

# Estudo interdisciplinar de obras para flauta solo

Marcos S. Sampaio<sup>1</sup>, Guilherme Bertissolo<sup>1</sup>, Lucas Robatto<sup>1</sup>,  
Alisson G. Silva<sup>1</sup>, José Rodriguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Pesquisa Genos – Escola de Música da Universidade Federal da Bahia  
Av. Araújo Pinho, 58 – 40110-913 Salvador, BA

marcos@sampaio.me, guilhermibertissolo@gmail.com, robattolucas@gmail.com

**Abstract.** *Accordingly to Volks et al., the Computational Musicology requires an interdisciplinary effort to reach its full potential. This paper describes an interdisciplinary research on a collection of solo flute pieces available at the International Music Score Library Project (IMSLP), the connections and challenges among the areas involved, the current development status of the MusiAnalysis—the computer-assisted analysis system—, the research methodology, and the expected results.*

**Resumo.** *De acordo com Volks et al., a Musicologia Computacional requer um esforço interdisciplinar para alcançar todo o seu potencial. Este artigo descreve uma pesquisa interdisciplinar sobre uma coleção de obras para flauta solo disponível no International Music Score Library Project (IMSLP), as conexões e desafios entre as áreas envolvidas, o estado atual do desenvolvimento do MusiAnalysis—o sistema de análise assistida por computador—, a metodologia da pesquisa e os resultados esperados.*

## 1. Introdução

O presente artigo apresenta o estado atual da pesquisa interdisciplinar realizada pelo Grupo de Pesquisa Genos sobre o repertório de cerca de 200 obras para flauta solo compostas entre 1710 e 1810 e disponíveis no *International Music Score Library Project (IMSLP)*<sup>1</sup>. O objetivo desta pesquisa<sup>2</sup> é delimitar um corpus de obras para flauta solo compostas no período mencionado, definir fontes aceitáveis para transcrição, analisar estatisticamente características musicais dessas obras com o auxílio do computador, e usar os resultados destas análises para criar ferramentas composicionais de interação em tempo real.

O potencial da área de Musicologia Computacional ainda não foi plenamente alcançado e depende tanto de uma intensificação da cooperação entre a Musicologia e a Ciência da Computação, quanto de iniciativas da Musicologia em levantar questões que possam ser modeladas computacionalmente [Volk et al., 2011]. Este trabalho pretende contribuir com a área de Musicologia Computacional por meio de um esforço interdisciplinar realizado por uma equipe das áreas de Interpretação Musical, Musicologia Sistemática, Composição, Estatística e Computação.

Neste artigo apresentamos as conexões entre os subprojetos destas cinco áreas e seus desafios, o estado atual de desenvolvimento do *MusiAnalysis*, sistema para análise das obras com auxílio do computador, a metodologia do trabalho e os resultados esperados.

---

<sup>1</sup>Disponível em <http://imslp.org/>.

<sup>2</sup>Disponível em <http://genosmus.com/pesquisa/flauta-solo/>.

## 2. Natureza interdisciplinar do projeto

A articulação entre os subprojetos das áreas componentes desta pesquisa ocorre mediante o desenvolvimento de ferramentas compartilhadas, como o *MusiAnalysis*, o sistema de informações e análise de obras. Nas subáreas musicais, o estabelecimento de um tema geral comum—repertório para flauta solo entre 1710 e 1810—e o desenvolvimento de ferramentas compartilhadas permitem que cada subprojeto parta dos questionamentos tradicionais que caracterizam as suas áreas de pesquisa em música.

A utilização de tais ferramentas permite a elaboração de questões advindas da ampliação do escopo dos dados analisados. Por exemplo, a área da interpretação musical trata frequentemente do estabelecimento de traços identificáveis em um determinado repertório, classificando-os enquanto padrão estilístico ou desvio deste (por exemplo, a utilização de ritmos pontuados em música de caráter francês). Esta classificação possibilita ao intérprete realçar determinadas características de uma obra, conferindo-lhes então significado estético (realçar os ritmos pontuados em obra de compositor alemão, por ex.). Tradicionalmente, esta definição de padrões é baseada na experiência empírica acumulada por indivíduos, que, a partir do seu conhecimento do repertório específico, avaliam determinados traços, classificando-os. A musicologia estatística permite que uma grande quantidade de dados seja analisada em detalhe, destacando traços específicos, avaliando-os com rigor estatístico, e com isto estabelecendo mais claramente padrões e seus desvios (estabelecendo outros traços característicos à maioria do repertório francês, antes não percebidos enquanto tais, por exemplo). Estas questões acabam ultrapassando os limites tradicionais das pesquisas em cada área específica.

Estes exemplos demonstram as inter-relações entre a interpretação musical e a musicologia sistemática. Contudo, estas mesmas questões são extrapoladas ao serem compartilhadas com a área de composição, que pode partir da delimitação de traços estilísticos, e de características técnico instrumentais (assim como de padrões estéticos ou seus desvios) para criar novas situações musicais, em contextos estéticos bastante diversos (como a aplicação de padrões estatísticos de resposta a contornos melódicos, estruturas de frase, e dados significativos retornados na análise estatística).

Na área da Estatística, este estudo permite a verificação de quais métodos são mais adequados à otimização dos dados e ao estabelecimento de hipóteses, como os padrões melódicos característicos de um determinado compositor. Na área da Computação, este estudo permite o desenvolvimento, implementação e aplicação prática de algoritmos para a busca de padrões e para o estabelecimento de similaridade entre estruturas musicais, como motivos e contornos.

Por exemplo, o ACMEMB [Marvin and Laprade, 1987] é um algoritmo de medida de similaridade de contornos ineficiente, pois consome processamento de máquina de forma exponencial ao comparar todos os subconjuntos possíveis dos dois contornos comparados<sup>3</sup>. Com este projeto é possível desenvolver, implementar um algoritmo alternativo e aplicá-lo à análise de um grande corpus de composições. Portanto, este projeto estimula a busca por soluções para este tipo de problema computacional.

## 3. O sistema *MusiAnalysis*

A principal ferramenta em desenvolvimento neste projeto é o *MusiAnalysis*, um sistema de armazenamento e processamento das informações musicais e musicológicas do repertório trabalhado. Este sistema aproveita as capacidades do Python e do conjunto de



---

<sup>3</sup>Para mais informações sobre os problemas da Teoria de Relações de Contornos Musicais, consultar [Sampaio, 2012].

ferramentas para musicologia assistida por computador, Music21<sup>4</sup>. O Music21 dispõe de funcionalidades avançadas úteis para analisar, transformar e visualizar dados musicais.

O *MusiAnalysis* está sendo construído com um módulo musicológico e outro estrutural. Ambos os módulos dispõem de classes de objetos com atributos e métodos para armazenagem e processamento de informações. O módulo musicológico tem classes de objetos para processamento e registro de informações sobre os compositores, composições, editores e sobre as fontes documentais; e o módulo estrutural contém classes para processamento e registro do conteúdo musical, com informações sobre as obras, como intervalos, contorno melódico, duração das notas, padrões rítmicos dos tempos métricos, âmbito e registro. O módulo estrutural está sendo construído de modo a permitir a aplicação de algoritmos como os mencionados na seção 2.

As fontes musicais em formato PDF disponíveis no IMSLP são codificadas em formato XML com softwares como o Finale e parseadas com o Music21. O Music21 organiza as estruturas musicais como compassos, notas e alturas em classes e subclasses de objetos e fornece métodos como plotagem de contornos e visualização da partitura. O *MusiAnalysis* extrai destas classes as informações necessárias às questões musicológicas formuladas pela equipe do projeto e as guarda em um banco de dados. Conforme a seção 2, a formulação dessas questões ocorrem em um processo simbiótico com o próprio levantamento das informações. Finalmente, estas questões estimulam a implementação de scripts para o levantamento de dados e formulação de hipóteses.

Em caráter ilustrativo, o script abaixo retorna os dois padrões rítmicos de tempo mais recorrentes no segundo movimento da primeira fantasia de Kuhlau (Op. 38). A função `makeMovement` parseia o arquivo xml de nome `IT32089_01b`<sup>5</sup> e gera o objeto `Movement`. Durante este processo, diversas informações musicais, como os padrões rítmicos, são calculados e armazenadas como atributos. O método `countBeatRhythmicPattern` conta os padrões rítmicos usando a classe `Counter`, do Python, e finalmente, o método `most_common` retorna os ritmos mais comuns. Neste caso, os padrões rítmicos de tempo mais comuns são  e .

```
movement = makeMovement('IT32089_01b')
countObject = movement.countBeatRhythmicPattern()
print countObject.most_common(2)
```

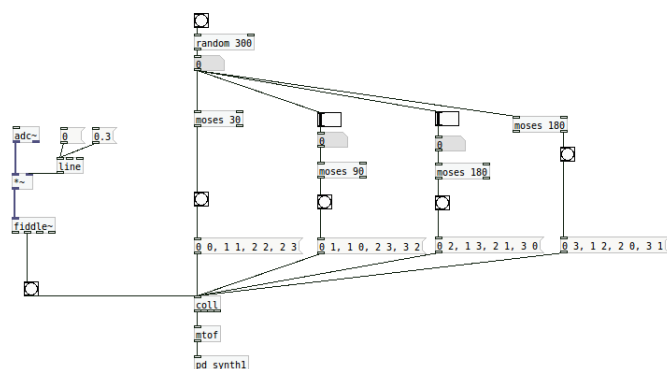
## 4. Metodologia

Esta pesquisa está sendo realizada em dois ramos interconectados. O primeiro compreende o desenvolvimento do *MusiAnalysis* paralelamente à definição e transcrição manual das fontes documentais das obras. Estas transcrições (em formato XML) servem como dados de entrada para testar o software, bem como obter dados musicológicos que levam aos questionamentos simbióticos mencionados na seção 3. Este processo resulta em hipóteses e ideias para a aplicação de métodos estatísticos e desenvolvimento de algoritmos.

O segundo ramo compreende o desenvolvimento de ferramentas para a composição de obras para flauta solo e eletrônica em tempo real. Estas ferramentas estão sendo construídas com o software PureData com implementação de cadeias de Markov e redes neurais artificiais para processamento dos dados gerados pelo *MusiAnalysis*, como intervalos, contorno melódico, duração das notas, âmbito e registro.

<sup>4</sup>Disponível em <http://mit.edu/music21>.

<sup>5</sup>Este código, elaborado pela equipe do projeto, se refere à transcrição (T) da fonte 32089 do IMSLP, música 01, segundo movimento (b).



**Figura 1: Cadeia de Markov no PureData**

As cadeias de Markov processam os dados gerados pelo *MusiAnalysis* a partir da interação entre os objetos *Moses* e *Random*, controlando coleções de listas acionadas pelo objeto *Coll*. Por exemplo, a figura 1 contém uma cadeia de Markov que seleciona contornos melódicos de quatro notas, a partir dos percentuais de 10%, 20%, 30% e 40%, respectivamente. Esses percentuais de aparição de cada contorno são operados pelos dados gerados pelo *MusiAnalysis*.

As redes neurais possibilitam a criação de ferramentas de inteligência artificial para a composição musical. A abordagem prévia do uso de redes neurais em obras para eletrônica em tempo real [Toffolo, 2010] oferece um importante referencial e ponto de partida para este aspecto da pesquisa.

As estratégias e ferramentas oriundas deste projeto podem oferecer contextos interessantes para a composição assistida por computador, pois poderão fornecer dados concretos de um escopo relevante de obras musicais.

## 5. Resultados esperados

Os resultados esperados neste projeto são a classificação das obras da coleção trabalhada, a formulação e verificação de hipóteses sobre características destas obras, a definição de um corpo de métodos estatísticos adequados a este estudo, a elaboração e implementação de algoritmos para busca de padrões e estabelecimento de similaridade de estruturas, a composição de obras musicais para flauta e eletrônica em tempo real, a gravação e apresentação pública de tais obras, com disponibilização eletrônica das partituras, patches e áudios, bem como das ferramentas composicionais geradas durante a pesquisa.

## Referências

- Marvin, E. W. and Laprade, P. A. (1987). Relating musical contours: Extensions of a Theory for Contour. *Journal of Music Theory*, 31(2):225–267.
- Sampaio, M. d. S. (2012). *A Teoria de Relações de Contornos Musicais: inconsistências, soluções e ferramentas*. Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia.
- Toffolo, R. B. G. (2010). Desenvolvimento do processos composicionais eletroacústicos a partir da relação entre live-electronics e redes neurais artificiais. In *Anais do 6º Simpósio de Cognição e Artes Musicais*, Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Música/UFRJ.
- Volk, A., Wiering, F., and Kranenburg, P. V. (2011). Unfolding the potential of computational musicology. *Proceedings of the 13th International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations (ICISO)*.