

Composição musical assistida por computador a partir da análise de sonoridades orquestrais com o uso de descritores de áudio

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

SUBÁREA: SONOLOGIA

Ivan Eiji Simurra

Instituto de Matemática e Estatística – IME/USP – ieys@ime.usp.br

Resumo: Apresentamos o desenvolvimento de um protótipo de ambiente computacional para analisar sonoridades do ponto de vista de seu conteúdo espectral. Para tanto, utilizamos as ferramentas computacionais de análises denominadas descritores de áudio. Objetiva-se construir um sistema de auxílio à composição musical cujo foco centra-se no timbre musical. Alguns resultados já demonstram a eficácia do projeto com a elaboração de um conjunto de composições musicais a partir da utilização do método desenvolvido nesta pesquisa.

Palavras-chave: Composição. Timbre. Composição assistida por computador. Análise sonora. Descritores de áudio.

Computer-Aided Composition from the analysis of orchestral sonorities using audio descriptors

Abstract: We present a computing environment prototype for analyzing sounds from the point of view of its spectral content. Therefore, we use a computational analysis tools called audio descriptors. The aim of this project is to build a computer-assisted music composition system whose focus is centered on musical timbre. Some results already demonstrate the effectiveness of the project with the development of a set of musical compositions from the application of the methods presented on this research.

Keywords: Composition. Music timbre. Computer-aided music composition. Sound analysis. Audio descriptors.

1. Introdução

Descrever o som e, conseqüentemente, o timbre, como uma resultante global de suas propriedades espectrais é, de certa forma, representá-lo nas suas diversas dimensões (MANOURY, 1998). Atribuimos ao termo “timbre” uma identidade morfológica espectral, tal como discutido por Smalley (SMALLEY, 1994). Seria como se a paleta de cores fosse misturada por técnicas instrumentais estendidas e produzisse novos matizes que alteram a percepção esperada do timbre de um instrumento musical ou mesmo de uma orquestra.

Muitas técnicas, ferramentas e suportes oferecidos pelos avanços tecnológicos da Computação Musical estão consolidados, principalmente para o estabelecimento de novos espaços de análise e criação musical (MIRANDA, 2001). Tais métodos não são usados diretamente ou estritamente na composição mas podem ser manipulados musicalmente pelo compositor a partir de um ponto de vista interpretativo. São informações as quais tem o potencial de ser utilizadas como elementos básicos à composição musical. Dentro do âmbito da computação musical, os dados numéricos e as análises subsequentes podem ser

interpretados de forma criativa com maior liberdade e intuição, em qualquer nível de complexidade.

Os recentes métodos de análise e composição com suporte computacional, possibilitam a extração de vários parâmetros ou curvas com os quais são descritas características sonoras a partir do espectro de frequências sonoras. A área de conhecimento científico sobre o assunto denomina-se Music Information Retrieval ou MIR (SERRA, 2013). Os estudos sobre MIR utilizam funções matemáticas, apoiadas em medidas estatísticas e modelos psicoacústicos para desenvolver os chamados descritores de áudio. Segundo Peeters, os procedimentos para descrever as características de um sinal sonoro foram propostos pela comunidade científica inicialmente para o reconhecimento de padrões da fala e para a classificação de instrumentos musicais (PEETERS, 2003: 01). Esses procedimentos também são ferramentas de relevância significativa no contexto da composição e orquestração musical assistidas por computador.

O levantamento bibliográfico dos ambientes computacionais de assistência à orquestração compartilham objetivo comum, independente de seus procedimentos metodológicos: a busca por melhores soluções orquestrais a partir de uma sonoridade de referência ou “timbre-alvo” (CARPENTIER, 2008: xvii). Dada uma sonoridade de referência, como um arquivo de áudio ou um som sintetizado, os ambientes computacionais calculam sugestões orquestrais que “imitam” a sonoridade de referência pela mistura de instrumentos tradicionais (HARVEY, 2009: 279). Como exemplo, no ambiente Orchidée, a análise sonora é realizada com alguns descritores para sugerir sonoridades orquestrais cujas características podem ser comparadas com as características do próprio “timbre-alvo”. Portanto, os ambientes computacionais de assistência à orquestração, que utilizam o conceito de “timbre-alvo”, restringem as possibilidades de abstração das configurações orquestrais.

No nosso protótipo de ambiente de análises sonoras denominado *Sound Shizuku Composition - SSC*, as possibilidades orquestrais resultam da interação das análises dos descritores de áudio com a própria percepção de suas características espectrais. O timbre sonoro possui diversas características perceptivas que podem estar intrinsecamente associadas ou ortogonalmente diferentes. As ferramentas de análise sonora descrevem determinados aspectos que podem ressaltar uma ou mais características específicas. O trabalho propõe uma ferramenta computacional para criar objetos sonoros/musicais e aplicá-los na orquestração que podem ser observados a partir de técnicas MIR.

Frente a possibilidade de utilizar-se do próprio som como um modelo para composição ou uma sonoridade como um elemento potente da obra, a composição musical

que se sustenta nesse substrato pode se beneficiar de ferramentas de análise computacional denominados de descritores de áudio. Realizamos um estudo sobre as técnicas de recuperação da informação musical via descritores de áudio de baixo-nível, aqueles que se relacionam com o comportamento do espectro de frequências sonoras e com as propriedades psicoacústicas da audição. Neste sentido, utilizamos os descritores de áudio como ferramentas de análise sonora, relacionando duas abordagens particulares de auxílio ao planejamento composicional: a) descrições de características do comportamento do espectro de frequências sonoras com b) os modos específicos de execução instrumental estendida e em orquestração. A pesquisa aqui reportada objetiva criar um espaço de exploração de sonoridades orquestrais ou corpus de sonoridades que auxiliam o compositor durante o seu próprio processo de planejamento composicional.

Na Seção 2 apresentamos as etapas principais da nossa proposta de análise sonora e orquestração musical assistidas por computador. Na Seção 3 descrevemos os descritores de áudio utilizados para desenvolver o nosso sistema de orquestração. Na Seção 4 apresentamos o banco de dados utilizados para realizar as misturas sonoras. A Seção 5 descreve as etapas de elaboração do nosso ambiente de análise sonora *Sound Schizuku Composition - SSC*. Na Seção 6 descrevemos os resultados composicionais obtidos por intermédio da interação com o nosso protótipo de ambiente computacional de análise. Por fim, na Seção 7 concluímos o nosso artigo apontando as nossas considerações finais e as perspectivas de desenvolvimento de pesquisa.

2. Arquitetura da Metodologia

O escopo do desenvolvimento do nosso ambiente de orquestração assistida por computador centra-se nas particularidades contrastantes de variações de sonoridades, a partir da análise sonora via descritores de áudio. Nosso objetivo é produzir uma mescla refinada do material sonoro tomando como ponto de partida um conjunto de técnicas estendidas de execução instrumental. Esse processo criativo produz diversas relações entre o material sonoro descrito a partir da análise dos descritores, configurações instrumentais e, finalmente, nas transcrições da partitura. Essas transcrições auxiliam o compositor no seu planejamento composicional e em orquestração. O nosso planejamento composicional apoia-se em duas etapas fundamentais, a saber: a) “Pontos de Referência” que são as características timbrísticas potenciais associadas aos descritores de áudio, as quais definem o campo macroestrutural da composição e b) “Misturas Sonoras” ou simulações computacionais que geram arquivos de áudio, com o objetivo de ampliar as possibilidades de mistura instrumental. Nas Misturas

Sonoras, sobrepomos registros de áudio de diversos modos de ataque, articulações e técnicas estendidas instrumentais. Os registros que utilizamos pertencem a dois bancos de dados sonoros compilados por Ballet (BALLET, 1999) e Barbancho (BARBANCHO, 2013). Na Seção 4 apresentamos a versão atual do nosso banco de dados sonoros. O processo composicional, via orquestração musical assistida por computador, foi dividido em cinco etapas principais: Etapa 1 – definem-se as sonoridades a serem exploradas no processo criativo da obra musical, por intermédio de estudos técnicos e entendimento dos descritores de áudio. Tal etapa definirá os aspectos e as características timbrísticas que serão trabalhadas composicionalmente; Etapa 2 – utilizando os conceitos de sonoridade da Etapa 1, estabelecem-se demarcações dentro do espaço de características, denominadas como Pontos de Referência, os quais definimos como demarcações que o compositor realiza a priori no seu planejamento composicional, utilizando os descritores de áudio para construir um espaço de sonoridades. Ou seja, são as demarcações que apontam para características timbrísticas potenciais que são associadas aos descritores de áudio; Etapa 3 – simulam-se as Misturas Sonoras com o computador para testar misturas instrumentais que estão relacionadas aos Pontos de Referência. Para tanto, utilizou-se amostras sonoras digitais de diversos modos de ataque, articulação e técnicas estendidas de diversos instrumentos musicais. Tais configurações foram construídas a partir de um banco de dados com registros sonoros, do qual apresentaremos na Seção 4; Etapa 4 – realizam-se a interação das escolhas das configurações orquestrais ponderadas pela interpretação de aplicação e pertinência. Tal procedimento garante a participação efetiva do compositor no resultado final de sua própria composicional musical e; Etapa 5 – armazenam-se as misturas sonoras selecionadas pelo compositor em notação simbólica e em formato de arquivos de áudio. Na Seção 3, discutiremos o uso dos descritores de áudio como ferramenta de análise sonora junto ao nosso sistema de orquestração assistida por computador. Apresentaremos os descritores de áudio que dialogam diretamente com o nosso estudo.

3. Apresentação dos descritores de áudio utilizados

Nesta Seção, discutiremos o uso dos descritores de áudio como ferramenta de análise sonora junto ao nosso sistema de orquestração assistida por computador. Apresentaremos os descritores de áudio que dialogam diretamente com o nosso estudo. Os descritores de áudio são ferramentas de análise sonora as quais representam determinadas características unidimensionais do sinal sonoro. Embora tenham caráter reducionista em relação objeto analisado, os descritores de áudio são ferramentas úteis como uma taxonomia

de características relacionadas com o conteúdo espectral do sinal sonoro analisado (RIMOLDI, 2013: 01). Tais características podem ser correlacionadas e, não necessariamente, equivalentes com atributos subjetivos da percepção do sinal sonoro, tais como “brilho”, “opacidade”, “rugosidade”, “ruidosidade”, “maciez”, dentre outros. Para desenvolver a nossa pesquisa em composição utilizamos um conjunto de 15 descritores de áudio. A biblioteca de análise mais utilizada no escopo deste trabalho de pesquisa foi a PDescriptors, desenvolvida em ambiente PD (MONTEIRO, 2012). A Tab. 01 resume os principais pontos destacados sobre os descritores de áudio. Nela, sintetizamos a apresentação dos descritores com as suas possíveis aplicações.

Descritor	Definição	Correlato Sonoro	Aplicação Possível
Centroide Espectral	Baricentro Espectral	Brilho/Opacidade	Deteção de variação sonora
Desvio Padrão Espectral	Largura de Banda do Centroide Espectral	Massa Sonora	Equalização de bandas espectrais
Skewness Espectral	Assimetria ou Obliquidade da distribuição do espectro	Quentes e Arredondadas / Brilhantes e Penetrantes	Deteção de tipos de instrumentos de percussão
Curtose Espectral	Achatamento da distribuição estatística	Ruído	Deteção de transientes
Fluxo Espectral	Variação Espectral no decorrer do tempo	Ataque	Detectar tempos de ataque de eventos sonoros
Nivelamento Espectral	Razão entre Média Geométrica com a Média Aritmética	Ruído/Som Tonal	Remoção de ruído sonoro
Irregularidade Espectral	Diferença da Magnitude Espectral	Aveludado e Liso / Rugoso e Estriado	Equalização de banda espectral
Roll-Off Espectral	Declividade do Envelope Espectral	Rugosidade	Masterização de voz e música
Razão entre Componentes Ímpares e Pares	Quociente da Magnitude entre Componentes Espectrais	Nasal / Macio	Deteção de instrumentos musicais
Energia RMS	Raiz da média dos quadrados da energia	Forte / Fraco	Deteção de intensidade sonora
Loudness	Sensação auditiva da variação de intensidade sonora	Forte / Fraco	Percepção de intensidade sonora
Taxa de Cruzamento por Zero	Variação do sinal no tempo	Ruído	Deteção de ruído sonoro
Decrescimento Espectral	Decaimento da energia espectral	Percussividade	Deteção de sons percussivos
Centroide Temporal	Baricentro temporal	Percussividade	Deteção de sons percussivos
Croma Espectral	Análise Espectral por classes de alturas musicais	Tonalidade	Identificação de Harmonia

Tab. 1: Tabela com o Resumo da apresentação dos descritores de áudio utilizados no protótipo SSC

4. Banco de Amostras Sonoras

Na Seção 2 discutimos as etapas de elaboração do planejamento orquestral do nosso trabalho de pesquisa. Uma das etapas do processo centrou-se na elaboração de misturas sonoras, que foram construídas a partir da sobreposição de um banco de dados sonoros de

registros de áudio de diversos modos de ataque, articulações e técnicas estendidas instrumentais. Os registros que utilizamos para confeccionar o nosso banco de dados sonoros pertencem a outros dois bancos de dados compilados por Ballet e Barbancho. Em tais bancos de dados, os registros sonoros possuem amostras curtas, com duração média entre cinco e sete segundos armazenadas no formato .aiff. No trabalho de Ballet, denominado *Studio OnLine* ou SOL, o repositório de sonoridades instrumentais relaciona-se com “alguns aspectos da sonoridade da música instrumental contemporânea” (BALLET, 1999: 124). No total, o banco de dados SOL possui 16 instrumentos musicais, tais como: acordeon, tuba, fagote, clarinete, trompete, contrabaixo, saxofone alto, flauta, violão, harpa, trompa, oboé, trombone, violino, viola e violoncelo. A sua coleção de registros sonoros abrange algumas técnicas estendidas instrumentais, tais como *jet whistle*, *key clicks*, *kiss sounds*, *subtones*, *aeolian sounds*, *whistle sounds* e multifônicos, dentre outras, nas madeiras; arco *overpressure*, harmônicos artificiais, *rubbing with the finger nail*, *knocking on the instrument's body*, *on the frog*, *col legno tratto*, *on the tailpiece*, dentre outras, nas cordas; *brassy sounds*, *con sordinas*, *frullato*, *pedal tones*, *half valve glissando*, dentre outras, nos metais. Por sua vez, o banco de dados pertencente ao trabalho de Barbancho centra-se nas sonoridades do piano. A pesquisa abrange um extensivo estudo da sonoridade do piano executando uma nota a um acorde com até dez notas simultâneas. Em seu banco de dados, há diversos registros sonoros do piano em diferentes tessituras, intensidades, em staccato e ordinario, com a presença ou ausência do pedal de sustentação. Em ambos bancos de dados, há três dinâmicas musicais diferentes: pianissimo, mezzo-forte e fortissimo. Na atual versão do nosso banco de dados, optamos por utilizar as amostras de áudio do piano tocando apenas uma nota. A atual versão do nosso banco de dados possui um tamanho aproximado de 30 GB. A seguir, descrevemos as principais etapas que estabeleceram a construção do ambiente de análise e orquestração, denominado como *Sound Shizuku Composition*.

5. Esquema Geral do Sistema de Orquestração Assistida por Computador – *Sound Shizuku Composition*

A arquitetura do nosso sistema *Sound Shizuku Composition*, foi construída em módulos com o objetivo de fornecer sugestões orquestrais a partir do banco de dados sonoros. O nosso sistema foi desenvolvido em ambiente Pure Data (PD) utilizando a biblioteca de análise sonora PDescriptor. Nesta Seção descrevemos os passos de interação do ambiente de orquestração musical assistida por computador. Tal interação abrange tanto a tomada de decisões ponderada pelas próprias preferências e experiências do compositor quanto o

processamento algorítmico e o fluxo de dados computacionais. Os ambientes de assistência à composição devem estabelecer espaços de interação entre os seus paradigmas e as particularidades com a formalização das estruturas e os processos relacionados com a escrita musical. O sistema SSC possui um algoritmo de análise que abrange um conjunto total de quatro pares de descritores de áudio. Essa particularidade do sistema amplia e refina a complexa tarefa de analisar as diversas características perceptivas das sonoridades orquestrais. A Fig. 1 ilustra o ambiente de pesquisa e exploração das misturas sonoras, que estão dispostas em quatro espaços bidimensionais, representando o conjunto de descritores de áudio. O primeiro espaço é representado pelos eventos de cor amarela. O segundo espaço é representado pelos eventos de cor verde. O terceiro espaço é representado pelos eventos de cor roxa. Por último, o quarto espaço é representado pelos eventos de cor vermelha. A Seção discutimos as etapas de elaboração do planejamento orquestral do nosso trabalho de pesquisa. Uma das etapas do processo centrou-se na elaboração de misturas sonoras, as quais foram construídas a partir da sobreposição de um banco de dados sonoros de registros de áudio de diversos modos de ataque, articulações e técnicas estendidas.

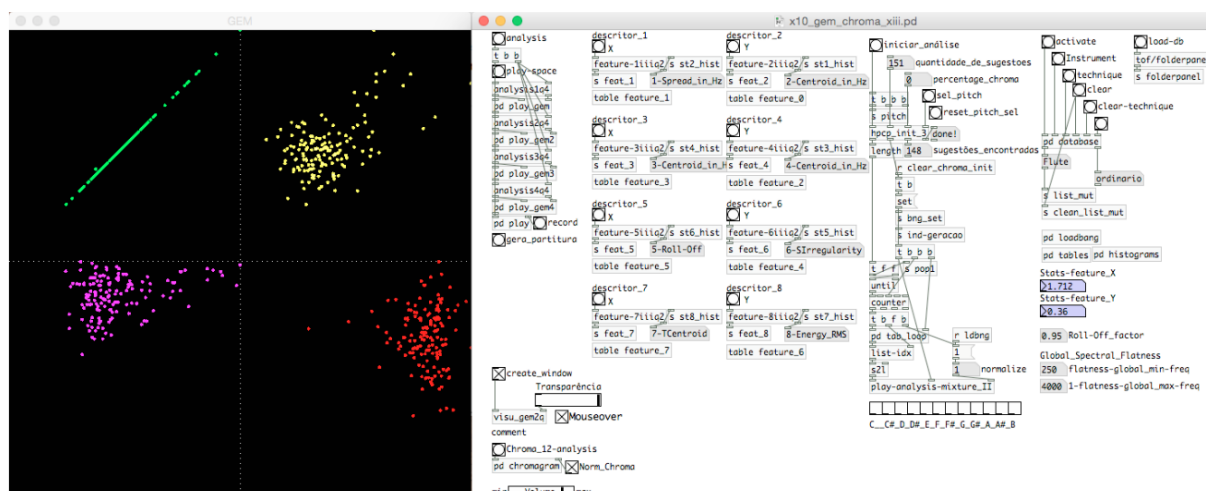


Fig. 1: Ilustração do Módulo 6 do sistema SSC, no qual é possível interagir com as misturas sonoras num espaço de exploração e pesquisa. Neste módulo é possível escutar a mistura sonora selecionada.

A seguir, listamos os principais passos que se relacionam com os módulos do SSC, no qual a) Módulo 1 – Selecionam-se os instrumentos musicais e as técnicas instrumentais desejadas; b) Módulo 2 – Define-se a quantidade de sugestões orquestrais para ser analisadas pelos descritores de áudio. Neste módulo é possível selecionar altura musical de maior pertinência para a elaboração das misturas orquestrais. Caso o usuário escolha por não enfatizar uma altura musical específica, o algoritmo realiza misturas aleatoriamente; c)

Módulo 3 – Calcula-se algoritmo de orquestração das sonoridades; d) Módulo 4 – Selecionam-se os descritores de áudio; e) Módulo 5 – Analisam-se as sonoridades via descritores de áudio; f) Módulo 6 – Realiza-se a interação e escolha das misturas sonoras dispostas na interface gráfica e; g) Módulo 7 – Seleciona-se o formato de saída das misturas sonoras em formato de áudio e em partitura musical. A Fig. 2 representa o esquema geral da arquitetura do nosso sistema de orquestração assistida por computador.

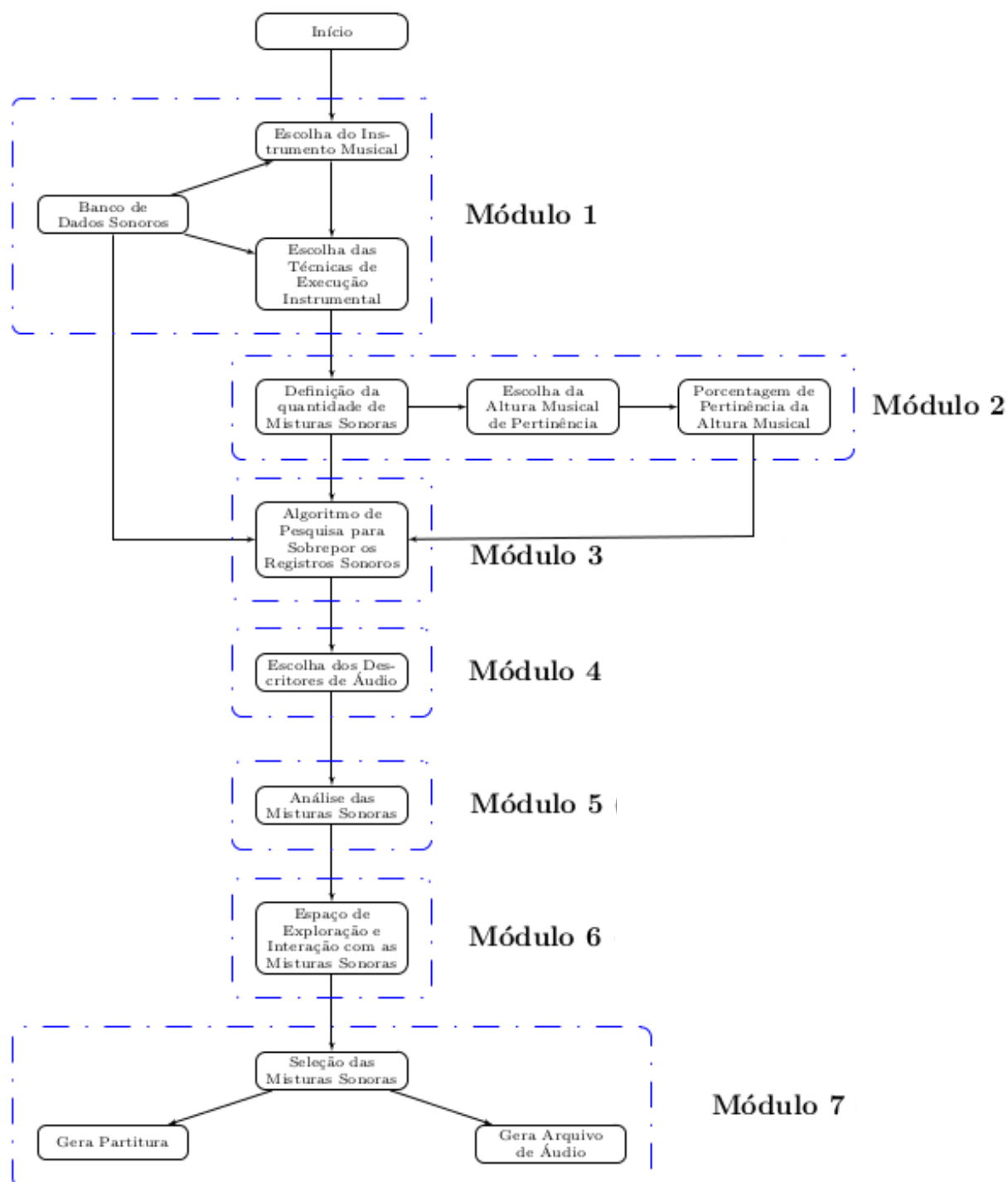


Fig. 2: Esquema geral da arquitetura do sistema de orquestração assistida por computador - *Sound Shizuku Composition*

6. Síntese dos resultados composicionais

Do ponto de vista da produção composicional relacionada com o desenvolvimento da pesquisa aqui relatada, foram criadas 11 obras inéditas além da revisão de duas obras compostas em períodos anteriores ao período de doutoramento. Com esta produção, ampliamos o escopo do seu estudo em processos criativos que extrapolaram o ambiente de pesquisa e foram apresentados para o público em eventos internacionais. No total, trabalhamos em 13 obras musicais dentre as quais 11 obtiveram registros de áudio de seus concertos de estreia. No repertório produzido durante o período de doutoramento, produzimos 02 peças para instrumento solo, 10 para música de câmara e 01 obra para orquestra sinfônica. Disponibilizamos as gravações sonoras das obras em: <https://soundcloud.com/ivan-eiji-simurra>. Já as partituras estão disponíveis em: <https://issuu.com/ivaneijiyamauchisimurra>.

7. Considerações Finais

Apresentamos uma estratégia sobre composição e a orquestração do vasto universo sonoro das técnicas de execução musical. O trabalho de pesquisa possibilitou o diálogo da análise formal e estatística do fenômeno sonoro com as definições conceituais, estéticas e subjetivas com as quais o compositor pode se utilizar para o seu processo de composição e escritura musical. Na Seção 2 apresentamos a arquitetura da nossa metodologia de análise sonora e orquestração musical. Nesta arquitetura, apresentamos as cinco etapas do nosso processo criativo. Na Seção 3 discutimos os descritores de áudio utilizados no nosso ambiente de análise e orquestração. No total utilizamos dezesseis descritores de áudio. Na Seção 4 apresentamos o banco de dados contendo os registros sonoros de diversos instrumentos musicais com diversas técnicas de execução instrumental. Por fim, na Seção 5 discutimos o nosso ambiente computacional de análise e orquestração musical com a utilização de descritores de áudio.

O nosso sistema de orquestração *Sound Shizuku Composition* foi utilizado em diversos experimentos composicionais. Do ponto de vista da prática composicional, elaboramos um total de 13 composições musicais cujo planejamento de sonoridades centrou-se, principalmente, nas sonoridades sugeridas pelo ambiente SSC. No que relaciona-se com tal abordagem, nossa perspectiva de trabalho objetiva compor novas obras musicais e analisar suas respectivas gravações sonoras para avaliar a efetividade da metodologia. Essa é uma etapa de amplo desenvolvimento e expansão. No nosso projeto inicial, objetivamos a criação

de um corpus de sonoridades orquestrais utilizando os descritores de áudio como ferramentas de análise.

Nossa perspectiva de trabalho relacionado com o ambiente SSC centra-se em aperfeiçoar e refinar o algoritmo de análise e sobreposição das amostras de áudio utilizando técnicas e ferramentas da computação musical e de outros modelos computacionais. Um dos nossos objetivos é ampliar o nosso banco de dados sonoros adicionando mais amostras de áudio de outros instrumentos. Pretendemos inserir instrumentos como bass tuba, Contrabass Clarinet, Eb Clarinete, Bass Flute, Contrabass Flute, Piccolo, English Horn, Bass Trombone e Percussion. Pretendemos desenvolver pesquisas para aperfeiçoar o nosso sistema de orquestração assistida por computador que permita explorar artisticamente a construção de sonoridades a partir de representações semânticas e afetivas, a partir do uso de processamento de sinais e análise de descritores de áudio.

Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer o auxílio da FAPESP sob o protocolo 2011/23972-2, ao orientador de doutorado Prof. Dr. Jônatas Manzolli e ao Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora – NICS/UNICAMP.

Referências:

- BALLET, Guillaume; BORGHESI, Riccardo; HOFFMANN, Peter & LÉVY, Fabien. Studio online 3.0: An internet “killer application” for remote access to ircam sounds and processing tools, Journée d’Informatique Musicale (JIM). 1999.
- BARBANCHO, Ana; BARBANCHO, Isabel; TARDÓN, Lorenzo & MOLINA, Emilio. Database of Piano Chords: An Engineering View of Harmony, Springer. 2013.
- HARVEY, Jonathan; NUONO, Gilbert; CONT, Arshia; & CARPENTIER, Gregoire. Making an orchestra speak, Proc. Int. Conf. Sound and Music Computing (SMC2009), Porto. 2009.
- MANOURY, Philippe. La note et le son: écrits et entretiens (1981-1998), Editions L’Harmattan. 1998
- MIRANDA, Eduardo. Composing music with computers, CRC Press. 2001
- MONTEIRO, Adriano. Criação e performance musical no contexto de instrumentos musicais digitais. Campinas, 2012. Dissertação de Mestrado. Instituto de Artes da UNICAMP.
- PEETERS, Geoffrey; McADAMS, Stephen. & HERRERA, Perfecto. Instrument sound description in the context of mpeg-7, Proceedings of the 2000 International Computer Music Conference, Citeseer, pp. 166–169. 2000
- RIMOLDI, Gabriel. Modelagem interativa aplicada à síntese e espacialização no domínio microtemporal. Campinas, 2012. Dissertação de Mestrado. Instituto de Artes da UNICAMP.
- Xavier Serra. Roadmap for Music Information ReSearch, Geoffroy Peeters (ed). Creative Commons BY-NC-ND 3.0 license, 2013.
- SMALLEY, Dennis. Defining timbre—refining timbre, Contemporary Music Review 10(2): 35– 48. 1994