

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CARLOS ARTHUR AVEZUM PEREIRA

***SSInPIC: UM SISTEMA SONORO-INTERATIVO AUTO-
ORGANIZADO***

UBERLÂNDIA

2012

CARLOS ARTHUR AVEZUM PEREIRA

***SSInPIC: UM SISTEMA SONORO-INTERATIVO AUTO-
ORGANIZADO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Artes da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Artes. Área de Concentração: Artes. Subárea: Música. Linha de Pesquisa: Práticas e Processos em Artes. Orientador: Prof. Dr. Daniel Luís Barreiro.

Uberlândia

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P436s Pereira, Carlos Arthur Avezum, 1977-
2012 *SSInPIC* : um sistema sonoro-interativo auto-organizado / Carlos
Arthur Avezum Pereira. -- 2012.
156 f. : il.
Orientador: Daniel Luís Barreiro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Artes.
Inclui bibliografia.

1. Artes -- Teses. 2. Música por computador -- Teses. 3. Sistemas
auto-organizadores -- Teses. I. Barreiro, Daniel Luís. II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Artes. III.
Título.

CDU: 7



UFU Universidade
Federal de
Uberlândia

 **PPG ARTES**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - INSTITUTO DE ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTES - MESTRADO**

Ata da defesa de **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO** junto ao Programa de Pós-graduação em Artes do Instituto de Artes da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de dissertação de mestrado: CPART/017/2012

Discente: Carlos Arthur Avezum Pereira - Nº Matrícula: 11012ART021

Título do Trabalho: SSinPIC: Sistema Sonoro-Interativo Auto-Organizado

Área de concentração: Artes

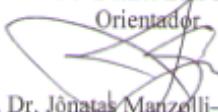
Modalidade cursada: Música

Linha de pesquisa: Práticas e Processos em Artes

Projeto de Pesquisa: Composição e improvisação musical com recursos eletroacústicos em tempo-real.

Às quinze horas e quinze minutos do dia vinte e sete de fevereiro do ano de dois mil e doze no Auditório do Bloco 5OA, Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Comissão Julgadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Artes, assim composta, professores doutores: Jônatas Manzolli - UNICAMP; Cesar Adriano Traldi - UFU e Daniel Luís Barreiro, orientador do aluno. Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Dr. Daniel Luís Barreiro concedeu, preliminarmente, a palavra ao discente para uma breve exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do aluno e o tempo de argüição e resposta transcorreram conforme as normas do programa estabelecidas pelo colegiado. A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, os quais passaram a argüir o candidato, durante o prazo máximo de (30) minutos, assegurando-se ao mesmo igual prazo para resposta. Ultimada a argüição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a comissão, em sessão secreta, atribuiu o conceito e emitiu o parecer final. PARECER: *o candidato foi aprovado pela banca com unanimidade. A banca ressalta que se trata de uma pesquisa inovadora, feita com muita dedicação e que resultou num trabalho relevante. A banca apontou correções a serem realizadas na versão final da dissertação e deixa exemplares com as indicações para o candidato.* Em face do resultado obtido, a Comissão Julgadora considerou o candidato **aprovado**. As correções observadas pelos examinadores deverão ser realizadas no prazo máximo de trinta dias. Esta defesa de dissertação de mestrado é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme os artigos de número 46 a 52 do Regulamento do Programa e a regulamentação interna da Universidade Federal de Uberlândia. Para constar, lavrou-se a presente ata que será assinada pela presidente e demais membros da banca.


Prof. Dr. Daniel Luis Barreiro
Orientador


Prof. Dr. Jônatas Manzolli - UNICAMP


Prof. Dr. Cesar Adriano Traldi - UFU



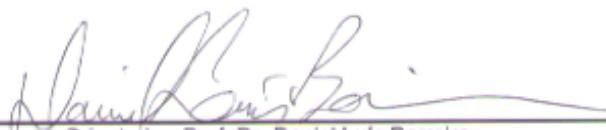
UFU Universidade
Federal de
Uberlândia

 **PPG ARTES**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - INSTITUTO DE ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTES - MESTRADO

SSinPIC: Sistema Sonoro-Interativo Auto-Organizado

Dissertação defendida em 27 de fevereiro de 2012.



Orientador: Prof. Dr. Daniel Luís Barreiro
Presidente da banca



Prof. Dr. Jônatas Manzolli
Membro externo - UNICAMP



Prof. Dr. Cesar Adriano Traldi
Membro interno - UFU

Em memória de meu afilhado Ivan Fonseca de Araújo (09/05/1998 – 07/02/2011)

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Artes da Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Professor Dr. Daniel Luís Barreiro pela sua dedicação, competência e generosidade em compartilhar conhecimento.

Aos professores Cesar Traldi e Celso Cintra que me inspiravam na criação deste trabalho artístico.

Aos colegas do curso de Música da UFU: Danilo Aguiar, Janaína Nóbrega, Lúcio Scaranaro e Cássio Ribeiro, que foram imprescindíveis na realização deste trabalho artístico.

À minha família que mesmo à distância me incentivou.

Ao meu cão João que sempre me acompanhou durante o processo da pesquisa.

Aos amigos que me acompanharam durante o período de desenvolvimento deste trabalho, especialmente, à amiga e colega do Mestrado, Caroliny Pereira.

À CAPES pelo apoio de uma bolsa de Mestrado.

“E o computador não é cristão, não é hindu, não é mulçumano, mas simplesmente uma estratégia mecânica criada pela consciência humana. E, em troca, ele pode auxiliar a consciência humana a alcançar seu mais elevado potencial. [...] E, pela primeira vez, o *computador* e você estão separados. É isto que todos os ensinamentos dos místicos lhe têm dito: sua *mente* e você estão separados” (OSHO, 2007, p. 151; 156, grifo nosso).

RESUMO

A programação computacional em *software* como *Pure Data* ou *Max/MSP* possibilita a manipulação de estruturas sonoras em tempo-real, o que pode viabilizar comportamentos emergentes, aumentando o potencial expressivo da música. Este trabalho descreve o processo e os resultados obtidos na criação e performance com um *Sistema Sonoro-Interativo para Performances de Improvisação Contemporânea*, denominado SSInPIC. O sistema é composto de processos musicais com a participação de cinco agentes que interagem uns com os outros: 1) *patch* interativo (aplicativo computacional); 2) performer de computador; 3) flautista; 4) violonista e 5) percussionista. O objetivo da pesquisa foi buscar estratégias de interação entre estes elementos com base na improvisação não-idiomática e no conceito de auto-organização. O conceito de auto-organização diz respeito às interações que ocorrem entre os elementos do sistema, produzindo comportamento emergente. Desta forma, o conceito de auto-organização aplicado a sistemas sonoro-interativos inspira-se nas formas de abertura em música evidenciadas pelas linguagens compostionais da música erudita ocidental a partir de meados do Século XX. As questões que se colocaram nesta pesquisa foram: que estratégias podem ser utilizadas na idealização do SSInPIC para que as interações entre seus elementos possam produzir comportamento emergente? Ou ainda: que estratégias de análise do comportamento emergente utilizar em uma performance com o SSInPIC? Assim, para responder essas questões estabeleceu-se um método de trabalho em cinco passos: 1) estudo dos conceitos envolvidos com auto-organização e sistemas sonoro-interativos; 2) programação de um *patch* no *software Pure Data*, utilizando algoritmos probabilísticos no disparo de amostras sonoras, e um monitor de vídeo como mediação dos processos eletroacústicos em tempo-real estimulados pelos instrumentistas; 3) oficinas e performance realizadas com o sistema; 4) análise das performances com o sistema; 5) reflexão sobre os resultados obtidos. Nos resultados foi observado um comportamento auto-organizado do tipo secundário na performance documentada em vídeo “Atratores Ou-vistos” com o SSInPIC. No comportamento auto-organizado do tipo secundário, a “face-sujeito” do sistema supervisiona as interações entre os elementos, com o objetivo de variar o grau de complexidade já idealizado no sistema visto como suas potencialidades. O conceito de “modelagem auditiva” relacionado à interação da improvisação instrumental com os sons eletroacústicos foi fundamental para o estabelecimento de atratores. Além disso, conceitos relacionados ao estudo de sistemas auto-organizados e da Teoria da Informação foram importantes ferramentas na análise do comportamento do sistema. Concluiu-se que o objetivo da pesquisa em produzir comportamento emergente a partir da auto-organização dos elementos no SSInPIC foi atingido.

Palavras-chave: Sistema Sonoro-Interativo. Sistemas Auto-Organizados. Improvisação não-idiomática. Música Eletroacústica em Tempo-Real.

ABSTRACT

Computer programming with software such as Pure Data or Max/MSP allows humans to manipulate sonic structures in real-time that can create emergent behavior, increasing the expressive potential of music. This dissertation describes the process and results obtained in the creation and the performance with an Interactive Sound System for Contemporary Improvisation Performances named SSInPIC. The system consists of musical processes with the participation of five agents that interact among themselves: 1) interactive patch (computer application); 2) computer performer; 3) flutist; 4) guitarist; and 5) percussionist. The aim was to develop strategies of interaction between these elements based on non-idiomatic improvisation and the concept of self-organization. The concept of self-organization relates to the interactions that occur among the system elements, producing emergent behavior. Thus, the concept of self-organization applied to interactive sound systems is inspired by the open-form music experiences found in compositional languages from the mid-twentieth century Western classical music tradition. The issues raised in this research were: which strategies can be used in the idealization of the SSInPIC so that interactions among its elements can produce emergent behavior? Also: which strategies could be used to analyze the emergent behavior in a performance with the SSInPIC? Thus, a five-step working method was established to answer these questions: 1) the study of the concepts related to self-organization and interactive sound systems; 2) the programming of a patch in the Pure Data software environment using probabilistic algorithms to trigger sound samples, and a video monitor to mediate the live electronics process stimulated by the musicians; 3) workshops and performance with the system; 4) the analysis of performances carried out with system; 5) the evaluation of the results. A self-organized behavior of secondary type was observed in the performance with the SSInPIC named "Atratores Ou-vistos", which was documented in video. In self-organized behavior of secondary type the "face-subject" of the system monitors the interactions among the elements with the aim of varying the degree of complexity already designed in the system seen as its potential. The concept of "aural models" was very important for the establishment of attractors in the interaction between instrumental improvisation and electroacoustic sounds. In addition, concepts related to the study of self-organizing systems and the Mathematical Theory of Information were important tools for analyzing the system behavior. It was concluded that the goal of the research to produce emergent behavior from the self-organization of the elements in the SSInPIC was reached.

Keywords: Interactive Sound Systems. Self-organized Systems. Non-idiomatic Improvisation. Live-electronics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Imagem do instrumentista que recebe o comando pelo performer computacional através de um monitor de vídeo para interagir com o aplicativo	52
QUADRO 1 – Técnicas e gestos instrumentais utilizados no SSInPIC	55
FIGURA 2 – Imagem da carda de desenredar algodão	57
FIGURA 3 – Imagem da roda de fiar algodão	58
FIGURA 4 – Imagem do torrador manual de café	58
FIGURA 5 – Imagem do moedor manual de café	59
FIGURA 6 – Diagrama das relações entre os agentes nas interações dinâmicas do SSInPIC	62
FIGURA 7 – Diagrama da interação estática entre instrumentistas e processamento com linhas de <i>delays</i>	64
FIGURA 8 – Diagrama da interação estática entre instrumentistas e a síntese do patch <i>G08.Reverb.pd</i>	65
FIGURA 9 – Diagrama da interação estática entre performers e o patch <i>syntheses</i>	66
FIGURA 10 – Diagrama das relações entre os agentes nas interações estáticas do SSInPIC	70
FIGURA 11 – Diagrama de transição da seleção dos bancos no disparo de amostras sonoras gravadas da performance (algoritmo probabilístico de <i>Cadeias de Markov</i> de primeira ordem)	73

FIGURA 12 - Diagrama do mapeamento: amostras x bancos	74
FIGURA 13 – Diagrama do funcionamento do algoritmo de <i>Cadeias de Markov</i> em um dos bancos de amostras: probabilidades da abertura do próximo banco	75
FIGURA 14 – Diagrama de transição entre os bancos de amostras sonoras pré-gravadas (algoritmo probabilístico de <i>Cadeias de Markov</i> de primeira ordem)	77
FIGURA 15 – Diagrama das conexões entre elementos e equipamentos no SSInPIC	79
FIGURA 16 - Imagem da placa de som <i>M-Audio ProFire 2626</i>	80
FIGURA 17 - Imagem de uma performance com o SSInPIC	80
FIGURA 18 – Imagem da interface gráfica do <i>patch</i> controlada pelo performer computacional	82
FIGURA 19 – Imagem do Controlador MIDI com <i>faders</i> utilizados para controlar os <i>sliders</i> de volume	85
FIGURA 20 - <i>Subpatch “input”</i>	86
FIGURA 21 - <i>Subpatch “output_visor”</i>	87
FIGURA 22 - <i>Subpatch “pd amostras_intro_coda”</i>	89
FIGURA 23 – <i>Subpatch “pd amostra”</i> (controle do disparo de amostras gravadas e pré-gravadas)	91
FIGURA 24 – Imagem da programação do mapeamento: análise do nível da amplitude da performance instrumental x disparo da amostra pré-gravada com o nível do pico de amplitude correspondente	93
FIGURA 25 – Imagem com um exemplo da programação da distribuição de probabilidades da abertura do banco (que contém a próxima amostra sonora pré-gravada a ser disparada) que é mapeada ao disparo de determinada amostra	93
FIGURA 26 – Imagem da programação da escolha aleatória de qual instrumentista é feita a gravação de amostras sonoras durante a performance	94
FIGURA 27 – Imagem de um exemplo de um dos cinco <i>subpatches</i> de gravação e disparo das amostras gravadas durante a performance	96

FIGURA 28 – Imagem de um exemplo de um dos <i>subpatches</i> com a programação de um algoritmo de <i>Cadeias de Markov</i> de primeira ordem que controla a probabilidade de ocorrência do disparo de cinco amostras sonoras gravadas da performance e suas cinco possibilidades de reprodução	97
FIGURA 29 – Diagrama de Controle Estocástico dos disparos de amostras sonoras do SSInPIC	98
FIGURA 30 - <i>Subpatch</i> “ <i>pd micro_d</i> ”: <i>fade in</i> e <i>fade out</i>	99
FIGURA 31 – <i>Subpatch</i> “ <i>pd delays</i> ”: processamento dos <i>delays</i>	101
FIGURA 32 – <i>Subpatch</i> “ <i>pd sintes</i> ” (programação do controle de amplitude dos módulos de geração sonora por efeito “ <i>ducking</i> ”)	103
FIGURA 33 – Imagem da programação do controle da amplitude geral dos dados recebidos dos processamentos de síntese	104
FIGURA 34 – Imagem de um exemplo de um dos 5 <i>subpatches</i> que iniciam, continuam ou interrompem cada um dos 4 módulos de geração sonora no <i>canvas SYNTHESES</i>	105
FIGURA 35 – Imagem da programação de um dos oito módulos de funcionamento simultâneo da síntese aditiva	106
FIGURA 36 – <i>Subpatch</i> <i>pd am</i> : síntese AM (Amplitude Modulada)	108
FIGURA 37 – Gráfico “frequências x amplitude” na síntese AM	109
FIGURA 38 – <i>Patch</i> da “Seção 3.4.2.7 – <i>Textura</i> ”	111
FIGURA 39 – <i>Subpatch</i> “ <i>pd textura</i> ”	112
FIGURA 40 – <i>Patch</i> da “Seção 3.7.3.1 – <i>Granular Technique as a Synthesizer</i> ”	114
FIGURA 41 – <i>Subpatch</i> “ <i>pd sintese_granular</i> ”	115
FIGURA 42 – Gráficos de comparação das fases das ondas dente-de-serra que chegam simultaneamente ao <i>inlet</i> direito de cada objeto “ <i>samphold~</i> ” respectivo no <i>subpatch</i> <i>pd “sintese_granular”</i>	116
FIGURA 43 – <i>Canvas REVERB</i>	117
FIGURA 44 – <i>Subpatch</i> <i>pd “micro_r”</i> : programação da captação do sinal do instrumento escolhido para interação com o módulo de síntese no <i>subpatch</i> “ <i>pd rvb</i> ”	118
FIGURA 45 - <i>Subpatch</i> “ <i>pd revb</i> ” (controle do módulo de síntese <i>REVERB</i>)	120

FIGURA 46 – Subpatch “pd analyse”	121
FIGURA 47 – Subpatch pd “test-input”	122
FIGURA 48 – Transformações do perfil de onda no subpatch “pd test-input”	123
FIGURA 49 – Abstração “adsr.pd”	124
FIGURA 50 – Array “dbtorms”	124
FIGURA 51 – Imagem da programação para a construção do gráfico do array “dbtorms”	125
FIGURA 52 - Subpatch “pd reverb”	126
FIGURA 53 – Abstração “reverb-echo.pd”	127
FIGURA 54 – Imagem de uma programação para a geração de uma lista de números não-previsível a cada vez que é inicializado o Pure Data	128
FIGURA 55 – Diagrama da análise das durações da performance humana e dos processos eletroacústicos reativos	132
FIGURA 56 – Diagrama da estrutura em arco da performance “Atratores Ou-vistos”	132
QUADRO 2 – Ordem das amostras sonoras disparadas (gravadas/pré-gravadas) relacionadas com o estabelecimento de uma modelagem auditiva e medidas sistêmicas entre os elementos do SSInPIC	134

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Distribuição das probabilidades da próxima seleção de um dos cinco bancos de amostras sonoras gravadas na performance ou de uma de suas cinco diferentes possibilidades de reprodução de acordo com o banco ou possibilidade de reprodução da amostra atual	73
TABELA 2 – Distribuição das probabilidades reais (considerando o disparo das amostras pré-gravadas) da próxima seleção de um dos cinco bancos de amostras sonoras gravadas na performance de acordo com o banco da amostra atual	73
TABELA 3 – Disparo de amostra pré-gravada (coluna: amostra atual) x probabilidade de abertura dos bancos para o próximo disparo (linha: banco seguinte)	76
TABELA 4 – Sequencia das amostras pré-gravadas disparadas, as probabilidades de aberturas de seus bancos e os níveis de amplitude captada na performance	133
TABELA 5 – Graus de Entropia, Entropia Máxima e Redundância de cada amostra pré-gravada disparada na performance da composição “Atratores Ou-vistos”	139

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

17

CAPÍTULO 1 – SISTEMAS SONORO-INTERATIVOS	25
1.1 Abertura Musical em Contextos Interativos	25
1.1.1 Abertura Musical	26
1.1.2 Improvisação no Contexto da Música Erudita Contemporânea	31
1.2 Sistema Sonoro-Interativo	33
1.2.1 Classificações dos Sistemas Sonoro-Interativos	34
1.2.2 Tipos de Comportamento do Sistema Eletrônico	38
1.2.3 Auto-Organização	40
CAPÍTULO 2 – MODELAGEM DE INTERAÇÃO NO SSInPIC E SUAS POTENCIALIDADES	50
2.1 Os Elementos do SSInPIC	51
2.2 Materiais	53
2.2.1 Sons Instrumentais	53
2.2.2 Sons Eletroacústicos nas Interações Dinâmicas	55
2.2.2.1 <i>Amostras sonoras gravadas durante a performance</i>	55
2.2.2.2 <i>Amostras sonoras pré-gravadas</i>	57
2.2.3 Sons Eletroacústicos nas Interações Estáticas	59
2.3 Modelagem de Interação	60
2.3.1 Interações Dinâmicas: Disparo de Amostras Sonoras	60
2.3.2 Interações Estáticas: controle, transformação e geração sonora em tempo-real	63
2.3.3 Interações entre os <i>performers</i>	66
2.4 Processos de Auto-Organização no SSInPIC	67
2.4.1 Comportamento Emergente: Estratégias de Ação nas Interações Estáticas	67
2.4.2 Probabilidades de Comportamento das Interações Dinâmicas do Sistema Eletrônico	71
2.4.2.1 <i>Probabilidades dos Disparos das Amostras Sonoras Gravadas na Performance</i>	72
2.4.2.2 <i>Probabilidades dos Disparos das Amostras Sonoras Pré-Gravadas</i>	74
CAPÍTULO 3 – A IMPLEMENTAÇÃO E PROGRAMAÇÃO DO SSInPIC EM PURE DATA	78
3.1 Conexões entre Elementos e Equipamentos no SSInPIC	78
3.2 A Interface de Controle e sua programação	80
3.3 Input e Output	84
3.3.1 Controle do Sinal de Entrada (INPUT)	84
3.3.2 Monitoramento do Sinal de Saída (OUTPUT)	87
3.4 Programação das interações dinâmicas (disparo de amostras)	87
3.4.1 <i>Canvas “SAMPLES_I”</i> : Disparos das Amostras Sonoras	

Pré-Gravadas Controlados pelo Operador do Sistema Eletrônico	88
3.4.2 <i>Canvas “SAMPLES_2”:</i> Disparos de Amostras Sonoras Controlados por <i>Cadeias de Markov</i>	90
3.4.2.1 <i>Disparos das Amostras Sonoras Pré-gravadas Controlados por Cadeias de Markov</i>	92
3.4.2.2 <i>Disparos das Amostras Sonoras Gravadas Durante a Performance Controlados por Cadeias de Markov</i>	94
3.5 Programação das interações estáticas (<i>delays</i> e geração sonora)	98
3.5.1 <i>Canvas delays</i>	99
3.5.2 <i>Canvas SYNTHESES</i>	102
3.5.2.1 <i>Controle da Amplitude</i>	102
3.5.2.2 <i>Subpatch pd inarmon (síntese aditiva)</i>	106
3.5.2.3 <i>Subpatch pd am (síntese amplitude modulada)</i>	107
3.5.2.4 <i>Subpatch pd textura</i>	110
3.5.2.5 <i>Subpatch pd sintese_granular</i>	112
3.5.3 <i>Canvas Reverb</i>	116
3.5.3.1 <i>Patch G08.pd.reverb e abstrações</i>	122
CAPÍTULO 4 – OFICINAS E PERFORMANCE COM O SSInPIC	129
4.1 Estrutura da Performance “Atratores Ou-vistos”	131
4.2 Análise das Interações Dinâmicas entre <i>Performers</i> e Sistema Eletrônico na Performance “Atratores Ou-vistos”	132
4.2.1 Entropia e Redundância nos Disparo das Amostras Pré-Gravadas	138
4.3 Análise das Interações Estáticas entre <i>Performers</i> e Sistema Eletrônico na Performance “Atratores Ou-vistos”	139
4.3.1 <i>Delays</i>	140
4.3.2 <i>Reverb</i>	140
4.3.3 <i>Reverb e Syntheses</i>	141
CONCLUSÃO	144
REFERÊNCIAS	148
GLOSSÁRIO	155
ANEXOS	156
A. DVD: Performance “Atratores Ou-Vistos”; Patch interativo do SSInPIC; Gravações de áudio de duas performances	156

CAPÍTULO 1 – SISTEMAS SONORO-INTERATIVOS

Este capítulo tem como objetivo abordar questões conceituais que se relacionam com o objeto de estudo em questão - a criação de um sistema sonoro-interativo - e será feito em duas seções.

A seção 1.1 “Abertura Musical em Contextos Interativos” discute como o conceito de interação nos sistemas sonoros está relacionado à questão da abertura musical na composição do século XX, além de destacar algumas características da chamada “improvisação livre” que se relaciona com a performance e escuta em sistemas sonoro-interativos.

Na seção 1.2 “Sistema Sonoro-Interativo”, é feita uma taxonomia de classificações, descrições e tipos de comportamentos dos sistemas sonoro-interativos na visão de alguns autores abordados nesta pesquisa. Além disso, é feita uma relação dos tipos de comportamentos com o conceito de “auto-organização” e com a “Teoria Matemática da Informação” com o objetivo de analisar o comportamento do sistema sonoro-interativo desta pesquisa. Ao final deste capítulo, conclui-se que o conceito de “auto-organização secundária” (DEBRUN, 1996) pode ser relacionado à poética do SSInPIC.

1.1 Abertura Musical em Contextos Interativos

Esta seção trata dos conceitos relacionados às questões da música ocidental do Século XX, em que alguns compositores delegavam maiores responsabilidades aos intérpretes em determinadas obras, transformando-os em co-autores da obra, e utilizando-se de estratégias vinculadas a processos de “abertura” em música.

Na subseção 1.1.1 “Abertura Musical” discute-se a aplicação destes processos tanto na performance, quanto no próprio processo composicional. São discutidos os conceitos de aleatoriedade e indeterminação musical, além da exemplificação de obras que se utilizaram desses processos.

Em “Improvisação no Contexto da Música Erudita Contemporânea” (seção 1.1.2) apresentam-se abordagens que relacionam as execuções musicais dos instrumentistas com a escuta dos “aspectos internos” do material sonoro. Como conclusão, observou-se que a improvisação não-idiomática é um importante elemento estético na interação entre *performers* e *live electronics* e que a utilização de *live electronics* é importante neste tipo de

improvisação.

1.1.1 Abertura Musical

Segundo Dobrian (2004, p.1, tradução nossa), em um sistema sonoro-interativo

Nenhum agente pode ser completamente pré-determinado em seu comportamento. Cada um deve ser capaz de modificar seu comportamento – de improvisar – com base no comportamento imprevisível do outro. Portanto, a improvisação por humanos e computadores é um componente essencial para qualquer trabalho musical verdadeiramente interativo¹.

Desta forma, pode-se dizer que os preceitos estéticos dos sistemas sonoro-interativos remontam às propostas de *abertura* em música desenvolvidas em meados do século XX, as quais se enveredaram por um caminho que objetivava um menor controle do material musical pelo compositor. De acordo com Eco (1991), toda obra de arte é dotada de uma ambiguidade fundamental em sua mensagem artística, mesmo quando o artista pretende que essa mensagem seja suscetível a uma interpretação determinada. Tal condição é denominada pelo autor de “abertura da obra de arte”. Segundo Furlanete (2010), essa renúncia do compositor ocorreu por meio de três processos que se interconectavam: 1) o fato de que em toda fruição estética há uma “abertura” que pode servir de elemento estruturante na poética da “obra”; 2) o desejo de um compartilhamento da construção da obra com executantes e ouvintes, e não apenas leituras e apreciações subjetivas por parte destes; e 3) a utilização de processos probabilísticos na formalização da obra. Almeida (2010) classifica esses três processos de abertura em música descritos por Furlanete, respectivamente, como: “aberturas de recepção”; “aberturas de performance” e; “aberturas de composição”.

Em relação ao primeiro processo, nota-se que em qualquer performance de uma mesma composição musical - inclusive aquelas em que não há algum procedimento de “abertura” em sua concepção, isto é, que seja concebida com estruturas fixas - vão existir elementos imprevisíveis, tais como dinâmicas, timbres, e pequenas oscilações de tempo, por exemplo, os quais farão com que tais performances apresentem diferenças entre si. Pode-se dizer que, neste caso, há uma “abertura implícita”. Eco (1991, p. 89) classifica este tipo de

¹ No original: “Neither agent may be fully predetermined in its behavior; each must be able to modify its behavior—to improvise—based on unpredictable behavior by the other. Therefore, improvisation by both human and computer is an essential component of any truly interactive work”.

abertura como “abertura de primeiro grau”, dizendo que a mesma “[...] é a condição de toda fruição estética, [...] mesmo quando o artista visa uma comunicação unívoca e não-ambígua.” Conforme atesta Fubini (2008, p. 50, grifo nosso)

[...] todas as artes chamadas temporais necessitam da *interpretação* para poderem voltar a viver após o momento da sua criação. Se a natureza destas artes é desenrolarem-se no tempo, a sua sobrevivência na história deve ser assegurada por alguma forma de grafia que conserve uma imagem de sua vida até o momento em que o intérprete faça reviver sua natureza temporal.

Na citação acima, pode-se notar que há uma “abertura implícita” na performance musical devido à interpretação do músico que sempre fará a sua própria leitura da obra, mesmo que execute uma “performance informada”, com base em conhecimentos históricos, técnicos e estéticos relacionados à obra em questão. Quando levada adiante, uma ampliação da abertura verificada na performance musical de uma mesma composição “fechada” (escrita em partitura tradicional, por exemplo) pode resultar na ideia de que um objeto apreendido pela percepção no passado perde parte de suas características quando apresentado novamente no presente, de forma que não seja mais idêntico à sua primeira apresentação. De acordo com Deleuze (1988), a repetição de um objeto como *idêntico* não passa de uma ilusão, o que ocorre são somente simulações, *simulacros* deste objeto.

Deste modo, [uma ocorrência] não é representável sem que seja transformada, e qualquer signo que tente representá-la será o seu simulacro, será em si uma transmutação que guarda relações com o original, mas se apresenta como um novo objeto diverso e singular a cada momento (FERRAZ, 1998, p. 73).

No segundo processo de abertura é notável a utilização de recursos tais como a *indeterminação musical* e a *aleatoriedade* “na performance” por compositores de meados do século XX, como por exemplo, os compositores da *Escola de Nova Iorque* (John Cage, Morton Feldman, Christian Wolff e Earle Brown) (KOSTKA, 1989). Tais compositores usavam outras formas de notações gráficas diferentes da convencional (partitura) em suas obras, muitas das quais estimulam os intérpretes a improvisarem. Quaranta (2008, p. 447) comenta que “[...] este ponto de vista considera a visão particular do intérprete (na leitura da obra, por exemplo) como um fator fundamental para completar a ideia do compositor e o resultado sonoro é a conjugação da escrita e da interpretação dos signos”. Apesar disso, algumas dessas obras com notação gráfica tinham regras precisas de execução que muitas

vezes restringiam a liberdade dos intérpretes.

Em relação aos procedimentos de *aleatoriedade* em música, pode-se dizer que

Trata-se de substituir uma sequência de acontecimentos musicais, fixados em seus menores detalhes e fechados sobre si mesmos, por um campo aberto de possibilidades diferentes entre as quais uma escolha deve ser feita, escolha que transformará mais ou menos profundamente a fisionomia da obra ..., não, de modo algum, sua linguagem, mas sua construção, sua arquitetura. (BARRAUD, 2005, p. 130).

Eco (1991) classifica este tipo de abertura de “abertura do segundo grau”. Em relação à performance, tal processo de abertura em música ainda pode ser visto em algumas obras relacionadas às concepções do serialismo integral, como a *Terceira Sonata para Piano*, de Pierre Boulez, e *Klavierstück XI* (Peça para Piano Onze), de Karlheinz Stockhausen - ambas também chamadas de *composições modulares*. Na performance dessas obras utilizam-se procedimentos de aleatoriedade, o que Boulez chamou de *acaso controlado* como forma de dar uma certa liberdade ao intérprete, embora mantendo a autoria nas mãos do compositor que mantém elementos fundamentais da linguagem da obra. Módulos precisamente escritos na partitura são tocados pelo instrumentista na ordem que ele desejar no momento da performance.

O intérprete pode definir a ordem de maneira arbitrária – que definimos como decisão *não motivada* – ou encontrar um percurso que possa ser justificado – o que consideramos como uma decisão *motivada*. Ele pode ainda definir tal ordem por meio de sorteio, introduzindo então o elemento aleatório em sua interpretação (CINTRA, 2004, p. 14).

Um exemplo do terceiro processo de abertura em música, comentado por Furlanete, já era encontrado no século XVIII em uma obra por vezes atribuída a Mozart que incluía lances de dados no processo composicional, cujos resultados numéricos decidiam a ordem em que as estruturas musicais deveriam ser tocadas. Manzolli (1995) comenta que o “Jogo de Dados de Mozart” foi utilizado como estratégia construtiva no “[...] trabalho pioneiro de Hiller e Isaacson (1959), um marco na formalização de sistemas compostionais. A técnica desenvolvida nos experimentos foi, posteriormente, chamada de ‘rules-driven-by-noise’ (preceitos dirigidos por ruído)”.

A aleatoriedade também ocorre na música de Cage como uma forma de utilização do acaso no ato composicional, conforme podemos ver em sua composição *Music of Changes* de 1951, em que utilizou sorteios para estabelecer a sequência e a justaposição dos materiais

sonoros definidos de antemão. *Music of Changes* é uma composição com partitura fixa e em sua performance ocorrem somente aquelas variabilidades inerentes a qualquer performance musical, contudo o acaso foi seu elemento estruturante durante o ato composicional. Assim, pode-se dizer que essa composição utiliza-se do terceiro processo de abertura em música (além, obviamente, do primeiro que é inerente a toda fruição estética).

Outro compositor importante que utilizava do terceiro processo de abertura em música foi Iannis Xenakis que concebia

[...] a música como um fenômeno estocástico — uma música cujas leis são as leis da probabilidade. Os focos são a audição e a estruturação composicional, que terão nos cálculos probabilísticos uma simulação matemática da escuta de fenômenos naturais: o canto de cigarras, a movimentação das vozes num aglomerado humano, as formações e transformações de nuvens (FERRAZ, 1998, p. 79).

De acordo com Ferraz (1998, p. 81), estes fenômenos naturais - que inspiravam Xenakis - resultavam em uma multiplicidade sonora totalmente desordenada “[...] onde nenhum evento era conectado conceitualmente”. Como forma de introduzir uma memória neste processo através do encadeamento entre os elementos, Xenakis propunha a utilização de algoritmos probabilísticos como as “cadeias de Markov” – ver também Xenakis (1992). Eventos díspares justapostos ou sobrepostos eram portanto conectados por um processo matemático, cujos cálculos eram facilitados pelo computador. Os resultados obtidos eram então convertidos pelo compositor para a escrita musical em composições com instrumentos acústicos.

Conforme aponta Rowe (2001, p. 4, tradução nossa) “compositores tem usado algoritmos em criações musicais por séculos. A velocidade com que algoritmos podem agora ser executados por computadores digitais, contudo, facilita seu uso durante a própria performance²”. Nos procedimentos compostoriais de *Music of Changes* de Cage, observa-se a noção de algoritmo na composição (apesar de Cage não ter utilizado o computador nem no ato compostorial e nem na performance da peça). Há um processo algorítmico presente desde a escolha dos parâmetros sonoros a serem sorteados, o seu mapeamento aos signos gráficos do *I-Ching*, os sorteios desses parâmetros por meio de lançamentos de moedas, a anotação em partitura dos resultados sorteados, até a realização da performance da peça. Com

² No original: “Composers have used algorithms in the creation of music for centuries. The speed with which such algorithms can now be executed by digital computers, however, eases their use during the performance itself”.

o uso do computador, a velocidade com que as tarefas podem ser realizadas facilita determinados processos, tais como a concretização algorítmica de determinadas ideias musicais. O computador permite a implementação de processos e representações que podem servir a finalidades estéticas específicas como a interação entre instrumentos acústicos e sons eletrônicos ao vivo, que é o caso do estudo aqui reportado.

Vários autores utilizam de diferentes maneiras as expressões “música indeterminada”, “aleatoriedade” ou “improvisação”. Rocha (2001) comenta que aleatoriedade e improvisação são formas distintas de indeterminação. Griffiths (1980), diz que a aleatoriedade ocorre quando o compositor não determina o resultado na composição, ou na performance, em maior ou menor grau. Sobre a questão dos diferentes rótulos para designar esse tipo de música, Cintra (2010, p. 303) comenta: “[...] não há mais, hoje em dia, uma preocupação em catalogar esta ou aquela música como música aleatória ou indeterminada, parecendo muitas vezes que esta denominação foi deixada para um tipo de criação que teve seu momento específico na história da música”.

Um exemplo de indeterminação musical numa composição com instrumento e *live electronics* pode ser visto na peça *Interferências*, composta em 2003 por Daniel Barreiro, em que a utilização da notação indica parâmetros de “[...] duração, articulação e dinâmica de eventos musicais que devem ser tocados pelo instrumentista³” (BARREIRO, 2007, p. 38, tradução nossa), embora ainda exista uma certa abertura para o instrumentista em relação à escolha das alturas, pois a partitura só dá indicações gerais dos registros. Nessa peça, sons de violoncelo pré-gravados são disparados pelo *patch* interativo com ligeiras alterações de amplitude, duração e transposição de acordo com a análise do sinal da performance musical do violoncelista ao vivo. O sinal é analisado quanto à sua amplitude, a duração dos eventos e o intervalo de tempo entre eventos sucessivos. A determinação de quais parâmetros de análise irão regular quais parâmetros de transformação sonora das amostras pré-gravadas se altera no decorrer da obra, o que contribui na indeterminação do resultado de uma das camadas sonoras na performance.

Furlanete (2010) comenta que o conceito estético de sistema sonoro-interativo de Rowe (1999) combina as formas de abertura presentes nas músicas indeterminadas ou modulares e na composição algorítmica, respectivamente, relacionadas com a ação do

³ No original: “The result of this compositional process is a score that indicates duration, articulation, and dynamics of the musical events to be played by the cellist”.

intérprete e com o acaso incorporado no ato composicional. A ação de um intérprete é, portanto, captada, analisada e interpretada por um *patch* interativo que, através de algoritmos em sua programação, pode responder de forma imprevisível ao vivo (embora essa resposta seja influenciada pelos dados recebidos da performance humana) e influenciar a próxima improvisação do intérprete.

1.1.2 Improvisação no Contexto da Música Erudita Contemporânea

Assim como na música acusmática e na música de compositores como Varèse, Ligeti, Xenakis - onde predomina uma escuta voltada para o “sonoro”, ou seja, para as qualidades internas do som percebidas em sua textura -, na *improvisação livre* (também conhecida por *improvisação não-idiomática* ou *contemporânea*) há também busca por tais nuances. “Músicos e ouvintes numa performance com este tipo de improvisação enfatizam um tipo de escuta mais próxima daquela do compositor de obras acusmáticas, focando em aspectos de textura, equilíbrio, detalhe, grão, perfil⁴” (EMMERSON, 2007, p. 114, tradução nossa). A interação em grupo na improvisação livre não se dá a partir de fórmulas conceituais⁵ como nas obras de Cage, mas sim a partir de manipulações concretas do som (COSTA, 2009). Por volta da década de 1970 vemos alguns grupos de improvisação livre que se destacaram, tais como: AMM; Company; Evan-Parker Electro-Acoustic Ensemble; Lysis entre outros (SUTTON, 2001).

As *técnicas instrumentais estendidas* são recursos bastante usados neste tipo de improvisação, pois, na medida em que fogem do idioma tradicional do instrumento, buscam nuances texturais tímbricas na exploração do “sonoro”. “A prática da improvisação livre conhecida também por improvisação não-idiomática, ou ainda improvisação contemporânea, foca-se na escuta do *sonoro*, ou seja, em aspectos tímbricos revelados a cada performance musical” (OLIVEIRA, B. de M. et al., 2011, p. 306). A “improvisação livre” não abarca um sistema musical de referência comum a um amplo leque de indivíduos como, por exemplo, o sistema tonal (que em uma improvisação idiomática⁶ privilegia as alturas e durações como

⁴ No original: “Participants and observers in this kind of improvisatory activity stress a kind of listening much closer to that of the acousmatic composer, focusing on matters of texture, balance, detail, grain, shape”.

⁵ Diferentemente da improvisação livre, nas obras de Cage, o resultado sonoro não é o mais importante, mas sim o direcionamento do intérprete para um processo de criação a partir de regras conceituais ou imagens.

⁶ A improvisação idiomática refere-se àquela improvisação que ocorre em estilos musicais tais como o jazz, a música flamenca ou a música hindu, os quais possuem seu próprio idioma definido por suas regras implícitas e

parâmetros para a organização musical). Nessa improvisação, a avaliação do processo se dá pela escuta e não mais por parâmetros de altura e duração facilmente discretizados em partitura (WISHART, 2006). As sonoridades nesse tipo de improvisação não podem ser representadas em notação tradicional devido à complexidade das estruturas dinâmicas que ocorrem.

Segundo Smalley (1996, 1997) a escuta voltada aos “aspectos internos” do material sonoro se dá através de uma “relação interativa” entre o sujeito e o “objeto sonoro”, que diz respeito ao “*entendre*” e o “*comprendre*” dentre os quatro modos de escuta de Schaeffer (1993)⁷. O “*entendre*” se define como uma intenção de escuta – a “escuta reduzida”-, selecionando qualidades do som, as quais o ouvinte tem interesse, com objetivo de descrevê-las. O “*comprendre*” refere-se a compreensão do significado do som através de códigos ou valores abstratos (CHION, 2009). “Esta relação interativa engloba estruturas de escuta, atitudes estéticas referentes aos sons e à música, e o conceito de escuta reduzida de Schaeffer⁸” (SMALLEY, 1996, p. 82, tradução nossa).

A improvisação livre pode também ser considerada como composição instantânea, em que as ideias são organizadas em um intervalo muito curto de tempo (NANCE, 2007). Segundo Campos e outros (2006), os músicos que improvisam em uma determinada obra musical passam a ser co-autores da mesma, pois, as estruturas improvisadas trazem uma nova perspectiva para a estrutura musical, determinando a sua estética. Além disso, é um tipo de manifestação musical que não se preocupa em permanecer na história como obra de arte, e sim como um *acontecimento* que está livre do tempo, tanto na sua estética quanto na sua proposta como objeto artístico. Costa (2008), citando Deleuze, diz que especialmente neste tipo de performance (improvisação não-idiomática) o instrumentista depende

[...] de um agenciamento do desejo [...] a condição necessária e quase suficiente para este tipo de prática. Isto é ainda mais evidente no caso da improvisação livre que não se apoia num sistema de referência anterior [...]. O desejo é o que move o processo. [...] É ele que torna possível a conexão de componentes e linhas tão disparatadas e independentes (as biografias musicais de cada participante). (COSTA, 2008, p. 90).

culturalmente determinadas. A improvisação livre, não-idiomática ou contemporânea procura muitas vezes evitar referências explícitas a gêneros e estilos musicais – ver Costa (2009).

⁷ Ver Barreiro (2010, p. 36) para uma abordagem sintética dessas concepções de Smalley.

⁸ No original: “The interactive relationship embraces structural hearing, aesthetics attitudes towards music and sounds, and Schaeffer’s concept of the reduced listening.”

As manifestações das biografias, geografias e até idiomas musicais dos participantes de uma sessão de improvisação livre, por outro lado, são inevitáveis, onde figuras e gestos musicais que fazem parte de seu vocabulário particular são expressadas. Tais manifestações decorrem da configuração do mundo contemporâneo globalizado onde as fronteiras linguísticas, culturais e sociais constantemente são dissolvidas, o que faz com que os territórios se interpenetrem cada vez mais, de maneira que os idiomas musicais se tornem mais permeáveis. Desta forma, culturas musicais originalmente distantes – tanto histórica, quanto geograficamente - se aproximam (COSTA, 2003, 2009). Sendo assim, faz-se necessário que as manifestações idiomáticas sejam momentâneas numa improvisação livre, diversificadas e submetidas à busca de nuances do “sonoro”.

Em relação aos *live electronics*, Barreiro e outros (2010, p. 8) comentam que “esse desenvolvimento tecnológico possibilitou o surgimento de novas sonoridades e rapidamente tornou-se uma importante ferramenta na realização de improvisações livres”. Como foi dito anteriormente, a imprevisibilidade e, por outro lado, a influência recíproca entre os agentes, são características fundamentais de seus comportamentos num sistema sonoro-interativo. Assim, nota-se que nesses sistemas existe a necessidade fundamental de um equilíbrio dinâmico-criativo entre a “liberdade” e o “controle” no comportamento dos agentes, já que suas respostas devem trazer novas informações (imprevisibilidade), embora sejam influenciadas pela resposta anterior de outro agente. Esta autonomia aliada a uma reciprocidade entre os agentes torna o “sistema emergente”, isto é, o sistema pode evoluir a partir de si mesmo, e desta forma, se relaciona com o conceito de “auto-organização”. (TRALDI, 2009), como será discutido adiante no tópico 1.2.3.

1.2 Sistema Sonoro-Interativo

Na subseção 1.2.1 “Classificações dos Sistemas Sonoro-Interativos” são abordadas as classificações dos sistemas sonoro-interativos sob as três dimensões descritas por Rowe (1993), além de relacioná-las ao SSInPIC. São discutidas as possibilidades de abordagem dessas dimensões e os motivos técnicos e estéticos para seu uso.

Na subseção 1.2.2 “Tipos de Comportamento do *Patch* Interativo” discutem-se os conceitos de “interação dinâmica” e “interação estática” de Iazzetta (1996), e como um aplicativo computacional destinado a performances com *live electronics* poderia proporcionar

tais comportamentos. Esses conceitos serão relacionados ao SSInPIC no Capítulo 2, e identificados na análise videográfica de uma performance da peça interativa com o SSInPIC no Capítulo 4.

Em “Auto-Organização” - subseção 1.2.3 – são conceituadas as funções dos agentes em um sistema sonoro-interativo dentro de uma abordagem sistêmica. Além disso, são discutidos os conceitos de auto-organização primária e secundária, bem como suas relações com a Teoria Matemática da Informação. Também são abordados os conceitos de ruído informacional, atratores, adaptação, entropia, redundância, que se prestaram tanto à idealização do sistema sonoro-interativo desta pesquisa, como à análise da performance de uma composição com um alto grau de abertura musical idealizada com o SSInPIC.

1.2.1 Classificações dos Sistemas Sonoro-Interativos

De acordo com Chadabe (1989 apud IAZZETTA, 1996), três tarefas são necessárias a um sistema eletrônico que interage musicalmente com um agente humano: interpretar determinadas ações (sonoras, gestuais, etc) do *performer* humano e utilizá-las como controle parcial da geração dos sons eletroacústicos; controlar aspectos dos sons eletroacústicos que não são controlados pela performance humana; e dirigir a síntese sonora.

Rowe (1993) propõe uma classificação dos sistemas sonoro-interativos sob três dimensões que se interpenetram, afim de encontrar diferenças e semelhanças entre diversos sistemas e/ou seus predecessores. A primeira dimensão se refere aos tipos de dados de entrada (*input*) que serão captados (*sensing*) da performance. A segunda dimensão se refere ao processamento (*processing*) dos dados de entrada (*input*) para influenciar o comportamento dos dados de saída (*output*). A terceira dimensão se refere ao tipo de comportamento obtido com as respostas sonoras (*output*) do sistema eletrônico aos estímulos recebidos. Tais dimensões são descritas a seguir:

A primeira dimensão, que se refere aos dados de entrada (*input/sensing*) no sistema eletrônico, é classificada sob dois tipos: *score-driven* e *performance-driven*. Em *score-driven*, as informações musicais que o *performer* irá tocar são definidas de antemão e armazenadas por uma representação no sistema computacional para serem identificadas durante a performance. A respeito desta dimensão, é importante observar que o computador busca informações na performance de acordo com o que foi programado no *patch* interativo, ou

seja, o sistema eletrônico pode não funcionar adequadamente caso a performance não produza parâmetros condizentes com as informações esperadas na programação. Estas informações musicais devem ser baseadas em parâmetros discretizados com maior precisão, como por exemplo, os parâmetros de altura e duração facilmente representados em partitura. Puckette e Lippe (1992) analisam problemas e soluções referentes a estes *patches* seguidores de partitura (*score-followers*) em obras pioneiras na sua utilização, como “*Pluton*”, de Philippe Manoury, e “*Explosant-Fixe*”, de Pierre Boulez.

O tipo *performance-driven* emprega parâmetros mais gerais de representação da performance no *patch* para analisar seu comportamento como, por exemplo, a densidade, a regularidade dos eventos e o envelope dinâmico. Segundo Rowe (1999), os sistemas sonoro-interativos devem estar capacitados a reagirem adequadamente às nuances das performances e improvisações dos músicos. Nota-se que os parâmetros citados acima são inerentes à qualquer performance musical, inclusive àquelas em que não ocorrem sons de altura definida. O *performer* pode ficar mais livre em suas respostas, consciente de que durante toda a performance sua execução pode ser analisada, interpretada e respondida pelo computador. Desta forma, as respostas do computador podem influenciar o *performer* de forma mais imprevisível. E estas respostas também podem ser imprevisíveis já que dependem de ações do *performer* que não podem ser previstas de antemão. Em vista disso, o idealizador de um sistema sonoro-interativo não tem um controle absoluto da performance com o sistema, ele pode moldar o discurso musical em seus aspectos gerais, mas não em seus detalhes.

Os *performers* (humanos ou computadores) desfrutam [relativamente] de alguma autonomia de ação e podem desenvolver suas próprias habilidades com uma certa independência em relação às instruções do compositor. Nesta situação, é apresentado para os agentes algum tipo de estrutura (uma fórmula, um diagrama) [...]⁹ (IAZZETTA, 1996, tradução nossa)¹⁰.

É notável, na citação acima, que o autor se refira à concepção de aplicativos *performance-driven*, os quais são concebidos para performances direcionadas a uma abertura musical, sugerindo assim notações gráficas como uma “fórmula” ou “diagrama” como forma de instruções de interação. Essas instruções também podem se referir a uma estruturação da

⁹ No original: “The performers (humans or computers) enjoy some autonomy of action and can develop their own skills with certain independence from the composer’s directions. In this situation the agents are presented to some kind of structure (a formula, a diagram) [...].”

¹⁰ Publicado originalmente em *Journal of New Music Research*, v. 25, p.212-230, 1996.

performance, com o objetivo de se manter um certo controle e, consequentemente, uma “certa autoria” de sua idealização, o que remete mais a uma composição interativa com um alto grau de abertura musical. Mais adiante, serão explicadas as relações que ocorrem no SSInPIC por meio de diagramas no Capítulo 2. Tais relações devem ser conhecidas pelos agentes do sistema para seu melhor desempenho musical. Contudo, este conhecimento *a priori* não impede que uma performance com o SSInPIC tenha um significativo grau de abertura musical, já que elementos com graus variados de imprevisibilidade como a improvisação dos agentes instrumentistas e os processos probabilísticos na performance computacional são componentes essenciais do sistema. A expressão “autonomia do computador” – adquirida por meio de sua automação - só pode ser entendida metaforicamente, pois, por mais que suas respostas possam ter um certo grau de imprevisibilidade, por trás deste comportamento existe uma programação feita por um agente humano. Ou seja, esse comportamento autônomo do computador é uma simulação.

De acordo com as definições vistas em Dobrian (2004), os sistemas sonoro-interativos devem possuir um alto grau de abertura musical. Desta forma, a programação de um *patch* que selecione parâmetros sonoros menos discretizáveis mostra-se como uma abordagem viável para lidar com uma situação sonora não prevista de antemão. Assim, dados obtidos através da análise de amplitude, densidade, fraseado, espectro, etc. possibilitariam mapeamentos mais flexíveis para gerar as respostas sonoras do sistema eletrônico.

Se na música notada tradicionalmente, parâmetros menos discretizáveis geram diferenças a cada performance (pois ocorrem nuances que variam de forma contextual), em uma performance concebida com processos de indeterminação musical - com interação entre instrumentistas e computador -, essas diferenças podem ser ainda mais substanciais, contribuindo potencialmente no aumento do grau de interação entre os agentes (humano/computador) (LIPPE, 2002). Tais parâmetros, portanto, se comportam diferentemente daqueles que são precisamente discretizados – como no caso das alturas na música notada em partitura convencional, onde cada nota seria registrada no sistema computacional de forma que só quando ela fosse tocada pelo *performer* o sistema dispararia sua resposta mapeada àquela nota. Este último caso não seria, portanto, uma estratégia adequada na programação do aplicativo de um sistema sonoro-interativo voltado à INI (improvisação não-idiomática), pois, nada garante que um *performer* irá tocar “tal nota”, devido à indeterminação musical que ocorre nesse tipo de performance. Inclusive, podem

haver casos de performances em que o instrumentista, por meio do uso de técnicas estendidas, produza sons ruidosos, sem altura definida, em um instrumento musical tradicional. Em performances de INI com sistemas sonoro-interativos, portanto, é necessário que os parâmetros a serem captados pelo *patch* interativo sejam parâmetros mais gerais como, por exemplo, a dinâmica, que varia substancialmente e pode ser mapeada durante toda a performance. Assim, pode-se notar que na concepção destes sistemas, as relações podem se estabelecer diretamente com dados da performance (que são captados, analisados e interpretados pelo *patch* interativo), dados estes que muitas vezes não precisam (e às vezes não podem) ser precisamente discretizados em notação na partitura. Diante das considerações feitas acima, o SSInPIC pode ser classificado como um sistema do tipo *performance-driven* no que diz respeito à primeira dimensão de Rowe (1993).

A segunda dimensão proposta por Rowe (1993), que se refere ao processamento (*processing*) dos dados de entrada, é classificada em três tipos: *transformative* – transformação do material acústico que é captado pelo sistema; *generative* – geração de material sonoro como resultado de procedimentos algorítmicos com informações elementares de material musical contida no *patch*; e *sequenced* – disparo de material pré-gravado (que pode variar em alguns aspectos durante a performance) acionado por uma informação recebida de determinado parâmetro do som acústico captado.

O sistema proposto na presente pesquisa pode ser classificado sob os três tipos presentes na segunda dimensão de Rowe: 1) *transformative* - pois irá transformar material acústico; 2) *generative* – pois faz síntese sonora em tempo-real; 3) *sequenced* – pois dispara amostras sonoras pré-gravadas ou gravadas da performance.

A terceira dimensão de Rowe (1993) se refere aos dados de saída (*output/response*) do sistema eletrônico e é classificada sob dois tipos de modelos: *instrument* – encontrado de forma mais evidente nos *hiper-instrumentos* (ampliação dos limites do instrumento acústico), em que a gestualidade do *performer* pode ser analisada para influenciar o comportamento do sistema (desta forma, podemos dizer que o *performer* tem um maior controle sobre o sistema, o que resulta em um comportamento mais reativo); ou *player* – o *patch* tem comportamento próprio e pode variar em função da performance musical humana, ou seja há uma interação dinâmica entre os agentes.

Em relação à terceira dimensão de Rowe (1993), pode-se classificar o comportamento do *patch* interativo do SSInPIC, tanto como *instrument*, quanto *player*. Ou seja, a interação

será percebida tanto como um instrumento que é subordinado e controlado pelo *performer*, ampliando as sonoridades do instrumento, quanto como um *duo* entre computador e humano, em que o computador tem um comportamento mais autônomo, o que será melhor detalhado adiante.

1.2.2 Tipos de Comportamento do *Patch* Interativo

Segundo Dobrian (2004), o comportamento de um sistema eletrônico, em relação às suas respostas sonoras (*output*), é chamado de interativo quando há um maior grau de “imprevisibilidade” destas respostas que influenciam e são influenciadas pelos *performers* humanos. O autor diz que o comportamento é reativo quando há um maior grau de “previsibilidade” destas respostas. Tais classificações são denominadas por Iazzetta (1996), respectivamente, por “interação dinâmica” e “interação estática”.

A interação dinâmica não ocorre apenas em contextos humanos, nem a interação estática é restrita às máquinas. De fato, processos interativos humanos podem estar mais próximos dos processos interativos das máquinas se os agentes humanos tem de trabalhar em contextos com regras extremamente rígidas (pessoas que fazem hambúrgueres na cozinha de um McDonald’s, por exemplo). Da mesma forma, as máquinas podem simular o comportamento humano, como no caso de sistemas onde são empregadas algumas técnicas de inteligência artificial (por exemplo, um computador que executa um programa baseado em redes neurais)¹¹ (IAZZETTA, 1996, tradução nossa).

Iazzetta (1996, tradução nossa) considera que estes dois tipos de interação não devem ser colocados em oposição, mas sim em termos de grau, pois não se excluem, mas pelo contrário, se complementam, “[...] podendo ser vistos como tendências para um ou outro aspecto de um *continuum* [...]”¹². Os graus de interação podem, então, transitar de níveis mais simples para níveis mais complexos e combinados de diversas maneiras (GARNETT, 2001). Além disso, não são apenas os comportamentos do músico ou do computador que se alteram, mas também o comportamento do próprio objeto musical que se modifica de acordo com tais

¹¹ No original: “Dynamic interaction does not occur only in human context, nor is static interaction restricted to machine systems. In fact, human interactive processes can become closer to machine interactive processes if the human agents have to work under extremely rigid ruled contexts (people making hamburgers in a McDonald's kitchen, for example). In the same way, machines can simulate human behavior, as in the case of systems where some artificial intelligence techniques are applied (for instance, a computer running a neural network based program)”.

¹² No original: “Thus, they may be seen as tendencies to one or another aspect in a continuum rather than opposite categories”.

alterações (IAZZETTA, 1996).

Rowe (1993) define um sistema sonoro-interativo¹³ como aquele que altera seu comportamento em função de sinais que são captados (*input*) por este sistema. A interpretação destes sinais - por um algoritmo da programação - que define o comportamento do sistema é uma questão central em sua concepção. O autor propôs seu conceito de sistema sonoro-interativo baseado na tecnologia disponível no início da década de 1990, restrita, portanto, ao protocolo MIDI. “A morfologia sonora em um sistema MIDI é em grande parte fixada e, assim, suas limitações musicais são herdadas da música instrumental (i. e., altura, intensidade e duração)¹⁴” (DRUMMOND, 2009, p. 126, tradução nossa). Não é incorporada, portanto, a ideia de interpretação gestual de um *performer* como dado de entrada (*input*) para o sistema eletrônico, o que permitiria o rastreamento da evolução da morfologia do som através de suas transformações espetrais, por exemplo¹⁵. Além disso, o conceito de sistema sonoro-interativo concebido por Rowe (1993) não aborda a influência das respostas sonoras do sistema eletrônico no comportamento do *performer* humano. O foco do autor se concentra na forma como o sistema responde (*output*) aos dados de entrada (*input*). Em Traldi (2009), Drummond (2009), Dobrian (2004), Garnett (2001) e Iazzetta (1996), nota-se um conceito de sistema sonoro-interativo baseado na influência mútua entre os comportamentos dos agentes, além da memória de estados anteriores do objeto musical durante a performance, o que faz com que os agentes (humano/computador) possam “tentar” predizer prováveis estados subsequentes deste objeto com o objetivo de contribuir no aumento do grau de interação. A tentativa dos agentes em predizer tais estados, por outro lado, não é vista aqui como um comportamento completamente reativo do sistema, pois, trata-se apenas de uma “tentativa” que, portanto, está sujeita a erros. Previsões certeiras, aproximadas ou errôneas podem ser vistas como tendências para um ou outro aspecto (interação estática/interação dinâmica) do *continuum* comentado por Iazzetta (1996), que se dá entre a imprevisibilidade ou previsibilidade dos estados do objeto musical.

Nance (2007, p. 34) comenta que esta memória de estados anteriores do objeto

¹³ Rowe (1993) utiliza o termo “interactive music systems”.

¹⁴ No original: “The morphology of the sound in a MIDI system is largely fixed and so the musical constraints are inherited from instrumental music (i.e., pitch, velocity and duration)”.

¹⁵ Assim como Rowe (1993), Drummond (2009) menciona também o trabalho de Winkler (“Composing Interactive Music”, publicado em 1998), que também se encontra restrito à tecnologia de sua época - o protocolo MIDI na década de 1990. Os gestos do *performer* quando são mencionados se limitam aos controladores MIDIs, tais como, pedais e chaves de instrumentos musicais, ou ainda o *mouse* do computador (DRUMMOND, 2009).

musical pelos músicos em uma performance de INI é uma forma de preparação para que se adequem musicalmente aos próximos estados - o instrumentista escuta o que é apresentado no agora, relembrando o que foi tocado antes, e preparando-se para o que pode vir depois. Com o uso de um algoritmo probabilístico baseado em *cadeias de Markov* é possível “simular” uma memória no *patch* interativo similar, em certa medida, à memória que é necessária muitas vezes aos músicos em momentos de uma performance de improvisação. O algoritmo funciona através da análise de eventos atuais ou passados que oferecem “probabilidades” de eventos futuros ocorrerem. Desta forma, podem ser atenuadas as possibilidades de ocorrência de um comportamento “completamente” imprevisível dos sons eletroacústicos (que aconteceria através de uma “performance” aleatória do *patch* interativo em que não haveria uma memória de eventos anteriores) ou de um comportamento reativo em que as respostas do sistema eletrônico se tornam previsíveis demais após um tempo. Um exemplo do uso de algoritmos probabilísticos implementados em *Pure Data* pode ser encontrado em Traldi (2009, p. 74) em que a taxa de ocorrência das respostas sonoras do computador “[...] é transformada pelo número de eventos produzidos pelo intérprete em tempo real” em correlação com as tabelas de probabilidade elaboradas previamente.

O desenvolvimento do sistema sonoro-interativo proposto nesta pesquisa utiliza algoritmos baseados em *cadeias de Markov* de primeira ordem em parte de sua programação, o que terá como objetivo evitar um comportamento completamente aleatório no disparo de amostras sonoras. O uso deste algoritmo é uma das estratégias, dentre outras - que serão detalhadas mais adiante -, para que o *patch* interativo possa interagir dinamicamente com os *performers*.

1.2.3 Auto-Organização

De acordo com Furlanete (2010), pode-se relacionar o que ocorre em um sistema sonoro interativo a uma improvisação musical coletiva bem sucedida. Esse tipo de improvisação coincide com a definição de sistemas auto-organizados. Segundo Debrun (1996, p. 13),

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.

A expressão “Sistemas Sonoro-Interativos” geralmente se refere àqueles sistemas em que agentes humanos e um agente eletrônico interagem musicalmente entre si, cada qual cumprindo determinada função de maneira a organizar o sistema em tempo-real. Nestes sistemas, o processo de criação artística se torna mais complexo devido às diversas possibilidades técnicas oferecidas pela eletrônica, as quais podem ser empregadas nas estratégias de interação. Rocha (2008, p. 22) enumera quatro destas possibilidades em performances com instrumentos acústicos e eletrônica em tempo-real:

- 1) disparo de sons ou sequências de sons pré-gravados;
- 2) gravação de sons da execução instrumental do *performer*, armazenando-os na memória para serem disparados mais tarde;
- 3) transformação em tempo-real dos sons acústicos utilizando efeitos como espacialização, filtragem, *delays*, moduladores de frequência e de amplitude, etc; e
- 4) síntese sonora ou sequenciamento de novos sons.

Frente à diversidade de novos elementos e conceitos, um pensamento estético bem delineado é que pode delimitar as relações e as funções de cada agente no sistema interativo.

Traldi e Manzolli (2008) comentam que os agentes de um sistema sonoro - compositor, *performer* e expectador - podem desempenhar funções como: idealizar, articular, mediar e observar. A criação de um *patch*, a escolha de materiais sonoros, a elaboração de instruções para improvisação, a escrita musical, por exemplo, são delimitações de um sistema sonoro que é uma função exercida pelo compositor, chamado de agente “idealizador”. No caso de um sistema sonoro-interativo, “o idealizador escolhe os elementos e os processos mas, por se tratarem de relações muito complexas, ele não consegue prever totalmente os resultados dessas interações.” (TRALDI, 2009, p. 48). A função de “articulação” ocorre por processos dinâmicos na performance. Em sistemas sonoro-interativos como as instalações sonoras, por exemplo, as funções exercidas pelo *performer* e o expectador se fundem, pois, o expectador além de desempenhar sua função de “observação”, também desempenha a função de “articulação”, devido ao fato de que neste tipo de obra o público é convidado a interagir com os elementos locais. Durante a interação - tanto numa instalação sonora quanto em uma performance musical -, o agente idealizador não influencia diretamente os agentes articuladores da obra. Por outro lado, o articulador influencia e sofre influências dos elementos contidos no sistema.

De acordo com Traldi (2009), os diferentes agentes podem trocar, ampliar ou diminuir suas funções de acordo com o grau de abertura do sistema sonoro. Desta forma, o autor utiliza uma classificação em três tipos de sistemas¹⁶: fechados; mediados; e interativos. Em sistemas musicais, pode-se comparar os sistemas fechados com a noção da interpretação de uma partitura tradicional, e os mediados com a de interpretação de peças com notações que dão ampla margem de liberdade aos intérpretes que mediam e articulam a obra, como ocorre na interpretação de algumas partituras gráficas que são destinadas à improvisação. Observa-se que há um menor grau de abertura musical em sistemas musicais fechados - em que o compositor é o principal articulador -, e uma maior abertura em sistemas interativos, pois, nestes sistemas, as possibilidades de trocas e ampliações das funções dos agentes, são maiores do que naqueles.

[...] nos sistema interativos e dinâmicos, há uma aproximação entre as funções de concepção e realização, ou seja, o agente idealizador se aproxima do articulador. O sistema será mais auto-organizado quanto mais as fronteiras entre os agentes que desempenham essas duas funções forem diluídas (TRALDI, 2009, p. 56).

Em relação à interação com o ambiente, seria possível dizer que tal sistema interativo ou mediado também é fechado no que diz respeito aos seus elementos constituintes que são isolados do resto do universo, ou seja, não é um sistema aberto que interage com o ambiente. Contudo, como foi comentado na subseção 1.1.1 “Abertura Musical”, toda performance musical tem um certo grau de abertura, e, corroborando com Deleuze (1983, p. 19): “conjuntos são fechados, e tudo o que é fechado é artificialmente fechado.” Nas performances onde a articulação do processo não está estritamente limitada à escrita musical, existe uma abertura à improvisação, como no caso dos sistemas sonoro-interativos em que a abertura está relacionada com a interação entre os agentes.

A predominância da abertura em um sistema interativo não significa uma indeterminação total de seu comportamento, de forma a se tornar caótico ou totalmente aleatório. O idealizador do sistema estabelece relações entre os agentes (*performers*) que se influenciam de forma recíproca. A função de observação que nos sistemas sonoro-interativos é exercida pelos interagentes (que também exercem as funções de articulação e mediação), é que cria expectativas neles, de maneira que quando estas não são frustradas, determinam ao

¹⁶ A definição de Sistema utilizada na presente pesquisa é a de um conjunto de elementos que possuem interrelações (BERTALANFFY, 1968 apud PESSOA JÚNIOR, 2001; TRALDI, 2009).

menos momentaneamente algum tipo de comportamento do sistema, devido à ocorrência de coerências locais, reduzindo, portanto, a abertura em algum grau.

Por outro lado, um certo grau de imprevisibilidade diante da abertura no comportamento dos sistemas sonoro-interativos, pode trazer recorrentes novas informações aos *performers* interagentes. Desta forma, a interação vai ocorrer a partir da “adaptação” dos interagentes à nova informação, tanto do ponto de vista do agente humano, quanto do agente eletrônico. Pode-se dizer que o sistema se auto-organiza a cada nova informação recebida - com a qual os interagentes estabelecem relações espontâneas, exibindo padrões de adaptação como uma mudança gradual de hábitos sonoros (TRALDI, 2009). Os novos comportamentos imprevisíveis na articulação dos agentes de um sistema interativo dão a qualidade de “emergência¹⁷” a estes sistemas, já que podem evoluir a partir de si mesmo. É a assimilação das novas informações e a manutenção deste processo pelos elementos do sistema que possibilitarão a emergência de outras novas informações. Essas percepções potenciais influenciam a idealização e articulação do sistema.

Contudo, a emergência não deve ter suas origens nas condições iniciais de partida ou no intercâmbio com o ambiente, mas sim no processo das interações que ocorrem entre os elementos distintos que estão contidos dentro do sistema. As condições iniciais não devem prolongar sua influência de forma exagerada dentro do sistema, mas pelo contrário, elas devem ser programadas para se superarem, diferentemente do “caos determinístico” em que condições iniciais de partida muito bem definidas já são previstas para resultarem num comportamento caótico depois de certo tempo transcorrido (DEBRUN, 1996). O conjunto de fatos e causalidades que precedem o encontro entre os diferentes elementos devem ser esquecidos, ou seja, deve haver um corte com o passado. Debrun (1996) define este conjunto como “dispositivo organizacional”, que é o conjunto formado pelo contorno (um palco de apresentações artísticas, por exemplo) e os elementos do sistema.

A superação das condições iniciais de partida devem se basear em múltiplas soluções para que o processo tenha probabilidades de se tornar autônomo e criativo, estabelecendo assim uma identidade independente tanto destas condições iniciais, quanto de possíveis novas estruturas que poderão se adaptar durante o desenvolvimento do sistema. A causalidade da

¹⁷ Surgimento de novas propriedades, qualidades, padrões ou estruturas, oriundos da auto-organização de um sistema a partir das interações locais entre seus distintos elementos. Nesse caso, considera-se a “emergência como não-linearidade”, ou seja, o todo não é igual a soma das partes, mas sim como um novo elemento que é resultado das interações entre os elementos, oposto à “linearidade” em que o estado de um elemento pode vir a ser conhecido a partir do conhecimento do estado de outro elemento (PESSOA JÚNIOR, 2001, p. 39-40).

evolução de um sistema auto-organizado está baseada, portanto, na interação entre os distintos elementos.

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 atrator¹⁸, e, logo em seguida, nele obedecendo – ou inversamente, contestando-o, até o amadurecimento de um atrator definitivo (DEBRUN, 1996, p. 16).

Von Foerster¹⁹ (1911-) propõe que uma medida adequada de "ordem", ou seja, o estado e a disposição dos diferentes elementos que estão contidos dentro de um sistema, seja encontrada pelo cálculo da redundância, que é definido pela "Teoria da Comunicação de Shannon (1948)" na Equação 1 (PESSOA JÚNIOR, 2001, p. 19).

$$R = 1 - \frac{H(x)}{H_{\max}(x)} \quad (1)$$

Onde R é *redundância* e H(x) é a *entropia*²⁰ de um evento "x". A diferença com a Teoria da Comunicação é que, nesta, a entropia calculada é a de uma fonte de comunicação, e a de von Foerster é a entropia de um sistema físico. Assim, se um sistema é totalmente desordenado em que $H(x)=H_{\max}(x)$, R seria igual a zero, portanto nenhuma energia seria convertida de volta em trabalho, o que para um sistema sonoro significa que não haveria interação entre seus elementos, mas uma completa aleatoriedade. E se o sistema é totalmente ordenado, onde a entropia é nula, e assim o conhecimento de um elemento leva ao conhecimento de todos os outros, obtém-se um alto nível de *redundância* que é igual a 1,

¹⁸ Forças de atração entre as ações dos elementos de um sistema que estabilizam estruturas que emergem de suas interações na busca de uma auto-organização do sistema.

¹⁹ Físico austriaco que imigrou para os Estados Unidos em 1949 que teve um importante papel na cibernetica, diferenciando a "[...] cibernetica de primeira ordem" que trata dos sistemas homeostáticos ('morfostase') fundados em mecanismo de controle baseados em retroação, e a *cibernetica de segunda ordem*, ou *auto-organização* ('morfogênese'), que envolve mudança e evolução em sistemas, mudanças estas que não são impostas por um agente organizador mas que ocorrem de maneira espontânea" (PESSOA JÚNIOR, 2001, p. 24).

²⁰ De acordo com a 2ª Lei da Termodinâmica, um trabalho pode ser convertido em calor e o calor em energia, e a energia pode ser convertida em trabalho novamente, no entanto, nem toda essa energia pode ser convertida em trabalho, mas apenas uma parte dela. A entropia é a quantidade de energia que não pode ser convertida em trabalho novamente. O conceito de entropia aqui, é utilizado como na Teoria da Comunicação de Shannon (1948) que significa a medida da incerteza da informação de uma determinada mensagem, transmitida por um dos diferentes elementos do sistema.

onde o sistema se encontraria em equilíbrio. Para um sistema sonoro haveria apenas interações estáticas entre seus elementos, isto é, uma ação já prevista, determinada. Assim, uma correlação com a auto-organização em um sistema interativo levaria a valores de:

$$0 \leq R \leq 1$$

Com esses valores de R , seriam percebidas interações de forma espontânea entre os distintos elementos do sistema. O cálculo da entropia (ou grau de incerteza da informação) “ $H_{\max}(x)$ ” da mensagem “ x ”, representada por $H(x)$ na Equação 2, é dado abaixo pela multiplicação de p (probabilidade da mensagem “ x ” ocorrer) pelo logaritmo de p na base 2. Essa Equação se encontra em Ashby (1999, p. 174-175) – ver também Shannon (1948, p. 11; 29) e Pessoa Júnior (2001, p. 17).

$$H(x) = - \sum_{x=1}^N p(x) \log p(x) \quad (2)$$

O valor de $H(x)$ na Equação 1 é encontrado pela divisão entre o valor de H e o número de vezes (N) em que ocorreu a transmissão da mensagem, de acordo com a Equação 3²¹.

$$H(x) = \frac{H_{\max}(x)}{N} \quad (3)$$

Pode-se notar que quanto maior o número de ocorrências de determinada mensagem maior será o valor de *Redundância R*.

Contudo, von Foerster ainda considera que um sistema auto-organizativo pode se auto-ordenar a partir do “ruído informacional”²², ou seja, sua organização não se alimentaria só de “ordem” a partir do aumento gradativo da redundância, mas também da “desordem”, do “imprevisto”. Neste caso, o ruído informacional não seria visto como causador de entropia como ocorre nos sistemas biológicos, mas sim como causador de uma nova estrutura

²¹ Na Equação 2, o valor de $H(x)$ é o valor de $H_{\max}(x)$ da Equação 3.

²² “[...] informação foi definida como uma medida de diminuição na incerteza e ruído era qualquer interferência randômica na informação [...]” (CAMPESATO, 2010, p. 1389) – ver também Shannon (1948), Ashby (1954, 1957, 1962) e Pessoa Júnior (2001).

emergente no sistema, novas relações entre os diferentes elementos.

O que aumenta o grau de organização seria o ruído. Desta forma, o prefixo “auto” teria justificativa na expressão “auto-organização”, já que as alterações não surgiriam de nenhum programa pré-estabelecido contido no ambiente e destinado a organizar o sistema, mas de um fenômeno aleatório (PESSOA JÚNIOR, 2001, p. 49).

Desta forma, o ruído informacional torna-se uma potencialidade, - dentre outras possivelmente contidas no sistema -, que pode se atualizar como um princípio organizador. “[...] Se esse estranho é incorporado, quer dizer que ele foi reconhecido e pode, aos poucos, tornar-se familiar, perdendo seu poder de causar estranhamento e deixando, portanto, de ser ruído” (CAMPESATO, 2010, p. 1389). Quando o imprevisto é incorporado por um receptor, cria-se a possibilidade de geração de um atrator produzido pela interação entre o emissor e o receptor, pois, eles se tornam conectados. Von Foerster (apud PESSOA JÚNIOR, 2001, p. 30-31) dá um exemplo de cubos magnéticos que estão desordenados dentro de uma caixa que, em seguida é chacoalhada por alguém, formando-se então uma estrutura rígida e ordenada com os cubos. O imprevisto – o ato de chacoalhar a caixa – contribuiu na auto-organização dos cubos magnéticos. Contudo, esse exemplo do autor se torna impreciso por não considerar o papel ordenador da disposição inicial desordenada dos cubos na caixa. Além disso, mesmo que a ordenação do sistema tenha ocorrido por um ruído informacional, não se pode deixar de levar em conta os processos de interação que ocorreram entre os elementos desta ordenação. Mas ainda assim, formulações semelhantes a esta – da “ordem a partir do ruído” – se tornaram aceitas em pesquisas sobre a auto-organização de sistemas como um elemento gerador de complexidade²³, como por exemplo as pesquisas do biólogo francês Henri Atlan (1962 apud PESSOA JÚNIOR, 2001) em seu livro “Entre o Cristal e a Fumaça”. O título desse livro faz uma alusão a posição intermediária dos sistemas complexos que se situam entre a simetria, a regularidade, a repetição da estrutura do cristal e a desordem, imprevisibilidade e variedade da fumaça. Ou seja, entre a determinação e a indeterminação.

Segundo Atlan (1962 apud PESSOA JÚNIOR, 2001, p. 49), inicialmente, um sistema

²³ Sobre o tema da complexidade, destacam-se os trabalhos do cibernetista Ashby (1954, 1957, 1962), von Foerster (1960 apud PESSOA JÚNIOR, 2001) e Atlan (1992 apud PESSOA JÚNIOR 2001; TRALDI, 2009), que em geral definem o termo como a medição da informação que é desconhecida a respeito de um sistema, uma desordem aparente que oculta uma ordem de código desconhecido devido às relações não-lineares que se estabelecem entre seus elementos heterogêneos, diferentemente de complicações que é a medida do número de etapas para construir ou descrever um sistema.

auto-organizado possui um alto grau de redundância, ou seja, as informações iniciais do sistema devem ser repetidas, contudo, o sistema é sensível ao ruído informacional. A “adaptabilidade” à atuação do ruído no sistema aumenta gradativamente, e consequentemente, aumenta a variedade de elementos distintos como resultado da “emergência” de novos comportamentos, diminuindo a redundância. Pode-se dizer que a adaptação do ruído pelos elementos do sistema deve causar uma certa redundância nesta nova informação, embora esta redundância seja cada vez menor do que as redundâncias das primeiras informações contidas no sistema. Isso se deve à quantidade maior de elementos distintos que ocorrem a cada nova atuação do ruído no sistema, pois, se no início do desenvolvimento do sistema a quantidade de elementos é menor, então há mais espaço para a redundância, pois, haverá mais repetição quanto menos elementos existirem.

A “livre” expressão do interagente - vista aqui como um possível ruído informacional - e o “controle” desta expressão ou das respostas dos outros elementos do sistema, que buscam a interação entre eles, vista aqui como um princípio ordenador - devido à “adaptação” dos interagentes – é que asseguram o equilíbrio dinâmico do sistema. A capacidade dos músicos de perceber e interagir com o ritmo coletivo, além de uma boa memorização são os elementos capazes de adicionar ruído em uma improvisação em grupo, favorecendo a emergência de um comportamento complexo no sistema (FURLANETE, 2010).

Debrun (1996) faz uma distinção entre auto-organização primária e auto-organização secundária. Antes de explicitar as diferenças entre estas duas categorias, convém dar as definições de auto-organização e hetero-organização do autor.

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, 1996, p. 13)²⁴.

De acordo com o autor, pode-se dizer que em toda organização há a constituição de uma forma, portanto, na hetero-organização também haverá. A diferença desse tipo de organização com a auto-organização é que na hetero-organização não há elementos propriamente ditos, mas sim um “sujeito” dominante que organiza “objetos” por meio de ordens determinadas vindas “de cima para baixo”. Na auto-organização existe a possibilidade

²⁴ Essa mesma citação pode ser vista em Furlanete (2010, p. 13).

de um supervisor hegemônico e não dominante, que é o caso da auto-organização secundária. A diferença entre hetero-organização e auto-organização secundária é que, nesta ainda existem “elementos” (e não “objetos”) que recebem informações vindas de “baixo para cima” enviadas por um supervisor hegemônico. A causalidade do processo continua sendo a interação entre os elementos como é na auto-organização primária em que não há um supervisor (DEBRUN, 1996).

A auto-organização secundária parte de uma forma, sistema ou organismo já constituído, ou seja, “[...] é a maturação progressiva de uma estrutura inata, mas que só aos poucos revela suas potencialidades: não há aumento da complexidade, mas somente explicitação de uma complexidade já dada de antemão” (DEBRUN, 1996, p. 11). Diferentemente da auto-organização secundária, a auto-organização primária não parte de uma forma já constituída, mas pelo contrário, ocorre a “sedimentação” de uma forma que se desenvolve no processo através da interação entre seus elementos realmente distintos e de igual importância. Na auto-organização secundária, os elementos são na realidade “semi-distintos”, e não distintos por completo como na organização primária, pois, fazem parte de um mesmo organismo cujo elemento principal é sua “face-sujeito” com função hegemônica. Referindo-se ao seu “modelo de espaço-instrumento auto-organizado Prisma”, Traldi (2009) comenta que, na auto-organização secundária os elementos são pré-estabelecidos pelo agente “idealizador” do sistema. Conforme aponta Furlanete (2010, p. 16),

nestes 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.

De acordo com Debrun (1996, p. 18), a hegemonia da “face-sujeito” possibilita a direção de uma auto-organização secundária, contudo, para atingir tal objetivo, “solicita” a participação dos demais elementos para que se realize o processo. A interioridade que a “face-sujeito” tem com os outros elementos em um organismo com auto-organização secundária “[...] impede que o pólo sujeito possa entender de modo transparente o mecanismo das suas operações de auto-organização”. O autor exemplifica a auto-organização secundária com a relação que ocorre entre a mente e o corpo, em que a mente emite ordens para o corpo cumprir mas nem sempre este consegue realizar. O corpo pode tentar, por exemplo, levantar determinado peso provavelmente suportável - de acordo com uma ordem enviada pela mente -

, mas nem sempre o corpo reage conforme o esperado. É desta forma que ocorre a relação entre o *performer* computacional (face-sujeito) e os instrumentistas no SSInPIC.

Com relação a este tema da auto-organização, vale mencionar a opinião de Banzhaf (2009, tradução nossa), o qual comenta que “apesar de meio século de investigação, a teoria dos sistemas auto-organizados ainda está em sua infância. Não há um modelo padrão de SOS [sistemas auto-organizados], apenas vários aspectos enfatizados por diferentes pesquisadores²⁵”. Contudo, conforme visto no conteúdo deste tópico, nesta pesquisa são abordadas algumas das visões dos autores citados a respeito do conceito de auto-organização, especialmente as de Debrun, as quais serviram de referências poéticas na idealização do sistema interativo proposto.

²⁵ No original: “Despite half a century of inquiry, the theory of self-organizing systems is still in its infancy. There is no ”standard model” of SOS, only various aspects emphasized by different researchers”.

CAPÍTULO 2 – MODELAGEM DE INTERAÇÃO NO SSInPIC E SUAS POTENCIALIDADES

De acordo com as definições dos três tipos de sistemas vistos em Traldi (2010, p. 46-47), nos sistemas sonoro-interativos há, em relação aos demais sistemas, “um gradual distanciamento da noção de notação de eventos musicais para se aproximar da noção de descrição de processos ou potencialidades [...]. O objetivo desta pesquisa foi criar um sistema sonoro-interativo com base nos aspectos conceituais envolvidos com o tema, os quais foram descritos no Capítulo 1. Tais aspectos, que se relacionam aos conceitos de interação (DOBRIAN, 2004; IAZZETTA, 1996) e de auto-organização (ASHBY, 1954, 1956, 1962; DEBRUN, 1996; PESSOA JÚNIOR, 2001), com o foco no objeto da pesquisa, seus processos e potencialidades, são discutidos neste capítulo.

Na seção 2.1, “Os Elementos do SSInPIC” são apresentados os elementos interagentes do sistema. Em “Materiais” (seção 2.2) são descritas as sonoridades potenciais do sistema: os sons acústicos dos instrumentos; os sons eletroacústicos pré-gravados no computador; e os sons eletroacústicos que surgem da interação entre a performance com os instrumentos musicais e o aplicativo.

Na seção 2.3 “Modelagem de Interação” são relacionadas as ações dos *performers* às respostas do aplicativo, e como ocorrem os processos de interação entre os elementos. É apresentado o conceito de “modelo auditivo”, utilizado nas interações do SSInPIC como uma forma de influência dos sons eletroacústicos na performance instrumental, principalmente como uma forma de interação dinâmica. São discutidos os parâmetros da performance instrumental que controlam, transformam e geram os sons eletroacústicos nas interações estáticas, além dos processos que podem realimentar o sistema. Estas relações produzidas nas interações entre os elementos do SSInPIC são também apresentadas no texto na forma de diagramas.

Na última seção deste capítulo “Processos de Auto-Organização no SSInPIC” são discutidas as potencialidades de comportamento emergente do sistema nas interações estáticas, em que são analisados e relacionados com o sistema os conceitos de “atrator”, “adaptação”, “redundância” e “ruído informacional”. Além disso, são feitas simulações do controle via cadeias de Markov nas interações dinâmicas através de tabelas e diagramas de mapeamento e de transição *markoviana* de primeira ordem que controlam os disparos de amostras sonoras.

2.1 Os Elementos do SSInPIC

O SSInPIC (Sistema Sonoro-Interativo para Performances de Improvisação Contemporânea) foi idealizado com 5 agentes que se interrelacionam: 1) *patch* interativo (aplicativo computacional); 2) performer de computador; 3) flautista; 4) violonista; e 5) percussionista.

O *patch* interativo é constituído de duas partes, uma delas é controlada pela ação do *performer* de computador, visto aqui como a “face-sujeito” de um sistema com auto-organização secundária (DEBRUN, 1996); e a outra tem um comportamento semi-automático. A parte do *patch* que é controlada pelo *performer* de computador tem um comportamento mais reativo e expande as características dos instrumentos musicais por meio de linhas de *delays*, como também analisa parâmetros da performance instrumental (*input*) que fornecem dados para o controle de alguns parâmetros de sínteses sonoras (*output*). A parte semi-automática interage com os *performers* por meio do disparo de amostras sonoras pré-gravadas ou gravadas durante a performance. Este comportamento é controlado por *cadeias de Markov* de primeira ordem.

Existem 11 (onze) amostras sonoras pré-gravadas armazenadas no aplicativo, sendo que 9 (nove) são disparadas probabilisticamente, e as outras 2 (duas) disparadas sob o comando do performer computacional, sugeridas como introdução e coda das performances. Uma destas duas amostras, quando disparada, dá início ao processo de gravação e disparo das amostras gravadas e as pré-gravadas, e a outra finaliza este processo.

O *performer* de computador dá comandos de aviso aos instrumentistas, por meio de um monitor de vídeo em que aparece o número relacionado ao instrumentista (0: dez segundos para desligar o aplicativo; 1: flautista; 2: violonista; e 3: percussionista) que está controlando momentaneamente o comportamento reativo do computador (vide Figura 1). Assim, o performer de computador escolhe na interface do aplicativo qual dos instrumentistas deve interagir com aqueles sons eletrônicos que são produzidos quando o comportamento do computador é reativo à performance instrumental. O critério desta escolha é descrito na subseção 2.2.3 deste capítulo. O performer de computador também pode controlar parâmetros de um dos processos baseados no comportamento reativo do sistema, o que é explicado na subseção 2.2.2 deste capítulo.

Como foi visto no Capítulo 1, em um sistema sonoro-interativo um agente deve influenciar o outro de forma recíproca, embora suas ações devam ter um certo grau de imprevisibilidade. A influência de um agente sobre o outro se relaciona com a memória do

sistema, já que se manifesta como um jogo dinâmico entre pergunta e resposta, ou seja, a pergunta vem primeiro e a resposta carrega elementos da pergunta. Já a imprevisibilidade se relaciona com a incerteza sobre os fatos.

Figura 1 – Imagem do instrumentista que recebe o comando pelo *performer* de computador através de um monitor de vídeo para interagir com o aplicativo



Estes dois fatores correlacionados dão ao sistema “potencialidades” de determinadas ações, as quais devem ser executadas entre seus cinco elementos. Tais ações devem buscar a interação entre os elementos, e quando ocorrem, estabelecem-se interações que viabilizam a auto-organização do sistema. A emergência dos atratores é possibilitada no SSInPIC por meio dos seguintes fatores:

- a) imitação ou contraste dos sons eletroacústicos, servindo de “modelo auditivo” para a performance dos instrumentistas;
- b) disparos (controlados por algoritmos probabilísticos) da reprodução de amostras sonoras gravadas durante a performance (ocorrendo somente uma vez com ou sem alteração na reprodução) ou pré-gravadas.
- c) manutenção do ambiente sonoro¹ (improvisação não-idiomática) na performance dos instrumentistas;
- d) captação de parâmetros gerais da performance pelo aplicativo (respondidos de forma reativa);
- e) equilíbrio entre a adaptação ao “ruído informacional” e a “redundância” de

¹ Conforme a definição de ambiente sonoro por Furlanete (2010, p. 24).

comportamento como função de todos os agentes.

Nas próximas seções deste capítulo, estes fatores serão elucidados de forma mais detalhada.

2.2 Materiais

No SSInPIC encontram-se diversos materiais timbricos entre sons instrumentais e eletroacústicos. Dentre os sons instrumentais, encontram-se sons de flautas-doce, violão e instrumentos de percussão. Entre os sons eletroacústicos encontram-se: amostras sonoras pré-gravadas a partir da manipulação de determinados objetos específicos (mencionados mais adiante); amostras sonoras gravadas durante a performance; processamentos com linhas de *delays*; e módulos de síntese.

2.2.1 Sons Instrumentais

Nas oficinas de interação entre os elementos do sistema foram definidos alguns gestos instrumentais para os *performers* interagirem com o aplicativo. Desde o início desta pesquisa, objetivou-se a obtenção de sonoridades pela improvisação não-idiomática, que busca fugir de referências explícitas a gêneros musicais catalogados, por meio do uso de técnicas estendidas instrumentais e de uma escuta voltada às estruturas internas do material sonoro, como foi comentado no Capítulo 1. Desta forma, não se pode negar que, mesmo numa performance com improvisação não-idiomática, o compositor ou os músicos coloquem limites no vocabulário musical utilizado já que visam determinado efeito estético (FURLANETE, 2010, p. 25).

De acordo com o mapeamento do parâmetro captado dos instrumentos nas performances durante as oficinas, os gestos instrumentais foram selecionados e discutidos por meio de negociações entre os *performers* e o idealizador do sistema. Inicialmente, o idealizador do sistema propôs o uso de várias amostras sonoras de curta duração como “modelos auditivos” (NANCE, 2007), que foram estudadas e analisadas uma de cada vez. A metodologia desta etapa nas oficinas foi:

- a) Disparo de uma amostra sonora curta;
- b) Imitação aproximada da amostra pelo grupo instrumental;
- c) Discussão da qualidade da imitação com base em aspectos como o *setup*

instrumental e sugestões de técnicas estendidas;

d) Disparo da mesma amostra e realização de nova imitação.

Durante as oficinas, protótipos do aplicativo foram testados, observando a eficácia de suas respostas e o funcionamento dos algoritmos. À medida que se notava um comportamento indesejável do sistema, novos protótipos eram desenvolvidos. É digno de nota dizer que as amostras sonoras pré-gravadas utilizadas nas oficinas não são as mesmas que foram armazenadas na versão final do sistema. Contudo, essas amostras que serviram de “modelo auditivo” nas oficinas tinham em comum com as amostras da versão final o fato de terem sido gravadas a partir da manipulação dos mesmos objetos, os quais serão comentados adiante. Além disso, nas performances com a versão final do aplicativo, os instrumentistas deveriam interagir com as amostras sonoras não só buscando uma imitação aproximada, mas também contrastes tímbricos e variações. Ou seja, o modelo auditivo nas oficinas apenas se baseava na “imitação” das amostras pré-gravadas. Já nas performances com a versão final do aplicativo, havia uma maior liberdade no uso deste modelo auditivo nas execuções musicais dos instrumentistas. Esta ampliação do conceito de modelo auditivo, além do uso de diferentes amostras sonoras pré-gravadas nas performances com a versão final do aplicativo em relação às oficinas se baseou na ideia de corte com o passado de Debrun (1996), ou seja, num esquecimento das condições iniciais (oficinas) para que não prolongassem sua influência no sistema, conforme explicado em 1.2.3.

Nas oficinas com os protótipos do aplicativo, chegou-se a uma escolha dos gestos instrumentais com os quais foram obtidas melhores respostas do sistema. Essas respostas foram julgadas “melhores” de acordo com o parâmetro analisado da performance instrumental, ou seja, o instrumentista que interagia com a parte reativa deveria estimular o comportamento dos sons eletroacústicos através de variações no parâmetro sonoro analisado de sua performance instrumental, conforme exemplificado adiante em 2.3.2. Esta gama de gestos instrumentais também se prestavam à interação sonora dos instrumentistas com as amostras sonoras disparadas pela parte semi-automática. Apesar disso, tais gestos instrumentais não passavam de sugestões feitas pelo idealizador do sistema, pois, há um alto grau de liberdade para os *performers* interagirem no SSInPIC, liberdade esta que é característica da improvisação com sistemas sonoro-interativos auto-organizados. Assim, chegou-se aos seguintes resultados, mostrados no Quadro 1 abaixo, com relação aos gestos instrumentais sugeridos para serem utilizados na interação dos instrumentistas com o aplicativo do SSInPIC.

Quadro 1 – Técnicas e gestos instrumentais utilizados no SSInPIC

FLAUTA	VIOLÃO	PERCUSSÃO MÚLTIPLA
Glissandi; glissandi com a cabeça da flauta; frullatto; slap; vibrato; sonoridades próximas ao ruído branco; sons de vento; sons multifônicos; efeitos percussivos; movimentos descoordenados entre dedos e língua.	Slap; trêmolo com abafamento; glissandi; glissandi manipulando as tarrachas; raspagem de unha nas cordas; slides.	Técnicas de 2 ou 4 baquetas; arrastamento de baquetas no vibrafone (glissandi); toques nas laterais do bumbo; abafamento do bumbo com o braço; raspagem no prato com baqueta.

Nas performances com o SSInPIC, todos os sons instrumentais ao vivo serão captados pelos microfones e enviados diretamente para as caixas de som. O *setup* de percussão múltipla utilizado na performance “Atratores Ou-vistos” foi: bumbo-sinfônico; prato suspenso; sinos; roem-roem²; vibrafone; blocos de madeira (*woodblocks*); chocalho de metal; e 3 tubos de metal. A escolha da instrumentação - flauta doce, violão, e percussão múltipla - do setup do SSInPIC foi feita com base na diferença entre famílias de instrumentos a que cada um pertence: sopro, cordas (dedilhadas) e percussão. A mudança para outros instrumentos poderia não ser adequada no SSInPIC, pois o aplicativo poderia responder de forma não satisfatória, já que todos os testes feitos foram com estes três instrumentos.

2.2.2 Sons Eletroacústicos nas Interações Dinâmicas

Os sons eletroacústicos utilizados nas interações dinâmicas que ocorrem entre computador e *performers* são amostras sonoras gravadas na performance e outras pré-gravadas que são disparadas, randomicamente, uma por vez em intervalos com durações variáveis entre 13 e 21 segundos. A seguir serão descritos os processos para a obtenção destas amostras sonoras.

2.2.2.1 Amostras sonoras gravadas durante a performance

Durante a performance com o SSInPIC são gravadas amostras sonoras da execução

² Roem-roem ou rói-rói é um “instrumento tradicional do norte do Brasil, que produz som através da fricção de um barbante em um cabo de madeira, sendo amplificado através de um cilindro de papelão preso na outra extremidade do barbante” (CAMPOS et. al., 2006, p. 2).

musical dos instrumentistas com diferentes durações temporais: 3; 5; 8; 13; e 21 segundos, as quais são armazenadas em cinco bancos (com capacidade para armazenar uma amostra cada). Os valores de duração destas amostras foram obtidos por meio da série de Fibonacci³ e são gravadas do sinal vindo de apenas um dos três instrumentistas de cada vez (flautista, violonista ou percussionista). Eventualmente, durante a performance, pode ocorrer o disparo de uma amostra “vazia”, pois pode acontecer do instrumentista não tocar no momento em que uma amostra é gravada. Isso se deve à forma como o aplicativo foi programado – o que será abordada no Capítulo 3 -, pois não se sabe de antemão quando e nem de qual microfone uma amostra é gravada.

Existem cinco possibilidades de velocidade de reprodução das cinco amostras gravadas. As velocidades de reprodução podem variar entre 3, 5, 8, 13 e 21 segundos, seguindo novamente a série de *Fibonacci*. Ou seja, uma amostra com duração de 8 segundos, por exemplo, pode ser reproduzida em 3, 5, 8, 13 ou 21 segundos. Além disto, algumas dessas reproduções podem ocorrer no sentido inverso. Essas variações na reprodução das amostras gravadas podem diminuir alguma referência óbvia a determinado momento da performance. Esse fator de variabilidade foi adicionado ao sistema em sua idealização com o intuito de buscar a variação do grau de complexidade. Contudo, na performance do *patch*, o grau de complexidade só aumenta dentro das potencialidades idealizadas de antemão na programação. Apesar de eventualmente os instrumentistas executarem gestos que o *patch* não reconheça, isto é, não previstos pelo idealizador do sistema, é a performance do *patch* que delinea a forma musical dentro dos limites de sua programação, principalmente a parte reativa controlada pelo *performer* de computador. Assim, o SSInPIC - do ponto de vista do comportamento do *patch* interativo - configura-se como um tipo de “auto-organização secundária” conforme as definições de Debrun (1996, p. 11) citadas em 1.2.3, pois, apesar da diferença com a auto-organização primária na qual ocorre a “sedimentação” de uma forma sem um supervisor onipotente, a interação entre os elementos continua sendo o “motor” do processo na auto-organização secundária. Além disso, a interação nesse tipo de auto-organização – diferentemente da primária - é direcionada por um supervisor hegemônico, chamado de “face-sujeito” que solicita a participação dos elementos, os quais são sugeridos para revelarem as “potencialidades” do sistema. Essas potencialidades, portanto, proporcionam a variação da complexidade em maior ou menor grau na performance com o

³ A Série de Fibonacci possui uma característica de recursividade, isto é, cada termo pode ser obtido em função do termo anterior, o que pode ser representado pela seguinte expressão matemática:

$$x(k+1) = x(k) + x(k - 1)$$

sistema. Além disso, o SSInPIC não se configura como um sistema hetero-organizado, pois, diferentemente de um sistema com auto-organização primária ou secundária, em um sistema hetero-organizado não há “elementos” que interagem, mas apenas “objetos” organizados por um “sujeito” dominante.

2.2.2.2 Amostras sonoras pré-gravadas

Onze amostras sonoras pré-gravadas foram armazenadas no sistema para serem disparadas na performance sem alteração de velocidade de reprodução. Estas amostras foram obtidas a partir da gravação de determinados objetos que possuem uma temática em comum: são utensílios que faziam e ainda fazem parte do cotidiano de algumas famílias que vivem em áreas rurais. São objetos que se ligam de forma objetiva pela sua utilização prática, e subjetiva pelos sentimentos e sons que eles fazem ecoar na família, a qual tinha no passado, seus membros envolvidos no processo produtivo (PEREIRA, 2011a). São eles: “carda” e “roda” que, respectivamente, desenreda e fia o algodão, e “torrador” e “moedor” de café, vistos nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

Figura 2 – Imagem da carda de desenredar algodão



Duas destas onze amostras sonoras pré-gravadas possuem uma duração maior que as outras e foram selecionadas como elemento inicial e final de uma performance com o SSInPIC. A amostra inicial (*amostraintro.wav*) que é a gravação do som da manipulação de uma “carda” de desenredar algodão (vista na figura 2) tem uma duração de 1'07" (1 minuto e 7 segundos). A amostra final (*amostracoda.wav*) que é a gravação do som da manipulação de um torrador manual de café (visto na figura 5) tem uma duração de 1'40". Foi aplicado um

processamento “*phase vocoder*” nestas duas amostras feito no software *Sound Hack*⁴. As outras nove amostras possuem uma duração aproximada entre 4,5 e 14,5 segundos, as quais passaram por alguns processamentos e mixagem no software *Logic Pro 9* (plataforma *Macintosh*), a saber:

- 1) torrador_p1.wav;
- 2) carda_p2.wav;
- 3) carda_p3.wav;
- 4) carda_p1.wav;
- 5) torrador_p2.wav;
- 6) roda_p2.wav;
- 7) moedor_p.wav;
- 8) roda_p1.wav;
- 9) torrador_p3.wav.

Figura 3 – Imagem da roda de fiar algodão



Figura 4 – Imagem do torrador manual de café



⁴ Disponível em: <<http://www.soundhack.com/>>.

Figura 5 – Imagem do moedor manual de café



2.2.3 Sons Eletroacústicos nas Interações Estáticas

Como comentado na Seção 1.2.1 “Classificações dos Sistemas Sonoro-Interativos”, o aplicativo do SSInPIC é classificado sob a primeira dimensão de Rowe (1993) tanto como *player* quanto *instrument*. Utilizando as denominações de Iazzetta (1996) na idealização do sistema sonoro-interativo proposto na presente pesquisa, concebeu-se que o comportamento *player* do aplicativo funcionará com base nas interações dinâmicas (respostas não previsíveis), e o *instrument* nas interações estáticas (respostas previsíveis em relação aos dados de entrada). O comportamento da parte semi-automática (*player*) do aplicativo articula sua paleta sonora composta de amostras (*sequenced* - segunda dimensão de Rowe (1993)), tanto gravadas na performance quanto pré-gravadas, descritas na seção 2.2.2. Já as funções do aplicativo que dependem das ações do performer de computador, considerado como a “face-sujeito” do sistema (DEBRUN, 1996), além de expandir as características dos instrumentos acústicos (*transformative*), analisa dados da performance para gerar e/ou controlar o material sonoro (*generative*).

Além dos disparos das amostras gravadas durante a performance serem classificados sob a segunda dimensão de Rowe (1993) como *transformative* (quando a reprodução destas amostras é alterada), outra ação do aplicativo que também é considerada como *transformative* é um processamento com linhas de *delays* que acontece em tempo-real. São utilizadas na programação quatro linhas de *delays* com diferentes durações que causam um efeito de reverb nos sons dos instrumentos acústicos, além de realçar e prolongar eventos efêmeros, característicos de uma improvisação não-idiomática e do uso de técnicas estendidas.

Um aplicativo da biblioteca do *Pure Data* - *G08.pd.reverb* - foi utilizado (com algumas adaptações que serão detalhadas mais adiante) na programação do SSInPIC para a

geração de material sonoro. Através da programação feita para a análise de parâmetros da performance instrumental, tais como amplitude, ataques e frequências, obtinham-se *inputs* (dados de entrada) para a síntese gerada pelo *patch G08.pd.reverb*. O processo de síntese que ocorre neste *patch* simula um efeito de *reverb* com os valores analisados da performance que são interpretados como frequências.

No aplicativo do SSInPIC também foram programados outros módulos de síntese como síntese aditiva, síntese AM e síntese granular para geração de material eletroacústico na performance. Em alguns destes módulos de síntese foram utilizados *patches* de outros programadores, os quais passaram por adaptações para serem incorporados à programação do SSInPIC. As frequências e suas durações nestes módulos de síntese eram obtidas por processos randômicos na programação do aplicativo.

2.3 Modelagem de Interação

Esta seção é dividida em três subtópicos que irão tratar das interações que ocorrem no SSInPIC. São descritas, respectivamente, as modelagens de interações dinâmicas e estáticas (IAZZETTA, 1996) que ocorrem entre sons eletroacústicos e *performers*, no primeiro e segundo subtópicos. No terceiro subtópico é descrito o processo de interação entre os *performers* instrumentistas no SSInPIC.

2.3.1 Interações Dinâmicas: Disparo de Amostras Sonoras

Villavicencio (2008) diz que a tecnologia traz um novo conceito de tempo e espaço na música, pois elementos do passado podem ser disparados no presente, introduzindo um conceito específico de memória que pode ser aproveitado na interação entre computador e instrumentistas. Os elementos do passado no SSInPIC referem-se às amostras gravadas durante a performance com o sistema. Ao final da reprodução de uma amostra com determinado tempo de duração, é gravada outra amostra de mesma duração da gravação anterior (e não necessariamente a mesma duração da sua reprodução), substituindo-a. Assim, se houver o disparo de alguma amostra sonora que é gravada da performance, este acontecerá uma única vez, ou seja, estas amostras disparadas nunca se repetirão na performance, diferentemente das amostras pré-gravadas. Desta forma, há a possibilidade de estabelecer-se um processo de realimentação, pois, após o disparo da amostra gravada, inicia-se uma nova gravação que poderá registrar um conteúdo musical da performance instrumental influenciado

pelo disparo que ocorreu.

O critério da não-repetição de uma amostra sonora gravada da performance e o da possibilidade de repetição de uma amostra pré-gravada foi estabelecido desta forma, pois:

a) o disparo de uma amostra gravada da performance é um evento do passado, que mesmo com modificações na sua reprodução não deixa de ser uma repetição de um evento da performance instrumental, que é agora tocado pelo computador como uma retomada da memória, o que pode aumentar relativamente o grau de redundância;

b) as amostras sonoras pré-gravadas foram obtidas com sons da manipulação de fontes sonoras que não estariam presentes visualmente na produção de sons acústicos com o SSInPIC, portanto, uma possível repetição do disparo de uma mesma amostra colaboraria no estabelecimento de uma memória através do aumento da redundância (SHANNON, 1948; ASHBY, 1956).

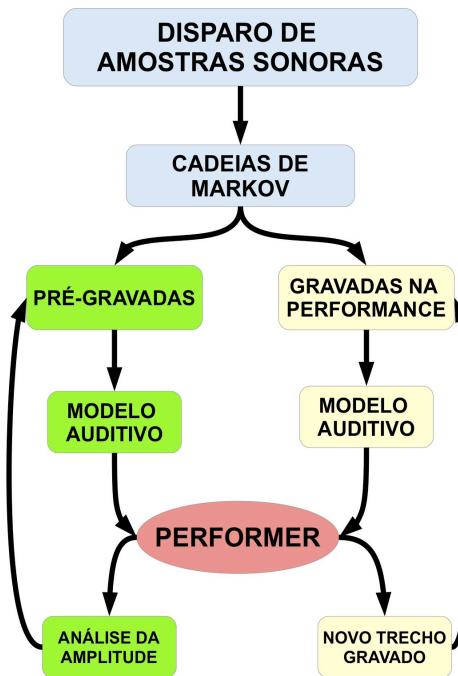
Nas amostras gravadas da performance, este grau de redundância é baseado na repetição de um evento do passado que acontece somente uma única vez. Assim, quanto menos alterações ocorrerem na reprodução da amostra gravada da performance, maior será o seu grau de redundância devido a uma maior semelhança com o passado. Na Figura 6, apresenta-se um diagrama das relações entre os agentes nas interações dinâmicas do SSInPIC.

A utilização das amostras sonoras pré-gravadas como parte da paleta sonora articulada pelo computador partiu da ideia de buscar a interação dos instrumentistas com um “modelo auditivo” (NANCE, 2007). O conceito de “modelo auditivo” (*“aural model”*) parte de uma abordagem do “som como matéria plástica” (*plastic sound*) feita pelo compositor Rick Nance que consiste em utilizar, em algumas de suas obras instrumentais, composições acusmáticas ouvidas pelo instrumentista antes e durante a performance, de modo que o mesmo produzisse sons que imitassem a composição acusmática. Este conceito de *“plastic sound”* se baseia nas transformações que um mesmo som ou composição pode sofrer. No “modelo auditivo”, por exemplo, supõe-se que muitos dos seus sons possam não ser imitados magistralmente pelos instrumentistas em função das limitações dos próprios instrumentos acústicos, além de que cada instrumentista fará uma leitura pessoal do modelo auditivo.

No entanto, no “modelo auditivo” proposto nesta pesquisa existem algumas diferenças com o “modelo auditivo” das composições de Nance (2007), como, por exemplo, o fato de não ser uma composição acusmática fixa, mas sim um conjunto de amostras sonoras que são disparadas através de um algoritmo probabilístico. Desta forma, o “modelo auditivo” que compõe a paleta sonora da parte eletroacústica é uma composição algorítmica em tempo-real, vista aqui como uma improvisação do computador e que, portanto, sempre terá novas versões,

porém com o mesmo material sonoro: *samples* que são diacronicamente dispostos de forma não totalmente prevista de antemão.

Figura 6 – Diagrama das relações entre os agentes nas interações dinâmicas do SSInPIC



Ao início desta pesquisa, foi proposta a criação de uma instalação interativa com os objetos das figuras 2, 3, 4 e 5 para que fossem obtidas as amostras sonoras que fariam parte da paleta sonora articulada pelo computador - ver Pereira (2011a). A escolha de tais objetos para a instalação foi feita principalmente por serem utensílios manuais, o que facilitaria e estimularia o público da instalação a manipulá-los. A gravação destas amostras a partir da criação de uma instalação interativa tinha o objetivo de compor um “modelo auditivo” que seria produzido por pessoas não-especializadas em música, já que em uma instalação quaisquer pessoas são convidadas para adentrar em seu espaço, e neste caso também interagir com a obra. As transformações sínrgicas do material sonoro desde a obtenção do “modelo auditivo” na instalação interativa, passando pela sua interpretação pelos músicos na performance, com a potencialidade desta interpretação ainda ser processada pelo aplicativo, poderiam ser vistas como uma abordagem de criação musical através da manipulação do som como matéria plástica (“*plastic sound*”). Contudo, durante a pesquisa chegou-se à conclusão de que não haveria a necessidade de um “modelo auditivo” obtido a partir da interação de pessoas não-especializadas em música numa instalação sonoro-interativa. De acordo com

Nance (2007, p. 43, tradução nossa), o modelo auditivo "[...] deve parecer familiar o suficiente para proporcionar um nível de predição, mas complexo o suficiente para permitir ampla variedades de interpretações." Assim, optou-se por não arriscar compor a paleta sonora do sistema interativo com um "modelo auditivo" que não estivesse sob o controle do idealizador do sistema. Apesar disto, os objetos utilizados na gravação das amostras foram os mesmos que estariam presentes na instalação.

A ampla variedade de interpretações permitidas pelo conceito de "modelo auditivo" aplicado por Nance (2007) em suas composições e a imprevisibilidade da ordenação dos disparos das amostras pré-gravadas do SSInPIC caracteriza-se nesta pesquisa como uma interação dinâmica, de acordo com o conceito definido por Iazzetta (1996). Além disso, as possibilidades de abertura em música inerentes à utilização deste conceito de "modelo auditivo" podem produzir um comportamento emergente nestas interações entre os elementos do sistema.

2.3.2 Interações Estáticas⁵: controle, transformação e geração sonora em tempo-real

Nesta subseção serão descritos os processos das interações estáticas no que se referem aos três módulos do aplicativo – *DELAYS*, *SYNTHESSES* e *REVERB* -, os quais possuem um comportamento *instrument*. O efeito sonoro do processamento com linhas de *delays* ao vivo (*transformative*) que captava o áudio dos instrumentos acústicos pelos microfones, estimularam os instrumentistas a explorarem eventos sonoros efêmeros – utilizando-se das técnicas estendidas - e contrastes dinâmicos. Estas explorações sonoras tinham suas características realçadas e prolongadas na performance por meio das linhas de *delays*. Na Figura 7, apresenta-se um diagrama do funcionamento destas relações. O instrumentista que terá o som processado pelos *delays* é escolhido pelo performer de computador, ou seja, a sua "face-sujeito".

A síntese sonora que ocorre no patch *G08.pd.reverb* ocorre pela entrada (*input*) de dados numéricos que são interpretados como valores freqüenciais de ondas triangulares com determinado perfil dinâmico. No som sintetizado ainda é aplicado um efeito de reverberação, conforme a programação em *Pure Data* de Puckette (1996) que será explicada adiante na subseção 3.5.3.1 *Patch G08.pd.reverb e abstrações*. Os valores de entrada são obtidos através

⁵ O termo "estática" aqui não se refere ao resultado sonoro, por exemplo, um som estático e sem transformação, mas sim à forma como o aplicativo se comporta nessas interações, isto é, sempre do mesmo jeito para cada configuração.

da análise da amplitude ou das frequências do instrumento que tem seu áudio captado pelo microfone num dado momento. Os valores de amplitude são analisados continuamente, o que produz séries de valores numa velocidade muito rápida, causando um efeito de trêmolo no resultado sonoro da síntese (*output*). Esta velocidade rápida da análise e geração sonora estimulou os instrumentistas a controlarem, por meio *crescendos* e *diminuendos* na performance instrumental, a produção de *glissandi* pelo aplicativo. Além disso, os valores obtidos com a análise da amplitude são menores do que os obtidos com a análise das frequências, o que produz alturas mais graves no *output* sonoro daquela do que desta. A análise das frequências pode enviar valores freqüenciais de um dos cinco primeiros harmônicos do sinal captado pelo microfone. A velocidade de *output* da análise das frequências é idêntica à velocidade de captação dos ataques da execução instrumental. Este procedimento permite aos instrumentistas executarem ataques com agilidade, produzindo uma massa sonora de freqüências sobrepostas devido ao efeito de *reverb* causado pelo patch. Em relação às ações do *performer* de computador, este pode fazer a opção por respostas mais imediatas ou por um atraso das respostas que, respectivamente, aumentam ou diminuem a percepção de comportamento reativo por parte do sistema eletrônico. Além disso, o *performer* computacional escolhe quando o aplicativo responde à análise da amplitude ou quando responde à análise das freqüências/ataques, o que é facilmente identificado pelos instrumentistas através da escuta da resposta gerada pelo patch a partir dos sons que realizam. Na Figura 8, podem ser vistas estas relações entre os *performers* e os sons eletroacústicos desta síntese sonora com *reverb*.

Os outros módulos de síntese (aditiva, AM, granular) programados (e/ou tomados de outros programadores) no aplicativo do SSInPIC geram freqüências aleatórias com ritmos também aleatórios de forma autônoma e têm sua amplitude controlada pela amplitude de algum dos instrumentistas escolhido pelo performer de computador. Este controle é baseado na técnica de “*ducking*” em que a amplitude do sinal gerado pelo patch é inversamente proporcional à amplitude do sinal de entrada. Ou seja, quanto maior a amplitude do sinal da performance instrumental, menor será a amplitude do sinal das sínteses, e quanto menor a amplitude do sinal da performance instrumental, maior será a amplitude do sinal das sínteses. Dessa forma, quando houver silêncio na performance instrumental, haverá o máximo de amplitude na síntese sonora de acordo com os limites definidos na programação do *patch*.

Além deste controle, os instrumentistas podem interagir com as texturas e os eventos sonoros gerados pela síntese, de forma que busquem, em sua performance, a imitação ou o contraste com os sons sintetizados. Estas relações podem ser visualizadas no diagrama da

Figura 9.

Figura 7 – Diagrama da interação estática entre instrumentistas e processamento com linhas de *delays*

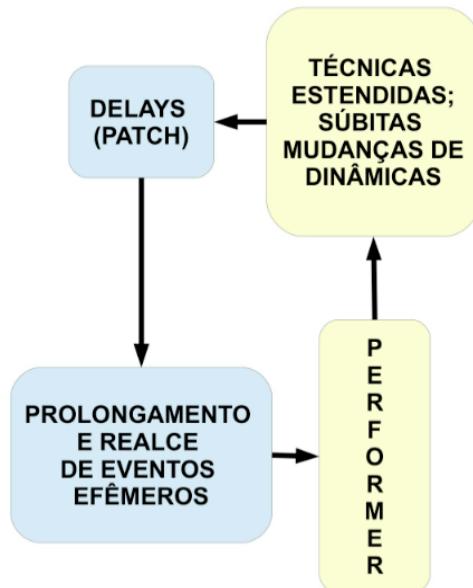


Figura 8 – Diagrama da interação estática entre instrumentistas e a síntese do patch *G08.Reverb.pd*

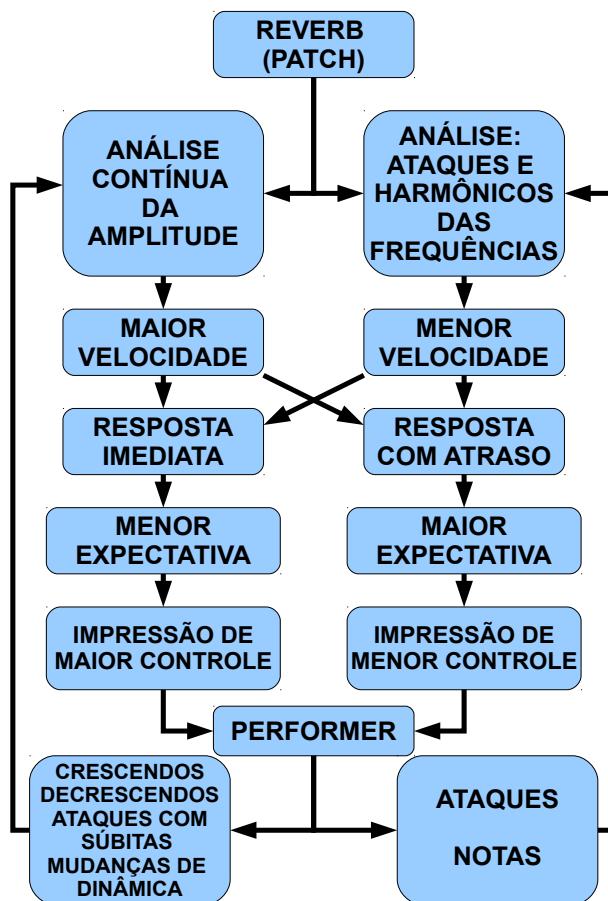
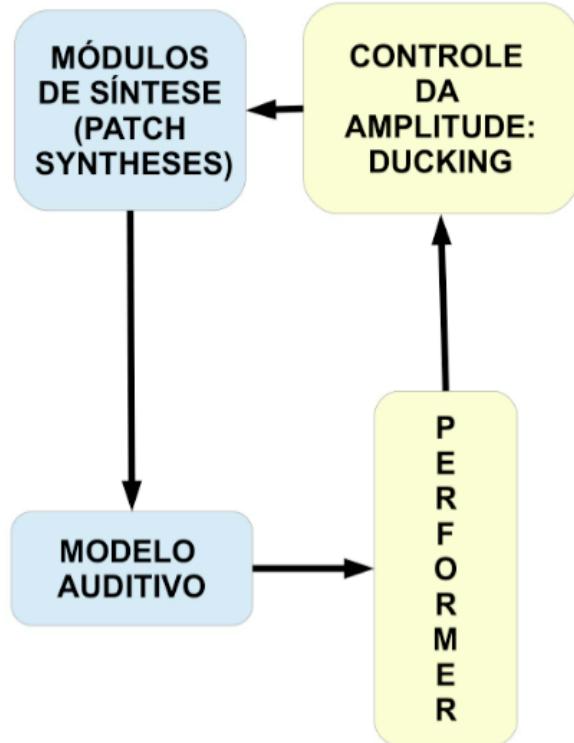


Figura 9 – Diagrama da interação estática entre *performers* e o patch *SYNTHESES*



2.3.3 Interação entre os *Performers*

A relação entre os instrumentistas no SSInPIC é basicamente a de construir e manter um ambiente sonoro de improvisação não-idiomática. “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” (FURLANETE, 2010, p. 24).

Apesar desta cooperação entre os *performers* na manutenção do ambiente sonoro da improvisação coletiva, também podem existir características de competição entre eles. Esta competição pode acontecer no SSInPIC de forma que os *performers* disputem a atenção da “face-sujeito” em escolhê-los para interagirem com o comportamento reativo do sistema. Este desvio da atenção de um elemento (agente) para outro pode acontecer pelo fato do outro elemento realizar algum gesto instrumental que a “face-sujeito” perceba como um estímulo mais interessante para a geração dos sons eletroacústicos. Isto também pode acontecer não só por uma maior atração da “face-sujeito” pela execução musical de outro instrumentista, mas também pelo instrumentista atual não ter conseguido estimular de forma eficaz os sons eletroacústicos sob o ponto de vista da face-sujeito.

2.4 Processos de Auto-Organização no SSInPIC

Neste tópico, os conceitos da Seção 1.2.3 “Auto-Organização” do Capítulo 1 referentes aos sistemas que demonstram comportamento emergente, ou seja, que se auto-organizam, além dos conceitos referentes à “Teoria Matemática da Informação” são discutidos em relação às potencialidades do SSInPIC. São descritos possíveis comportamentos do sistema em relação ao “ruído informacional” e ao excesso de “redundância”, além das ações da face-sujeito (performer computacional) e dos instrumentistas no processo de interação estática. Também são descritos os funcionamentos dos algoritmos probabilísticos de *cadeias de Markov* de primeira ordem utilizados no SSInPIC, os quais controlam o disparo das amostras sonoras nas interações dinâmicas que ocorrem entre sons eletroacústicos e *performers*.

2.4.1 Comportamento Emergente: Estratégias de Ação nas Interações Estáticas

Na interface do aplicativo do SSInPIC, o performer do computador dispõe de botões que selecionam o instrumento que terá seu áudio processado por linhas de *delays*, ou que controlará parâmetros dos processos de síntese sonora. Além destes botões, existem outros que disponibilizam ao performer computacional a escolha de qual processo aplicar ao instrumento acústico selecionado para interação: *delays*; controle da amplitude por “*ducking*” em módulos de síntese; e análise da amplitude e frequências/ataques interpretados como parâmetros de frequência por um módulo de síntese (*patch* “*G08.pd.reverb*”) que aplica um efeito de “*reverb*” ao som sintetizado. Além destes botões do acionamento dos processos eletroacústicos e escolha do instrumento que controla as reações do aplicativo, existem outros dois botões que disparam uma amostra sonora pré-gravada cada um. Estas duas amostras, como foi comentado acima, quando disparadas iniciam e encerram, respectivamente, o processo de gravação e disparo (controlado probabilisticamente) de amostras gravadas da performance e o disparo de nove outras amostras pré-gravadas com durações menores. Este processo também pode ser iniciado apertando botões sem ter que disparar a amostra inicial. Também existem *faders* de controle de entrada de áudio e saída de volume (ver Figura 18).

Diante desta configuração da interface de controle, encontram-se algumas potencialidades em sua operação na performance com o SSInPIC:

- a) o comportamento automático do *patch* (*disparo de amostras*) pode ter seu volume

geral controlado pelos *faders*, podendo ser reduzido a zero pelo *performer* de computador com o objetivo de destacar alguma interação estática que esteja acontecendo durante a performance, evitando assim, o cruzamento de disparos de amostras com tais interações. Pode-se também fazer o contrário: reduzir o volume da interação estática a zero para destacar o disparo de uma amostra;

b) os processos eletroacústicos para as interações estáticas podem ser escolhidos simultaneamente, ou seja, em quantidades de dois ou três (quantidade máxima) durante a performance. Quando isto acontecer, pode ser necessário algum ajuste de volume nos *faders*. Além disso, na programação do aplicativo aparece apenas um número de cada vez no monitor que indica qual instrumentista está controlando as reações dos sons eletroacústicos. No caso em que há mais de uma interação estática, consequentemente haveria mais de um instrumentista no controle. Portanto, eles teriam que estar atentos ao penúltimo número enviado, pois este é o último seriam os números dos dois instrumentistas que estariam no controle de dois processos reativos com sons eletroacústicos, por exemplo.

As ações humanas em uma performance com o SSInPIC tem um significativo grau de entropia, pois, não se sabe qual dos instrumentistas será escolhido pelo *performer* de computador para controlar os processos eletroacústicos. Por outro lado, nas interações estáticas pode haver um alto grau de “redundância” que não é desejável, pois pode inibir o comportamento emergente do sistema. A redundância elevada pode ser atribuída, neste caso, ao *performer* computacional que deixou o mesmo processo reativo sendo estimulado pelo mesmo instrumentista durante um tempo excessivo. Sobre a inibição de um comportamento emergente de um sistema sonoro-interativo com auto-organização causada pela redundância da informação, Furlanete (2010, p. 15, grifo do autor) comenta:

Se a memória é um elemento fundamental na formação de 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.

Assim, no caso de uma adaptação do instrumentista ao processo reativo (interação estática), esta, não deverá se estender de forma prolongada no sistema, ou seja, deverá haver um rompimento do atrator pela face-sujeito do sistema, com fins de abrir espaço para a emergência de novos comportamentos. A face-sujeito, isto é, o *performer* computacional, deverá ter critérios para tal situação, os quais ele pode obter ao buscar respostas para as três perguntas abaixo:

a) qual dos outros processos reativos disponíveis poderiam se adaptar aos gestos instrumentais que este instrumentista realiza neste momento?

b) Qual dos outros dois instrumentistas está realizando gestos instrumentais que poderiam se adaptar neste momento a este processo reativo selecionado?

c) Qual processo reativo aplicar aos gestos instrumentais realizados por um dos outros dois instrumentistas neste momento?

No caso de uma possível falha da face-sujeito, ou seja, quando começa haver um excesso de redundância na informação, ainda há a possibilidade de outro instrumentista (que não esteja estimulando os processos eletroacústicos no momento) perceber a situação e, despertar a atenção do performer computacional – através de seus gestos instrumentais - para escolhê-lo para estimular o processo reativo.

No momento em que os gestos instrumentais do performer (escolhido pela face-sujeito para interagir com os processos reativos) não produzirem variabilidade no parâmetro analisado da performance instrumental e, portanto, não proporcionarem respostas eletroacústicas satisfatórias do ponto de vista do *performer* de computador, este deverá escolher outro processo reativo ou outro instrumentista para interagir com o aplicativo.

De acordo com a definição de Debrun (1996), a auto-organização pode pressupor a existência de um organismo ou forma pré-definida que passa por operações de reestruturação – caso da auto-organização secundária. Para viabilizar este tipo de auto-organização no SSInPIC foram definidas algumas estratégias de interação entre seus elementos, as quais não são impostas, pois a “abertura” é observada nas improvisações dos instrumentistas. Segundo Debrun (1996, p. 14-13),

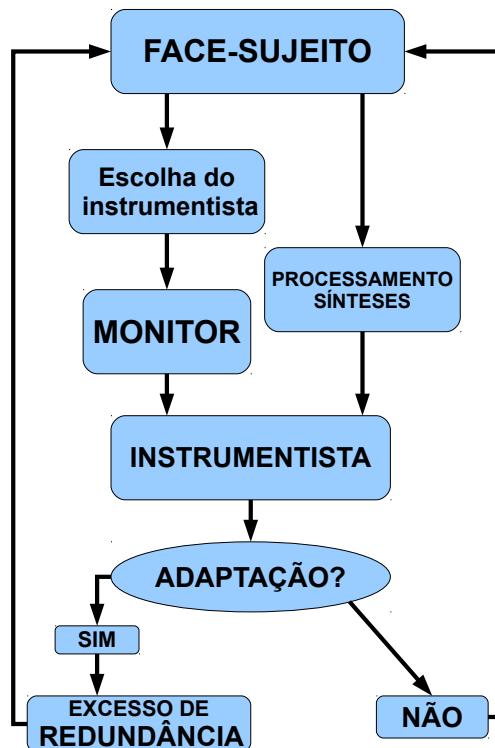
Há auto-organização secundária quando, num processo de aprendizagem (corporal, intelectual ou existencial), a interação se desenvolve entre as partes ("mentais" e/ou "corporais") de um organismo – distinção entre partes sendo então "semi-real" –, sob a direção hegemônica mas não dominante da "face-sujeito" desse organismo.

Essas estratégias de interação foram definidas *a priori* durante a idealização do sistema e explicadas aos instrumentistas por meio de diálogos estabelecidos entre eles e o idealizador do sistema durante as oficinas interativas. Essas oficinas, no entanto, proporcionaram um aprimoramento dessas estratégias inicialmente idealizadas. Assim, as estratégias de interação para os instrumentistas - que são descritas a seguir - estão sob uma supervisão hegemônica e não dominante do idealizador do sistema na figura do *performer* computacional.

Uma dessas estratégias incita o instrumentista a procurar perceber, durante a performance, se há um grau de redundância elevado na interação de um outro instrumentista ou, pelo contrário, se há uma adaptação ao processo reativo do *patch*, instituindo-se assim uma espécie de jogo ou competição⁶. O instrumentista deve se perguntar mentalmente: que gestos instrumentais devo realizar para atrair a atenção do *performer* de computador para que ele me escolha para interagir com o computador? Neste caso, o instrumentista que faz a pergunta não estaria interagindo com os processos reativos do *patch*, mas desejaria passar a interagir por julgar que a interação de outro instrumentista não esteja provocando uma variedade sonora adequada nas respostas eletroacústicas. Outra estratégia ocorre quando o instrumentista percebe, inesperadamente, que o número de seu instrumento aparece no monitor - devido à escolha feita pelo *performer* de computador. Deve, então, perguntar-se: que processo reativo ocorre neste momento? Quais gestos instrumentais devo realizar para interagir com este processo?

Na Figura 10, apresenta-se um diagrama das relações que ocorrem entre os agentes nas interações estáticas do SSInPIC.

Figura 10 – Diagrama das relações entre os agentes nas interações estáticas do SSInPIC



⁶ Ver Furlanete (2010).

Outras perguntas que direcionam a postura musical de algum instrumentista que não controla o processo em determinado momento, e que devem ser feitas por ele são:

a) como contribuir com meus gestos instrumentais para a manutenção do ambiente sonoro sem encobrir a interação sonora que outro instrumentista realiza com o aplicativo?

b) Devo realizar algum gesto instrumental pra contribuir na manutenção do ambiente sonoro ou não tocar para não “perturbar” a interação que se realiza com outro instrumentista e o aplicativo?

Se ocorrer um disparo de uma amostra sonora, eles devem se perguntar: que gestos instrumentais devo utilizar para imitar aproximadamente ou contrastar com os aspectos intrínsecos desta amostra sonora? O instrumentista que controla os sons eletroacústicos, ao ouvir uma amostra disparada e sentir que pode se adaptar à uma imitação desta amostra (a qual ele julga que poderá ser melhor do que a dos outros instrumentistas), poderá fazê-la desde que não comprometa sua interação com o aplicativo.

2.4.2 Interações Dinâmicas do Sistema Eletrônico Controladas via Probabilidade

O comportamento das interações dinâmicas do sistema eletrônico refere-se aos disparos de amostras sonoras que ocorrem na performance com o SSInPIC, os quais são controlados por algoritmos probabilísticos de *cadeias de Markov* de primeira ordem. As *cadeias de Markov* de primeira ordem oferecem a probabilidade de um estado seguinte ocorrer com base somente no estado atual e não em estados anteriores. Ou seja, no SSInPIC, este tipo de cadeia markoviana estabelece uma relação entre um evento sonoro no futuro e um evento (ou conjunto de eventos) há um passo temporal, com probabilidade condicional.

Pode-se dizer que o uso de tal algoritmo estabelece uma “memória de curto prazo”, pois o estado futuro depende somente do estado atual (e não dos estados mais remotos). Desta forma, optou-se por utilizar a Cadeia de Markov de primeira ordem com o objetivo de se obter uma maior variabilidade na ordem de ocorrência, ou seja, da sequência das amostras sonoras em uma performance com o SSInPIC. Nas subseções abaixo, serão demonstrados os funcionamentos dos algoritmos com as probabilidades de seleção dos bancos de amostra(s) gravada(s) ou pré-gravadas.

2.4.2.1 Probabilidades dos Disparos das Amostras Sonoras Gravadas na Performance

Algoritmos de *cadeias de Markov* de primeira ordem acionam o disparo de amostras sonoras gravadas da performance como também alterações ou não em sua reprodução. Um algoritmo escolhe entre cinco bancos⁷ que contém uma amostra cada, e outros algoritmos idênticos escolhem entre cinco possibilidades diferentes de reprodução desta amostra. A distribuição de probabilidades utilizadas nestes algoritmos controlam a seleção da amostra a ser disparada como também as suas diferentes possibilidades de reprodução. A distribuição é dada por: 10%; 15%; 20%; 25% e 30%. Estes cinco valores percentuais objetivam diferentes probabilidades de seleção dos bancos para o disparo das amostras, já que todos os valores são diferentes entre si. Além disso, nota-se que a soma destas probabilidades é igual a 100%, normalizando suas distribuições. Em cada disparo que ocorre, mudam-se as distribuições destas probabilidades mapeadas aos bancos de amostras e às possibilidades de reprodução. Ou seja, mudam-se as expectativas dos eventos futuros de acordo com o banco selecionado que contém a amostra do disparo atual⁸. No entanto, o disparo de amostras gravadas da performance e de amostras pré-gravadas tem a mesma probabilidade de ocorrência, ou seja, 50% cada. Assim, os valores da Tabela 1 devem, na realidade, ser divididos pela metade para representar as probabilidades reais dos disparos das amostras gravadas na performance, o que constitui a Tabela 2. Tanto os valores da Tabela 1, quanto da Tabela 2, são baseados na distribuição de probabilidades da forma como foram implementadas no *pach*, e não à probabilidade real dos eventos, assim, não levou-se em conta a distribuição acumulada.

Na Tabela 2, pode-se notar, por exemplo, que, se a amostra sonora gravada no banco 1 for disparada, a probabilidade de ocorrer novamente um disparo de uma amostra gravada no banco 1 é de 5%. Se for disparada uma amostra do banco 2, a probabilidade de ser disparada uma amostra do banco 1 não é mais 5%, e sim 7,5%.

Na figura 11, pode ser visto o diagrama de transição⁹ (representadas por setas) entre os bancos (representados por círculos/estados), além das probabilidades¹⁰ destas transições no algoritmo de *cadeias de Markov* citado acima.

⁷ O termo “banco” se refere aos *arrays* da programação em *Pure Data* onde se armazena cada amostra sonora.

⁸ Neste trabalho não foram consideradas as probabilidades acumuladas a cada estado na cadeia de Markov, mas apenas a probabilidade atual de um próximo evento ocorrer.

⁹ Este modelo de diagrama de transição em algoritmos de *cadeias de Markov* pode ser encontrado em Santos (2008).

¹⁰ As probabilidades apresentadas em valores percentuais nas tabelas que se apresentam neste trabalho, serão representadas nos diagramas de transição dos algoritmos de *cadeias de Markov* por números decimais. Exemplo: 50% = 0,5.

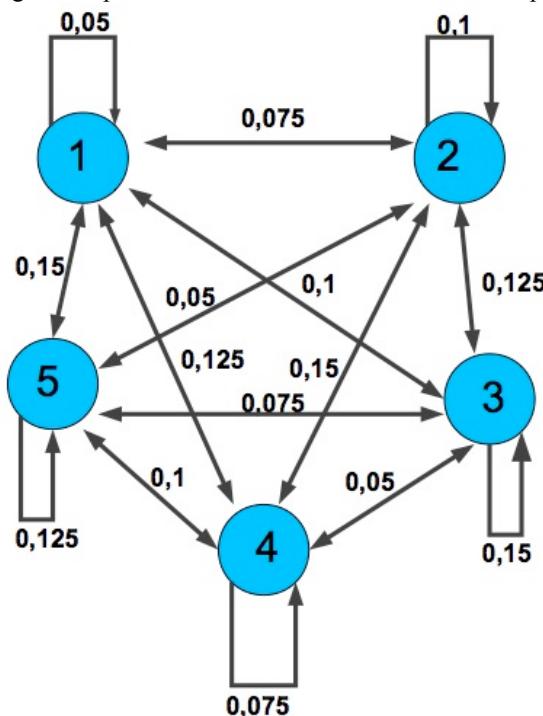
Tabela 1 – Distribuição das probabilidades da próxima seleção de um dos cinco bancos de amostras sonoras gravadas na performance ou de uma de suas cinco diferentes possibilidades de reprodução de acordo com o banco ou possibilidade de reprodução da amostra atual

	1	2	3	4	5
1	10%	15%	20%	25%	30%
2	15%	20%	25%	30%	10%
3	20%	25%	30%	10%	15%
4	25%	30%	10%	15%	20%
5	30%	10%	15%	20%	25%

Tabela 2 – Distribuição das probabilidades (considerando o disparo das amostras pré-gravadas) da próxima seleção de um dos cinco bancos de amostras sonoras gravadas na performance de acordo com o banco da amostra atual

	1	2	3	4	5
1	5%	7,5%	10%	12,5%	15%
2	7,5%	10%	12,5%	15%	5%
3	10%	12,5%	15%	5%	7,5%
4	12,5%	15%	5%	7,5%	10%
5	15%	5%	7,5%	10%	12,5%

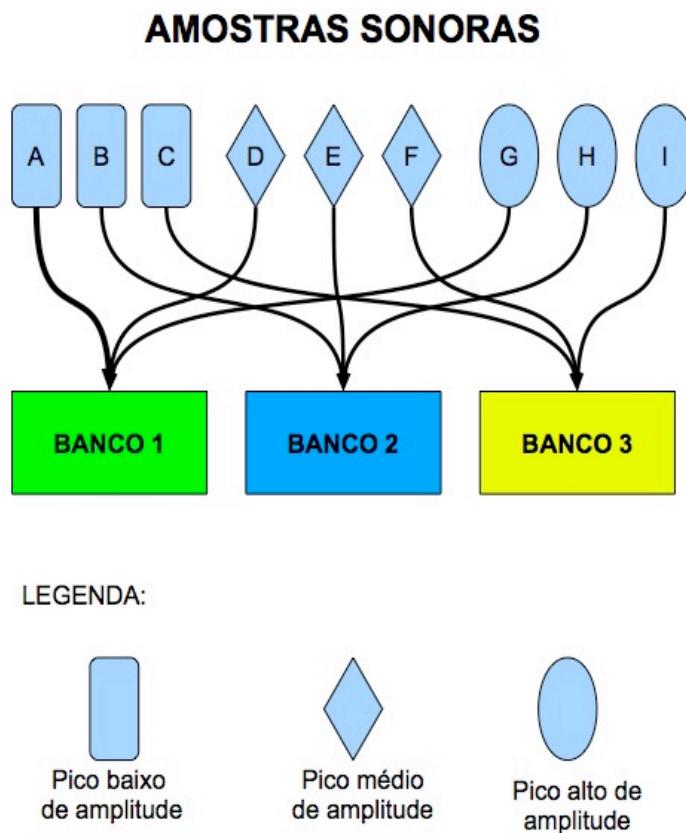
Figura 11 – Diagrama de transição da seleção dos bancos no disparo de amostras sonoras gravadas da performance (algoritmo probabilístico de *cadeias de Markov* de primeira ordem)



2.4.2.2 Probabilidades dos Disparos das Amostras Sonoras Pré-Gravadas

As nove amostras sonoras pré-gravadas estão divididas em três bancos, cada qual com três amostras. Na programação do aplicativo são definidos três âmbitos de nível da amplitude do sinal de áudio da performance instrumental que, quando captados, são mapeados aos disparos das amostras pré-gravadas. O pico de amplitude de cada amostra sonora foi analisado no software *Logic Pro 9* de forma que foram separadas em três grupos: a) três amostras com maiores picos de amplitude; b) três amostras com menores picos de amplitude; e c) três amostras com níveis médios de pico de amplitude em comparação com as amostras dos grupos anteriores. Uma amostra de cada grupo foi adicionada a cada um dos três bancos de amostras do aplicativo, como mostrado no diagrama da Figura 12.

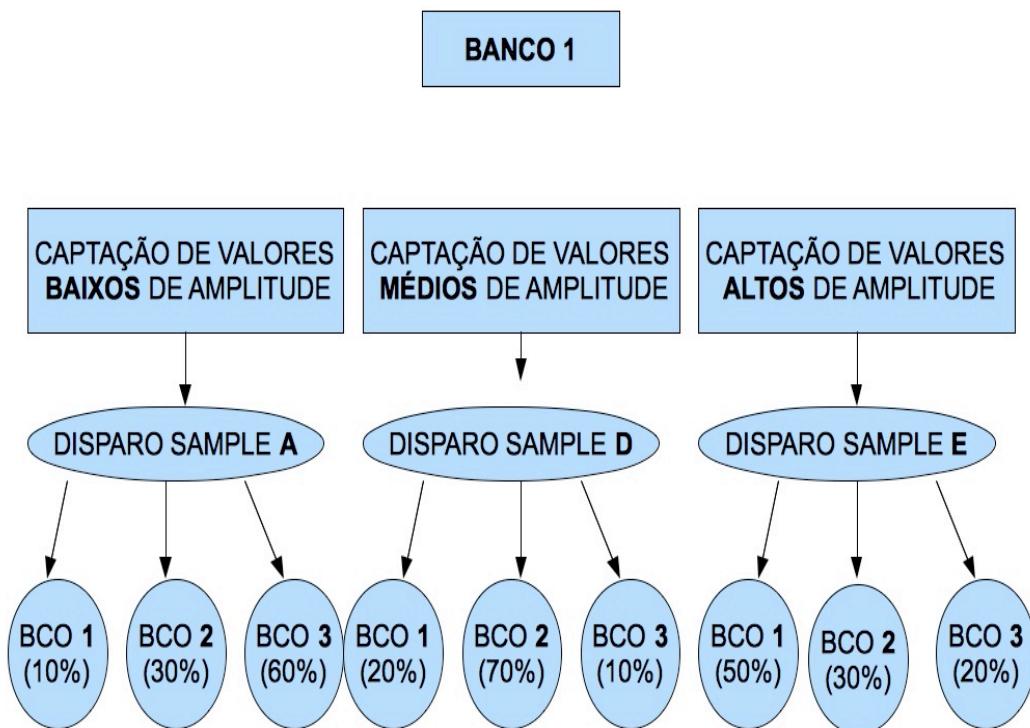
Figura 12 - Diagrama do mapeamento: amostras x bancos



Na Figura 13, é apresentado um diagrama com um exemplo das probabilidades de disparo em um dos bancos de amostras (Banco 1). Observa-se neste diagrama que, em cada amostra que é disparada, há uma distribuição diferente de probabilidades de abertura do próximo banco de amostras. Devido aos disparos das três amostras sonoras contidas dentro de

cada banco serem mapeados cada um a um âmbito diferente de nível de amplitude captado da performance instrumental – baixo, médio e alto – haverá um alto grau de entropia na seleção destas amostras para o seu disparo, pois, por tratar-se de improvisação, provavelmente irão ocorrer variados níveis de amplitude na performance instrumental.

Figura 13 - Diagrama do funcionamento do algoritmo de *cadeias de Markov* em um dos bancos de amostras: probabilidades da abertura do próximo banco



O mapeamento do disparo de cada amostra às probabilidades de abertura de um dos três bancos podem ser vistos na Tabela 3. Nesta tabela, observa-se, por exemplo, que quando o Banco 1 estiver aberto e for disparada a amostra “A” devido à captação de uma amplitude baixa (*piano = p*) de um dos instrumentos na performance instrumental, a probabilidade do Banco 1 continuar aberto para o disparo da próxima amostra é mínima, ou seja, 10%, a do Banco 2 de 30%, e a do Banco 3 de 60%. Assim, a cada amostra pré-gravada que é disparada, abre-se o banco em que vai ocorrer o disparo da próxima amostra, a qual vai ser selecionada de acordo com a amplitude captada de um dos instrumentos musicais na performance. Esta abertura do banco não garante que o próximo disparo será o de uma amostra pré-gravada, pois, como comentado na subseção anterior, o disparo de cada amostra - gravada ou pré-gravada - tem probabilidade de 50% de ocorrência cada um.

Nota-se na Tabela 3 que, quando o aplicativo dispara uma das nove amostras, os

valores probabilísticos na coluna da amostra disparada são diferentes para a abertura de cada um dos três bancos (1, 2 e 3: linhas). Assim, um dos critérios para a escolha destes valores percentuais foi, primeiramente, de determinar diferentes probabilidades de abertura dos três bancos ao disparo de uma amostra sonora. A soma das probabilidades em cada coluna resulta em 100%, o que normaliza sua distribuição. Além disso, as três amostras sonoras contidas em cada banco (1, 2 e 3) representadas por três colunas vistas na Tabela 3, são divididas respectivamente de acordo com o âmbito da amplitude captado da performance instrumental da seguinte maneira: 1^a coluna dos Bancos 1, 2 e 3: âmbito *piano*; 2^a coluna dos Bancos 1, 2 e 3: âmbito *mezzoforte* e; 3^a coluna dos Bancos 1, 2 e 3: âmbito *forte*. Nota-se na Tabela 3, que em cada um destes grupos de colunas há uma probabilidade diferente de abertura do mesmo banco, por exemplo, as amostras sonoras (*samples*) A, B e C, as quais tem seus disparos mapeados à captação de amplitude dentro de um âmbito considerado *piano*, possuem diferentes probabilidades de abertura do Banco 1, respectivamente: 10%, 20%, 70%. Contudo, o que vai determinar os disparos das amostras sonoras pré-gravadas de determinado banco que está aberto é a escolha do computador entre o disparo de uma amostra pré-gravada ou gravada da performance, além do valor da amplitude captado da performance instrumental quando o aplicativo escolhe o disparo de uma amostra pré-gravada.

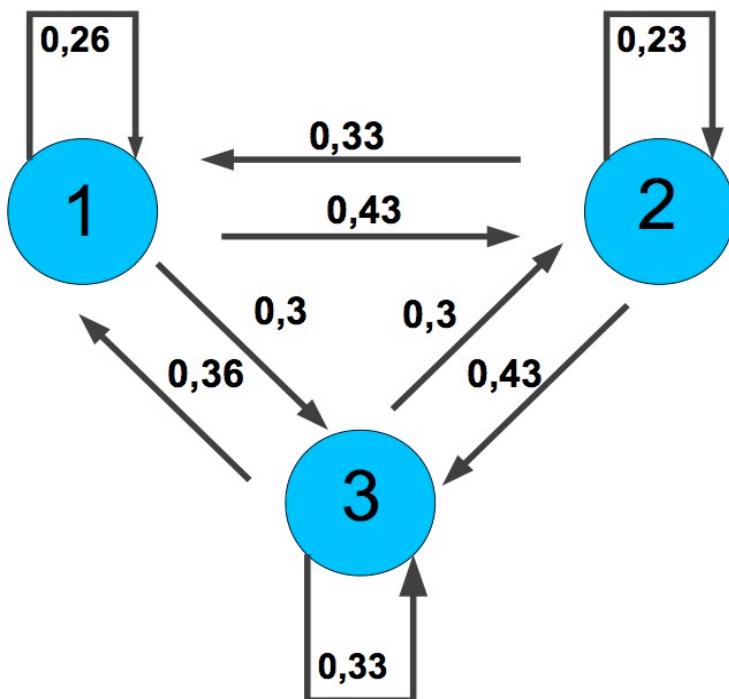
Tabela 3 – Disparo de amostra pré-gravada (coluna: amostra atual) x probabilidade de abertura dos bancos para o próximo disparo (linha: banco seguinte)

Amostra atual Banco seguinte	BANCO 1			BANCO 2			BANCO 3		
	SAMPLE A (<i>p</i>)	SAMPLE D (<i>mf</i>)	SAMPLE G (<i>f</i>)	SAMPLE B (<i>p</i>)	SAMPLE E (<i>mf</i>)	SAMPLE H (<i>f</i>)	SAMPLE C (<i>p</i>)	SAMPLE F (<i>mf</i>)	SAMPLE I (<i>f</i>)
1	10%	20%	50%	20%	60%	20%	70%	30%	10%
2	30%	70%	30%	50%	10%	10%	10%	20%	60%
3	60%	10%	20%	30%	30%	70%	20%	50%	30%

A probabilidade de abertura de um próximo banco (estado seguinte) é dada pela média das três probabilidades de abertura deste banco localizadas em uma mesma linha nas três colunas do banco aberto (estado atual) que irá disparar uma das três amostras contidas em seu interior, de acordo com a Tabela 3. Por exemplo, se o Banco 1 estiver aberto para o disparo da próxima amostra, a probabilidade do Banco 1 continuar aberto no disparo da amostra seguinte será dada por: $(10 + 20 + 50)/3 = 26,66\%$. No diagrama da Figura 14, são vistas as transições (representadas por setas) entre os bancos (representados por círculos/estados), além das

probabilidades destas transições deste algoritmo de *cadeias de Markov* de primeira ordem que controla os disparos das amostras sonoras pré-gravadas. A probabilidade do Banco 1 ser aberto duas vezes seguidas é de 26,66%, ou seja, 0,26 conforme o diagrama da Figura 14, que também mostra as outras probabilidades de transições entre os bancos de amostras.

Figura 14 – Diagrama de transição entre os bancos de amostras sonoras pré-gravadas (algoritmo probabilístico de *cadeias de Markov* de primeira ordem)



No próximo capítulo, são apresentadas as estratégias utilizadas na programação em *Pure Data* com a implementação dos algoritmos probabilísticos que controlam os disparos das amostras na interação dinâmica, além da programação das transformações sonoras – linhas de *delays* – e módulos de síntese, baseados na interação estática com os instrumentistas ao vivo.