouvintes. É aqui que a indeterminação, ou nas palavras de Atlan (1992), o ruído, adquire importância. Segundo Foerster:

Os sistemas auto-organizadores não se alimentam apenas da ordem, mas também encontram o ruído em seu cardápio [...] Não é mau ter ruído no sistema. Quando um sistema se fixa num estado particular, ele fica inadaptável, e esse estado final pode ser igualmente ruim. Ele é incapaz de se ajustar a alguma coisa que constitua uma situação inadequada. (FOESTER *apud* ATLAN, 1992, p. 38)

Olhar para a interação musical coletiva através do conceito de auto-organização nos oferece não apenas um modelo para interações coletivas complexas ausente no conceito de sistemas musicais interativos. Oferece também uma visão do papel que pode ser atribuído a um agente organizador, o compositor, dentro desse processo que não seja nem o papel tradicional do compositor “dono do discurso” (o supervisor onipotente), nem o do compositor completamente diluído em um processo de criação coletivo. Um dos autores que aborda o tema da auto-organização como paradigma para a composição musical é Manzolli (1996). No paradigma apresentado por ele não é mais possível pensar a música apenas como um conjunto de estruturas fora do tempo que são atualizados durante a execução, nem a obra pode ser definida apenas pelo conjunto de regras que o compositor define para a interação/improvisação dos executantes.

[...] a composição é vista como a arquitetura do tempo [...] nós almejamos uma formação espontânea de padrões derivada da experimentação de sistemas de atratores [...] a composição torna-se uma viagem em um campo de atratores. (BEYLS *apud* MANZOLLI, 1996. p. 426)

Os sistemas interativos se baseiam em um modelo reativo. Eles partem do corte

espacial/temporal estabelecido pelo compositor e de regras baseadas em reações na interação homem-máquina. A partir disso espera-se que o discurso seja construído apenas na diversidade e na indeterminação dos encontros. Enquanto isso, os sistemas auto-organizados ampliam a noção de interatividade saindo de um domínio reativo para se organizar em camadas adaptativas. Eles se estruturam a partir da memória de suas próprias interações e da incorporação do ruído gerado nessas mesmas interações. Nesses sistemas, o compositor pode agir como um mediador não-onipotente. Além de determinar o corte inicial e as regras de interação, ele pode participar do processo introduzindo ruído ou mesmo novas informações estruturadas e interferir na sedimentação dos atratores que se formam durante a interação.

Estabelecido o papel do compositor, o problema se torna de ordem prática. Como definir as regras de interação de modo a favorecer a emergência de processos auto-organizados? E uma vez que os processos ocorram, como interferir neles sem desagregá-los? É necessário buscar um modelo de ação em outra área que lide com processos interativos de semelhante grau de complexidade. A resposta para esse problema pode estar nos mesmos textos que definem os processos auto-organizados. Ao dar exemplos práticos de auto-organização, Debrun vai para o domínio do jogo – em particular o futebol – para apresentar de forma clara e didática os elementos desse tipo de processo (DEBRUN, 1996b, p. 38-40).

De fato, assim como a definição de auto-organização coincide com o que ocorre em uma improvisação musical coletiva bem sucedida, o mesmo ocorre com muitos jogos coletivos. As demandas criadas pela interação musical coletiva são muito semelhantes àquelas enfrentadas pela indústria de jogos no que diz respeito aos jogos distribuídos em rede. Essas demandas compreendem questões práticas de base, como a distribuição *on-line* de dados de controle e de conteúdo multimídia, simulação de espaços e operação em tempo-real. Por isso, a indústria de jogos e os pesquisadores envolvidos com ela têm se dedicado já há algum tempo à questão do *design* de processos interativos. Desde o pioneirismo dos *Multiple-User Dungeon* (MUD) até os atuais *Massively Multiplayer Online Role Player Games* (MMORPG) (BJÖRK & HOLOPAINEN, 2005), as interações

oferecidas pelos jogos vêm se aproximando cada vez mais do tipo de interação que encontramos na improvisação musical.

No caso dos MMORPG, o grau de complexidade e de abertura do universo criado pelo jogo e a quantidade de possibilidades de ação oferecida ao jogador podem ser comparados aos processos de interação musical mais sofisticados. Como em nossa definição de auto-organização, o *designer* de jogos deve considerar as questões da memória e da indeterminação, contexto e delimitação temporal e espacial para o início do processo de indeterminação. Ele determina as regras do jogo em seu início, possui ferramentas para interferir nesse processo, mas não é capaz de definir, deterministicamente, os resultados do processo.

2.4 MÚSICA E JOGO

É difícil encontrar uma definição precisa e unívoca de jogo que possamos associar à interação musical. Wittgenstein (1953) afirmou que não há uma única definição de jogo, e que ele não pode ser definido apenas através da descrição de seus elementos característicos. Entretanto, para delimitar o campo de ação deste trabalho, vamos adotar uma definição a partir das quatro características mais comuns encontradas em jogos como apontadas por Huizinga (1938):

- É sempre livre e voluntário: “Antes de mais nada, o jogo é uma atividade voluntária. Sujeito a ordens, deixa de ser jogo, podendo no máximo ser uma imitação forçada.” (HUIZINGA, 1938, p. 10)
- É diferente da “vida corrente”: “[...] trata-se uma evasão da vida 'real' para uma esfera temporária de atividade com orientação própria.” (HUIZINGA, 1938, p. 11)
- É delimitado: “É 'jogado até ao fim' dentro de certos limites de tempo e de espaço. Possui um caminho e um sentido próprios.” (HUIZINGA, 1938, p. 12)
- É criador de organização: “exige uma ordem suprema e absoluta: a menor

desobediência a esta 'estraga o jogo' [...] É talvez devido a esta afinidade profunda entre a ordem e o jogo que este [...] parece estar em tão larga medida ligado ao domínio da estética.” (HUIZINGA, 1938, p. 13)

Nessas características fica muito clara, especialmente nas duas últimas, a semelhança entre as descrições de jogo e de processo auto-organizado. Podemos dizer que nem todo jogo dá margem à emergência de processos auto-organizados, mas dificilmente um processo auto-organizado não poderia ser entendido como jogo. Do mesmo modo, existem muitos pontos em comum entre o jogo e a prática musical. Ainda segundo Huizinga:

É perfeitamente natural que tenhamos tendência a conceber a música como pertencente ao domínio do jogo, ... A interpretação musical possui desde o início todas as características formais do jogo propriamente dito. É uma atividade que se inicia e termina dentro de estreitos limites de tempo e de lugar, é passível de repetição, consiste essencialmente em ordem, ritmo e alternância, transporta tanto o público como os intérpretes para fora da vida quotidiana, para uma região de alegria e serenidade, conferindo mesmo à música triste o caráter de um sublime prazer. (HUIZINGA, 1938, p. 49)

Uma proposta de interação musical que se aproxima do modelo dos jogos é a de Machover (MACHOVER, 2007, 2006). Ele explora os sistemas musicais interativos do ponto de vista do conceito de super-instrumento. Em alguns trabalhos ele busca criar mecanismos para permitir a interação entre músicos profissionais e pessoas sem treinamento musical. Um exemplo disso é a conjunção do *software* de composição musical “*Hyperscore*” com controladores no formato de brinquedos – alguns inclusive produzidos e vendidos ao público infantil pela empresa Fisher-Price™. Esse aparato é utilizado para permitir a interação musical entre crianças e uma orquestra sinfônica na execução de peças criadas pelas próprias crianças no projeto “*Toy Symphony*” (MACHOVER, 2004). Apesar de podermos entender esse tipo de interação como jogo, o foco das interações que ocorrem na “*Toy Symphony*” não está na emergência de atratores ou mesmo padrões criados coletivamente, mas nas possibilidades criativas que os brinquedos oferecem aos

participantes leigos – geralmente apenas um ou dois deles interagindo com a orquestra como um todo.

Mais próxima de nossa visão de interação musical como jogo é a proposta das composições planimétricas de Koellreutter. Apesar de estar fora do contexto da *Computer Music*, suas composições implementam regras de interação coletiva para grupos heterogêneos que valorizam a autonomia dos participantes e a incorporação criativa do ruído. Ele utiliza um modelo de notação diagramática que especifica uma sequência de passos para o intérprete que serve de guia para a improvisação. Um exemplo é o “Diagrama K” (PRATES, 1995), utilizado nas partituras de “Wu-Li”, de 1990, e “Letterblocks”, de 1991-92:

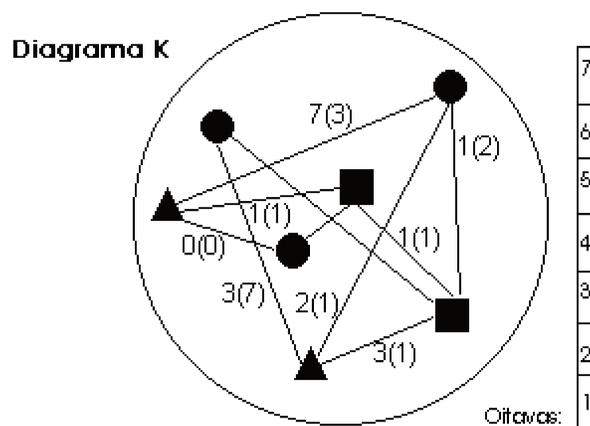


Figura 1: Diagrama K.

O “Diagrama K” é um jogo exploratório para instrumentação indeterminada. Não são traçados objetivos para os agentes nem relações de perda e ganho. O pulso é sugerido globalmente, para todos os instrumentistas, e a duração dos eventos ou pausas é dada pelos números em cada segmento que conecta as figuras geométricas do diagrama. Os arcos podem ser lidos em qualquer direção. O diagrama foi pensado para o uso de sons instrumentais de altura definida e o formato dos nós determina a quantidade de sons simultâneos. Círculo: um a dois sons; triângulo: três a quatro sons; quadrado: cinco ou mais

sons. O diagrama gira sobre seu eixo central enquanto uma barra lateral determina a região dos eventos no campo das alturas. Cada músico escolhe o seu ponto de entrada no diagrama e quando deve iniciar. Fora esse momento inicial, a autonomia dos músicos está na escolha do arco a partir de cada nó e das alturas de cada evento.

É interessante notar que Koellreutter não está diretamente associado à *Computer Music* nem à utilização de formalismos matemáticos no processo composicional. Existe, entretanto, uma clara semelhança entre a representação gráfica utilizada nessa notação e outras formas diagramáticas usadas em software de composição musical e processamento de áudio como Max/MSP™, Pure Data e Patchwork™. Essa semelhança existe também com relação às representações gráficas de formalismos matemáticos como grafos⁹ e linguagens de modelagem matemática como Redes de Petri (PETERSON, 1981) e modelos semióticos (GUDWIN, 2002; POSPELOV, 1986). Essas representações são muito úteis na descrição de sistemas distribuídos discretos em rede e serão aplicados na formulação de nosso modelo.

O “Diagrama K”, entretanto, ainda é muito centrado na execução do material e oferece muito pouca diversidade nas possibilidades de interação. As escolhas dos intérpretes podem ser feitas de forma completamente aleatória. Não existe *feedback*: as decisões tomadas no passado interferem muito pouco nas decisões a serem tomadas no futuro. A incorporação criativa do ruído é possível, e mesmo encorajada. Apesar disso, não existem mecanismos que facilitem estabelecimento de uma memória das decisões passadas. Sem essa memória, torna-se muito difícil criar, de forma sistemática, o contexto para que esse ruído interfira nas futuras tomadas de decisão dos participantes.

Os modelos de interação musical de Machover e de Koellreuter têm ainda mais um ponto em comum. Eles deixam de lado uma característica do jogo que não é normalmente associada à prática musical pelo senso comum mas que é frequentemente vista em processos auto-organizados: a competição. Apesar de não estar entre as quatro principais listadas por Huizinga, e de fato não ser necessário para o conceito de jogo em um

9 Grafo pode ser definido como “um par ordenado $G = (V, E)$ compreendendo um conjunto V de vértices ou nós, juntamente com um conjunto E de linhas ou bordas, que são subgrupos de dois elementos de V ”. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Graph_%28mathematics%29>)

sentido amplo, o caráter agonístico pode ser um elemento importante para estabelecer um certo nível de tensão na interação e, conseqüentemente, alterar a percepção do tempo tanto para os participantes do processo quanto para seus espectadores.

O elemento de tensão, a que acabamos de nos referir, desempenha no jogo um papel especialmente importante. Tensão significa incerteza, acaso. Há um esforço para levar o jogo ao desenlace, o jogador quer que alguma coisa “vá” ou “saia”, pretende “ganhar” à custa de seu próprio esforço. (HUIZINGA, 1938, p. 14)

Os trabalhos de Machover e de Koellreuter se aproximam do conceito de jogo mais no sentido do brinquedo, do jogo exploratório, do que no sentido agonístico. Por isso eles perdem a oportunidade de explorar um motivador importante na formação de atratores e, portanto, dos elementos que estabelecem a identidade do processo no decorrer do tempo.

A indústria de jogos acumulou, nos últimos anos, bastante conhecimento sobre o desenvolvimento e gerenciamento de jogos agonísticos com interações complexas em larga escala. Acreditamos que esse conhecimento pode ser útil ao compositor que elabora modelos de interação musical visando a emergência e a mediação de processos auto-organizados. Nesse modelo, podemos atribuir ao compositor um papel semelhante “mestre-do jogo” nos *Role Playing Games* (RPG). Ele é mais um agente dentro do processo de interação. Um agente, porém, com poderes especiais: ele estabelece as regras iniciais do jogo – espaço, tempo, graus de autonomia etc. Ele convida outros agentes a participar e, eventualmente, interfere no desenvolvimento do processo de acordo com suas orientações estéticas.

3 DESIGN DE INTERAÇÕES MUSICAIS

Na parte experimental deste trabalho buscamos criar contextos que permitam conciliar a autonomia dos agentes que interagem em um processo musical coletivo com o controle que um compositor/*designer* exerce sobre o material e suas conexões. Para tal, propomos a utilização do conhecimento acumulado pelos *designers* de jogos digitais em rede. Acreditamos que tal conhecimento permite a criação de regras de interação que estabeleçam esse controle sem congelar o processo de interação nem destruir suas possibilidades de auto-organização.

Para isso, adotamos um conjunto de modelos empíricos e um modelo formal que acreditamos ser adequados à descrição de interações musicais coletivas. Os modelos empíricos são derivados dos padrões de *design* detectados por Björk & Holopainen (2005) na construção de jogos pela indústria do entretenimento. Eles servem como ponto de partida para estabelecer os elementos do jogo musical e suas inter-relações. O modelo formal consiste em um *framework* baseado nos estudos em controle situacional (POSPELOV, 1986) e redes semiônicas (GUDWIN, 2002; SILVA & GUDWIN, 2001; GUDWIN & GOMIDE, 1998). Esse *framework* pode ser utilizado para a criação das regras de interação e a análise de seus resultados.

3.1 PADRÕES DE DESIGN DE JOGOS

A ideia de identificar e catalogar as soluções mais comuns para problemas encontrados na construção de jogos é inspirada por uma estratégia semelhante aplicada ao projeto de software pelo grupo que ficou conhecido como Gangue dos Quatro (GAMMA *et al.*, 1995). O objetivo central é estabelecer uma linguagem comum para a análise e o desenvolvimento de modo a otimizar o trabalho de desenvolvimento em grupo e evitar o

desperdício de esforços ao iniciar projetos do zero.

Uma consequência dessa estratégia é que ela também tende a generalizar as soluções e torna mais fácil a conexão entre áreas do conhecimento diferentes, mas que compartilham problemas semelhantes. Esse é o caso do projeto de jogos e da composição de música interativa. Pudemos assim sugerir paralelos e associações entre padrões de projeto encontrados no desenvolvimento de jogos e nossa visão artística das situações, ações e estratégias encontradas em interação musical.

3.1.1 Estrutura do Jogo

Ao caracterizar uma improvisação musical coletiva como um jogo do ponto de vista estrutural, pudemos associá-la aos seguintes padrões de *design*:

- Multi-jogador
- Experimentação/exploração
- Ambiente de jogo (reconfigurável)
- Informação imperfeita, assimétrica e pública

Além de ser obviamente um jogo multi-jogador, uma das principais características da improvisação musical é oferecer um ambiente sonoro. Entendemos por ambiente sonoro não apenas o conjunto de sons produzidos pelos próprios jogadores e suas conexões, como também o repertório de sons possíveis de serem tocados dentro do vocabulário escolhido para uma improvisação específica. Assim como em qualquer jogo de aventura, existem os elementos do ambiente com os quais o jogador interage diretamente e os elementos ainda por serem explorados. A diferença importante com relação aos jogos de aventura é que em uma improvisação musical são os próprios jogadores que apresentam esses elementos uns para os outros e, assim, constituem o próprio espaço.

Enquanto em um jogo tradicional a exploração do ambiente e a experimentação com seus elementos é estritamente circunscrita aos elementos e às relações estabelecidas pelo *designer*, em improvisação musical temos uma situação mais flexível. Os elementos utilizados e as formas de conectá-los podem ser pré-definidas, como por exemplo no jazz

tradicional, mas sempre existe a possibilidade de um jogador inserir um elemento ou uma conexão que não foi prevista. Pode haver uma aproximação maior da situação do jogo no caso de os jogadores – ou o compositor – restringirem de antemão o vocabulário a ser utilizado e/ou suas conexões possíveis visando um determinado efeito estético.

3.1.2 Ações do usuário

Do ponto de vista das ações do usuário, os padrões de projeto de jogos que mais se aproximam de uma improvisação musical são:

- Controle criativo
- Liberdade de escolha
- Jogo construtivo
- Resultados decididos pelo jogador/*Empowerment*

A conexão de todos esses padrões com um processo criativo coletivo como o encontrado em uma improvisação musical é óbvia. Sem esses padrões não é possível conceber qualquer processo criativo. Também são eles que estão mais ligados à possibilidade de emergência de comportamentos complexos, uma vez que eles dizem respeito à autonomia dos agentes e seu poder na definição do resultado sonoro da interação.

3.1.3 Tempo

Por ser a música uma arte essencialmente temporal, são de suma importância os padrões de projeto que descrevem como o jogo se desenvolve no tempo. É nesses padrões também que se estabelece com mais clareza a diferença entre a composição no sentido tradicional do termo, ou seja, uma atividade em tempo-diferido, e a improvisação musical em tempo-real.

- Jogos sincrônicos, em tempo-real (diferença entre composição e improvisação)
- *Timing*/memorização
- Ações irreversíveis, baseadas em ritmo

- Ações estendidas/Paralisia por análise/Habilidade limitada de planejamento
- Tensão/antecipação

A principal característica da improvisação musical é a atuação em tempo-real de seus participantes e a disponibilidade sincrônica dos efeitos das ações dos participantes para cada um de seus parceiros. Ações essas que são necessariamente irreversíveis e relacionadas entre si de acordo com algum ritmo, mesmo que não métrico. Capacidade de perceber e interagir de acordo com esse ritmo coletivo, assim como boa capacidade de memorização são habilidades essenciais para uma participação satisfatória nesse tipo de jogo.

A dependência do *timing* e da capacidade de memorização determinam a limitação na habilidade de planejamento. Isso introduz uma quantidade considerável de ruído no processo. Ruído esse que pode ser um importante elemento no favorecimento da emergência de comportamentos coletivos complexos a depender da capacidade dos jogadores assimilarem-no em suas ações.

O ruído também pode entrar no processo através das ações estendidas e da paralisia por análise. Ambas limitam local e/ou temporariamente a capacidade de ação do jogador no curso do processo. A primeira, por se constituir de ações tão longas que, ao se decidir por fazê-las, o jogador necessariamente perderá oportunidades e outros cursos de ação que poderiam ser proveitosos para ele. A segunda decorre da paralisia causada pela incapacidade de decidir por um curso de ação em detrimento de outro, levando também à perda de oportunidades.

Os padrões de *design* de jogos que mais se aproximam da composição musical no sentido da construção da vivência temporal são os padrões de tensão e expectativa. São eles que definem a própria vivência do tempo durante o processo de interação. Mas como podem ser proporcionadas as vivências de tensão e expectativa em um jogo?

3.1.4 Expectativa

Aqui entra o papel da competição como motivador tanto do engajamento dos participantes quanto da teleologia do discurso musical.

A importância do caráter agonístico do jogo já foi apontado por Huizinga (1938) tanto na cultura como um todo:

A ânsia de ser o primeiro assume tantas formas de expressão quantas as oportunidades que a sociedade para tal oferece. As maneiras segundo as quais os homens são capazes de competir pela superioridade são tão variadas quanto os prêmios que são possíveis de se ganhar. A decisão pode ser dada pela sorte, pela força física, pela destreza ou pela luta armada. Também pode haver competições de coragem e resistência, habilidade, conhecimentos, fanfarronice ou astúcia. É possível que se exija uma prova de força ou a apresentação de uma obra de arte; ou que se peça a forja de uma espada ou a invenção de rimas engenhosas. Pode-se solicitar a resposta a determinadas perguntas. A competição permite-se assumir a forma de um oráculo, de uma aposta, de um julgamento, de um voto ou de um enigma. Mas, seja qual for a forma sob a qual se apresenta, é sempre de jogo que se trata [...] (HUIZINGA, 1938, p. 119)

quanto especificamente na música, ao afirmar que “poucas são as atividades humanas tão imbuídas de espírito competitivo como a música, e assim foi sempre desde o duelo entre Marsyas e Apolo” (HUIZINGA, 1938, p. 183).

De fato, a competição é comum em improvisação musical. Além dos duelos de improvisação, tão comuns durante o Classicismo/Romantismo quanto no Jazz, podemos também usar o jogo agonístico como um modelo para qualquer improvisação musical coletiva. Nesse jogo, os participantes competem pela atenção dos ouvintes e dos próprios parceiros ao tentar elaborar as melhores ideias musicais, sejam elas originais, sejam elas variações de ideias já apresentadas nesta ou em outra performance. Podemos também associar esse tipo de jogo à competição existente em um debate acadêmico ou político, onde o caráter agonístico também se dá na disputa pelas melhores ideias, agora porém, no plano verbal.

Essa disputa pode ter como resultado um aumento progressivo da tensão e da

expectativa durante o processo de interação. “A tensão e a incerteza quanto ao resultado aumentam enormemente quando o elemento antitético se torna efetivamente agonístico nos jogos entre grupos” (Huizinga, 1938, p. 55). Deverá ser verificado no decorrer deste trabalho até que ponto os padrões de projeto característicos dos jogos agonísticos são capazes de causar sensações de expectativa e consequência tão intensas quanto as observadas na relação entre tese e antítese no desenvolvimento da sinfonia clássica. Os padrões agonísticos são:

- Competição/conflito
- Objetivos pré-definidos, interrompíveis e simétricos
- Pontuação/recompensas/penalidades
- Sobrevivência e eliminação de jogadores

3.2 MODELOS DE INTERAÇÕES EM REDE

No campo de pesquisas sobre jogos colaborativos, existem trabalhos que procuram estabelecer estratégias para abordar a complexidade das interações que esses jogos permitem. Juul (2002) trata das diferenças entre Jogos de Progressão e Jogos de Emergência. Nos Jogos de Emergência um pequeno número de regras combinadas entre si produz um grande número de variações no jogo, variações essas que forçam os jogadores a projetar estratégias para enfrentá-las. Porém o conceito de emergência apresentado nesses jogos é muito amplo, permitindo a existência de processos hétero-organizados. Apenas o que ele chama de “emergência forte” se aproxima de nossa definição de auto-organização, mas ainda de maneira bastante aberta.

Manninen (2002) desenvolve uma tipologia de interações onde elas são organizadas de acordo com três variáveis: frequência (o quão regularmente o jogador pode interagir), âmbito (quantas escolhas estão disponíveis para o jogador), e significância (o quanto as escolhas feitas pelo jogador afetam o contexto). Esse modelo é chamado por ele de “*Rich Interaction*”, e pode ser facilmente transposto para o contexto das interações musicais. Além dele, Zagal *et al.* (2005) desenvolveram uma linguagem ontológica para a

análise de jogos no *Game Ontology Project* (GOP), onde eles procuram descrever o *design space* dos jogos. Os questionamentos levantados por eles são muito semelhantes àqueles formulados neste trabalho: “Como podemos entender interatividade em jogos?”; “Como um jogo pode ser controlado enquanto estiver em curso?”. Sua ontologia cobre desde tipos de dispositivos de controle e o modo como eles transmitem informação – assunto bastante explorado também pela área de interação musical – até questões semânticas ligadas ao gestual e ao papel do espaço na interação. Assim como Juul, eles identificam

[...] situações emergentes que foram resultado de muitas regras em conjunto, sem ter que recorrer a uma lista de regras específicas que causaram essas situações emergentes; nós as chamamos de sinergias entre regras. (ZAGAL *et al.*, 2005, p. 07) (tradução nossa)¹⁰

A ideia de desenvolver uma ontologia que abranja a maior quantidade de um processo complexo, como uma música colaborativa em rede, nos levou ao Controle Situacional de Pospelov (1986) e às Redes Semiônicas de Gudwin (2002). Uma aproximação semelhante já foi testada por Tatai (2002) para o desenvolvimento de agentes inteligentes em jogos de tiro em primeira pessoa.

Em música, o uso de tecnologias baseadas em conhecimento já percorreu um longo percurso e foi testado tanto para a análise quanto para a geração de obras nos contextos da composição algorítmica e da composição assistida por computador (SCHAFFER, 1997). O trabalho de Pospelov, porém, possui algumas características que o fazem particularmente interessante para o nosso objetivo. Seu controle situacional foi desenvolvido para tratar “sistemas abertos complexos e de largo escopo¹¹” (POSPELOV, 1986) e, para tal, desenvolveu uma semiótica própria que fosse capaz de lidar com altos graus de complexidade e indeterminação. As características desses sistemas são:

- Particularidades únicas
- Falta de um propósito formalizável de existência
- Ausência de otimalidade
- Comportamento variável

10 [...] emergent situations that were the result of many rules together, without having to resort to a list of the particular rules that caused these emergent situations; we called these, rules synergies.

11 No original: *large scope complex open systems*.

- Descrição incompleta
- Presença de livre-arbítrio

Essas características descrevem perfeitamente o tipo de processo que estamos tentando modelar, tanto do ponto de vista dos processos auto-organizados quanto das interações musicais coletivas: são processos onde a presença de livre arbítrio é fundamental para a própria existência do processo. É impossível fazer uma descrição prévia que seja completa, formalizar o propósito de existência ou mesmo estabelecer parâmetros de otimalidade para interações musicais. E seu comportamento e características são, por definição, variáveis e únicas a cada momento.

O sistema de Pospelov, descrito por Silva e Gudwin (2001), é um sistema semiótico formado por:

a) Modelo Semiótico - é um modelo abstrato instanciado em diversos pontos do sistema semiótico. Ele é definido formalmente por Silva e Gudwin (2001). De acordo com sua descrição, a sintaxe e a semântica do modelo não são diferentes da estrutura encontrada em sistemas especialistas tradicionais. A novidade que nos permite descrever sistemas complexos está na adição de três regras que descrevem as mudanças causadas nas regras originais do sistema, seja por interferência externa hetero-organizada, seja em decorrência de comportamentos auto-organizados que emergem no próprio sistema.

É a presença dessas três regras que torna esse modelo formal importante para nós. Elas representam memória, adaptação às interferências (ruído) e *feedback*. São elas que nos permitem modelar de processos interativos complexos com a possibilidade de emergência de comportamentos auto-organizados como os descritos neste trabalho.

b) Rede Situacional Discreta (DSN) - representa o processo como um sistema em eventos discretos – muito semelhante a uma Rede de Petri (PETERSON, 1981). Cada nó do grafo pode aplicar uma transformação sobre a informação que passa por ele, ou simplesmente transferir essa informação ao próximo nó com algum atraso, permitindo representar o desenvolvimento temporal do sistema. Os nós podem ser formados, internamente, por outras redes, aumentando a complexidade do modelo. Na figura 2

podemos observar a marcante semelhança da DSN com as linguagens visuais de programação para música como MAX/MSP e Pure Data, ou com os diagramas de Koellreuter (PRATES, 2006).

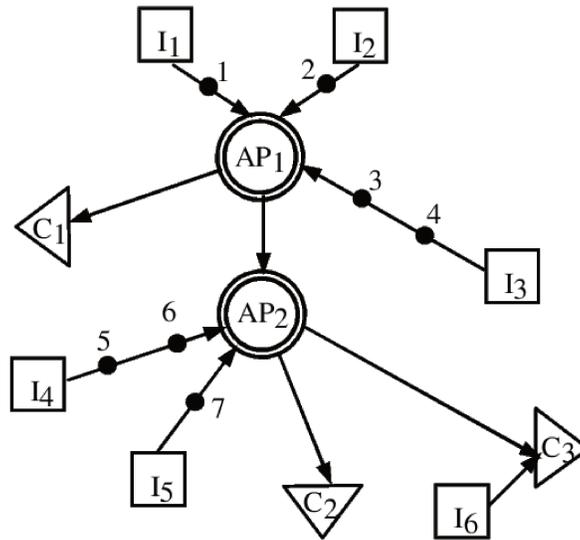


Figura 2: rede situacional discreta.

c) Linguagem de Controle Situacional (SCL) - linguagem semelhante a uma linguagem natural que descreve os conhecimentos sobre o sistema. Podemos descrevê-la como uma linguagem ontológica tradicional. Sua semântica é associada não aos elementos do mundo real, mas ao seu modelo equivalente nos estados discretos da DSN (SILVA *et al.*, 2001). Além disso, ela contém definições de ações, quantificadores, modificadores, modalidades e valorações sobre os elementos no sistema a ser controlado.

d) Base de Conhecimento Semiótico (KS) - banco de dados hierárquico que armazena sentenças da SCL na forma de signos (no sentido atribuído por Pospelov, 1986).

e) Resolvedor Semiótico (RS) - processa o conhecimento em KS, gerando decisões de controle.

O trabalho de Gudwin (GUDWIN, 2002; SILVA & GUDWIN, 2001; GUDWIN & GOMIDE, 1998) é baseado no trabalho de Pospelov e no acúmulo dos últimos anos de pesquisa em semiótica computacional. Seu trabalho combina tecnologia de controle situacional com um modelo semiótico baseado na semiótica peirceana. Ele desenvolveu uma linguagem formal, chamada por ele de Rede Semiônica, e uma implementação em código livre dessa linguagem para a plataforma Java™ na forma de um IDE para programação de agentes em Java™ e Controle Situacional. Essa implementação oferece uma interface gráfica que permite visualizar as relações entre os objetos do modelo formal. A representação visual é semelhante a uma Rede de Petri orientada a objetos (figura 3), com a diferença que os operadores da rede podem ser eles mesmos tratados como dados para outros operadores. Essa diferença é importante para a incorporação das regras adaptativas do modelo semiótico de Pospelov na rede semiônica e, conseqüentemente, para a representação de sistemas com *feedback* e auto-organização. Uma aplicação dessa ferramenta em desenvolvimento de jogos já foi feita por Tatai (2002) na construção de agentes inteligentes para jogos de tiro em primeira pessoa. O modelo formal utilizado para modelar nossos jogos é baseado nesse código.

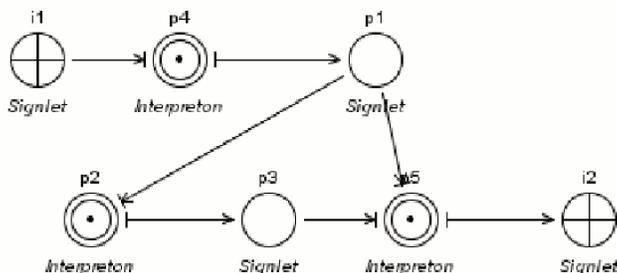


Figura 3: Rede Semiônica.

Acreditamos que esse sistema formal, além de oferecer um mecanismo para o projeto e o gerenciamento das interações entre agentes artificiais, permite também o projeto

de interações entre agentes humanos, além de possibilitar a representação gráfica das regras e da dinâmica do jogo. Assim, nosso método consiste em utilizar os padrões de *design* de jogos mais facilmente associáveis à composição e à improvisação musical como pontos de partida para a criação de jogos musicais.

4 COMPOSIÇÕES EXPERIMENTAIS

Neste capítulo serão apresentadas três composições na forma de jogos. A primeira delas foi composta antes do início deste trabalho e serviu como ponto de partida para o estudo da aplicação dos padrões em *design* de jogos na composição de peças musicais interativas. Apesar de ela não ter sido composta com as ferramentas conceituais descritas em nossa metodologia, ela foi analisada a partir delas. Com isso pudemos coletar informações e levantar questões que foram muito úteis no desenvolvimento dos trabalhos posteriores. As duas composições seguintes foram realizadas dentro do âmbito desta pesquisa e a partir de uma aplicação direta de nossas ferramentas. A última delas, “Acusmata”, foi inteiramente concebida para suporte digital. Ela é descrita aqui do ponto de vista conceitual com foco no planejamento das interações.

4.1 JOGO DE CARTAS

Conforme a bula do jogo anexada, ele pode ser jogado por 2 ou mais instrumentistas e/ou cantores. Ao iniciar o jogo, as cartas contendo os parâmetros para a interação musical devem ser embaralhadas com as faces dos signos ocultas aos jogadores. Aproximadamente a metade das cartas (± 36) devem ser repartidas igualmente entre os jogadores. O restante deve ser colocado no centro da mesa e as duas primeiras cartas do monte devem ser abertas. O primeiro músico escolherá uma de suas cartas que seja semelhante à segunda carta, ou seja, que tenha apenas 2 parâmetros diferentes dela. Em seguida, ele começará a improvisar com os parâmetros da primeira carta fazendo a transição para a carta escolhida. Esta será colocada na mesa na última posição. O segundo músico escolherá uma de suas cartas que tenha apenas 2 parâmetros diferentes da última

carta e começará a improvisar com os parâmetros da penúltima fazendo a transição para a carta escolhida. Esta será colocada na mesa na última posição. E assim sucessivamente até que algum dos músicos descarte todas as suas cartas, terminando o jogo. Entre o fim de uma transição e o início da próxima pode haver pausa. Se algum dos jogadores ficar sem opções para continuar, deverá pegar cartas do monte até que encontre uma opção. Instrumentos harmônicos podem tocar agregados sonoros respeitando os parâmetros para alturas. Essa sequência de ações pode ser visualizada no diagrama da figura 4:

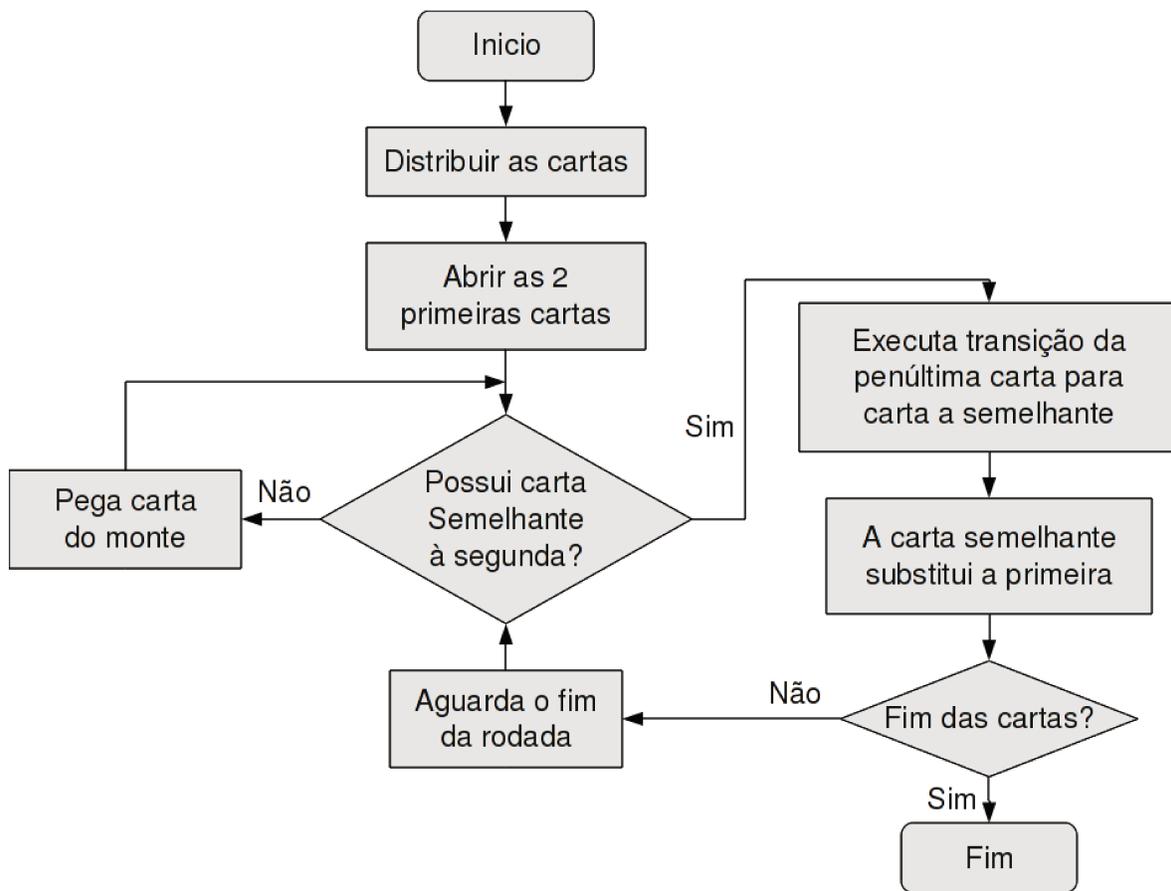


Figura 4: sequência de ações de um jogador em “Jogo de Cartas”.

Cada uma das 72 cartas contém 5 linhas com combinações (não exaustivas) de

parâmetros para a improvisação do jogador. As linhas ocorrem na seguinte ordem: articulação, andamento, altura, intensidade e tipo de transição.

4.1.1 Articulações

- sons destacados: 
- sons ligados: 

4.1.2 Andamentos

- rápido: 
- lento: 

4.1.3 Alturas

A linha de alturas contém 2 tipos distintos de informação. A primeira, referente ao registro dos sons, e a segunda, sobre o tipo de intervalos.

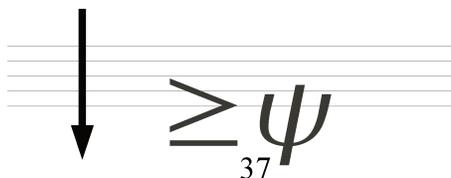
- agudo, intervalos maiores que o trítono:



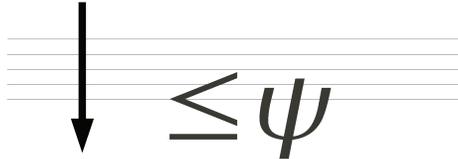
- agudo, intervalos menores que o trítono:



- grave, intervalos maiores que o trítono:



- grave, intervalos menores que o trítono:



4.1.4 Intensidades

- piano: *p*

- forte: *f*

4.1.5 Transições

A linha dos tipos de transição, assim como a das alturas, contém dois tipos de informação. Além do tipo de transição de todos os parâmetros da carta atual para a próxima, determinada pela cabeça da seta, a duração do trecho é determinada pelo comprimento do traço.

- trecho curto, transição abrupta:



- trecho curto, transição gradual:



- trecho longo, transição abrupta:



- trecho longo, transição gradual:



As cartas, com todas as informações da notação reunidas, adquirem o aspecto apresentado na figura 5:

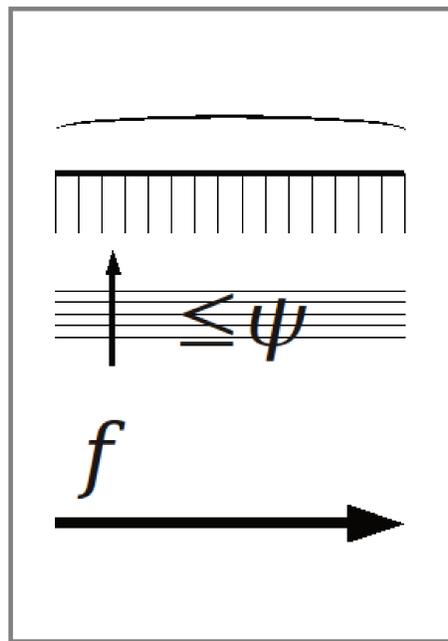


Figura 5: exemplo de carta com notação musical.

O objetivo da peça é criar um conjunto de regras tão agnóstico com relação ao material sonoro quanto possível. O foco está nas regras de transformação do material escolhido pelos executantes no momento da performance, qualquer que seja esse material. Qualquer novo material introduzido durante a performance, por mais incongruente que seja

com os elementos já apresentados, deve se integrar ao fluxo da peça a partir das transformações aplicadas sobre ele. Nesse processo reside o elemento unificador da peça.

Ao observar a peça a partir dos padrões de *design* selecionados como guias para este trabalho, notamos que apenas parte deles é contemplada pelas regras do jogo. No caso dos padrões relacionados à estrutura do jogo, podemos dizer com certeza que se trata de um jogo multi-jogador; com informação imperfeita: nenhum jogador conhece o estado total do jogo; e pública: pessoas que não participam do jogo tem acesso à informações sobre seu estado, como é de se esperar tanto em jogos de cartas quanto em performances musicais. Também como é comum em jogos de cartas, a informação não é assimétrica, ou seja, os jogadores tem igual acesso ao estado do jogo. Não há ambiente de jogo nem tampouco exploração desse ambiente. O jogo, entretanto, permite a experimentação com as regras de transformação, assim como com os materiais sonoros escolhidos para transformação a cada turno.

Do ponto de vista das ações do usuário, o jogo permite o controle criativo com um razoável grau de liberdade de escolha que fica menor conforme o número de cartas disponíveis diminui. É interessante notar a separação existente entre o desenvolvimento das transformações, controlado pelas regras do jogo, e as escolhas dos materiais sonoros. O grau de autonomia do jogador, e da efetividade dos padrões relacionados a essa autonomia como o *empowerment* e a capacidade de decidir resultados, é muito maior na escolha do material do que na aplicação das regras de transformação. Assim, o único espaço aberto para a possibilidade de jogo construtivo está nas escolhas do material sonoro introduzido para transformação a cada rodada. É possível que essas escolhas estabeleçam conexões entre os jogadores, e mesmo novas regras criadas durante o fluxo do jogo, que não foram previstas pelas regras originais.

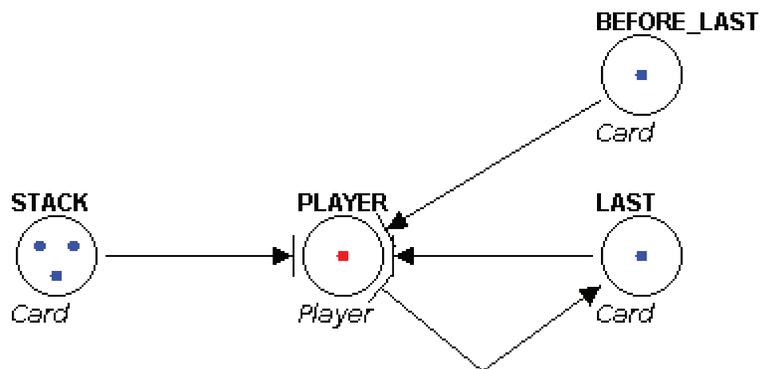
Os padrões de *design* associados ao tempo estão todos presentes, exceto pelo padrão de jogos em tempo-real. Ao contrário, o jogo é baseado em turnos, o que lhe confere um caráter rítmico particular e cria uma tensão interessante entre o tempo necessário para a realização das ações estendidas, ou seja, da execução sonora das transformações, e o tempo das mudanças de turno entre os jogadores após um descarte. O fato de a informação

necessária para as decisões do jogador dependerem, em parte da carta jogada pelo último jogador antes dele, em parte da carta jogada pelo penúltimo jogador tende a criar um efeito polifônico entre os jogadores ímpares e os pares na sequência da mesa.

Se as texturas dos materiais escolhidos forem suficientemente impermeáveis entre si, ou seja, se elas mantiverem sua identidade apesar da sobreposição, o ritmo gerado por essa sobreposição de linhas deve aumentar as sensações de fluidez das texturas e, conseqüentemente, de expectativa pela continuidade. Competição/conflito e objetivos pré-definidos, interrompíveis e simétricos são padrões de *design* presentes nas regras de transformação. Apesar disso, a transferência dessa expectativa das regras para o resultado sonoro é extremamente sensível à seleção do material por parte dos executantes.

A representação das regras do jogo em uma rede semiônica torna explícito (figura 6) o foco do jogo na transformação do material ao invés das interações entre os jogadores. De acordo com o diagrama, os únicos objetos com os quais o jogador se relaciona são as instruções de transformação contidas nas cartas. Existe, de fato, interação direta entre os jogadores. Mas essa interação ocorre na seleção do material sonoro, que ocorre à margem das regras de transformação. Como já apontado anteriormente, existe uma separação entre o desenvolvimento das transformações, e as escolhas do material sonoro. Isso resulta na existência de dois objetivos paralelos e independentes para o jogo: o primeiro é vencer o jogo de acordo com as regras de transformação e esgotar suas cartas antes dos outros jogadores; o segundo é conectar as transformações sobre o material de modo que elas façam sentido musicalmente.

Figura 6: interações do jogo de cartas representadas na rede semiônica.



O jogo tem, ainda, a característica de exigir um grau de habilidade musical normalmente só encontrado em músicos profissionais. A memória e a prontidão necessários para comparar ideias musicais a partir de seus parâmetros separados, imaginar as operações necessárias para transformá-las de acordo com as instruções das cartas e executar essas operações, tudo feito instantaneamente e através da memória, requer um alto nível de preparação. Sem contar a dificuldade de coordenar a execução do instrumento com o manuseio das cartas. Isso praticamente inviabiliza a execução da peça por músicos amadores e seu uso para educação musical.

A peça, composta para o grupo Neuma de música antiga, foi estreada no II Encontro de compositores Universitários em setembro de 2004, no Cine Teatro Ouro Verde, da Universidade Estadual de Londrina.

4.2 LUDO

A análise da peça “Jogo de Cartas” nos levou a elaborar um novo jogo no qual o foco estivesse não sobre as regras de transformações do material, mas sobre as interações entre os jogadores, e que permitisse a participação de jogadores sem treinamento musical.

Em “Ludo” não há mais cartas, nem qualquer outro suporte que precise ser

manuseado durante o jogo, apenas instruções verbais. As ações realizadas pelos jogadores tem efeito tanto sobre o material musical quanto sobre o papel dos próprios jogadores.

A representação do jogo na rede semiônica (figura 7) possui três elementos principais: *ideias*, *jogadores* e o *juiz*.

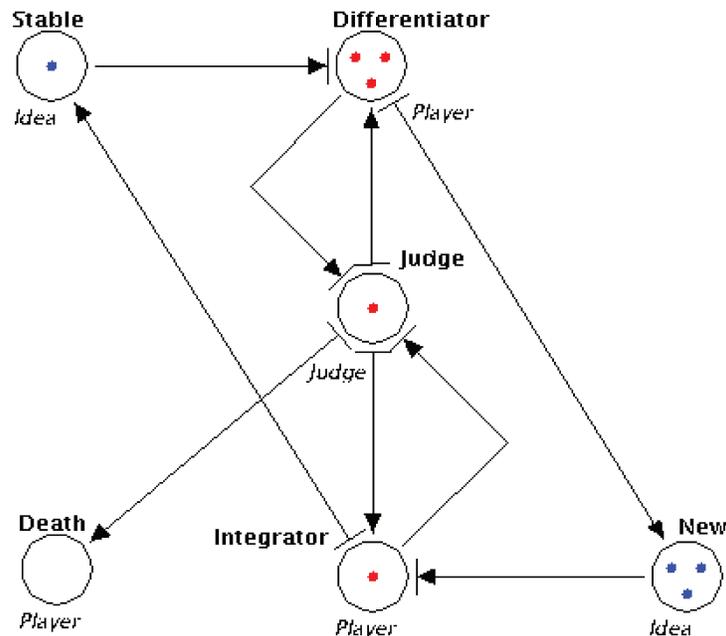


Figura 7: rede semiônica de “Ludo”.

- *ideia*: é um som ou conjunto de sons que sejam ouvidos como uma unidade e tenham identidade própria.
- *jogador*: é o agente principal que tem as habilidades para gerar, avaliar, diferenciar e integrar ideias de acordo com os papéis assumidos pelos jogadores.
- *juiz*: move os jogadores de um papel para o outro de acordo com a sua atuação, promovendo-os, rebaixando-os e até mesmo os eliminando do jogo.

Objetos do tipo *ideia* podem aparecer na rede semiônica em dois tipos de lugares: *Estáveis* e *Novos*.

- *Estáveis*: representa a memória das ideias já integradas pelo *integrador* (descrito abaixo). É ela que cria o contexto para as decisões dos *diferenciadores* (também descrito abaixo).
- *Novos*: representa a memória recente dos objetos gerados pelos *diferenciadores*. Dentre esses objetos o *integrador* vai escolher aqueles a serem integrados (aproximados por variação) da memória estável.

O *juiz* é estático, e permanece sempre no mesmo lugar de onde avalia a atuação dos jogadores e muda seu papel quando necessário.

Os jogadores podem estar em três tipos de lugares¹² na rede: *Diferenciador*, *Integrador* e *Eliminado*.

- *Diferenciador*: é lugar de jogadores que avaliam as *ideias* estáveis já executadas e aguardam o melhor momento para a execução de uma *ideia* que seja diferente delas.
- *Integrador*: é lugar do jogador que avalia as *ideias* novas em busca daquelas que podem ser integradas com as *ideias* estáveis.
- *Eliminado*: é ponto de saída do jogo, para onde são movidos os jogadores não selecionados pelo *integrador*.

O início do jogo se dá com um jogador assumindo a posição de *integrador*, enquanto os demais assumem o papel de *diferenciadores*. O *integrador* executa uma *ideia* que será a base para a ação dos *diferenciadores*, e assim por diante. Enquanto os *diferenciadores* não propuserem novas *ideias*, a *ideia* inicial pode ser reiterada sucessivas vezes.

Os *diferenciadores*, examinarão continuamente a memória de *ideias* estáveis esperando pelo melhor momento para gerar uma *ideia* o mais diferente possível daquelas já executadas. Quanto maior a estabilidade dos elementos da memória, maior o impacto de

¹² Lugar é o termo técnico para os papéis assumidos pelos agentes de acordo com a sua posição na rede.

uma novidade e maior a chance de seleção da ideia pelo integrador, porém maior será a chance de um outro *diferenciador* gerar uma ideia antes. O último *diferenciador* que não conseguir gerar uma nova *ideia* troca de papel com o *integrador* e os pontos como *diferenciador* são zerados.

O *integrador* examinará continuamente o conjunto de novas *ideias* em busca de uma que estabeleça a maior diferença com relação às *ideias* estáveis. Uma vez que tenha encontrado, o jogador dá início ao processo de integração progressiva dessas *ideias*. Essa progressão pode ser interrompida pelo surgimento de uma nova *ideia* diferenciada que chame a atenção do *integrador*.

O *juiz* é responsável por trocar os papéis de *diferenciadores* com o *integrador* e, se um *diferenciador* perder sua posição pela terceira vez, movê-lo para a posição de eliminado.

O jogo termina quando um *diferenciador* tiver três ideias diferentes selecionadas consecutivamente pelo *integrador*.

Assim como em “Jogo de Cartas”, nem todos os padrões de projeto estão presentes. Temos novamente um jogo multi-jogador com informação simétrica e pública (todos os jogadores tem toda a informação sobre o estado do jogo) e sem ambiente de jogo nem exploração do mesmo. Porém, aqui, pela ausência de um suporte de representação para orientar os participantes, a informação é perfeita, ou seja, todos os jogadores tem acesso aos estados de todos os elementos do jogo. Também, a experimentação tem um papel maior do que em “Jogo de Cartas” uma vez que a escolha do material é relevante para a avaliação da performance dos jogadores.

Isso torna a presença dos padrões ligados à ação do jogador muito mais evidentes. Controle criativo, liberdade de escolha, jogo construtivo, resultados decididos pelo jogador e *empowerment* são particularmente importantes porque a avaliação das ideias executadas pelos jogadores não é determinada pelas regras, mas estão sujeitas aos critérios de um dos jogadores que desempenha a função de “Mestre do Jogo”: o *juiz*. Apesar de ser um avanço com relação a “Jogo de Cartas” por tornar o jogo mais flexível e por conectar

melhor as regras do jogo com o resultado sonoro, a presença de um juiz se mostrou um problema. Ele desempenha um papel de muito poder dentro do processo, atraindo para si o foco das interações entre os jogadores e criando uma tendência para a hetero-organização.

Temos também, aqui, além de todos os padrões referentes ao tempo encontrados em “Jogo de Cartas”, um jogo em tempo-real ao invés de baseado em turnos. Mas, uma vez que as ideias geradas durante o jogo não são notadas, as ideias na memória dos jogadores tendem a se degradar. Essa degradação pode causar o deslocamento progressivo da identidade dos elementos estáveis e, em casos extremos, ser fonte de novas ideias. Porém, o grau de dificuldade do jogo para a memória ainda é relativamente alto e a degradação excessiva dos elementos pode fazer com que o jogo cristalize muito rapidamente em atratores indesejáveis.

O controle do *timing* também tem um importante papel no jogo, especialmente nos padrões relacionados à expectativa. Quanto mais longo o tempo no qual o contexto permanece estável, maior o impacto de uma ideia nova. Para conseguir uma pontuação melhor, os jogadores deverão esperar o maior tempo possível para produzir uma ideia nova, mas não esperar o suficiente para que outro jogador tome a oportunidade em seu lugar.

A peça foi apresentada em banca de composição do Programa de Pós-Graduação em Música da UNICAMP no dia 25 de Junho de 2007, no Departamento de Música do Instituto de Artes da UNICAMP.

4.3 ACUSMATA

Durante a elaboração de “Ludo”, várias experiências foram feitas com a implementação computacional das regras do jogo para fins de modelagem. O jogo, porém, não havia sido projetado como um jogo puramente digital e, por isso, nenhuma interface gráfica para interação com usuários havia sido desenvolvida até então. De fato, em “Ludo” não havia nenhuma notação que representasse os elementos do jogo e isso foi responsável por um considerável grau de dificuldade na execução. Essa dificuldade nos apontou a

necessidade do desenvolvimento de interfaces gráficas que pudessem facilitar para os jogadores a visualização, a memorização e a manipulação dos elementos do jogo. A necessidade dessas interfaces, juntamente com os modelos já implementados, nos levou a transformá-lo no jogo digital em rede que viria a ser o “Acusmata”.

A implementação de “Acusmata” como um jogo exclusivamente digital facilitou não apenas a interação dos jogadores, mas também proporcionou um controle mais refinado da interação. A mudança nos permitiu transferir a responsabilidade da avaliação das performances dos jogadores para eles mesmos, excluindo assim a figura do juiz. Isso aumentou a autonomia dos jogadores e facilitou a emergência de comportamentos auto-organizados como a formação de grupos de interesse mútuo, emergência de atratores e de regras tácitas não previstas na formulação do jogo.

Assim como nos anteriores, o jogo é multi-usuário de informação pública com forte ênfase na experimentação. Aqui, porém, começa a ter efeito o padrão de projeto de exploração em função da introdução de um espaço de jogo proporcionado pela interface gráfica. Ao contrário dos dois jogos anteriores, o processo de interação não é mais completamente agnóstico com relação ao material sonoro. Aqui é introduzida a figura do *designer*: uma pessoa que escolhe o material sonoro, estabelece as relações entre seus elementos e convida os jogadores a explorar suas possibilidades. Ele faz isso escolhendo um conjunto de sons e posicionando suas representações gráficas, na forma de círculos coloridos, no plano bi-dimensional do tabuleiro do jogo, como apresentado na figura 8:

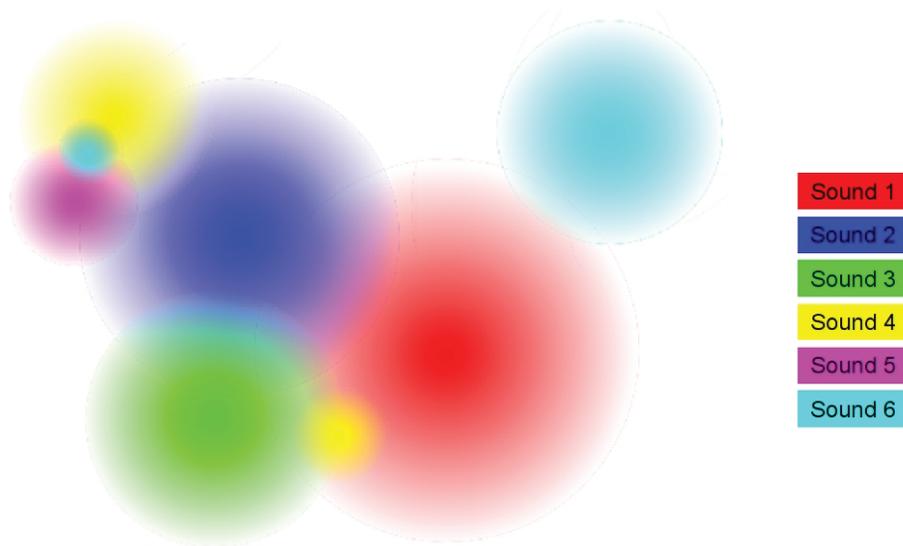


Figura 8: representações gráficas dos sons no plano bi-dimensional.

Cada círculo representa a área de influência de um determinado som (figura 9), de modo que no centro do círculo a influência desse som é total e, em direção às bordas, a influência diminui gradativamente.

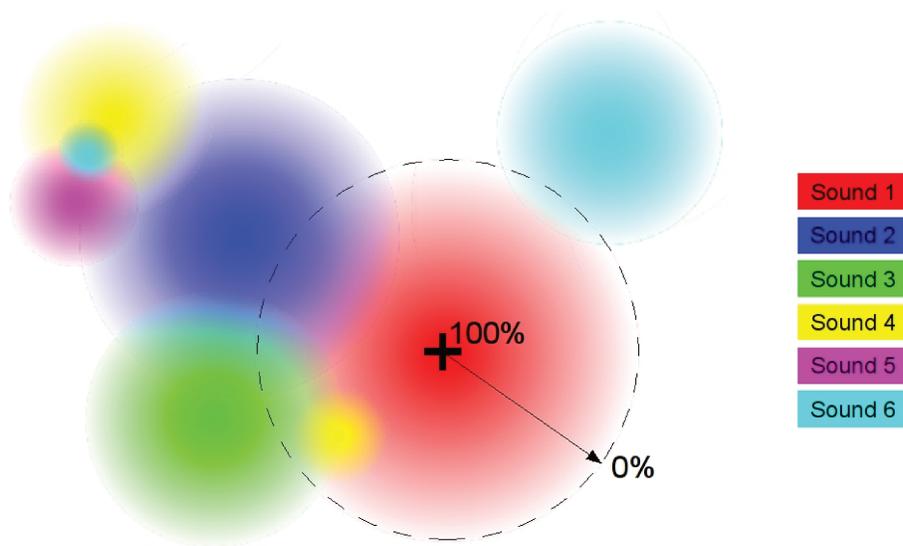


Figura 9: área de influência de um som.

Nas áreas onde os círculos se sobrepõem, o conteúdo espectral dos respectivos

sons é interpolado na proporção determinada pela área de influência de cada som. A figura 10 mostra a interpolação entre as áreas de influência de três sons:

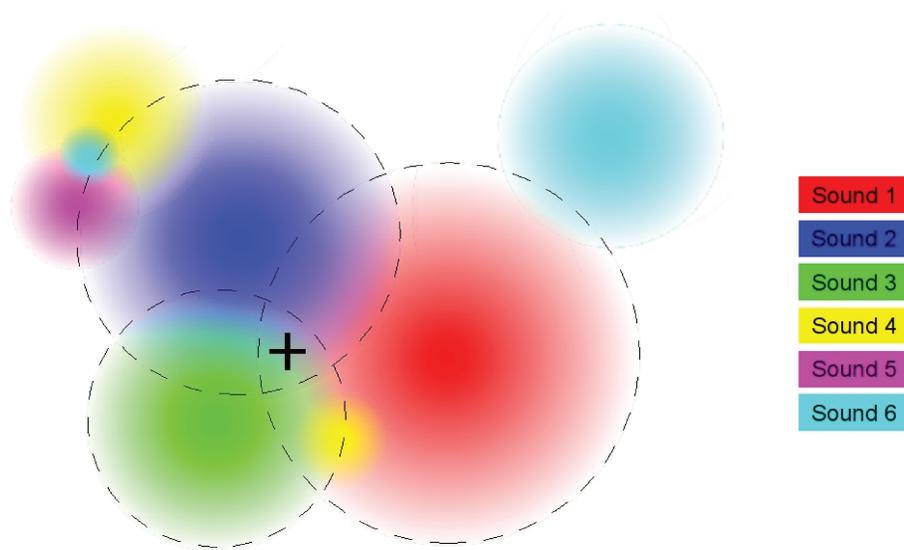


Figura 10: áreas de influência sobrepostas.

Escolhido o material e estabelecidas suas relações no tabuleiro, o *designer* disponibiliza o jogo na rede e convida os jogadores a desenhar trajetórias sobre o tabuleiro, como exemplificado na figura 11. Essas trajetórias são trocadas entre os jogadores e determinam o som a ser gerado pelo sistema: o tempo do som gerado corresponde ao tempo levado para desenhar a trajetória ponto-por-ponto, e seu conteúdo espectral corresponde às áreas de influência pelas quais a trajetória passa.

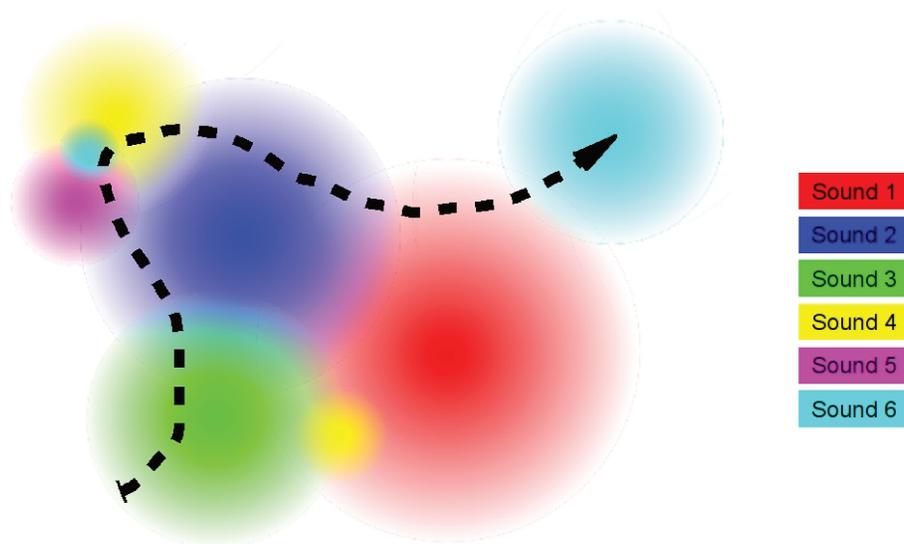


Figura 11: trajetória sobre as áreas de influência dos sons.

As regras de interação são semelhantes às regras de “Ludo”, assim como suas características no tratamento do tempo e da expectativa. As trajetórias correspondem às ideias musicais em “Ludo”, porém a avaliação de cada trajetória é feita pelos parceiros do jogador que a gerou. Ao entrar no jogo, após se conectar a alguns parceiros, o jogador pode desenhar trajetórias no tabuleiro, ou escolher uma das trajetórias produzidas por seus parceiros e classificá-la como trajetória estável ou de variação, que apresentam as seguintes características:

- Trajetórias estáveis: permanência no contexto global (memória de longo prazo) e forte conexão com o contexto local (memória de curto prazo).
- Trajetórias de variação: fratura tanto no contexto global quanto no local.

Assim como ocorre com os motivos na composição musical tradicional, trajetórias de variação devem, cedo ou tarde, ser conectadas global e/ou localmente ao contexto estabelecido pelas trajetórias estáveis para criar a sensação de consequência e sentido. Quanto mais estável é o contexto e mais diferente desse contexto é a trajetória de variação, maior o impacto para o ouvinte. Os parceiros que tem suas trajetórias escolhidas tem sua pontuação incrementada como um bom criador de trajetórias estáveis ou de variação. Dessa forma, tanto os jogadores humanos quanto os artificiais, ao tentar aumentar

sua pontuação, tendem a se especializar em um tipo específico de trajetória. Se um jogador escolhe uma trajetória produzida por seu parceiro como uma trajetória de variação, ele aproximará essa trajetória até a média das trajetórias que formam o contexto estável através de interpolação progressiva. Se, ao contrário, a trajetória escolhida foi uma estável, ela se tornará modelo para a criação de uma nova trajetória de variação que deverá ser tão diferente do modelo quanto possível. A trajetória gerada será avaliada por seus parceiros, e assim por diante.

Como exemplo¹³, imaginemos que um *designer* construa um tabuleiro com uma determinada distribuição entre sons com altura definida e sons de caráter mais ruidoso e rítmico, como mostrado na figura 12:

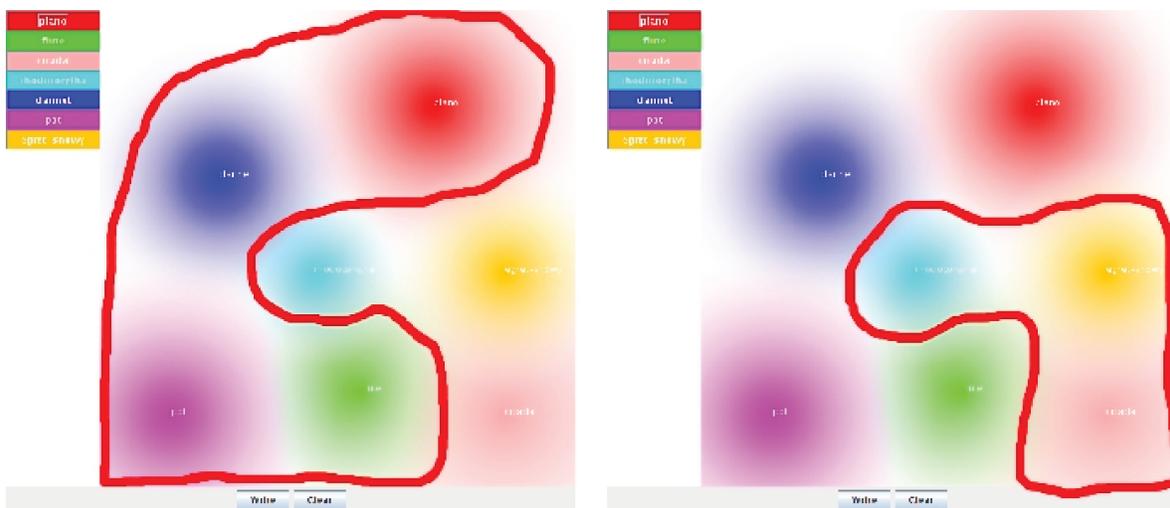


Figura 12: separação espacial das características dos sons.

Nesse cenário, dois jogadores podem, cada um, desenhar trajetórias semelhantes às que aparecem na figura 13, uma trajetória linear e uma trajetória cíclica:

¹³ Os sons correspondentes ao exemplos apresentado entre as figuras 13 a 17 se encontram no CD anexado à esta tese.

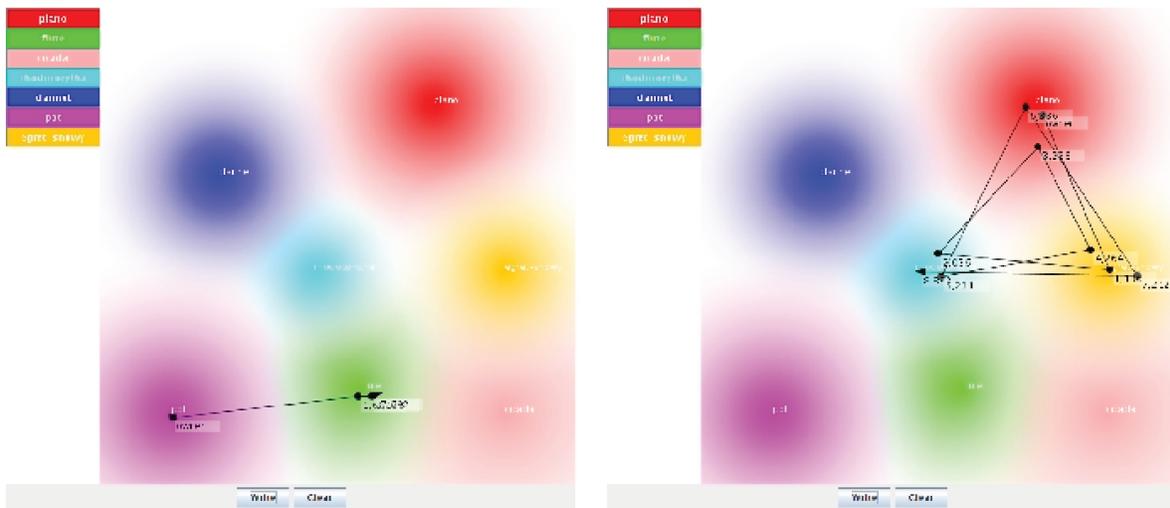


Figura 13: duas trajetórias distintas no tabuleiro.

Após um curto intervalo de tempo sem obter resposta de seus parceiros, os mesmos jogadores podem produzir novas versões, ambas por transposição no espaço, de suas próprias trajetórias, como mostrado na figura 14. Essas versões reafirmam o contexto sonoro já criado, tornando maior o impacto de uma futura trajetória de variação.

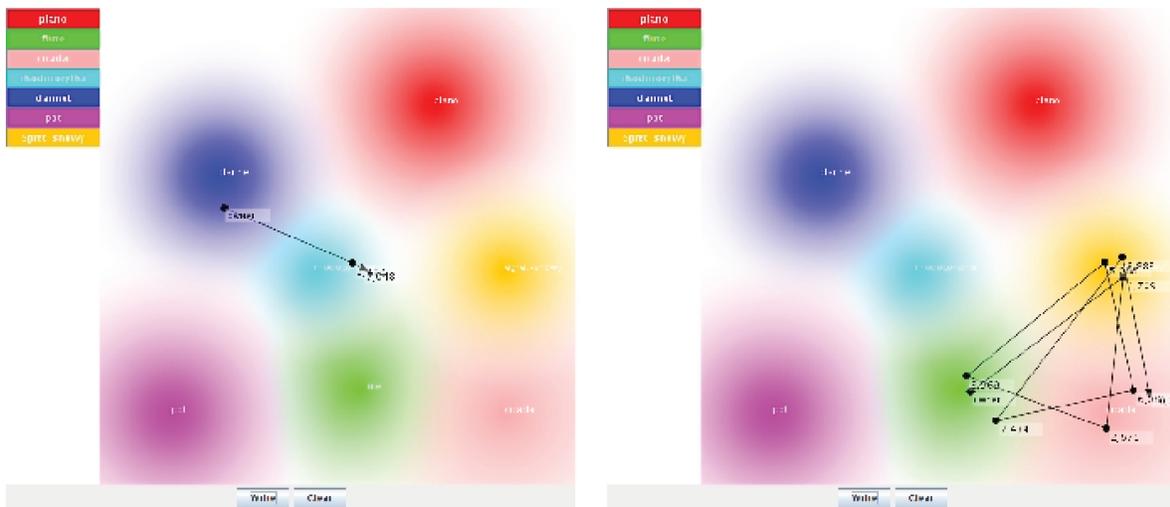


Figura 14: novas versões das trajetórias anteriores.

Com o contexto estabelecido, o segundo jogador seleciona com o *mouse* a trajetória linear do primeiro jogador como uma trajetória estável. O sistema atribui ao primeiro jogador os pontos por essa escolha, enquanto o segundo jogador toma a trajetória gerada por seu parceiro para si como modelo para gerar uma nova trajetória de variação em zigue-zague. Essa nova trajetória será tão diferente quanto possível do modelo linear. A partir dela, o segundo jogador produzirá uma sequência de quatro trajetórias que se aproximarão gradativamente desse modelo por interpolação (figuras 15 e 16).

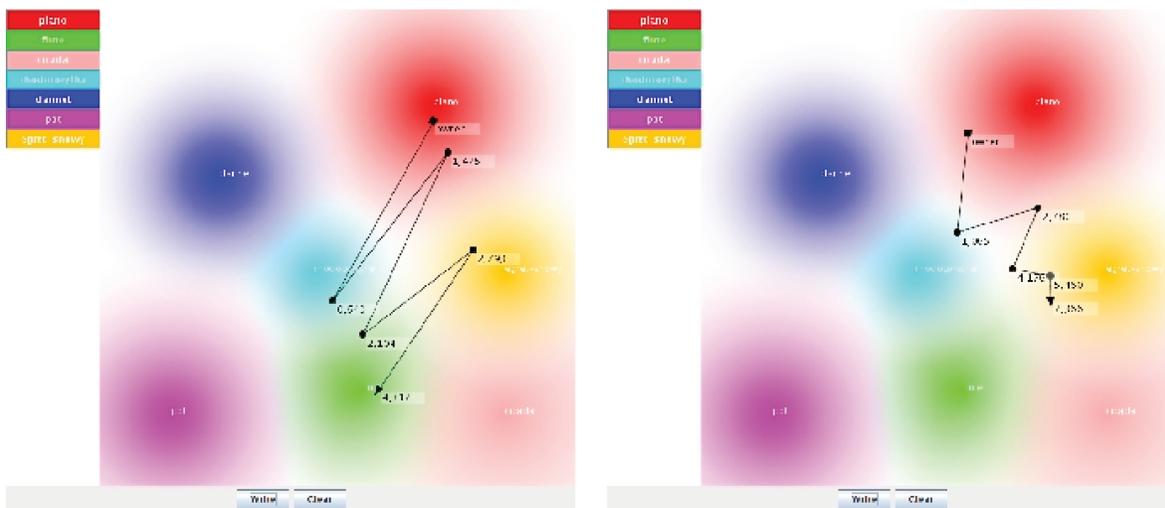


Figura 15: trajetória de variação e início da aproximação.

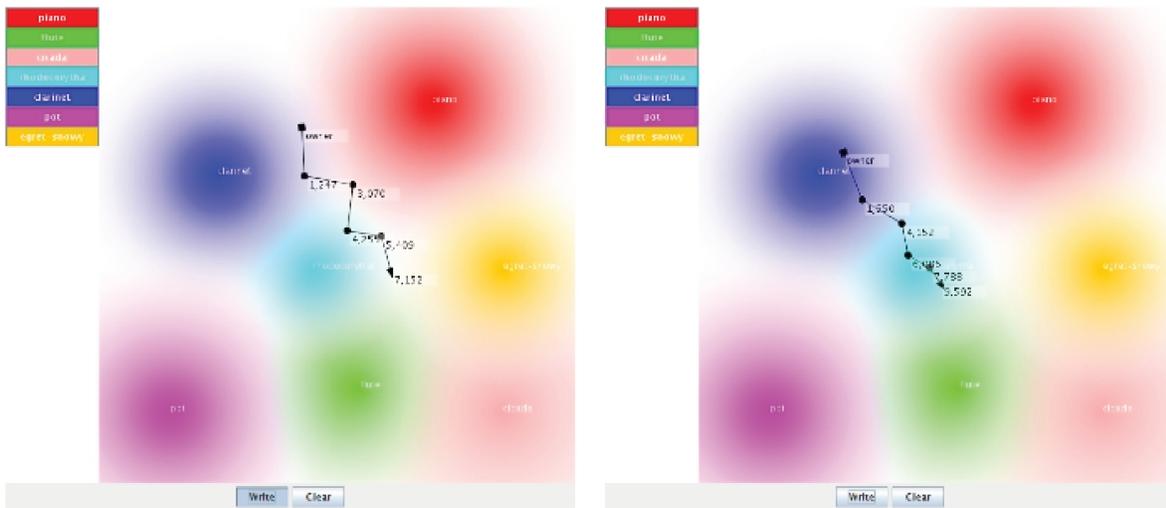


Figura 16: aproximação gradativa em direção ao modelo.

Parceiros com pontuações altas recebem do sistema o acesso às conexões de seus parceiros imediatos na topografia da rede de jogadores, aumentando dessa forma seu raio de ação e seu número de ouvintes. Parceiros que permanecem por muito tempo com a pontuação baixa para um ouvinte são desconectados desse ouvinte. A rede de jogadores em cada um desses estados pode ser visualizada no exemplo da figura 17. O objetivo do jogador é se tornar o mais influente possível conectando-se a todos os jogadores na rede. Se um jogador perde todas as suas conexões, ele está fora do jogo.

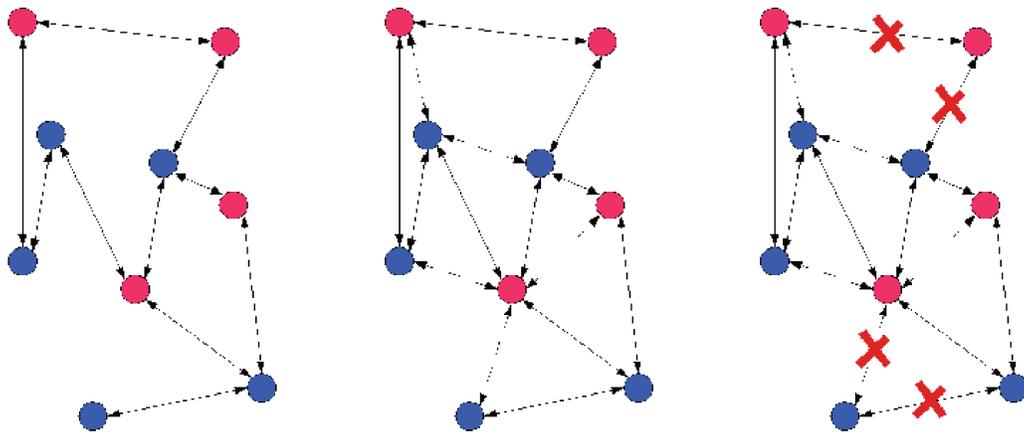


Figura 17: rede de parceiros, conexões compartilhadas e conexões cortadas.

A rede de parceiros é estruturada de modo que a escuta seja sempre local. Um jogador pode ouvir apenas as trajetórias produzidas por ele mesmo e por seus parceiros diretamente conectados, configurando, assim, um jogo de informação imperfeita e assimétrica, ou seja, cada jogador tem uma parcela diferente e incompleta da informação sobre o estado do jogo. A única forma de ouvir o som produzido por toda a rede é conquistando a atenção de todos os jogadores da rede, transformando-os em seus parceiros/ouvintes e, conseqüentemente, ganhando o jogo.

O fato de os jogadores serem responsáveis pela avaliação das ações de seus parceiros aumenta muito o efeito dos padrões de controle criativo, liberdade de escolha, jogo construtivo, resultados decididos pelo jogador e *empowerment*. Essa característica de *feedback*, presente nas regras de interação, fica evidente em sua representação na rede semiônica na figura 18, resumida posteriormente no diagrama da figura 23:

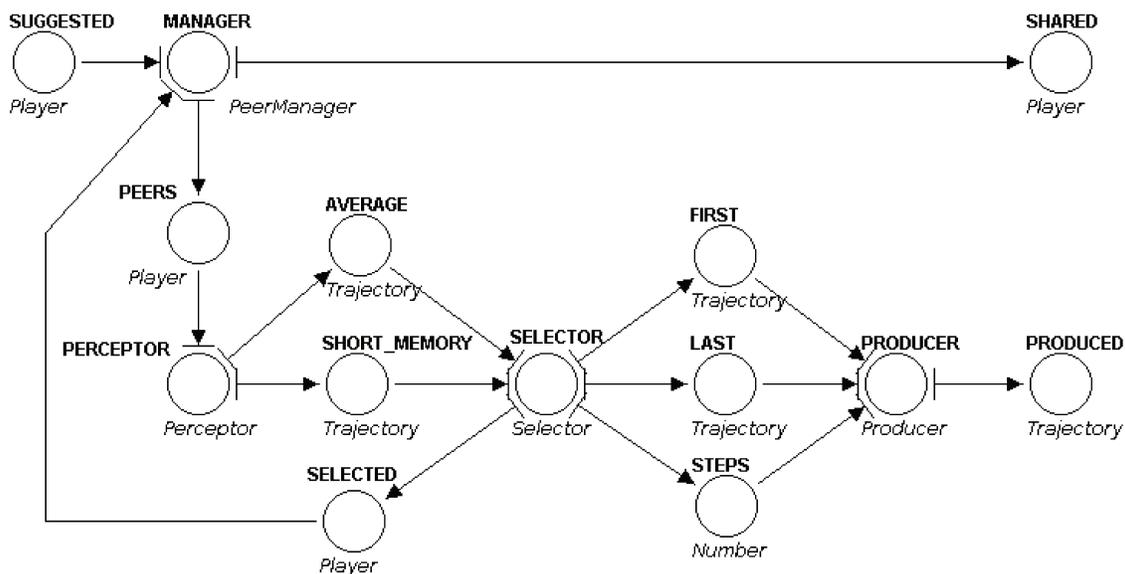


Figura 18: rede semiônica que representa o comportamento de um jogador artificial em “Acusmata”.

Isso ocorre, porém, com um foco maior no coletivo do que no individual. Assim como em um debate político ou acadêmico, existe uma tendência de os jogadores ajustarem suas ações ao gosto de seus parceiros. Isso pode dar origem a consensos negociados sobre o que vem a ser uma “boa trajetória”, e esses consensos podem se configurar como atratores que ocupam áreas específicas da rede de jogadores. Tensões e conflitos entre essas áreas e os comportamentos coletivos auto-organizados que podem emergir delas são elementos que podem tornar o processo mais rico tanto do ponto de vista da jogabilidade quanto do resultado sonoro/musical.

O primeiro protótipo foi apresentado ao público no Festival Medaisai, da Universidade de Nagoya, no dia 9 de junho de 2008, no Centro de Tecnologia da Informação na Universidade de Nagoya, cidade de Nagoya, Japão.

5 IMPLEMENTAÇÃO DIGITAL

A implementação digital de “Acusmata”¹⁴ é composta por subsistemas, ou módulos, distintos que foram desenvolvidos em paralelo. Esses módulos evoluíram em ritmos diferentes e foram modificados ou substituídos de acordo com as necessidades de modelagem para testar os conceitos de interação conforme eles foram elaborados desde o início da pesquisa. Eles compreendem:

- mecanismo de síntese sonora.
- sistema de agentes inteligentes.
- interfaces gráficas com o usuário (GUI).

O elemento que conecta esses módulos é a implementação do conceito de trajetória: um caminho em um plano multidimensional no qual cada ponto reúne os parâmetros que descrevem o material sonoro gerado na interação entre os jogadores. A interface gráfica deve permitir ao jogador observar as trajetórias geradas por seus parceiros, selecioná-las, avaliá-las, modificá-las e gerar suas próprias trajetórias. O sistema de agentes deve permitir a simulação do comportamento dos jogadores no processamento das trajetórias e, ao mesmo tempo, fornecer os jogadores artificiais, ou *non player characters* (NPCs), para o jogo. Uma vez que os jogadores humanos também atuam no jogo através de agentes controlados pela interface gráfica, as regras de interação do jogo são implementadas nos próprios agentes. E por último, o mecanismo de síntese sonora deve ser capaz de coletar as trajetórias geradas pelos jogadores, humanos ou artificiais, e transformá-las em som. A estrutura é apresentada na figura 19:

¹⁴ O aplicativo do jogo “Acusmata” e o código-fonte correspondente se encontram no CD anexado à esta tese.

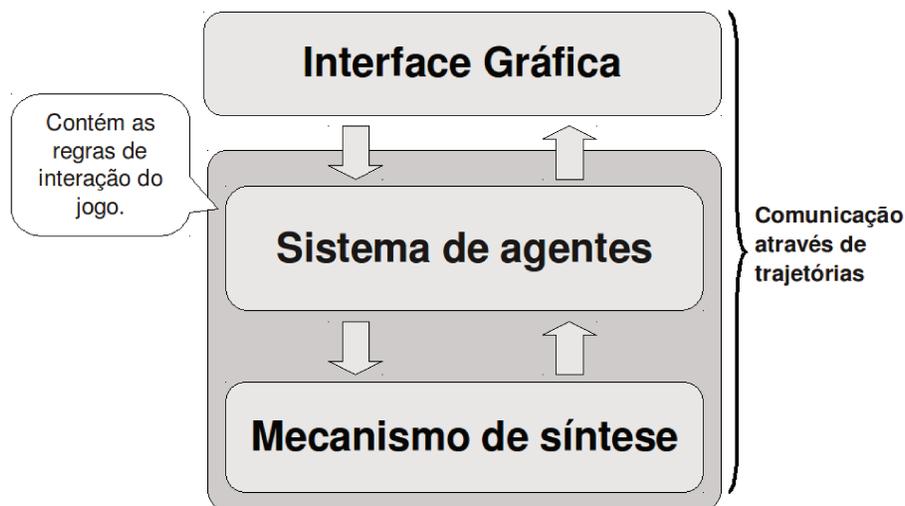


Figura 19: módulos de “Acusmata”.

Várias linguagens de programação e bibliotecas diferentes foram testadas em diferentes fases da implementação dos módulos. Em sua última versão, o sistema é implementado na linguagem de programação Java™ na forma de módulos da plataforma Netbeans™ (<<http://www.netbeans.org>>). São utilizadas as bibliotecas padrão Java™ em conjunto com as bibliotecas da plataforma Netbeans™ e, para a implementação dos agentes e de toda a comunicação em rede, foi utilizada também a biblioteca JADE™ de agentes artificiais (<<http://jade.tilab.com/>>), todas elas também escritas em Java™.

Essa plataforma foi escolhida pela facilidade de distribuição. Uma vez compilado, o código escrito em Java™/Netbeans™/JADE™ pode ser executado sem modificações em praticamente todos os sistemas operacionais disponíveis no mercado, inclusive em PDA's e *smart phones*, além de poder ser executado dentro de navegadores *web* na forma de *applets*. Isso aumenta muito a chance de sucesso na construção de redes de jogadores mais amplas para o jogo. A relação do sistema com sua plataforma de base é vista na figura 20:

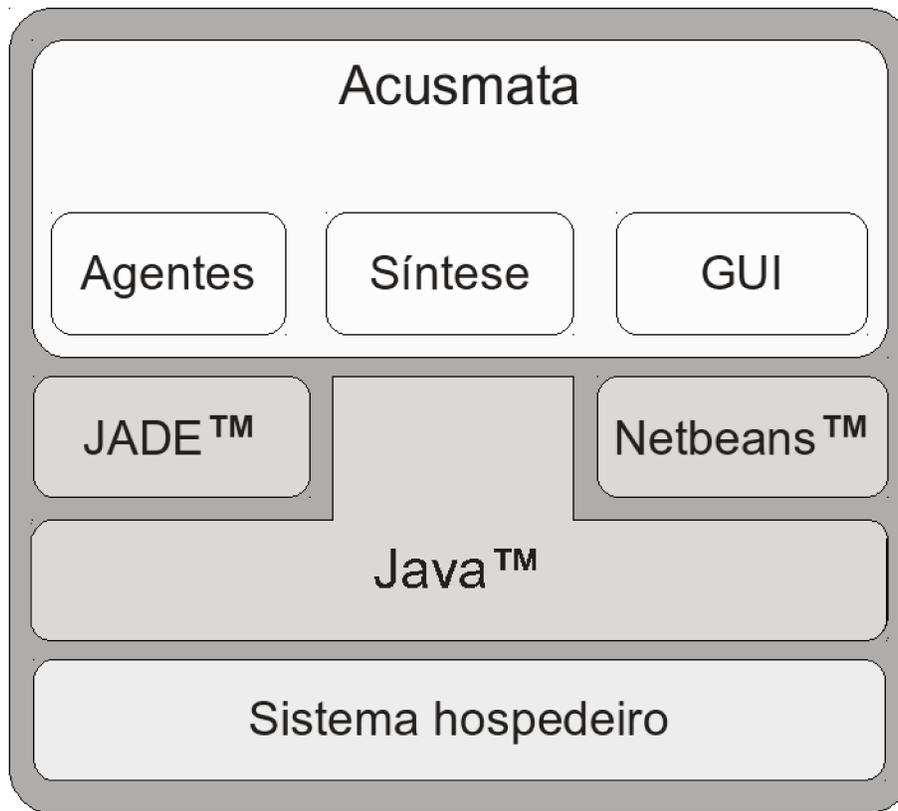


Figura 20: estrutura do sistema com suas plataformas de base.

5.1 DESCRREVENDO IDEIAS MUSICAIS COMO TRAJETÓRIAS

O elemento central do sistema é a representação paramétrica do material sonoro/musical na forma de trajetórias temporais em um espaço n-dimensional. Nesse espaço, cada dimensão corresponde a um parâmetro que descreve o material. Uma trajetória é um caminho formado por pontos dentro desse espaço onde a cada ponto é associado um valor temporal. Ela corresponde a uma ideia musical construída a partir do material representado pelo espaço.

Em termos formais, seja α um parâmetro individual do material sonoro/musical. Para $\forall \alpha_i, i \in \mathbb{Z}$ e $0 \leq \alpha_i \leq 1$, o vetor $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n]$ define o espaço de

parâmetros n-dimensional. Cada ponto nesse espaço é um vetor de parâmetros e a ideia musical como um todo corresponde a uma trajetória interpolando esses pontos. A trajetória é uma ênupla de marcas temporais denotada por $\Phi=(B_1, B_2, \dots, B_m)$ onde m é o número de marcas temporais em uma trajetória particular. Uma marca temporal é definida como $B_j=(t_i, \mathbf{a}_i)$, onde t_i é um tempo discreto após t_0 , e \mathbf{a}_i é um vetor no espaço de parâmetros α .

Esse tipo de representação é importante por oferecer um nível de abstração suficiente para permitir que muitos tipos diferentes de materiais sejam utilizados a cada seção de jogo. Uma vez que o sistema é modular, pode-se substituir os mecanismo de síntese sonora para mudar o tipo de material gerado durante as interações sem, necessariamente, modificar a programação dos agentes ou a configuração do tabuleiro do jogo. O único cuidado a se tomar, nesse caso, é preservar a dimensionalidade do espaço, ou seja, o número de parâmetros que descreve o material. Essa capacidade de abstração nos permitiu testar vários mecanismos de síntese diferentes durante a pesquisa sem modificar nenhuma linha de código nos outros módulos.

5.2 MECANISMO DE SÍNTESE SONORA

No decorrer da pesquisa, três mecanismos de síntese foram implementados para gerar o som a partir das trajetórias manipuladas pelos jogadores. Os primeiros testes do jogo utilizaram um mecanismo de síntese sonora simples baseado nos métodos de síntese FM e AM. Para a criação do espaço de parâmetros foram selecionadas qualidades sonoras descritas na espectralmorfologia de Smalley (1986) que pudessem ser facilmente associadas a parâmetros de um sintetizador FM/AM modular. Essa configuração nos permitiu estabelecer uma relação direta entre as ações dos jogadores, ao produzir e transformar as trajetórias através do espaço de parâmetros, e seu resultado sonoro. Os sons gerados por esse mecanismo, entretanto, eram simples e estereotipados demais para uma interação musical que proporcionasse o engajamento dos jogadores.

O segundo mecanismo de síntese desenvolvido foi um protótipo baseado em descrições semânticas fornecidas pelo usuário descrito em COSTA *et al.* (2007). Nesse método, o usuário cria um dicionário de parâmetros verbais, com valores variando em 0 (ausente) e 1 (presente na intensidade máxima), para descrever uma coleção de sons. Em cada som de sua coleção, ele vai marcar os momentos mais significativos e, em cada momento, determinar os valores para os parâmetros do dicionário. Dessa forma, os sons marcados pelo usuário dão origem a trajetórias dentro do espaço de parâmetros definido pelo próprio usuário. Estabelecido o espaço de parâmetros do usuário com sua coleção de trajetórias, o sistema utiliza uma rede neural de treinamento supervisionado (SCHALKOFF, 1997) para associar os pontos do espaço de parâmetros verbais a pontos no espaço de parâmetros de um sintetizador baseado em FFT.

O objetivo foi encontrar um processo heurístico que fosse capaz de aprender a forma como um indivíduo, o *designer* do jogo, atribui qualidades aos sons. Com isso, o sistema poderia transpor a separação entre as descrições qualitativas e matemáticas de um sinal sonoro de acordo com uma escuta específica.

O mecanismo obteve sucesso ao associar espaços paramétricos de baixa dimensionalidade. Porém, ao aumentar o número de parâmetros necessários para sintetizar o som, como ocorre em um sintetizador FFT, os resultados não foram satisfatórios. O problema enfrentado foi o de encontrar um ponto de união entre um sintetizador que pudesse gerar sons complexos a partir de poucos parâmetros e um método heurístico capaz de trabalhar com espaços de alta dimensionalidade.

Dada a dificuldade da tarefa e a incerteza de obter um resultado adequado em tempo hábil para a conclusão deste trabalho, optamos por desenvolver um terceiro mecanismo de síntese sonora, um pouco mais simples, mas ainda permitindo produzir sons de um grau razoável de complexidade.

O método escolhido como base para o terceiro mecanismo de síntese sonora foi o *morphing* espectral utilizando o *Reassigned Bandwidth-Enhanced Additive Model* (RBEAM) (FITZ & FULOP, 2005; FITZ *et al.*, 2002). No método original, assim como em todos os métodos de *morphing* dos quais temos conhecimento, o processo é realizado

interpolando o conteúdo espectral de dois sons de acordo com uma curva que define o grau de influência de cada som a cada momento. Para o uso em “Acusmata”, o método foi modificado de modo a fazer a interpolação dos conteúdos espectrais de N sons, cada um associado a uma curva que descreve seu grau de influência a cada momento. Esse processo foi chamado por nós de “*multi-morphing*”. A implementação de referência do método RBEAM, a biblioteca C++ “Loris” (FITZ *et al.*, 2002), foi modificada para trabalhar com trajetórias e realizar o *multi-morphing*, reimplementada em Java™ e incorporada ao “Acusmata”.

Para criar o ambiente do jogo, o *designer* escolhe uma coleção de sons e os associa a círculos coloridos e os posiciona no tabuleiro. O sistema analisa os sons através do método RBEAM e armazena a informação espectral juntamente com o tamanho da área de influência e a posição dos círculos que representam cada som. A medida que os jogadores desenham suas trajetórias no tabuleiro, o sistema usa os pontos das trajetórias para determinar a influência de cada som ao realizar o *multi-morphing* e produzir, para cada ponto da trajetória, uma interpolação dos conteúdos espectrais dos sons representados naquela área. Em áreas onde há apenas um som representado, sem sobreposição, o sistema simplesmente ressintetiza o som a partir de sua informação espectral. Onde há sobreposição de dois círculos, é feito o *morphing* simples entre os dois sons representados. Nas áreas onde há três ou mais círculos sobrepostos, o sistema realiza o *multi-morphing*. As áreas de influência de cada som, sobrepostas de forma a causar o *multi-morphing*, são mostradas na figura 21:

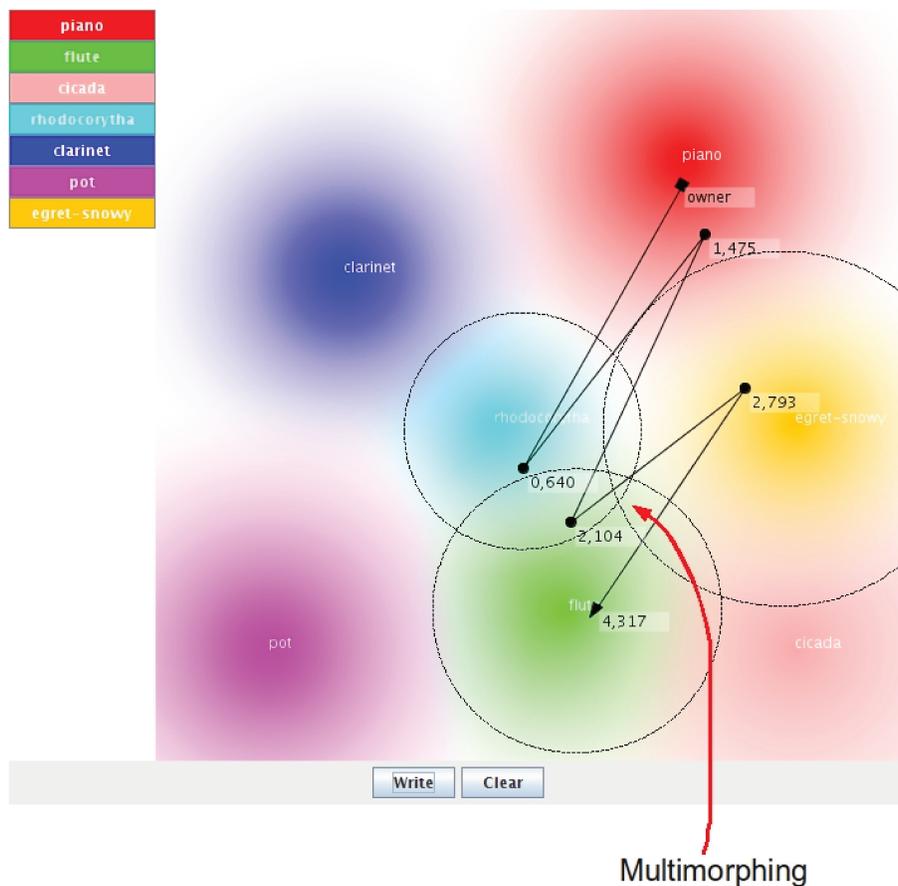


Figura 21: Interpolação entre áreas de influência de sons no *multi-morphing*.

5.3 SISTEMA DE AGENTES

O jogo possui um sistema de agentes artificiais que simulam o comportamento de um jogador humano durante a interação com as trajetórias. Esse sistema tem uma dupla função: ele pode ser usado para modelar e simular diferentes tipos de cenários de interação e testar regras ou ambientes de jogo antes de disponibilizar na rede uma nova versão do jogo. Ele também é usado para fornecer os jogadores artificiais, ou *non player characters* (NPCs) do jogo. Isso permite que, mesmo com um número reduzido de jogadores possamos ter o efeito de uma interação em redes mais amplas.

As propriedades de inicialização dos agentes, seu estado e seu comportamento

foram desenvolvidos a partir das regras de interação representadas na rede semiônica apresentada no capítulo 4. Eles foram programados para simular o comportamento de um jogador humano na exploração do tabuleiro do jogo através da criação, transformação e interpolação de trajetórias. Estratégias de variação motivica usadas em composição musical tradicional e contemporânea foram implementadas nos comportamentos dos agentes para transformação de trajetórias. Esse tipo de aplicação de sistemas multi-agentes já foi aplicado com sucesso na criação e processamento de padrões rítmicos por Gimenes *et al.* (2005).

As propriedades de inicialização dos agentes são denotadas por $Q_k(\beta, \delta, \gamma, \omega, f)$ onde $k=1,2,\dots$ é o número do jogador; β é o fator de atenção; δ é o fator de erosão da memória; γ é o fator de afeição; ω é o fator de ansiedade; f é o conjunto de preferências e $0 \leq \beta, \delta, \gamma, \omega \leq 1$.

O estado do agente durante o jogo é denotado por $P_{k,t}(s, \mathbf{r}, \mathbf{g}, \mathbf{m}, \Phi_0, \Phi_i, \Phi_l)$ onde $k=1,2,\dots$ é o número do agente e $t=0,1,\dots$ é o tempo; s é a pontuação do agente; \mathbf{r} é a lista de parceiros; \mathbf{g} é o *buffer* de escuta; \mathbf{m} é o *buffer* de memória; Φ_0 é a trajetória de referência (a trajetória escolhida); Φ_i é a trajetória sendo tocada atualmente e Φ_l é a trajetória alvo do processo de transformação de trajetórias. As atividades e estados de um agente nesse sistema são resumidas na figura 22:

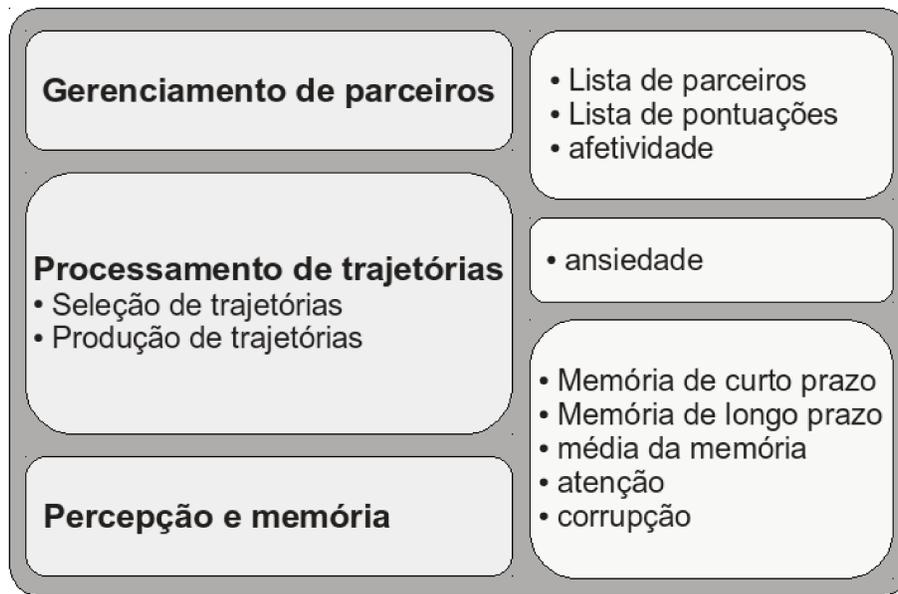


Figura 22: estrutura resumida do agente.

Para descrever o comportamento dos agentes, resumido no diagrama da figura 23, podemos retomar o exemplo ilustrado nas figuras 12 a 16 do capítulo 4. Descreveremos cada uma daquelas ações como se fossem realizadas não por jogadores humanos, mas por agentes artificiais. As figuras 13 a 16 são apresentadas de forma condensada na figura 24 para facilitar a visualização.

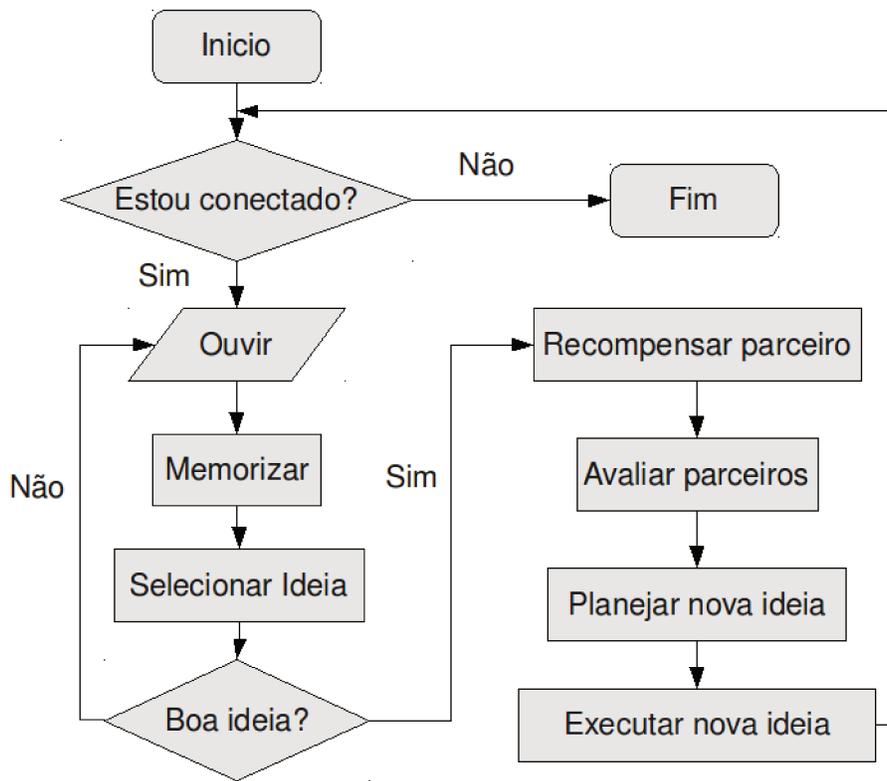


Figura 23: fluxograma do comportamento de um agente.

Os agentes, em sua implementação atual, são reativos: eles necessitam de que um certo número de trajetórias se acumule em sua memória para criar um contexto sobre o qual eles possam agir. Suponhamos que as quatro primeiras trajetórias de nosso exemplo tenham sido recebidas em sequência por nosso agente. Cada uma delas será armazenada na memória de curto prazo e sofrerá uma leve distorção de seus valores que será inversamente proporcional ao coeficiente de atenção do agente. A trajetória anteriormente armazenada na memória de curto prazo, se houver alguma, será transferida para a memória de longo prazo e todas as trajetórias lá armazenadas sofrerão uma leve distorção de seus valores que será diretamente proporcional ao coeficiente de corrupção do agente. Se o número de trajetórias armazenadas na memória de longo prazo for suficiente para estabelecer um contexto, o agente criará uma trajetória que representará os valores médios dos pontos de todas as trajetórias armazenadas na memória de longo prazo. A média é calculada a partir da

distância euclidiana entre duas trajetórias ponto por ponto. No caso de duas trajetórias com diferentes quantidades de pontos, a menor terá seus pontos interpolados tomando como referência os pontos da maior. Essa trajetória média servirá de referência para a comparação com as trajetórias recebidas.

Ao fazer a comparação entre a trajetória recebida e a trajetória média o agente tem duas opções. Se a trajetória recebida é semelhante à trajetória média, e essa média tem se mantido estável por um tempo longo o suficiente, ele pode produzir uma trajetória de variação que seja tão diferente quanto possível da média. Caso contrário, se a trajetória recebida for diferente da média e essa média não estiver estável, ele pode tomar a trajetória recebida como ponto de partida para uma interpolação progressiva entre ela e a média. Em ambos os casos, o quanto um agente pode esperar por um determinado contexto depende de seu coeficiente de ansiedade.

Assim, em nosso exemplo, o agente é criado e conectado a alguns parceiros em uma rede *peer-to-peer* (P2P). Ele fica atento às trajetórias geradas por seus parceiros e aguarda até que sua memória tenha acumulado um número suficiente de trajetórias sobre as quais ele possa atuar. Após quatro trajetórias (4 primeiros quadros da figura 24) o agente já acumulou informação suficiente para tomar uma decisão. Ele decide que as últimas trajetórias geradas são semelhantes à média das trajetórias em sua memória e que, por isso, o contexto está estável por tempo suficiente. Nessa situação, ele toma a última trajetória recebida como modelo.

Os parceiros que tem suas trajetórias escolhidas como modelo tem sua pontuação incrementada como um bom criador de trajetórias estáveis ou de variação. Assim, ao tentar aumentar sua pontuação eles tendem a se especializar em um tipo específico de trajetória. Parceiros com pontuações altas ganham o direito de compartilhar as conexões de seus parceiros imediatos na topografia da rede de jogadores, aumentando dessa forma seu raio de ação e seu número de ouvintes. Parceiros que permanecem por muito tempo com a pontuação baixa para um ouvinte são desconectados desse ouvinte. Alguns agentes são mais complacentes na avaliação de seus parceiros do que outros, dado o valor de seu “fator de afetividade”.

Após selecionar uma trajetória como modelo em um contexto estável, o agente gera uma trajetória de variação que seja tão diferente quanto possível desse modelo e a executa. Executar, nesse caso, significa apresentar a representação visual da trajetória no tabuleiro, tocar o som correspondente e enviá-la para as memórias de curto prazo dos outros agentes artificiais. Essa trajetória de variação aparece no quinto quadro da figura 24.

Uma trajetória de variação executada sobre um contexto que permaneceu algum tempo estável deve chamar a atenção de outros agentes. Assim, ela é selecionada por um segundo agente como modelo de trajetória de variação e o agente que a gerou recebe pontos por ter sua trajetória selecionada. O agente que selecionou a trajetória de variação tentará estabilizar o contexto novamente. Para isso, ele usará a trajetória selecionada como ponto de partida para uma sequência de 3 trajetórias que serão interpoladas progressivamente em direção à média da memória do agente (3 últimos quadros da figura 24).

Podemos retomar o exemplo apresentado no capítulo 4 e ilustrado nas figuras 12 a 16, e descrever cada uma daquelas aquelas ações caso fossem tomadas não por jogadores humanos, mas por agentes artificiais. As figuras 13 a 16 são apresentadas de forma condensada na figura 24 para facilitar a visualização.

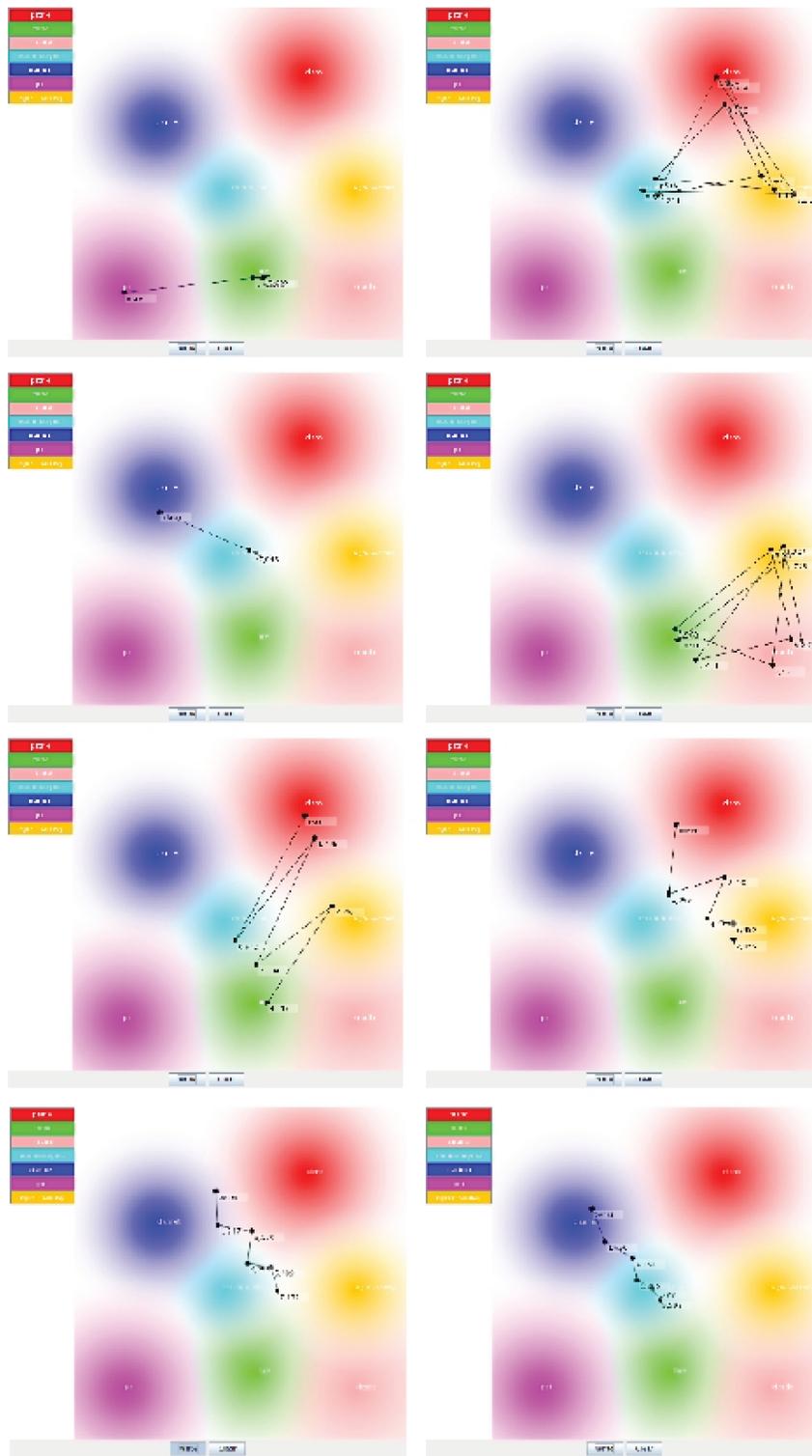


Figura 24: versão condensada do exemplo apresentado no capítulo 4.

A implementação das redes semiônicas de Gudwin (2002) previa originalmente um mecanismo para programar agentes inteligentes diretamente a partir dos diagramas da rede. Essa implementação, porém, não foi concluída. Isso nos levou a buscar um *framework* alternativo para a implementação de agentes modelados nas redes semiônicas. O escolhido foi a biblioteca JADE™ (<<http://jade.tilab.com>>). Essa biblioteca permite a execução de agentes leves que já contém, neles mesmos, todo o código necessário para operar em redes P2P, como códigos de busca e “páginas amarelas”, e os protocolos para a transmissão dos dados da ontologia dos agentes. Por esse motivo, toda a comunicação em rede entre os jogadores, mesmo humanos, é feita através de agentes JADE™. Existem ainda, versões da bibliotecas implementadas especialmente para dispositivos portáteis de pequeno porte, como, por exemplo, celulares comuns, permitindo a futura exploração dessas plataformas.

5 Considerações Finais e Apontamentos para o Futuro

Neste trabalho demonstramos a aplicação de modelos usados pela indústria de jogos no desenvolvimento de sistemas musicais interativos. Essa aplicação nos permitiu ampliar o conceito de meta-composição para incorporar não somente os processos computacionais, mas os processos interativos: os encontros entre pessoas. Esse novo conceito oferece ao compositor a oportunidade de elaborar interações musicais que podem ser abertas simultaneamente em diferentes níveis: na percepção de cada ouvinte, nas ações dos participantes e na implementação dos algoritmos que estruturam o material.

Esse grau de abertura permite também a criação de estratégias de interação das quais possam emergir comportamentos coletivos complexos e auto-organizados. Nos atratores que podem se estabelecer a partir desses comportamentos residirá a identidade do processo. A presença do autor não é mais sentida na identidade sonora do material, mas no jogo de encontros do qual essa identidade emerge a cada interação, *a posteriori* da percepção e da ação. Surge uma música que pertence tanto ao compositor que concebeu e deu início ao jogo e seu ambiente sonoro quanto às pessoas que nele transitam como jogadores disputando a atenção de seus parceiros para novas formas de explorar o material sonoro/musical. Essa música não existe como uma unidade na mente de qualquer um de seus participantes, nem pode ser localizada em qualquer ponto da topografia da rede de jogadores. Ela é um processo contínuo e não centralizado que se alimenta dos encontros entre pessoas ocupadas em compartilhar e influenciar as escutas umas das outras.

Nosso modelo de interação musical pode ser abordado sob um olhar duplo: ao mesmo tempo que ele serve de ponto de partida para a experimentação artística, ele possibilita a exploração de novas abordagens na educação musical. Essa duplicidade se dá por causa de uma característica peculiar do jogo: ele é aprendido no ato de jogar. Ao contrário do que é atribuído à prática musical pelo senso comum, um jogo, normalmente,

não necessita de treinamento prévio. Qualquer pessoa pode se sentir à vontade ao explorar um jogo sem o compromisso da excelência técnica. Um jogo de interações musicais como o proposto por nós pode, desta forma, borrar a linha que separa a performance artística da interação com fins pedagógicos. Dado que em uma mesma sessão de jogo podem se engajar pessoas com níveis de treinamento musical completamente diferentes, performance e musicalização podem ocorrer, até mesmo, simultaneamente.

A partir dessa experiência foram implementadas ferramentas digitais que possuem duas áreas de aplicação: elas oferecem ao compositor a possibilidade de modelar contextos interativos, elaborar regras de interação, convidar as pessoas a interagirem através da manipulação de sons e interferir nos processos enquanto eles ocorrem. Ao mesmo tempo, elas podem ser úteis aos educadores musicais que optarem por trabalhar a partir de jogos que envolvam escuta e manipulação do material sonoro. Essas ferramentas foram reunidas em um jogo digital em rede chamado “Acusmata”.

Para o desenvolvimento de “Acusmata” foi estabelecido um recorte entre as diversas disciplinas que podem servir de base para o desenvolvimento de um aplicativo que conecte tantas áreas do conhecimento distintas. Seu caráter modular, entretanto, nos oferece uma plataforma aberta o suficiente para prosseguir com as experimentações com novas abordagens sobre processos interativos, representações gráficas dos sons e suas relações, e mecanismos de síntese alternativos.

Além de buscar a conclusão da implementação do mecanismo de síntese semântica, em um futuro próximo, daremos prosseguimento às pesquisas com o uso de agentes na modelagem das interações. Em particular, buscaremos o desenvolvimento de novos métodos para tornar os agentes mais inteligentes. Diferentes tipos de heurística podem fazer com que os agentes sejam capazes de aprender durante a interação, acentuando o caráter evolutivo do sistema e aumentando o dinamismo do jogo. Além disso, elas podem tornar os agentes mais “conscientes” do contexto em que se inserem e mais capazes de atribuir valor a áreas diferentes do tabuleiro e a trajetórias armazenadas em sua memória.

Um outro passo importante a ser dado é a reunião de um corpo fixo de pesquisadores e desenvolvedores que possam aprimorar o software e criar canais para sua

divulgação e distribuição. O jogo deve alcançar um nível de distribuição capaz de formar redes grandes o suficiente para abrigar grupos e subgrupos de jogadores interagindo, compartilhando suas escutas e disputando a audiência de seus parceiros. Somente nesse momento o jogo “Acusmata” passará a existir como composição musical.

Os dados coletados através dos usuários do jogo serão muito úteis para o incremento do *software* e das regras de interação. Eles nos permitirão realizar testes de jogabilidade para tornar mais claras as eventuais deficiências de nossa implementação e detectar espaços para melhora. E, principalmente, eles tornarão possível elaborar testes para determinar quais características das regras do jogo e de seu material tem mais influência sobre a possibilidade de emergência de comportamentos auto-organizados. Desses últimos testes surgirão as novas estratégias de interação a serem implementadas. Estratégias que alimentarão os debates a respeito da plataforma, de novas propostas para a conexão entre música e jogos e o papel do compositor nesse contexto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATLAN, H. **Entre o Cristal e a Fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 1992.

BARBOSA, A.; KALTENBRUNNER, M. Public Sound Objects: A Shared Musical Space on the Web. In: **Proceedings of Second International Conference on WEB Delivering of Music**. Darmstadt, 2002.

BJÖRK, S.; HOLOPAINEN, J. **Patterns in Game Design**. Hingham, MA: Charles Rivers, 2005.

BLAINE, T.; FELS, S. Contexts of Collaborative Musical Experiences. In: **Proceedings of Conference on New Interfaces for Musical Expression**. Montreal, 2003.

COSTA, C. **Controle de Síntese Sonora por Analogia Acústica e Semântica aplicando Computação Bio-Inspirada**. Dissertação. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, UNICAMP, 2007.

COSTA, C.; MANZOLLI, J.; VON ZUBEN, F.; FURLANETE, F. Sound Synthesis based on Semantic Descriptors. In: **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Computação e Música**. São Paulo, 2007.

_____ . Using Sound Streams as a Control Paradigm for Texture Synthesis. In: **Anais do XVI Congresso da ANPPOM**. Brasília, 2006.

DEBRUN, M. A Ideia de Auto-Organização. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M. E. Q.; PESSOA Jr., O. (orgs). **Auto-Organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais e humanas, e artes**, p. 3-24. Campinas : UNICAMP. 1996(a).

_____. A Dinâmica de Auto-Organização Primária. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M. E. Q.; PESSOA Jr., O. (orgs). **Auto-Organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais e humanas, e artes**, p. 25-59. Campinas : UNICAMP. 1996(b).

DESAIN, P.; HONING, H. Letter to the editor: the mins of Max. In: **Computer Music Journal**, v. 17(2), pg 3-11, 1993.

DI SCIPIO, A. Inseparable Models of Materials and of Musical Design in Electroacoustic and Computer Music. **Journal of New Music Research**. v. 24, pg 34-50, 1995.

ECO, Umberto (1968). **Obra Aberta: Forma e indeterminação nas poéticas contemporâneas**, 8ª edição. São Paulo: Perspectiva, 1991.

EMMERSON. S. **The Language of Electroacoustic Music**. New York: Harwood Academic. 1986

FITZ, K.; HAKEN, L.; LEFVERT, S.; O'DONNELL, M. Sound Morphing using Loris and

the Reassigned Bandwidth-Enhanced Additive Sound Model: Practice and Applications. In: **Proceedings of International Computer Music Conference**. Gothenburg, 2002.

FITZ, K.; FULOP, S. A. A Unified Theory of Time-Frequency Reassignment. In: **Digital Signal Processing**, v. 9, 2005 .

FURLANETE, F.; MANZOLLI, J. Interações Musicais em Rede. In: **Anais do X Simpósio Brasileiro de Computação e Música**. Belo Horizonte, 2005.

FURLANETE, F.; MANZOLLI, J. Composição de Interações Musicais em Rede. In: **Anais do XV Congresso da ANPPOM**. Rio de Janeiro, 2005.

GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R.; VLISSIDES, J. **Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software**. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley, 1995.

GIMENES, M.; MIRANDA, E. R.; JOHNSON, C. A. A Memetic Approach to the Evolution of Rhythms in a Society of Software Agents. In: **Anais do X Simpósio Brasileiro de Computação e Música**. Belo Horizonte, 2005.

GUDWIN, R. R. **Semiônica: Uma proposta de Contribuição à Semiótica Computacional**. Instituto de Engenharia Elétrica, UNICAMP. Campinas, 2002 .

GUDWIN, R. R.; GOMIDE, F. A. C. Object Network: A Formal Model to Develop Intelligent Systems. In: PEDRYCZ, W.; PETERS, J. F. (orgs). **Computational Intelligence in Software Engineering**. World Scientific, 1998.

HUIZINGA, J. (1938) **Homo Ludens** (5a edição). São Paulo: Perspectiva, 2005.

JUUL, J. The Open and the Closed: Games of emergence and games of progression. In: **Proceedings of Computer Games and Digital Cultures Conference**. Tampere, 2002.

LASKE, O. Toward an Epistemology of Composition. In: **Interface**, v. 20, pg 235-269, 1991(a).

_____. Composition Theory: Introduction to the Issue. In: **Interface**, v. 20, pg 125-136, 1991(b).

_____. Composition Theory: An Enrichment of Music Theory. In: **Interface**, v. 18, pg 45-59, 1989.

LUVIZOTTO, A. L.; FURLANETE, F.; MANZOLLI, J. Microfonia e Distorção na Guitarra Sob a Ótica de Waveshaping. In: **Anais do XVI Congresso da ANPPOM**. Brasília, 2006.

MACHOVER, T. My Cello. In: **Evocative Objects: Things We Think With**. Massashussets: The MIT Press, 2007.

_____. Dreaming a New Music. In: **Chamber Music**, v. 23, n. 5, October, 2006.

_____. Shaping Minds Musically. In: **BT Technology Journal**, v. 22, n. 4,

2004.

MANNINEN, T. Towards Communicative, Collaborative and Constructive Multi-player Games. In: **Proceedings of Computer Games and Digital Cultures Conference**. Tampere, 2002.

MANZOLLI, J. Auto-organização: um paradigma composicional. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M. E. Q.; PESSOA Jr., O. (orgs). **Auto organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais e humanas, e artes**. Campinas: UNICAMP, 1996.

_____. **Non-Linear Dynamics and Fractals as a Model for Sound Synthesis and Real-Time Composition**. Tese de Doutorado, Nottingham: University of Nottingham, 1993.

NYMAN, M. **Experimental Music: Cage and Beyond**. London: Studio Vista, 1974.

OLIVEIRA, L. C.; FURLANETE, F.; GOLDEMBERG, R.; MANZOLLI, J. Modelo Empírico da Sonoridade da Clarineta Aplicado como Ferramenta Composicional. In: **Anais do XVI Congresso da ANPPOM**. Brasília, 2006.

PETERSON, J. L. **Petri Net Theory and the Modeling of Systems**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1981.

POSPELOV, D. A. **Situational Control: Theory and Practice**. Moscou: Nauka, 1986. Tradução não publicada do original em russo.

PRATES, E. **Letterblocks para Voz e Instrumentos**. 1995. Disponível em <<http://www.geocities.com/Vienna/9128/lblock.htm>>. Acessado em 13/01/2006.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. (1984) **A Nova Aliança**, 3ª edição. Brasília: UNB, 1997.

RAMAKRISHNAN, C.; FREEMAN, J.; VARNIK, K. The Architecture of Auracle: A Real-Time, Distributed, Collaborative Instrument. In: **Proceedings of Conference on New Interfaces for Musical Expression**. Hamamatsu, 2004.

ROADS, C. **Computer Music Tutorial**. Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.

ROWE, R. **Machine Musicianship**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2001.

_____. The Aesthetics of Interactive Music Systems . In: **Contemporary Music Review** , v. 18-3, p. 83-87 , 1999.

_____. Incrementally Improving Interactive Music Systems . In: **Contemporary Music Review** , v. 13-2, p. 47-62 , 1996.

_____. **Interactive Music Systems: Machine Listening and Composing**. Cambridge, MA: The MIT Press, 1993

SANCHES, A. M.; CACIONE, C. E. S.; FURLANETE, F. Representação Visual na Educação Musical: Relato de Experiência. In: **Anais do XIV Encontro Anual da ABEM**.

Belo Horizonte, 2005.

SANCHES, A. M.; FURLANETE, F. Representações Visuais na Educação Musical. In: **Anais do XV Congresso da ANPPOM**. Rio de Janeiro, 2005.

SANCHES, A. M.; BELLAVER, C. H.; FURLANETE, F. Suporte digital, representação visual e jogos na educação musical. In: **Anais do II Seminário Musica, Ciência e Tecnologia: Realidade Virtual Sonora**. Campinas, 2005.

SCHAEFFER, P. **Traité des Objects Musicaux [Nouvelle Edition]**. Paris: Seuil. 1966.

SCHAFFER, J.; MCGEE, D. **Knowledge-Based Programming for Music Research**. Madison: A-R Editions. 1997.

SCHALKOFF, R. J. **Artificial Neural Networks**. Columbus: The McGraw-Hill Companies. 1997.

SILVA, M. E.; GUDWIN, R. Um Tutorial em Controle Situacional Semiótico. In: **Anais do V Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. Canela, 2001.

SMALLEY, D. Spectromorphology and Structuring Processes. In: EMMERSON, S. (org). **The Language of Electroacoustic Music**. New York: Harwood Academic Publishers, 1986.

STRAVINSKY, I. **Poética Musical em 6 Lições**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 1996.

TATAI, V. K. **Técnicas de Sistemas Inteligentes Aplicadas ao Desenvolvimento de Jogos de Computador**. Dissertação. Instituto de Engenharia Elétrica, UNICAMP. Campinas, 2002.

TAUBE, H. K. **Notes from the Metalevel**. Illinois: Routledge. 2004.

TRUAX, B. Capturing musical knowledge in software systems. In: **Interface**, v. 20, pg 217-233, 1991.

VIEIRA, M. J.; FURLANETE, F. A utilização de jogos eletrônicos na musicalização de crianças. In: **Anais do XV Congresso da ANPPOM**. Rio de Janeiro, 2005.

WITTGENSTEIN, L. **Philosophical Investigations**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1953.

XENAKIS, I. **Formalized Music**. Bloomington: Indiana University. 1971.

ZAGAL, J.; MATEAS, M.; FERNANDEZ-VARA, C.; HOCHHALTER, B.; LICHTI, N. **Towards an Ontological Language for Game Analysis**. In: *Proceedings of the Digital Interactive Games Research Association Conference (DiGRA 2005)*, Vancouver B. C., 2005.

ZAMPRONHA, E. S. **Notação, Representação e Composição: Um novo Paradigma da Escritura Musical**. São Paulo: Annablume, 2000.

APÊNDICES

Apêndice 1

Partitura e Bula para Jogo de Cartas

Jogo de Cartas

p/ 2 ou mais instrumentistas

Fábio Furlanete © 2004

Cada uma das 76 cartas contém 5 linhas com parâmetros aproximados para a improvisação do jogador. As linhas ocorrem na seguinte ordem: articulação, andamento, altura, intensidade e tipo de transição.

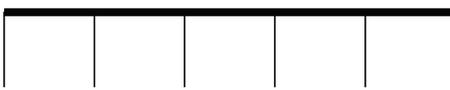
As articulações podem ser de dois tipos:

- sons destacados:

- sons ligados: 

Assim como os andamentos:

- rápido: 

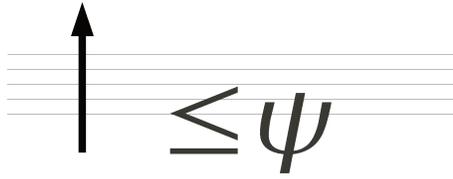
- lento: 

A linha de alturas contém 2 tipos distintos de informação. A primeira, referente ao registro dos sons, e a segunda, sobre o tipo de intervalos.

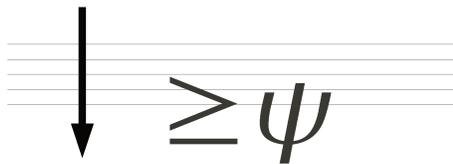
- agudo, intervalos maiores que o trítono:



- agudo, intervalos menores que o trítono:



- grave, intervalos maiores que o trítono:



- grave, intervalos menores que o trítono:



A quarta linha contém as dinâmicas, que podem ser:

- piano: *p*

- forte: *f*

A linha dos tipos de transição, assim como a das alturas, contém dois tipos de informação. Além do tipo de transição de todos os parâmetros da carta atual para a próxima, determinada pela cabeça da seta, a duração do trecho é determinada pelo comprimento do traço.

- trecho curto, transição abrupta:



- trecho curto, transição gradual:



- trecho longo, transição abrupta:



- trecho longo, transição gradual:



Ao iniciar o jogo, as cartas devem ser embaralhadas com as faces dos signos ocultas aos jogadores. Aproximadamente metade das cartas (± 36) devem ser repartidas igualmente entre os jogadores. O restante deve ser colocado no centro da mesa e as duas primeiras cartas do monte devem ser abertas.

O primeiro músico escolherá uma de suas cartas que tenha apenas 2 parâmetros diferentes da segunda carta e começará a improvisar com os parâmetros da primeira carta fazendo a transição para a carta escolhida. Esta será colocada na mesa na última posição.

O segundo músico escolherá uma de suas cartas que tenha apenas 2 parâmetros

diferentes da última carta e começará a improvisar com os parâmetros da penúltima fazendo a transição para a carta escolhida. Esta será colocada na mesa na última posição.

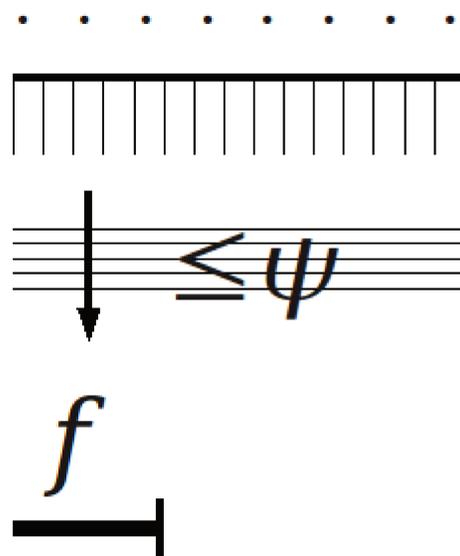
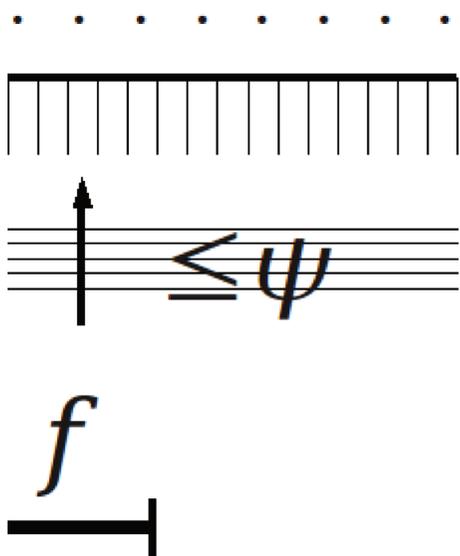
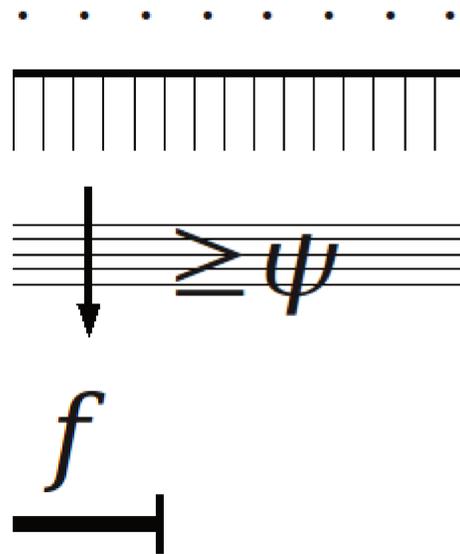
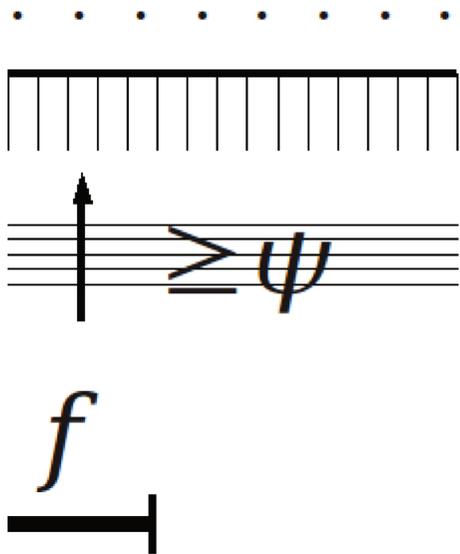
E assim sucessivamente até que algum dos músicos descarte todas as suas cartas, terminando o jogo.

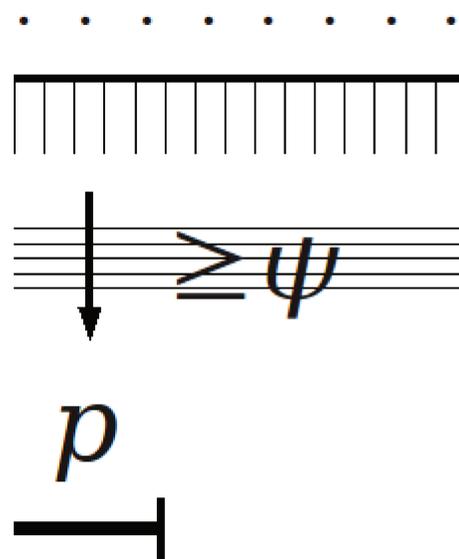
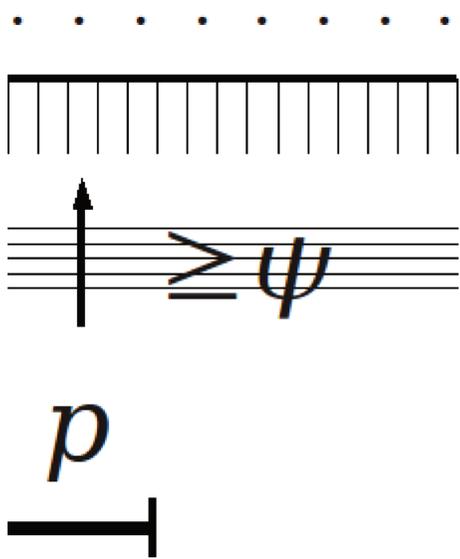
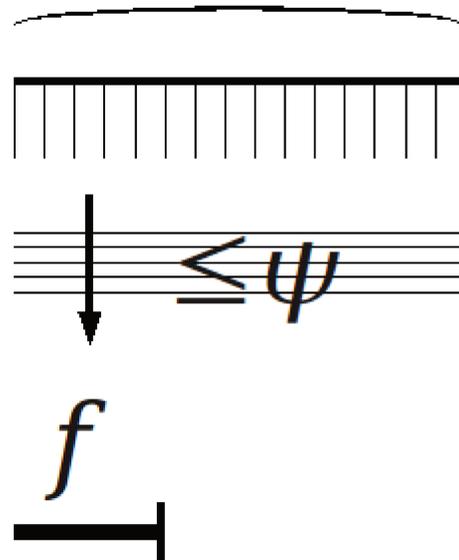
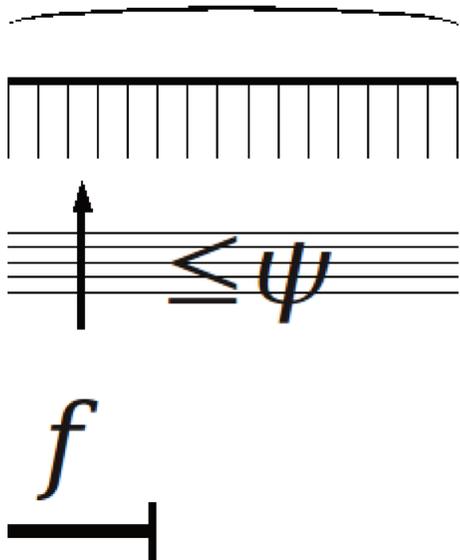
Entre o fim de uma transição e o início da próxima pode haver pausa.

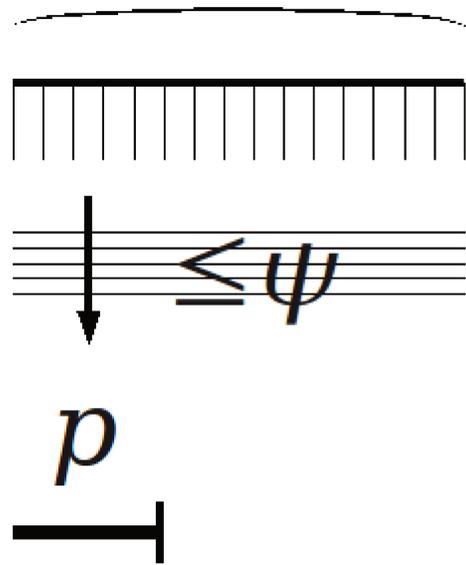
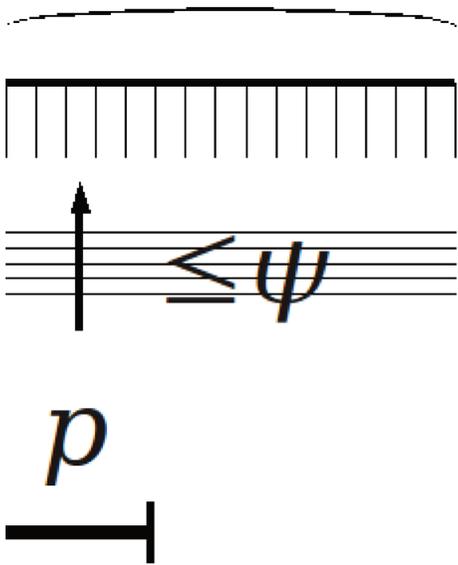
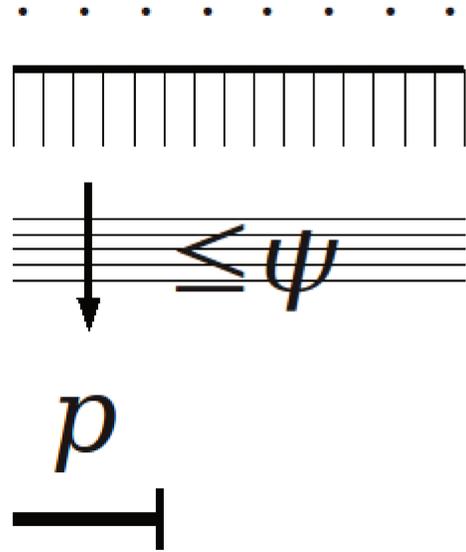
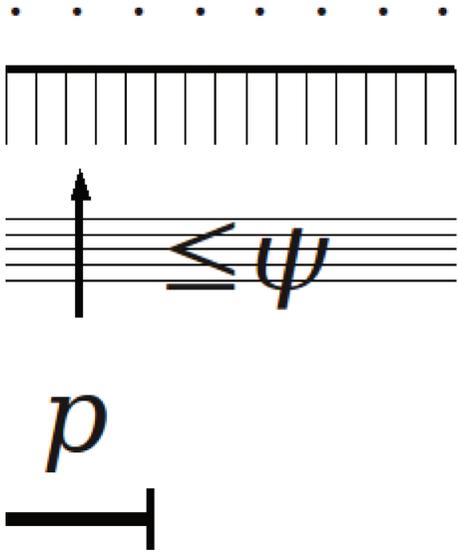
Se algum dos jogadores ficar sem opções para continuar, deverá pegar cartas do monte até que encontre uma opção.

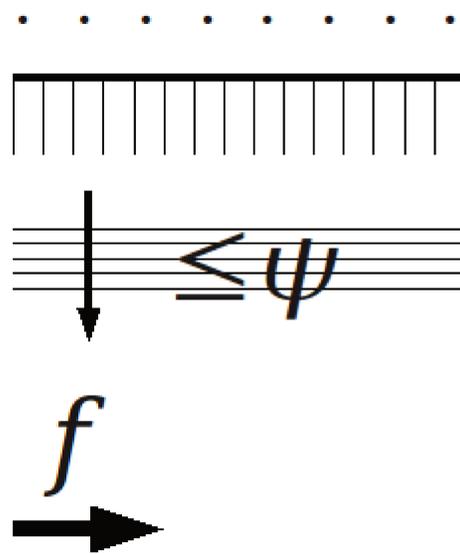
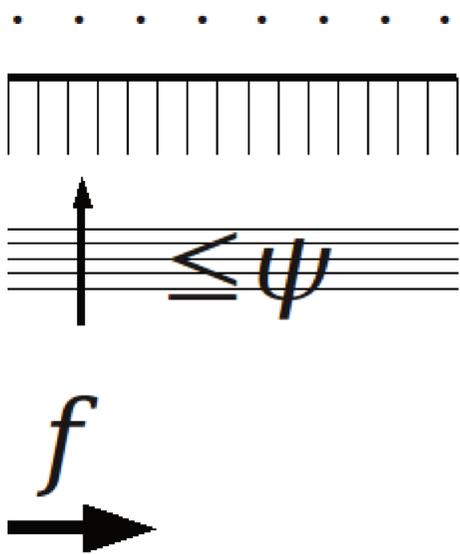
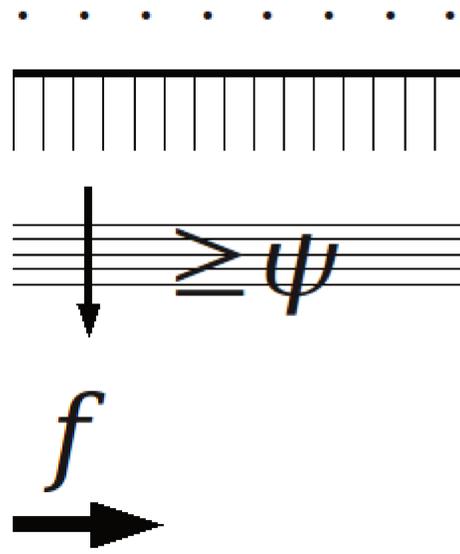
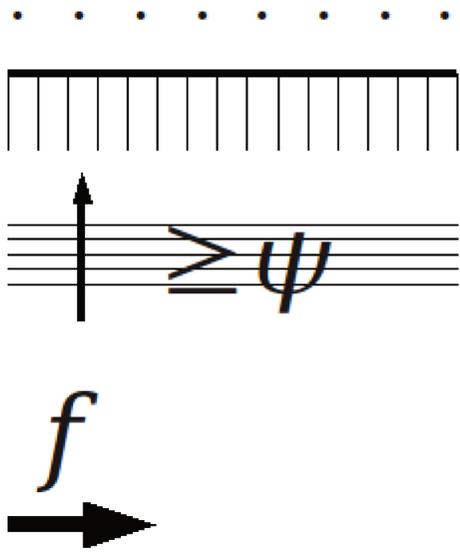
Instrumentos harmônicos podem tocar agregados sonoros respeitando os parâmetros para alturas.

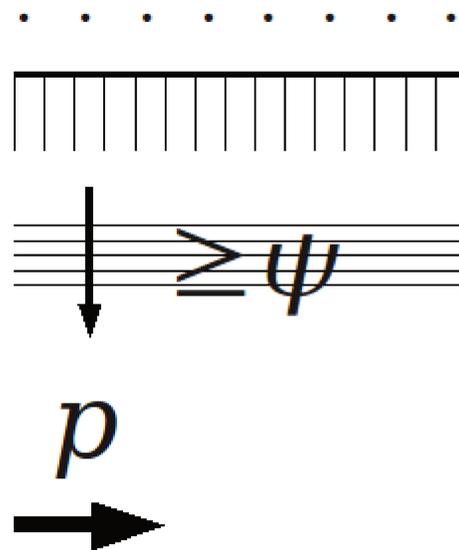
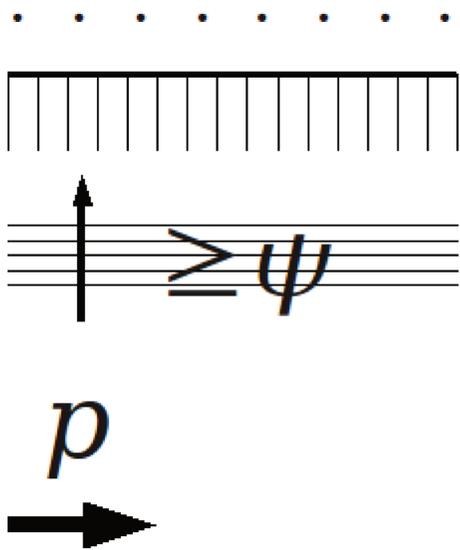
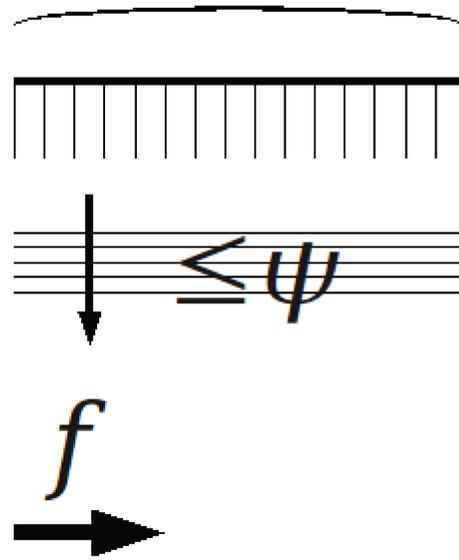
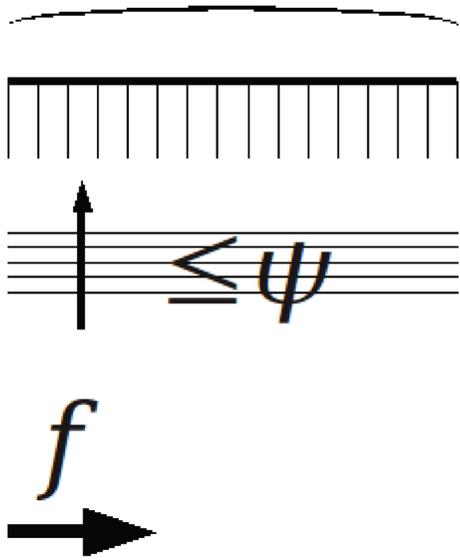
As cartas devem ser recortadas e coladas em cartolina ou papel cartão.

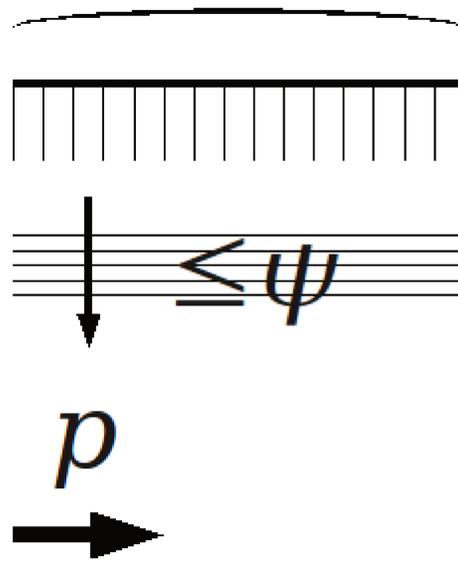
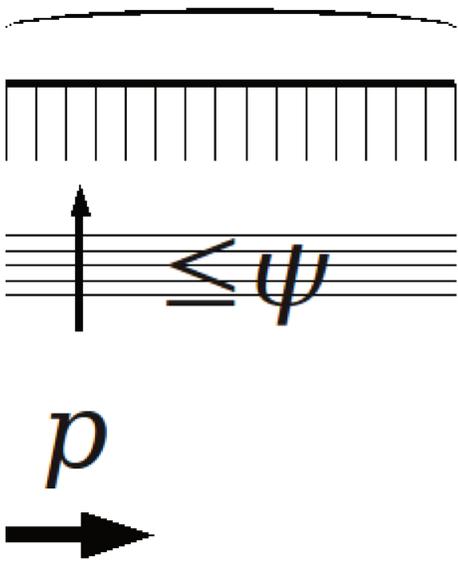
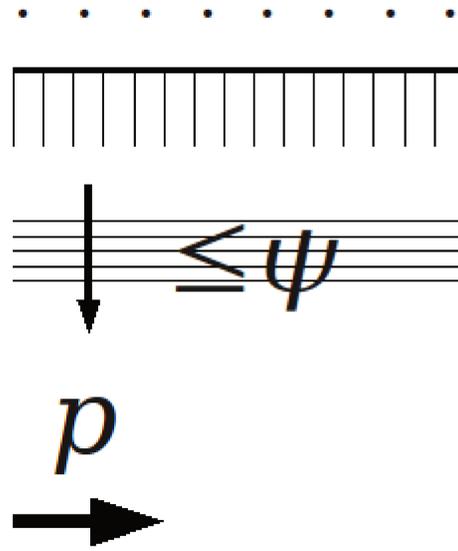
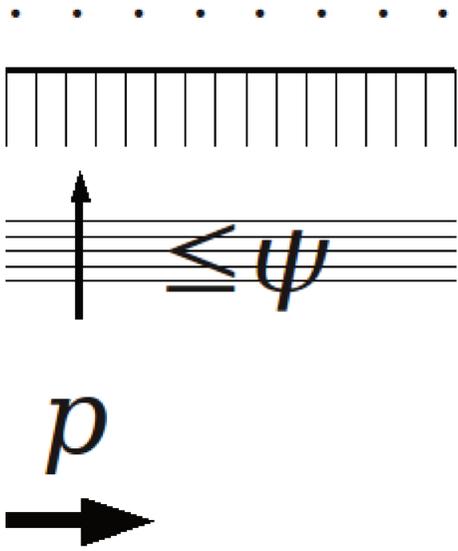


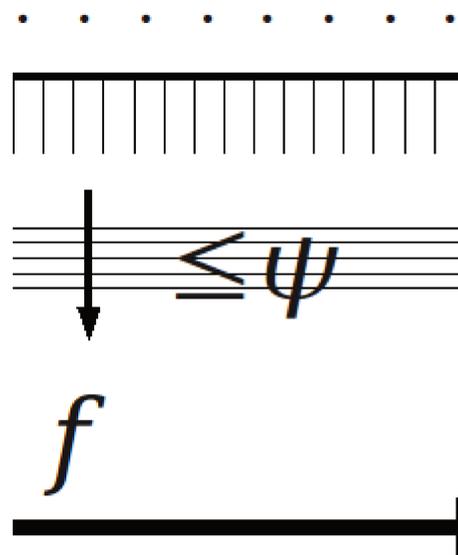
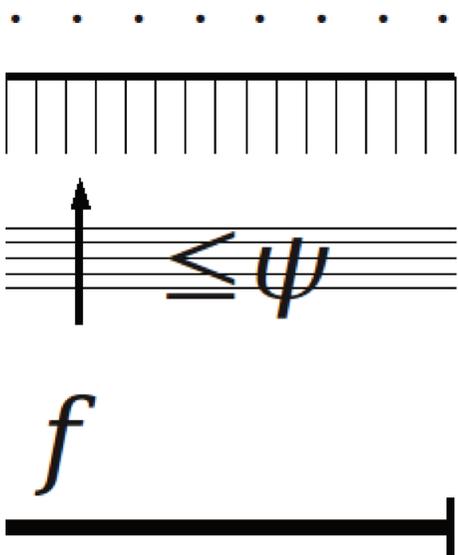
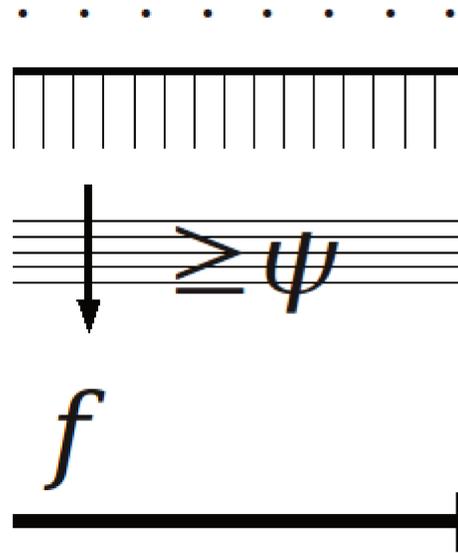
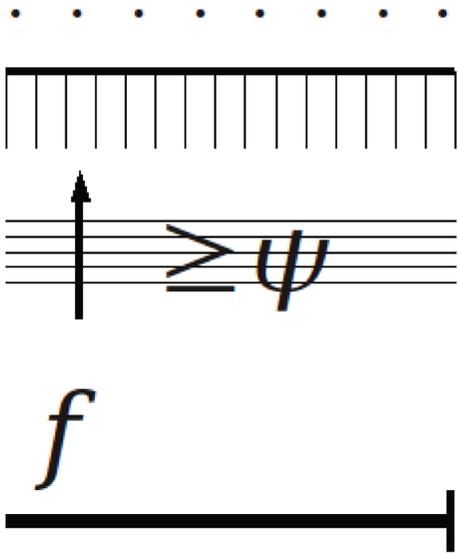


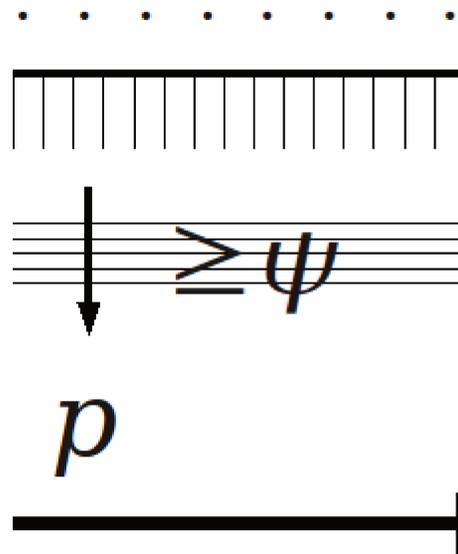
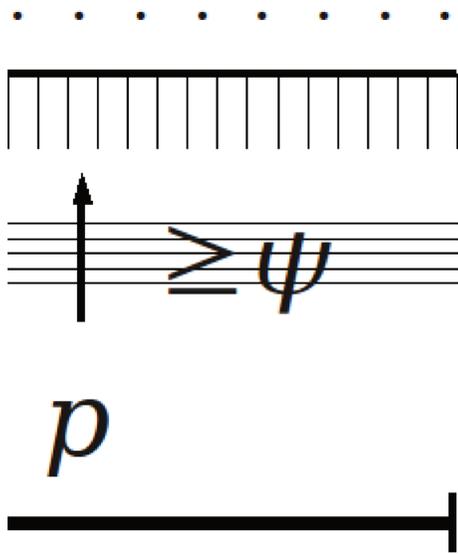
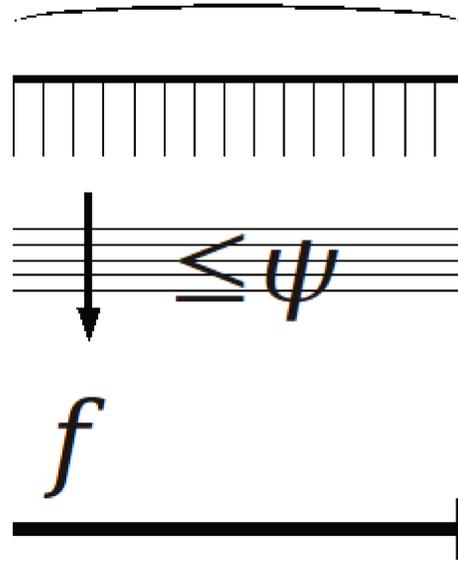
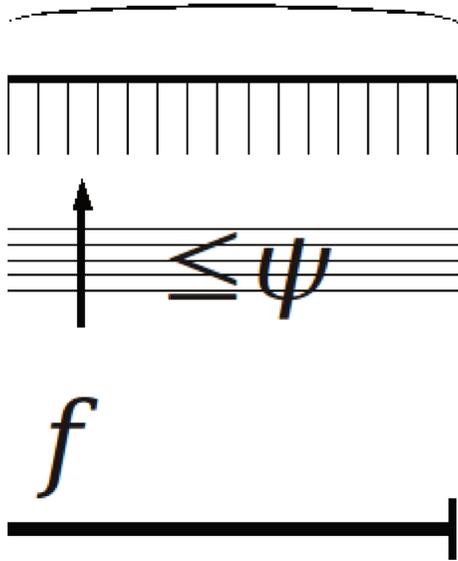


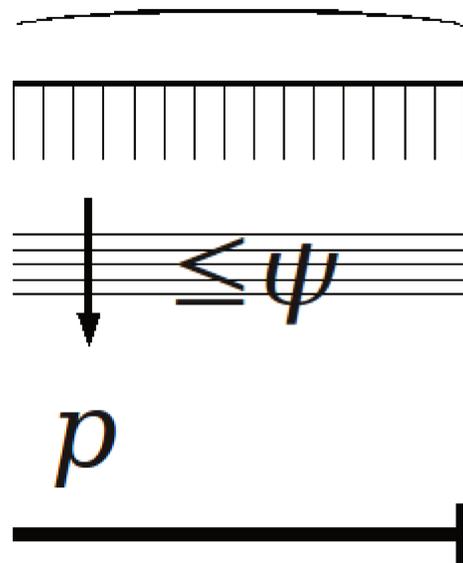
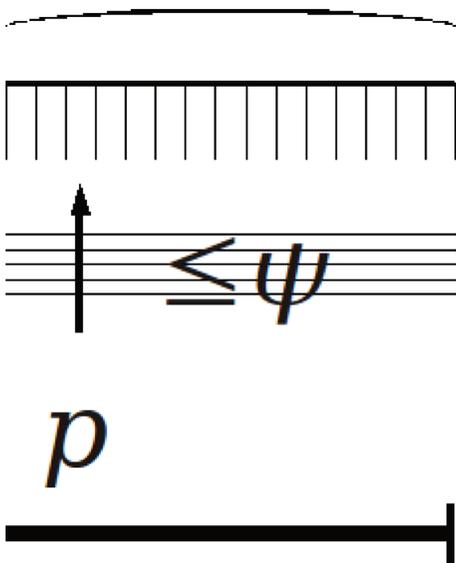
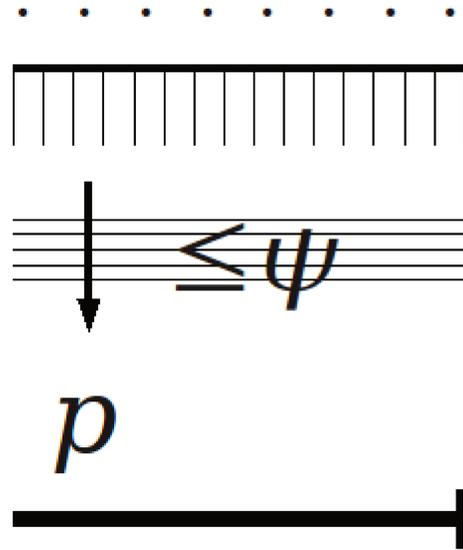
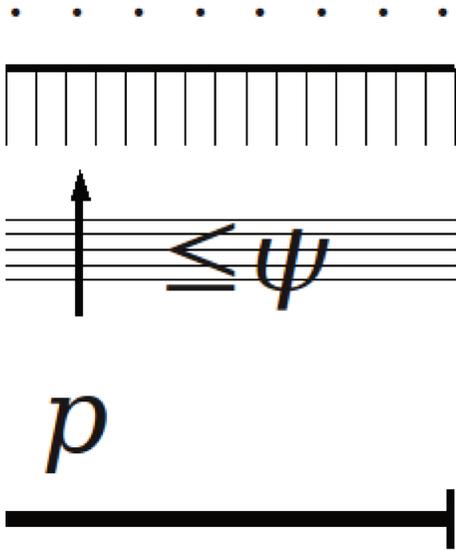


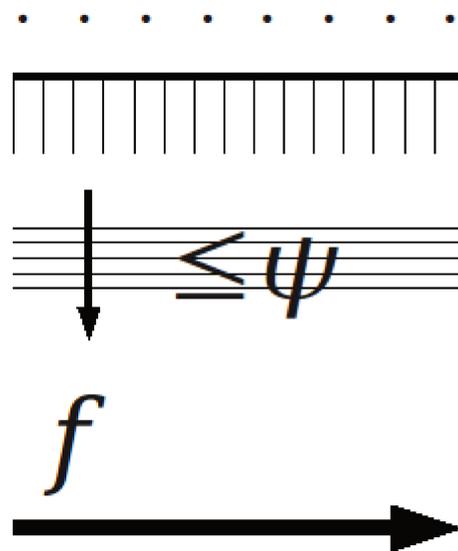
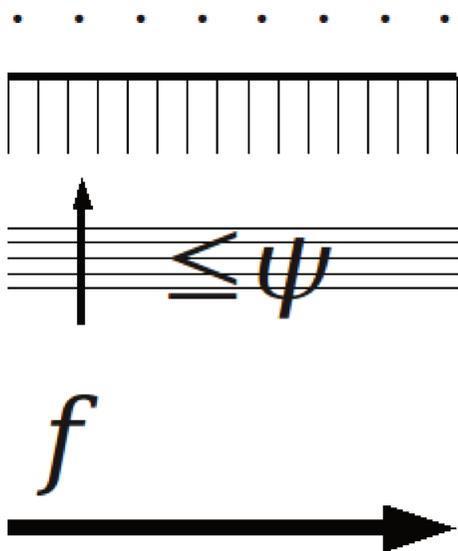
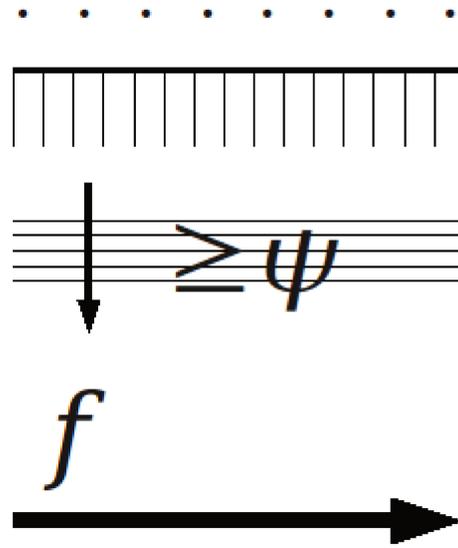
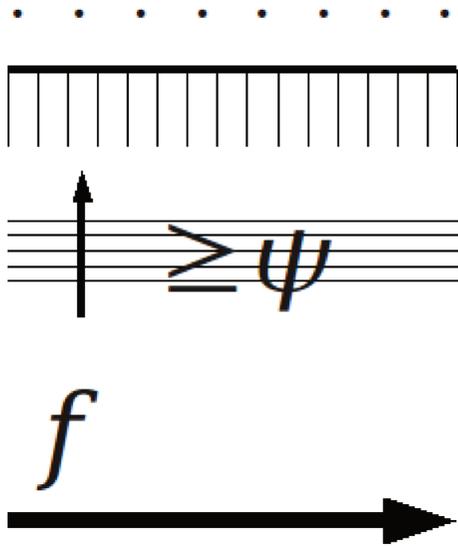


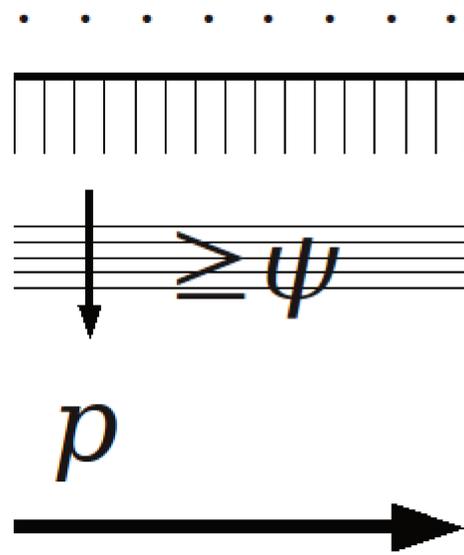
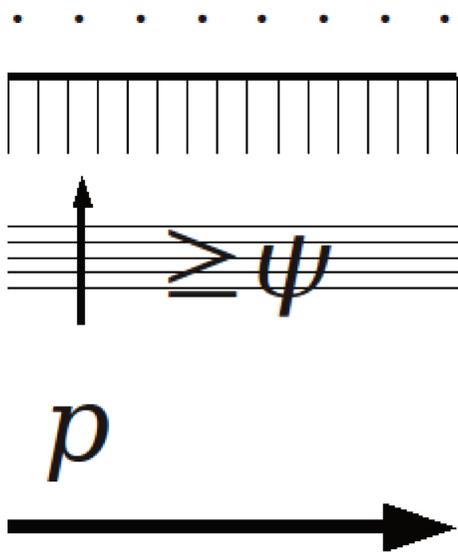
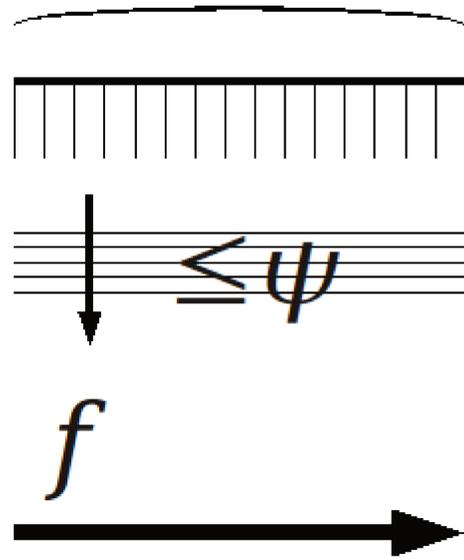
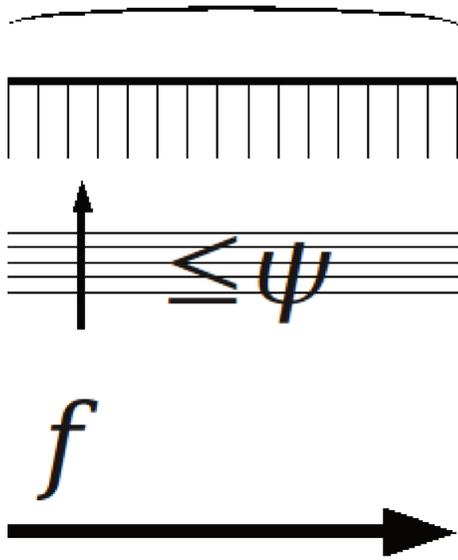


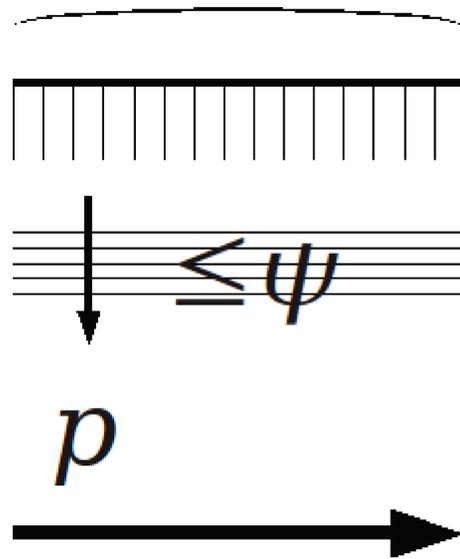
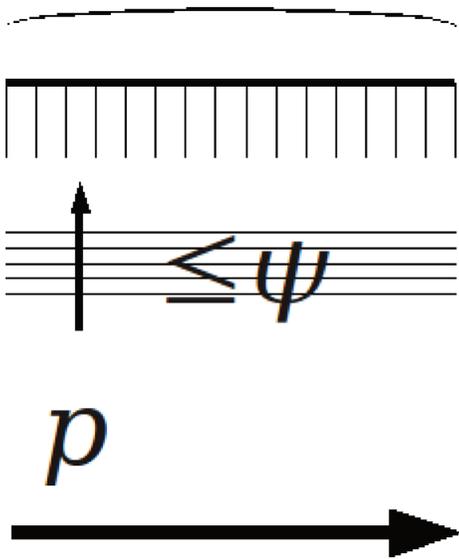
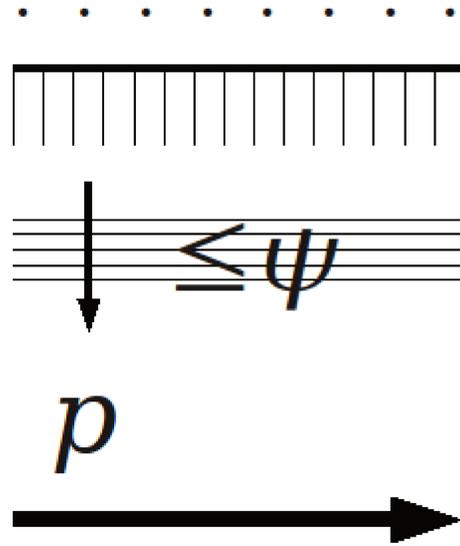
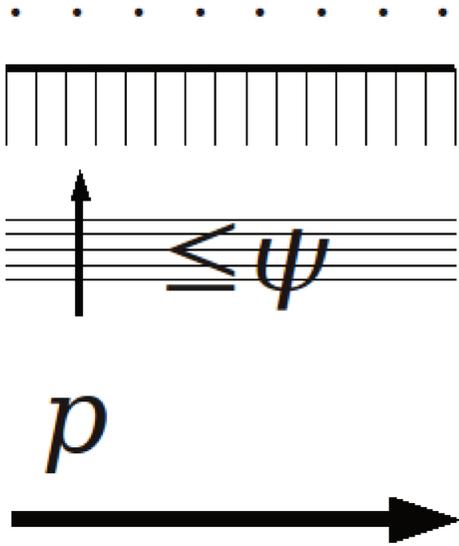












.....

↑ $\geq \psi$

f

.....

↓ $\geq \psi$

f

.....

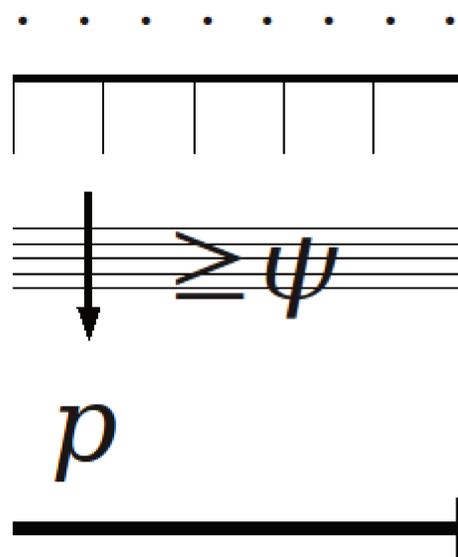
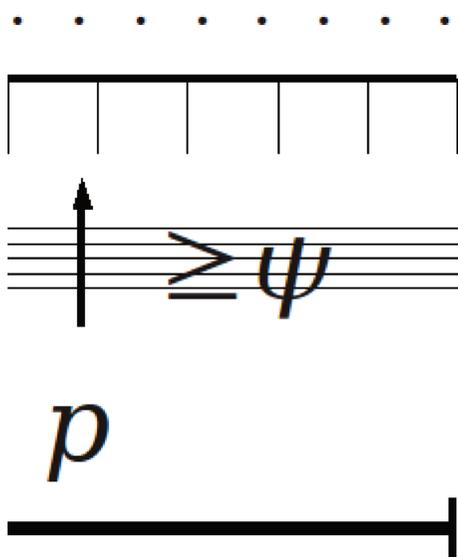
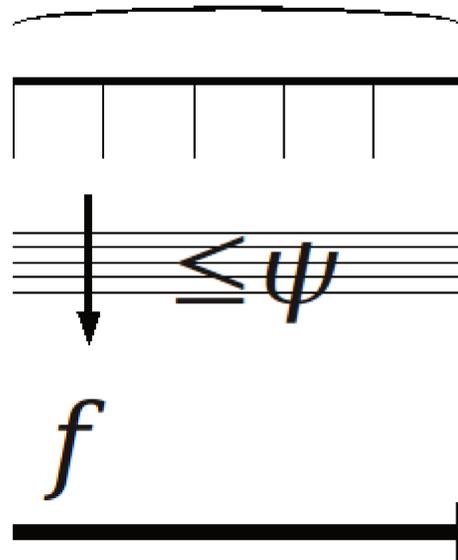
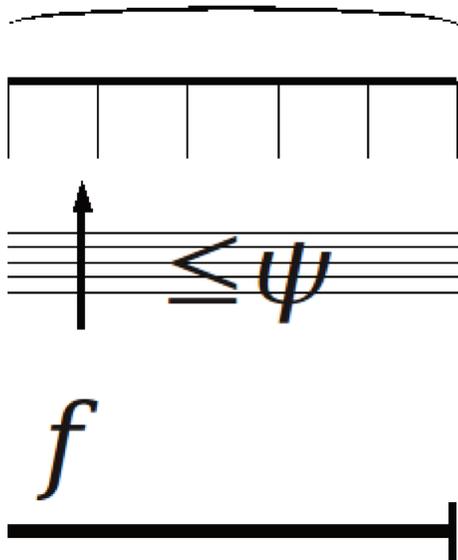
↑ $\leq \psi$

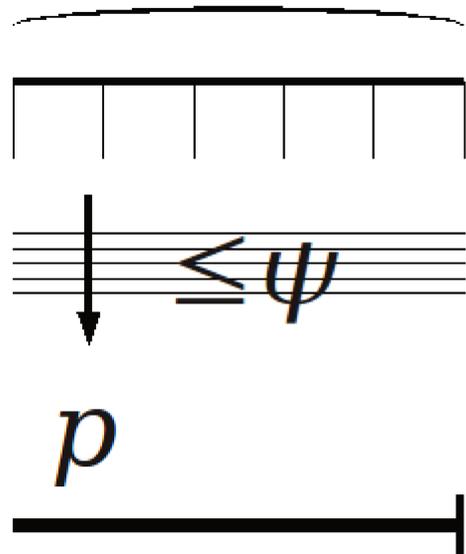
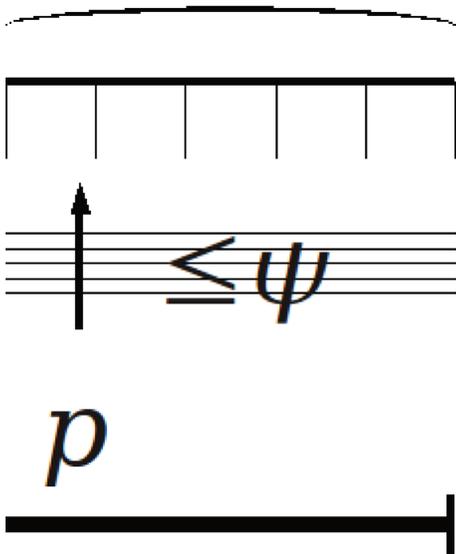
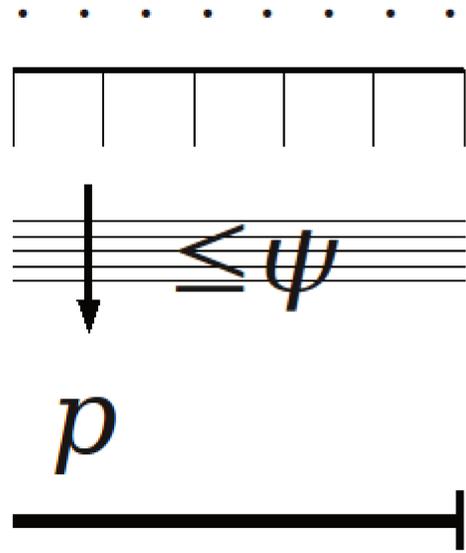
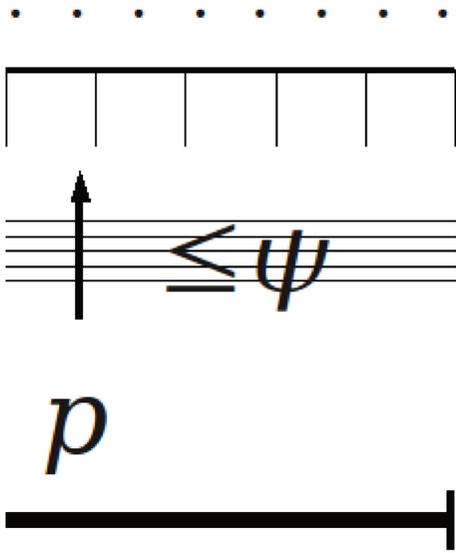
f

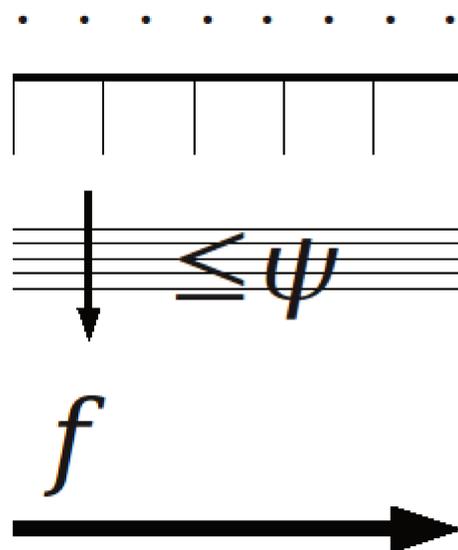
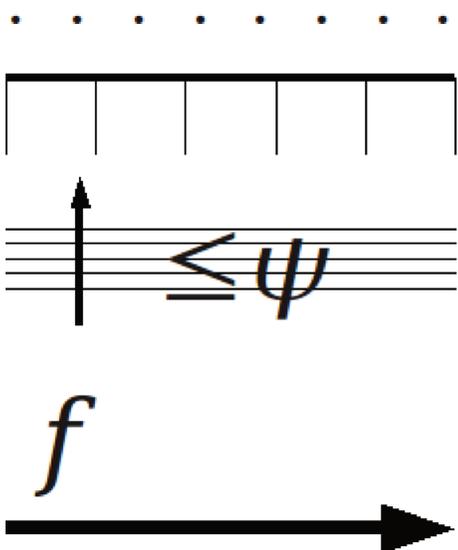
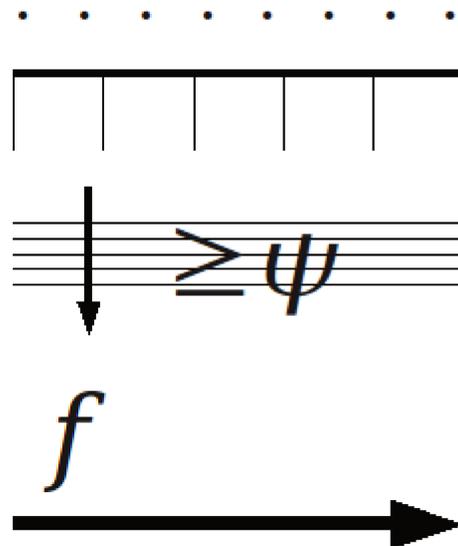
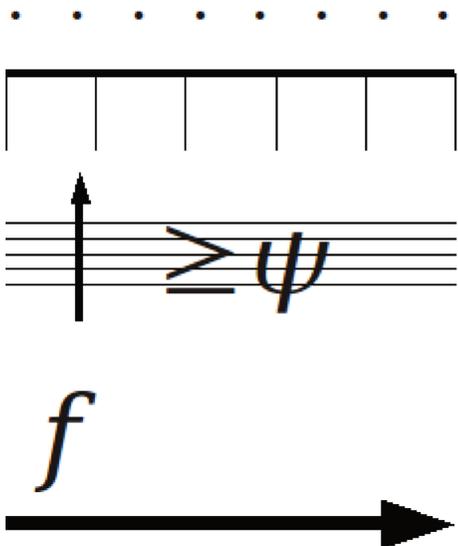
.....

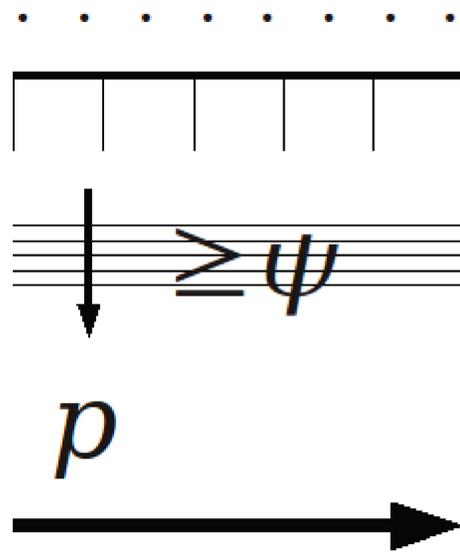
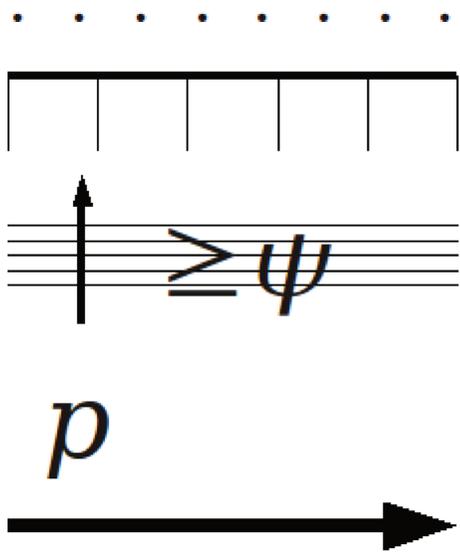
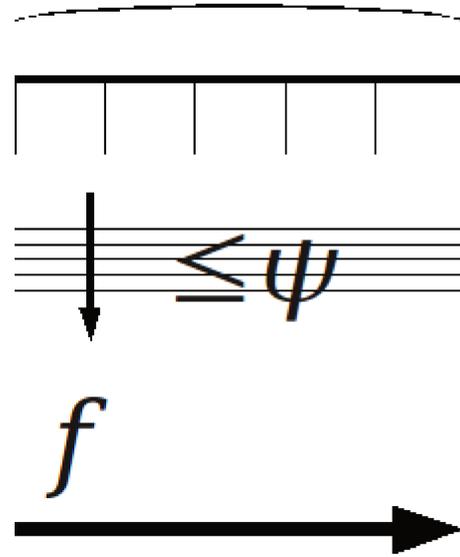
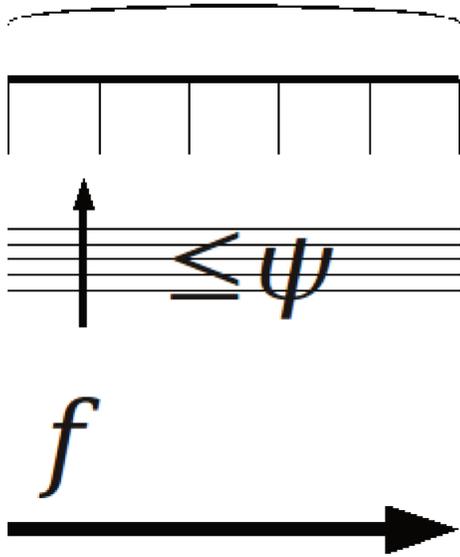
↓ $\leq \psi$

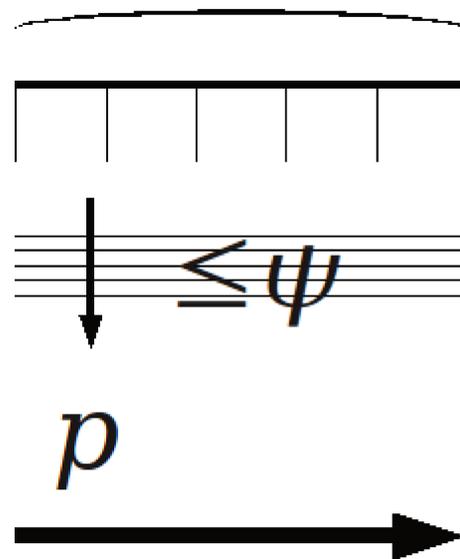
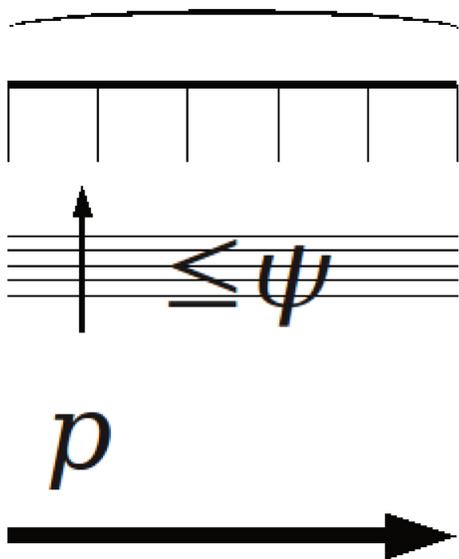
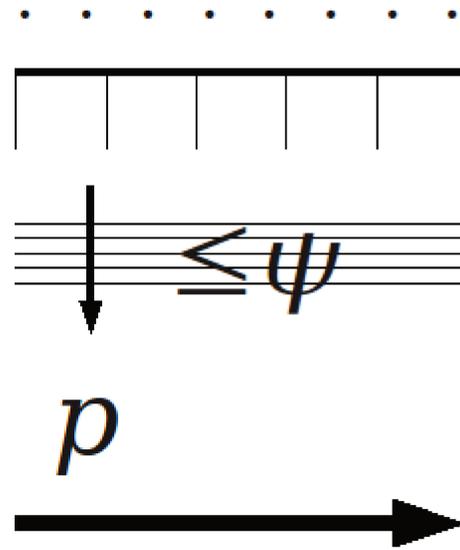
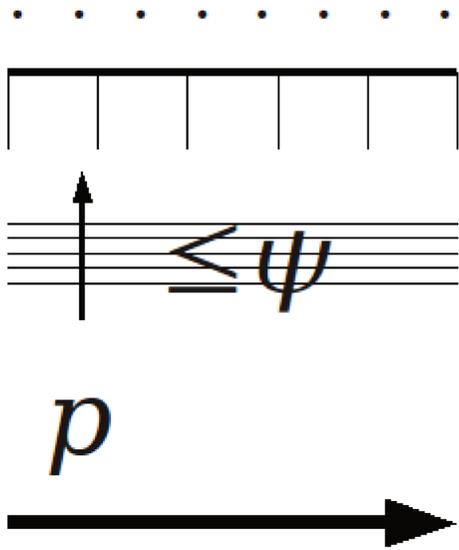
f











Apêndice 2

liNICS

A2.1 INTRODUÇÃO

Esta monografia trata do processo de desenvolvimento de um sistema operacional especializado em aplicações de áudio em tempo-real: o liNICS. Essa plataforma foi desenvolvida como base para trabalho prático e de experimentação da pesquisa de Doutorado “Modelagem de interações musicais com dispositivos informáticos” (FURLANETE & MANZOLLI, 2005a, 2005b). Também serviu como meio de integração entre os pesquisadores do NICS. Portanto, tratamos aqui dos pontos práticos do desenvolvimento do sistema e discutimos suas implicações para o trabalho experimental de vários pesquisadores do Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora (NICS) da UNICAMP. O liNICS é desenvolvido a partir do sistema operacional conhecido popularmente como Linux com o apoio do NICS.

A2.2 MOTIVAÇÕES

A2.2.1 Desenvolvimento e distribuição de jogos

Ao desenvolver um trabalho sobre a criação de jogos musicais em rede, um dos principais problemas que surge é o da distribuição dos jogos. Sem o apoio e a infraestrutura das grandes empresas de entretenimento é extremamente difícil romper os limites do ambiente acadêmico e atingir os públicos que seriam os possíveis alvos do nosso trabalho. Existem repositórios de jogos desenvolvidos em código livre como, por exemplo, o “Linux Game Tome” <<http://www.happypenguin.org>>. Nesses repositórios os desenvolvedores que atuam do lado de fora da indústria tem uma chance de expor seu trabalho.

Porém, mesmo para jogos criados em estilos tradicionais, já consagrados pelo *mainstream*, aferir alguma resposta de um público que seja diferente dos próprios desenvolvedores de jogos é difícil e demanda um longo tempo. O que poderemos dizer então de jogos experimentais como os propostos pelo nosso trabalho?

Mesmo acreditando que essa via é possível e válida, sentimos a necessidade de buscar mecanismos que oferecessem resultados mais rápidos.

A2.2.2 Musicalização

Um público em especial é alvo de nosso trabalho: os alunos do ensino médio e fundamental das escolas públicas da cidade de Londrina. Desde o princípio postulamos que ao tratar o processo criativo musical nos termos dos jogos criamos uma aproximação – talvez até a impossibilidade de dissociação – entre processo criativo e processo pedagógico. É portanto de nosso interesse que os jogos desenvolvidos sejam aplicados em ambiente escolar, preferencialmente por pessoas com formação em educação musical.

Minha atuação no Curso de Licenciatura em Música da Universidade Estadual de Londrina facilitou nossa aproximação desse campo de atuação. Foi-nos oferecida a oportunidade de trabalhar com os alunos que realizam estágio curricular junto às escolas públicas de Londrina e seus orientadores, tanto em seu treinamento como na aplicação dos jogos. Parte desse trabalho está descrito em Sanches *et al.* (2005a, 2005b) Sanches & Furlanete (2005) e Vieira & Furlanete (2005).

Entretanto essas escolas geralmente não são, do ponto de vista técnico, os ambientes mais favoráveis para trabalhos que envolvam tecnologia digital. Seu equipamento é frequentemente obsoleto e recebem manutenção precária, suas redes são pouco ou nada administradas e as diretorias costumam ser resistentes a “desconhecidos” que queiram alterar a configuração das máquinas.

Nesse contexto, tanto o uso de sistemas domésticos pesados quanto sua reconfiguração para que eles possam processar áudio em rede e em tempo real está fora de questão. Mesmo a simples instalação dos jogos, em alguns casos, pode ser um problema. É necessária a utilização de um sistema leve, portátil, pré-configurado para o processamento de áudio e operação em rede, e que possa rodar sem alterar as configurações originais da máquina.

A2.3 A PLATAFORMA

A2.3.1 Ubuntu

Optamos então por adaptar uma das diversas distribuições Linux disponíveis

hoje na *Internet* às nossas necessidades. Nossa escolha foi a distribuição sul-africana Ubuntu¹⁵ <<http://www.ubuntu.com>>. Dentre as suas características que motivaram nossa escolha podemos citar:

- Intuitividade: a Ubuntu é uma das distribuições que mais tem investido no aprimoramento das interfaces gráficas do sistema de modo a facilitar a aproximação de usuários leigos ou que sejam habituados a sistemas comerciais domésticos como o MacOS™ ou as várias versões do MS Windows™.
- Ótimo suporte à língua portuguesa.
- *Live Desktop*: o sistema é distribuído na forma de CDs com o sistema previamente instalado e configurado. Se o usuário inserir o CD na máquina no momento da inicialização, é lançado o sistema do CD ao invés do sistema original da máquina. Um mecanismo de detecção de *hardware* configura automaticamente áudio, vídeo e rede entre outros dispositivos e o sistema roda sem tocar o disco rígido da máquina hospedeira. Dependendo do tamanho da instalação, o sistema pode também rodar a partir de *pen-drives*. Se o usuário desejar, o sistema pode ser instalado no disco rígido a partir do próprio CD, tanto solo quanto em *dual-boot* com o sistema original da máquina.
- Vasta coleção de aplicativos e bibliotecas opcionais (mais de 20.000 pacotes no momento desta redação), disponíveis em repositórios públicos, e que podem ser facilmente instaladas no sistema.
- Suporte da comunidade: a distribuição conta com uma ampla comunidade de usuários e desenvolvedores, de diversas nacionalidades e níveis de conhecimento técnico, dispostos a auxiliar uns aos outros através de listas de *email* e fóruns acessíveis publicamente.
- Versão *light*: a Ubuntu possui o Xubuntu. Uma versão mais leve e otimizada para rodar em máquinas antigas, com menos demanda por memória e menor sobrecarga

¹⁵ A palavra ubuntu é de origem Bemba, e significa aproximadamente “eu sou através da existência dos outros”.

para o processador. Esta versão foi a base para nossa implementação.

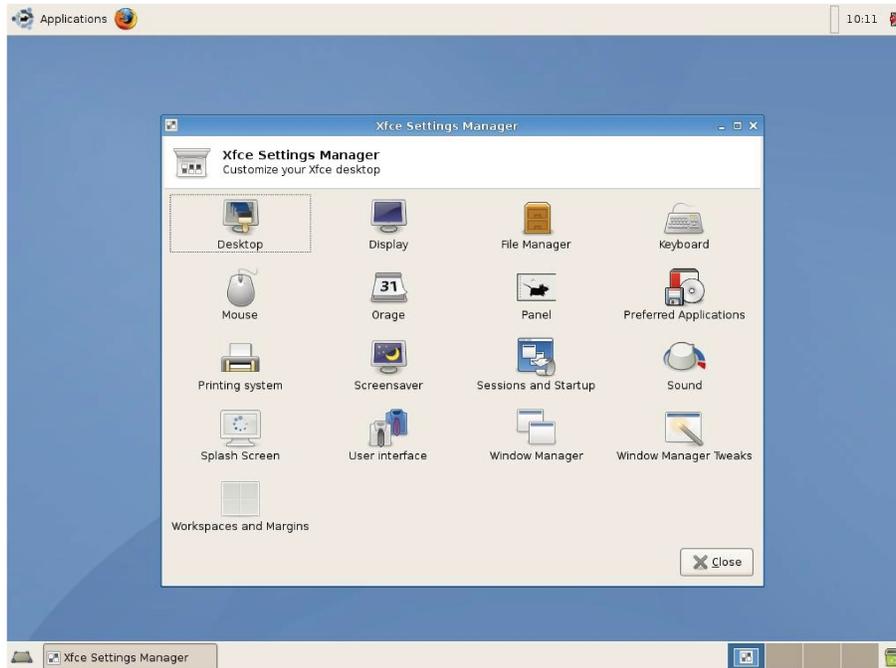


Figura A2.1: Xubuntu *Live Desktop*

A2.3.2 Jack

Um dos principais problemas dos sistemas comerciais para as aplicações de áudio é a dificuldade de configurar (leia-se modificar) o sistema para a operação em tempo-real. Sistemas de computadores pessoais não são usualmente projetados para isso, e o fato de o código desses sistemas ser fechado praticamente impossibilitava a solução do problema. A solução normalmente era a aquisição de interfaces de *hardware* caríssimas que contornavam as deficiências do sistema.

Uma outra solução foi proposta por um grupo independente de desenvolvedores de áudio <<http://lad.linuxaudio.org>>. Eles adotaram o Linux como plataforma de desenvolvimento, modificaram o código do sistema para que ele pudesse operar satisfatoriamente em tempo-real (mesmo em PCs) e passaram a desenvolver aplicativos de áudio que se apoiassem nessas modificações.

A base para esses aplicativos é o servidor de áudio Jack. Ele oferece a todos os

aplicativos o compartilhamento dos recursos de áudio da(s) placa(s) de som com baixa latência. E permite ainda a interconexão das entradas e saídas (tanto áudio como MIDI) de todos os aplicativos conectados a eles.



Figura A2.2: interface principal do servidor de áudio.

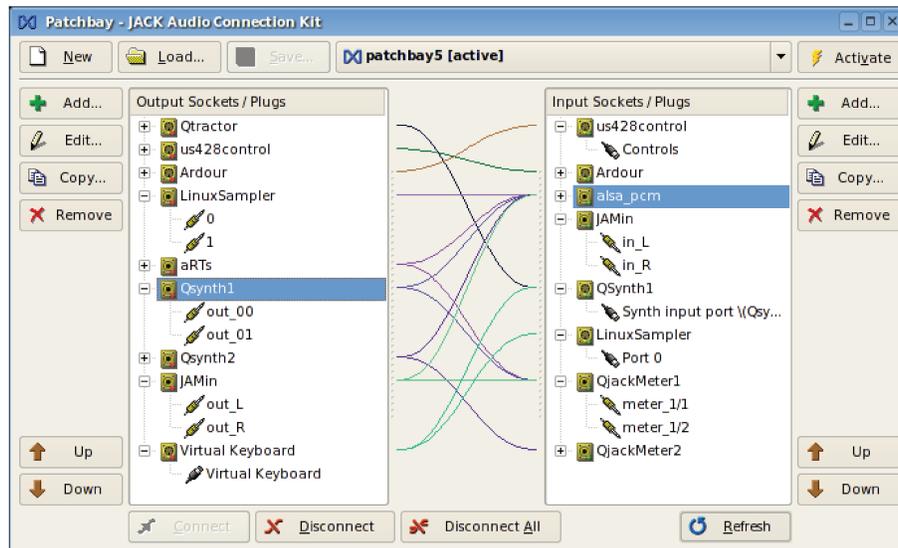


Figura A2.3: *patchbay* para conexões de áudio e MIDI entre aplicativos e as placas de som.

A2.3.3 Pure Data

Além da capacidade de operar em tempo-real com máquinas antigas, era necessário que o nosso sistema permitisse a construção rápida de protótipos de jogos e peças musicais interativas. Para facilitar a experimentação, os recursos para a manipulação de áudio e estruturas musicais, e elementos de interface gráfica para controle de variáveis durante a performance/jogo deveriam ser abundantes e disponíveis. Para o projeto de jogos, deve ser possível esconder os detalhes da implementação sob a interface gráfica.

Esse conjunto de demandas nos apontou na direção das linguagens visuais da família Max. As linguagens de *patches* visuais diminuem a distância entre a implementação do objeto de pesquisa e a implementação da interface gráfica para teste e performance. Nelas, o protótipo já é a própria interface ou, no nosso caso, o algoritmo já é a própria partitura. Mesmo com as limitações do paradigma adotado (DESAIN & HONNING, 1993) como, por exemplo, não permitir a utilização completa de recursos comuns a idiomas de programação como o funcional ou a orientação a objetos.

Das variantes da linguagem Max, optamos pela Pure Data (Pd) <<http://puredata.info>>, por ser um *software* livre (ao contrário da implementação original da linguagem), por ter o suporte de uma grande comunidade de desenvolvedores e usuários na Internet (ao contrário do jMax, sua atual implementação do IRCAM), e por ser o *design* mais moderno: ela foi desenvolvida pelo mesmo desenvolvedor do Max/MSP, Miller Puckette <<http://crca.ucsd.edu/~msp/software.html>> e a partir de seu aprendizado nesse processo.

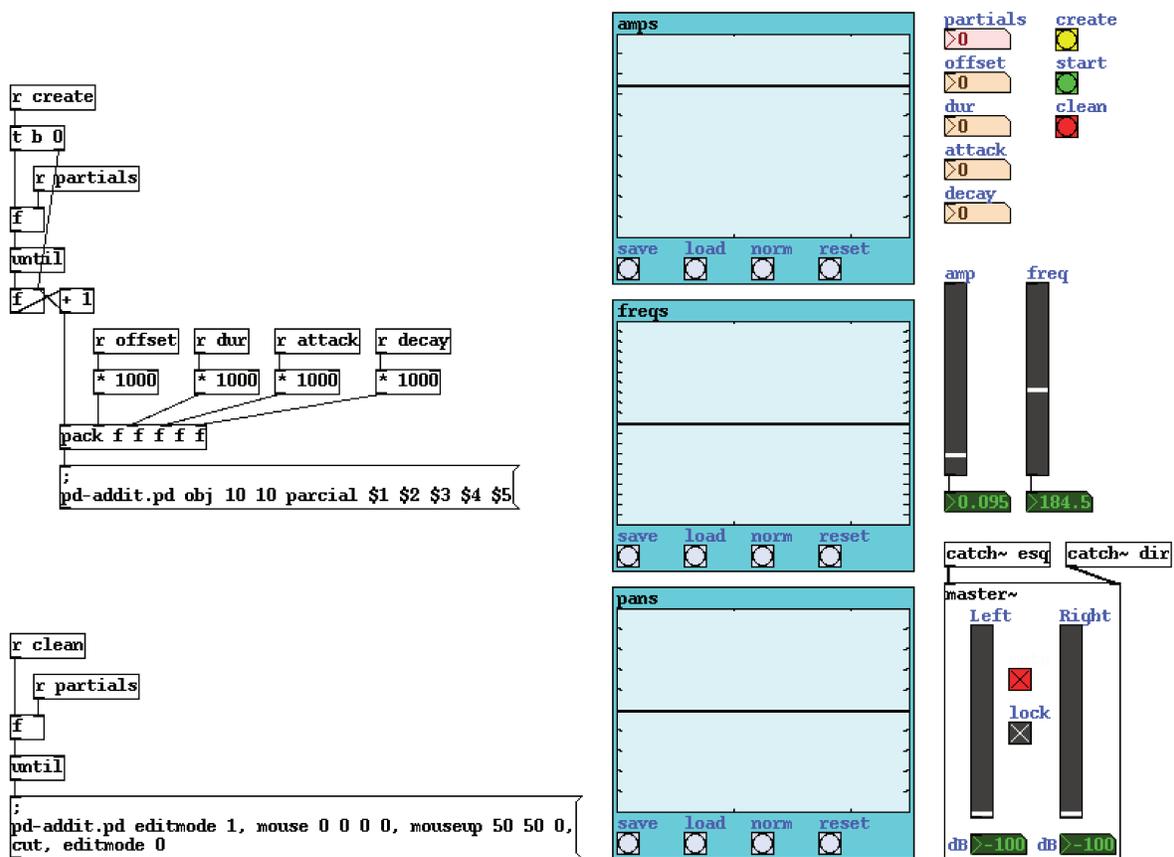


Figura A2.4: exemplo de um *patch* em Pure Data

A2.3.4 Acessórios

Além da conexão entre o servidor Jack e a linguagem Pure Data (centro de nosso sistema), reunimos também um conjunto de aplicações úteis para o trabalho com áudio e música, como editores de áudio, MIDI e partitura, uma considerável coleção de *plugins* de áudio (aproximadamente 300) em um formato livre semelhante ao VST, aplicativos para sequenciamento e masterização (*a la* Pro-Tools), além de outras ferramentas menores.



Figura A2.5: gravador multi-pista e sequenciador Ardour <<http://ardour.org>>.

A2.3.5 Soluções semelhantes

Nosso sistema não é a única solução existente no campo da atividade musical.

Dentre os mais conhecidos podemos citar:

- Agnula: distribuição para áudio profissional baseada no Debian/Linux desenvolvida com o apoio do IRCAM e da Universidade Pompeu Fabra <<http://www.agnula.org>>.
- Planet CCRMA at Home: conjunto de pacotes e configurações para *computer music* desenvolvido na Universidade de Stanford para a distribuição Linux Fedora <<http://ccrma.stanford.edu/planetccrma/software/>>.
- Ubuntu Studio: distribuição especializada em conteúdo multimídia baseada na versão principal do Ubuntu Linux <<http://ubuntustudio.org>>.

Todas essas distribuições (e as outras não citadas aqui) tem seus prós e contras. Mas nenhuma delas atende completamente as demandas do nosso projeto. As duas primeiras não possuem versão *Live Desktop*. Agnula, apesar de ter o suporte de instituições de peso, demora em estabilizar e tem grande dificuldade de atrair uma quantidade razoável de desenvolvedores e usuários. Planet CCRMA, por não ser integrada ao sistema, é difícil de configurar e está sempre defasada com relação a sua distribuição de base. Ubuntu Studio parte da mesma base que o nosso trabalho, porém tem um escopo mais amplo (inclui vídeo e gráficos) e é baseada na versão mais pesada do Ubuntu, menos adequada a máquinas

obsoletas.

A2.4 A IMPLEMENTAÇÃO

A2.4.1 Famílias de pacotes

A implementação do sistema foi feita a partir de um conjunto de pacotes de instalação do tipo “.deb” (padrão do Ubuntu). Parte deles vazios e parte de pacotes de configuração. Os pacotes vazios servem apenas para indicar a dependência de um grupo de pacotes reais. Basta instalar um desses pacotes vazios que os pacotes reais dos quais eles dependem são automaticamente baixados dos repositórios públicos do Ubuntu e instalados no sistema. Eles são independentes: podem ser instalados apenas os pacotes correspondentes ao conjunto de funcionalidades desejado para o sistema.

Os pacotes de configuração não instalam nada. Apenas aplicam as configurações específicas para que o sistema possa processar áudio em tempo real sem dificuldade.

A2.4.2 Kernel para Tempo-real

O núcleo do sistema (o *kernel* Linux) pode ser modificado através de *patches* para melhorar a performance em tempo-real. Experiências estão sendo feitas com os patches de Ingo Molnar <<http://people.redhat.com/~mingo/realtime-preempt/>>. Assim que eles forem considerados estáveis serão incorporados definitivamente no sistema.

A2.4.3 Arte

A arte do sistema (logo, ícones, fundos de tela, etc) foram desenvolvidos em conjunto com o pesquisador do NICS Cesar Costa a partir dos modelos originais do Ubuntu Linux.



Figura A2.6: logomarca

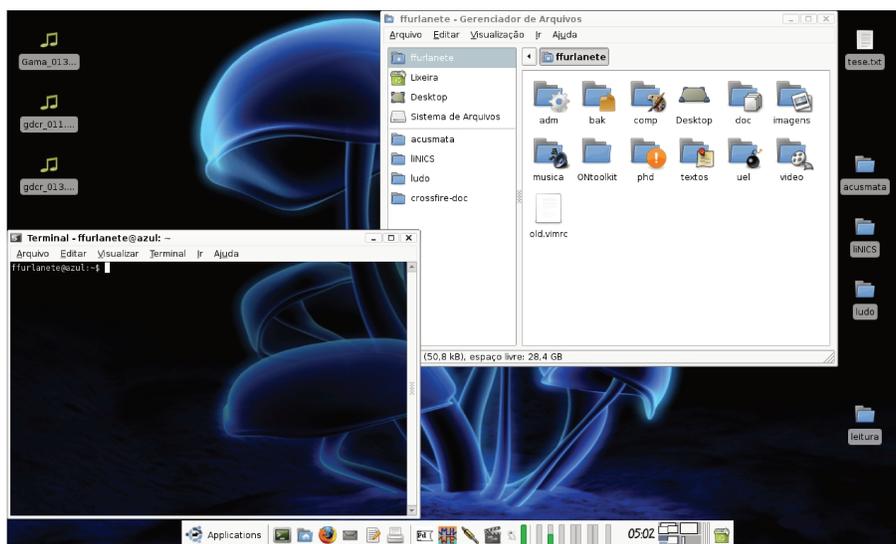


Figura A2.7: liNICS Desktop (versão nova)

A2.4.4 Masterização

A masterização do sistema é feita através de um conjunto de *scripts* que montam a imagem de disco original, em formato “.iso”, do Ubuntu (na realidade, Xubuntu) e a transformam a partir de instruções pré definidas para criar uma nova imagem de disco. No nosso caso, as instruções indicam apenas a instalação dos pacotes vazios com suas dependências e os pacotes de configuração com a arte e o *kernel* com os *patches* para operação em tempo-real. Esses *scripts* são desenvolvidos pelo projeto UCK (Ubuntu Customization Kit), disponíveis em <http://uck.sourceforge.net>.

A2.5 O NICS COMO CAMPO DE TESTES

As primeiras instalações do liNICS foram feitas nas máquinas do NICS e seus primeiros usuários de teste foram os pacientes pesquisadores do NICS. A curiosidade de nossos colegas aliada a sua disponibilidade para novidades possibilitou não apenas o amadurecimento do sistema mas também mudanças na dinâmica do laboratório.

A2.5.1 Integração através da plataforma

O liNICS passou a ser visto como uma possibilidade de integração entre os vários trabalhos de pesquisa realizados no NICS. Ele padronizava algumas ferramentas e permitia a construção progressiva de uma biblioteca comum de soluções que poderiam ser incorporadas por outros pesquisadores que utilizassem as mesmas ferramentas.

A linguagem Pure Data teve um papel de destaque nesse processo. O liNICS chamou a atenção dos pesquisadores para a linguagem e foi criado um grupo de estudos de Pd. Esse grupo manteve encontros quinzenais por quase um ano, aprofundando o conhecimento sobre essa ferramenta e possibilitando que as pesquisas realizadas no NICS compartilhassem uma linguagem comum para prototipagem e performance.

A2.5.2 Pacotes adicionais do NICS

Essa possibilidade de integração fez com que o liNICS transcendesse a sua proposta inicial e incorporasse ferramentas que fossem além das necessidades do processamento de áudio e música em tempo-real. Se somente com as ferramentas originais o sistema já proporcionava integração, muito mais seria possível com a adição de um conjunto de ferramentas que atendessem às demandas do NICS como um todo. Daí surgiu a ideia de direcionar a distribuição para a construção de um *desktop* especializado para a pesquisa em *Computer Music*, arte e interatividade. Dentro dos limites de espaço de um CD comum (700 MB) foram adicionados conjuntos de pacotes que vão desde clones livres do Matlab™, para os trabalhos que necessitam de modelagem matemática e programação C/C++, passando por ferramentas de animação gráfica 3D até aplicativos de escritório e formatação LaTeX.

Dessa experiência e da adoção do Pd como ferramenta pelos pesquisadores surgiram os trabalhos apresentados em Costa *et. al.* (2006), Luvisotto *et. al.* (2006) e Oliveira *et. al.* (2006).

A2.6 PRÓXIMOS PASSOS

Existe ainda bastante trabalho a ser feito na estabilização do sistema, especialmente com a incorporação do *kernel* transformado para operação em tempo-real.

Testes devem ser feitos em mais máquinas diferentes para certificar que o *desktop* não tem características que o prendem a um tipo específico de *hardware*.

A integração das ferramentas ainda demanda também algum trabalho. A política adotada de usar, sempre que possível, ferramentas simples, boas em apenas uma tarefa, tem colaborado bastante na construção de um sistema coeso. Porém a integração ainda não é completa em todas as áreas e nem todas as ferramentas escolhidas atenderam suas demandas satisfatoriamente – em particular o editor LaTeX e as ferramentas MIDI.

A segunda versão de teste do sistema deve estar pronta no início do ano de 2007.

Terminada a fase de testes, podemos abrir a distribuição do sistema para o público em geral e iniciar o treinamento dos professores e estagiários do curso de Licenciatura em Música de Londrina. Isso certamente apontará a necessidade de novas mudanças e adaptações.

A2.7 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma plataforma de base para a experimentação e atuação prática de minha pesquisa de doutorado, tanto para seu desenvolvimento no decorrer do curso, quanto em seus desdobramentos posteriores quando do retorno à minha instituição de origem.

A construção dessa plataforma não estava inicialmente prevista nem na parte teórica nem na parte prática do meu projeto de doutorado. Ela acabou se constituindo em uma segunda parte prática que já obteve, mesmo em seu início, resultados em quantidade e qualidade além do esperado. Não somente pelo produto em si (o *software*), mas principalmente por envolver e mobilizar um número considerável de pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento e proporcionar intensas trocas de experiências entre eles.

Esperamos ter apresentado uma proposta adequada para o desenvolvimento de aplicações em música e jogos musicais, assim como para a integração do trabalho de

pesquisa em laboratórios dedicados à pesquisa em *Computer Music*, arte e interatividade. Essa proposta, por ser baseada em software livre, pode atrair o interesse dos próximos pesquisadores do NICS e do Instituto de Artes da UNICAMP. Assim, pode também conseguir a sinergia necessária para, como é típico do software livre, crescer para além de seu plano original. Uma vez que damos ao software o mesmo status que damos ao conhecimento acadêmico e artístico (por se tratar ele do próprio conhecimento acadêmico e artístico implementado), a proposta pode se desdobrar em novos projetos, e continuar a proporcionar bons resultados ao NICS e ao Instituto de Artes mesmo após o término de minhas atividades nesta instituição.