

Identificação computacional de recorrências em 155 Sonatas de Domenico Scarlatti

*Computational Identification of Recurrences in 155 Sonatas by Domenico
Scarlatti*

Thiago Luiz Gomes
Flavio Santos Pereira
Universidade de Brasília

Resumo: Este artigo apresenta sinteticamente o Programa para Identificação Exaustiva de Recorrências de Séries de Alturas em Música – PIERSAM (Gomes 2020; 2021) e alguns pontos de interesse nas Sonatas para teclado de Scarlatti identificados através deste. O programa foi desenvolvido tomando como campo empírico as Sonatas de Domenico Scarlatti e foi aplicado no escrutínio de 155 dentre as 556 Sonatas compostas, segundo o catálogo de Ralph Kirkpatrick (1983). Estas 155 Sonatas foram as que encontramos acessíveis na WEB em formato MusicXML ou passíveis de conversão para este. O programa toma para a detecção de recorrências de séries de alturas, além da igualdade entre as próprias alturas, as durações intrínsecas a cada altura e a posição métrica em que as séries ocorrem. Por meio das recorrências identificadas foi possível constatar padrões sequenciais muito similares na K. 1 e na K. 85. Também foi possível constatar que todas as recorrências compostas por sucessão numerosa de alturas acontecem somente duas vezes numa mesma sonata. A existência de duas ocorrências idênticas da mesma série de alturas numerosas a acontecer na mesma Sonata foi identificada na grande maioria das 155 Sonatas (noventa e oito Sonatas para as séries de trinta e duas ou mais alturas) submetidas ao escrutínio do programa PIERSAM. Os dados resultantes do programa são numerosos, tendo sido, ao todo, identificados 20.476 séries de alturas recorrentes, compostas estas por séries de duas a cento e trinta e duas alturas. O programa não faz a análise dos resultados, tendo sido uma porção deles checados manualmente pelo próprio autor-programador-analista. Por meio de variadas metodologias de análise e interpretação dos resultados fornecidos pelo programa PIERSAM, espera-se ser possível extrair dos dados obtidos diversas outras informações de interesse acerca do conjunto das 155 sonatas. Dentre as diversas possibilidades, o programa PIERSAM pode constituir para repertórios em que a organização das alturas é primordial, como é o caso com as Sonatas de Scarlatti.

Palavras-chave: Recorrência. Musicologia Computacional. Séries de Alturas. Music Information Retrieval. Domenico Scarlatti.



Abstract: This paper summarizes the Program for Exhaustive Identification of Recurrences of Series of Pitches in Music – PIERSAM (Gomes 2020; 2021) and some points of interest in Scarlatti's keyboard Sonatas identified through it. The program was developed taking as an empirical field the Sonatas of Domenico Scarlatti and was applied in 155 of the 556 Sonatas composed, according to Ralph Kirkpatrick's catalog (1983). These 155 Sonatas were all we could find available on the WEB in MusicXML format or convertible to it. The program takes, for the detection of recurrences, in addition to the equality of pitches between the series themselves, the durations intrinsic to each pitch and the metric position in which the series occur. Through the identified recurrences, it was possible to observe very similar sequential pattern in K. 1 and K. 85. It was also possible to observe that all recurrences composed by a numerous succession of pitches occur only twice in the same sonata. The existence of two identical occurrences of the same series of numerous pitches occurring in the same Sonata was identified in the vast majority of the 155 Sonatas (ninety-eight Sonatas for the series of thirty-two or more pitches) submitted to the scrutiny of the PIERSAM program. The data resulting from the program are numerous, having been, in all, identified 20.476 series of recurrent pitches, composed of series from two to one hundred and thirty-two pitches. The program does not analyze the results, having been some of it checked manually by the author-programmer-analyst himself. Through various methodologies of analysis and interpretation of the results provided by the PIERSAM program, is expected to be possible to extract from the data obtained various other information of interest about the set of 155 sonatas. Among the various possibilities, the PIERSAM program can be constituted, for repertoires in which the organization of pitches is essential, as is the case with Scarlatti's sonatas.

Keywords: Recurrence. Computer Musicology. Pitch Series. Music Information Retrieval. Domenico Scarlatti.

* * *

1. Introdução

A ideia e motivação para o desenvolvimento de um programa para identificação de recorrências surgiu da experiência do trabalho ao piano com as Sonatas do compositor italiano Domenico Scarlatti (1685–1757). Este processo, de início, chamou a atenção para alguns trechos idênticos nas Sonatas e, eventualmente, vislumbrou-se a possibilidade de adquirir uma visão panorâmica integradora do repertório através da identificação de recorrências. Porém, notou-se a dificuldade do empreendimento dada a impressionante

quantidade de Sonatas compostas por Scarlatti, 556 pelo catálogo de Kirkpatrick¹ (1983, p. 442).

Diante do tamanho do corpus, do ponto de vista quantitativo e suas implicações qualitativas, é natural que viesse à mente recorrer à assistência do computador para o trabalho analítico. No aspecto específico e reiterativo, que envolve a comparação de grande quantidade de dados e faz necessária a análise sistemática (*parsing*) de cada altura do repertório composto por centenas de músicas, o computador terá um desempenho superior ao humano, como afirma Bent: “Não existe uma diferença essencial entre um humano fazendo essas operações à mão e um computador realizando-as eletronicamente, mas o computador tem a vantagem da velocidade, precisão e memória exata” (Bent 1987, p. 62).²

Tomando como princípios os fundamentos tonais das alturas³, durações e posição métrica, decidimos por desenvolver um algoritmo que faz escrutínio rigoroso, identificando, com precisão absoluta, todos as séries de alturas recorrentes, apontando com exatidão a posição métrica de sua ocorrência em cada música ou repertório investigado. As implicações analíticas são muitas e diversas, e os dados levantados podem servir a várias abordagens analíticas. A recorrência, foco do algoritmo, é um processo essencial na composição musical. Bent afirma que a recorrência, juntamente com o contraste e a variação, é fundamental para a construção da forma, podendo ser identificada a partir da comparação:

Comparação é comum a todos os tipos de análise musical - análise de características, análise formal, análise semiótica, análise de estilo e assim por diante: comparação de unidade com unidade, seja em uma única obra, ou entre duas obras, ou entre a obra e um modelo “abstrato” como a forma sonata ou um estilo notório. O ato analítico central é então o teste de identidade. Essas duas operações servem, juntas, para iluminar os três

¹ Não são 555, como a numeração sugere, porque existem as sonatas 204a e 204b, além do mais, existem discussões sobre a atribuição de autoria e ordenação das sonatas.

² There is no essential difference between a human doing these operations by hand and a computer carrying them out electronically, but a computer has the advantages of speed, accuracy and exact memory.

³ Alturas aqui definidas também por relações intervalares e por suas posições dentro de um sistema tonal (como graus escalares).

processos fundamentais de construção da forma: recorrência, contraste e variação (Bent 1987, p. 5).⁴

Uma análise musical pode envolver inúmeros aspectos do fenômeno complexo que é a música, até fatos bibliográficos, eventos históricos, condições sociais e outros elementos que compõem o seu ambiente. Neste sentido, as recorrências identificadas podem ser um recurso para investigar, principalmente, aspectos bastante específicos relacionados ao ordenamento de alturas e suas implicações.

A proposta de um algoritmo computacional para a identificação de recorrências lida com complexidades relacionadas à percepção auditiva, à representação musical, tanto no formato de partitura como em formatos digitais, também às conversões para e entre as várias representações e à disponibilidade destas na WEB, e, finalmente, à própria lógica do algoritmo para identificação de recorrências.

Em um período de cerca de dois anos, a proposta de identificar recorrências computacionalmente passou por várias abordagens. A identificação de forma manual suscitou as primeiras discussões, que giraram em torno de como as informações musicais sonoras são percebidas e representadas, também sobre qual representação e lógica algorítmica utilizar para garantir a melhor identificação das séries de alturas. Os rascunhos iniciais foram feitos em planilhas, lidando com a conversão de arquivos MIDI, momento em que a lógica do algoritmo estava sendo moldada.

A linguagem de programação *Python*TM foi escolhida e estudada especialmente com o propósito do desenvolvimento mais robusto do programa a partir dos testes e problematizações iniciais. Em *Python*TM existe uma versão descontinuada, que faz o escrutínio a partir de arquivos MIDI, e a versão atual do programa, que o faz a partir de arquivos MusicXML.

O *Programa para Identificação Exaustiva de Recorrências de Séries de Alturas em Música* – PIERSAM (Gomes; Github 2020), na versão atual, opera em três etapas sequenciais: a conversão dos arquivos MusicXML para um formato de

⁴ Comparison is common to all kinds of musical analysis – feature analysis, formal analysis, semiotic analysis, style analysis and so on: comparison of unit with unit, whether within a single work, or between two Works, or between the work and an abstract ‘model’ such as sonata form or a recognized style. The central analytical act is thus the test for identity. These two operations serve together to illuminate the three fundamental form-building processes: recurrence, contrast and variation.

representação musical interno; a identificação de recorrências pelo algoritmo, utilizando os arquivos convertidos; e a aplicação de filtros para extrair do total de dados das recorrências identificadas aqueles que podem ser relevantes para determinadas finalidades analíticas.

Dentre os trabalhos com que tivemos contato, o que mais se assemelha a este é o de Luis Fernando Muniz Cirne (2014). Neste trabalho, Cirne buscou reconhecer a presença da escrita de Scarlatti nas Sonatas de Beethoven através da identificação computacional de recorrências. O processo se deu através da identificação manual de 400 séries de intervalos cromáticos em 200 Sonatas de Scarlatti para, depois, buscar computacionalmente as mesmas séries nas 32 Sonatas de Beethoven, com tolerância de até 2 semitons, através da ferramenta computacional Music21.⁵ Este tipo de análise realizada através de PIERSAM dispensaria a identificação manual de quaisquer trechos, sendo o programa capaz de fazer a identificação das recorrências de forma exaustiva em ambos os repertórios. Em outras palavras, os dados almejados para a análise da similaridade entre os repertórios dos dois compositores seriam fornecidos de forma mais exaustiva por PIERSAM.

Outro trabalho que, apesar de não diretamente relacionado com a identificação de recorrências, se assemelha à nossa proposta pela intenção da análise computacional exaustiva de grande quantidade de música é o de Pedro Kröger *et al.* (2008). Neste trabalho, foram verificados os âmbitos das vozes, movimentos de quintas e oitavas consecutivas, resoluções de intervalos de sétimas e cadências finais em 366 dos 371 corais de Bach.

Num primeiro momento, antes de discutir os resultados, apresentaremos resumidamente o funcionamento do programa, possibilitando que o leitor musicista abstraia a lógica do algoritmo para identificação de recorrências, prescindindo do conhecimento de programação. Em seguida será apresentada uma pequena seleção manual de interesse, dentre o massivo número de recorrências identificadas por PIERSAM, buscando uma avaliação abrangente do resultado, inclusive dos pontos a melhorar. Fazem parte das considerações finais algumas especulações sobre o uso deste tipo de resultado para questões analíticas

⁵ *Music21* (s.d.) é uma biblioteca para Python com vários objetos voltados para importar arquivos simbólicos, manipular e analisar suas bases de informações de forma musical. *The Humdrum Toolkit* (s.d.) é outra famosa ferramenta para análise computacional de músicas, que, diferente do *Music21*, utiliza um formato de representação e código próprio.

relacionadas ao ordenamento de alturas e suas implicações, como: identificar padrões que permitam desvelar um método composicional; averiguar a ideação e reaproveitamento de materiais; fundamentar análises comparativas no interior do mesmo ou entre diferentes repertórios; fazer inferências estilísticas, constituir um índice de similaridade; e demais especulações e abordagens que possam ser expandidas para outros repertórios.

2. Funcionamento do PIERSAM – conversão de MusicXMLs, interpretação e representação da partitura

Na sua primeira etapa, o PIERSAM extrai e interpreta informações básicas dos arquivos MusicXML, construindo uma representação (“partitura”) específica, e organizando-as em conjuntos de parâmetros relacionados às alturas, durações e posições métricas, que serão os elementos de referência para a identificação das recorrências de séries de alturas na segunda etapa de processamento. As representações específicas construídas a partir dos arquivos MusicXML são salvas em arquivos a serem utilizados pelo PIERSAM na identificação das recorrências.

No livro, *Fundamentals of Music Programming* (2015), Meinard Müller define alguns termos-chave para a programação na área de música que serão úteis para este estudo. Para ele, *partituras* (*sheet music*) são “representações visuais de uma dada música em forma impressa ou em forma de imagens digitais”⁶ (2015, p. 1). Müller utiliza também o termo *representação simbólica* (*symbolic representation*) para se referir a “qualquer formato de dados legível por computador que representa explicitamente entidades musicais”⁷ (*ibid.*, p. 1) e o termo *representação de áudio* (*audio representation*) para se referir a arquivos que “codificam ondas acústicas, que são geradas quando uma fonte (e.g., instrumento) cria um som que viaja para o ouvido humano como oscilações de pressão no ar”⁸ (*ibid.*). Partituras, representações simbólicas e áudios são registros

⁶ Visual representations of a given score in printed form or in the form of digitized images (tradução nossa). O autor dá significados diferentes aos termos *sheet music* e *score*, de difícil tradução para o português, algo como *partitura* e *grade*.

⁷ any machine-readable data format that explicitly represents musical entities (tradução nossa).

⁸ encode acoustic waves, which are generated when a source (e.g., an instrument) creates a sound that travels to the human ear as air pressure oscillations (tradução nossa).

distintos de um mesmo fenômeno, que é a música. A “partitura” da qual o PIERSAM extrai as informações não é, portanto, a partitura impressa convencional, não é uma imagem. O programa utiliza a “partitura” existente no formato de *representação simbólica* denominado *MusicXML score-partwise*⁹.

No formato MusicXML as informações visuais da partitura convencional são armazenadas em caracteres de texto estruturados de acordo com uma interpretação desta. A partir dos caracteres do MusicXML, os programas de notação musical são capazes de reconstruir a partitura em seu formato visual, como imagem. O MusicXML “foi projetado desde o início para compartilhar arquivos de partituras entre aplicações e para armazenar arquivos de partitura para uso no futuro”¹⁰ (MakeMusic, s.d.).

Para a construção da representação simbólica específica do PIERSAM são extraídas dos arquivos MusicXML as informações de: *armadura, fórmula de compasso, andamento e alturas*¹¹. Estas últimas são organizadas pelo programa como sequências de eventos¹² de uma ou várias alturas simultâneas agrupadas como um acorde (ou simultaneidade)¹³.

É especialmente importante na representação de PIERSAM a quais vozes da textura musical pertencem os eventos. O conceito de voz, uma das “linhas” (camadas) dentro de uma textura musical, é fundamental para o entendimento do modo operacional do PIERSAM. O programa faz o escrutínio em busca de recorrências, considerando cada voz como uma série de eventos de alturas ou acordes, gerando todas as séries de alturas possíveis em cada voz e comparando-as com o restante das séries geradas para todas as vozes do repertório.

⁹ Existem vários outros formatos de representação simbólica de música: ABC, Humdrum, MEL, Midi, MuseData, para citar alguns. O MusicXML é adotado por todos os grandes programas de edição de partitura.

¹⁰ was designed from the ground up for sharing sheet music files between applications, and for archiving sheet music files for use in the future (tradução nossa)

¹¹ São *tags* no MusicXML: *key, time, direction-type, note*.

¹² Consideramos evento a unidade de altura ou acorde composta pelos parâmetros listados na Fig. 2.

¹³ O termo acorde é tomado exclusivamente no sentido de alturas simultâneas.

É idealizado no MusicXML um contador interno ao qual são somados e subtraídos valores para avançar e retroceder na partitura¹⁴, assim é possível para o PIERSAM registrar o momento em que os eventos acontecem. Por exemplo, soma-se as durações de cada nota em uma voz ao registrar os eventos de um compasso e depois subtrai-se suas durações para voltar ao início do compasso e, assim, escrever os eventos de outra voz. Tal contador interno não existe de fato no MusicXML, mas é inferido a partir dos eventos que somam ou subtraem seu valor. No MusicXML, as informações da partitura são organizadas de forma que as músicas contenham *partes*, que, por sua vez, contêm *compassos*. Nos *compassos* estão contidas as informações extraídas pelo PIERSAM: *armadura*, *fórmula de compasso*, *andamento* e *alturas*, de forma que, relevante para a finalidade do escrutínio pelo programa¹⁵, a organização da partitura pelo MusicXML pode ser entendida como o mostra a Fig. 1 abaixo.

Além de apresentar a organização das informações, a Fig. 1 também oferece uma breve noção de como as informações de *armadura*, *fórmula de compasso*, *andamento* e *alturas* estão armazenadas nos caracteres de texto no MusicXML. Por exemplo, dentro de *armadura*, o número em *quintas* representa o número de acidentes, variando de -7, para sete bemóis, até +7, para sete sustenidos. Para *alturas*, o valor em *alteração*, quando existente, é um número positivo, representando a quantidade de sustenidos, ou um número negativo, representando a quantidade de bemóis. Podem existir também marcadores se existirem pausas, se as alturas fizerem parte de um acorde ou se contiverem um início/fim de ligadura, entre outros. Algumas informações da música que o PIERSAM registra na sua forma específica de representação não são explícitas no MusicXML, mas são deduzidas a partir de uma análise destas informações fundamentais.

A organização das informações musicais feita pelo PIERSAM difere do MusicXML. No PIERSAM, as músicas são organizadas em *partes*, que contêm

¹⁴ A unidade do contador varia de acordo com a complexidade rítmica de cada parte. Esta unidade é uma fração de semínima definida no início da parte, por exemplo 1/4 ou 1/6 de semínima.

¹⁵ Para mais informações sobre o MusicXML, é possível consultar o tutorial no site oficial: MAKEMUSIC. MusicXML Tutorial. Disponível em: <<https://www.musicxml.com/tutorial/>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

vozes compostas por *alturas* ou *acordes*. Para cada evento de altura ou acorde em uma determinada voz, existem 14 parâmetros, listados na Fig. 2, desde o *nome*, passando pela *duração*, até a *tonalidade*.

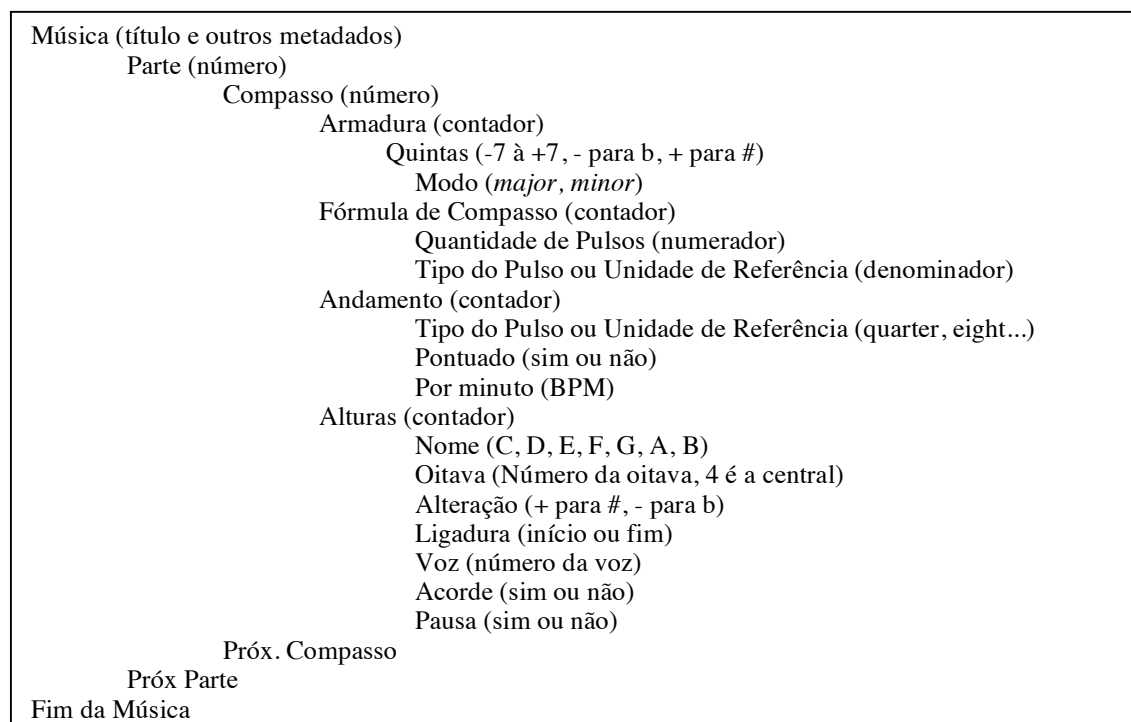


Figura 1: Organização das informações musicais no MusicXML

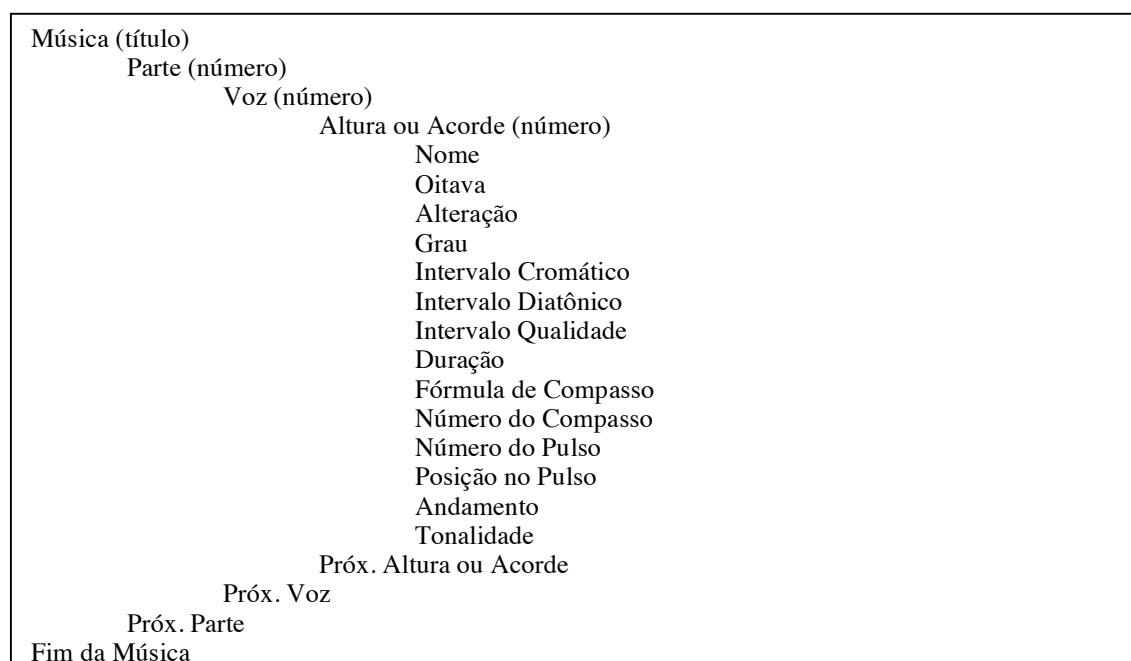


Figura 2: Organização das informações musicais no PIERSAM

Descrevemos a seguir como o PIERSAM interpreta as informações de *armadura*, *fórmula de compasso*, *andamento* e *alturas* extraídas do MusicXML para organizá-las em conformidade com os 14 parâmetros apresentados na Fig. 2: *nome*, *oitava*, *alteração*, etc.

A *armadura* no MusicXML contém as informações de tipo e quantidade de acidentes, e também de modo (*major* ou *minor*). O nome da tonalidade não aparece explícito no MusicXML, mas a partir do modo, tipo e quantidade de acidentes é possível deduzi-la. A *armadura* também é utilizada, juntamente com os *nomes* das alturas, para identificar o grau escalar de cada nota (de I a VII). Ressalta-se que não existe nenhuma análise contextual para atribuir tonalidade, modo e grau, sendo estas informações deduzidas somente a partir da *armadura* e do *nome* das alturas.

Na *fórmula de compasso* do MusicXML, existe a quantidade de pulsos (numerador) e o tipo de pulso ou unidade de referência (denominador). A partir destes, o PIERSAM calcula o *número do pulso* (NPuls), *posição no pulso* (PPuls) e *duração* (Dur). Desta forma, é possível interpretar o *número do pulso* (NPuls), *posição no pulso* (PPuls) e *duração* (Dur) dos eventos com relação à unidade de referência de qualquer compasso, tornando possível a comparação e a identificação de recorrências de séries de alturas com as mesmas durações e posições métricas, relativizadas a partir da interpretação das fórmulas de compassos. Por exemplo, em um compasso 4/4 uma semínima dura um tempo (1.0) e uma mínima dura dois tempos (2.0), já em um 2/2 uma semínima dura meio tempo (0.5) e uma mínima dura um tempo (1.0), e em um 3/8 a colcheia dura um terço de tempo (0.33).

A única forma de representar o andamento com precisão no MusicXML é com a notação de metrônomo, por ex. $\text{♩} = 66.6$, $\text{♩} = 80$. Essa notação gera no arquivo a informação de tipo de pulso ou unidade de referência e pulsos por minuto (bpm). Muitos arquivos, entretanto, têm somente os termos convencionais de andamento (*Allegro*, *Adagio*, etc.) ou simplesmente não têm indicação. Os andamentos com notação de metrônomo, quando existentes, são convertidos pelo PIERSAM de acordo com a unidade de referência indicada. Andamentos são de difícil apropriação, pois estão mais próximos de um metadado da música, como o seu título, do que de um elemento constituinte, como a *altura*.

Todas as *relações intervalares entre as alturas* são calculadas a partir das informações iniciais de *altura, alteração, oitava e número MIDI* – esta última não existente no MusicXML, mas acrescentada pelo PIERSAM. Os intervalos são calculados de três formas diferentes: *intervalo cromático* (IntCro), *intervalo diatônico* (IntDia) e *qualidade do intervalo* (IntQua). O *intervalo cromático* (IntCro) representa a quantidade de semitons entre as alturas, o *intervalo diatônico* (IntDia) representa a quantidade de graus da escala entre as notas, a *qualidade do intervalo* (IntQua) informa se é maior, menor, aumentado ou diminuto. Por exemplo, em Intervalos Diatônicos (IntDia), 3ªM e 3ªm são equivalentes, assim como quaisquer intervalos com o mesmo número, já 4ªA e 5ªD são considerados diferentes em Intervalos Diatônicos (IntDia), mas iguais em Intervalos Cromáticos (IntCro). As alturas simultâneas são agrupadas em um único evento de acorde, neste caso os intervalos (IntCro, IntDia, IntQua) entre as alturas do acorde são calculados de baixo para cima, o último valor sendo a relação da altura mais grave do acorde no evento atual com a altura mais grave do evento seguinte, caso seja ele também um acorde, ou a simples altura do evento seguinte.

A apropriação que o PIERSAM faz das informações dos arquivos em MusicXML para a construção da sua representação específica, para a posterior detecção de recorrências de séries de alturas foi testada em 155 Sonatas de Scarlatti, aquelas encontradas na WEB.

3. Funcionamento do PIERSAM – algoritmo para identificação de recorrências e filtro de séries contidas e intercaladas por conjuntos

O PIERSAM faz o escrutínio nos arquivos já convertidos para a sua representação específica, construída a partir das informações em MusicXML. Nas 155 Sonatas de Scarlatti submetidas a escrutínio, a textura musical apresenta de 2 a 4 vozes, possuindo cada uma destas de 1 a 1.289 eventos¹⁶. Assim, foram analisadas ao todo 548 vozes, com um total de 137.403 eventos.

A lógica do PIERSAM possibilita a verificação de todas as séries de alturas possíveis em cada voz. O algoritmo é capaz de gerar e comparar todas as séries de alturas em uma combinação de parâmetros especificada. São geradas todas as

¹⁶ Cada altura ou acorde, como apresentado na Fig. 2, é considerado um evento.

séries de tamanho $t=1$ para cada voz do repertório. Em seguida, é verificado se existem recorrências entre séries deste tamanho. Se existirem, o resultado é mantido e então são geradas séries do próximo tamanho $t+1$. Esse processo é reiterado até que em um determinado tamanho não existam séries recorrentes. Ao considerar todas as séries de alturas possíveis para uma dada combinação de parâmetros, com absoluta segurança o algoritmo identifica todas as recorrências. Essa abordagem supera a busca ao modo “força bruta”, estabelecendo como limite para a geração o tamanho que não possui séries recorrentes. Quando o algoritmo identifica um tamanho sem séries recorrentes a operação de busca é interrompida e concluída, pois, é certo, não existirão recorrências em séries de tamanho igual ou maior.

Os dados de recorrências gerados no escrutínio das 155 Sonatas são expressivamente numerosos: foi identificada a recorrência de 446.020 séries de alturas. Através da inserção de *filtros*, é possível fazer recortes nos dados de recorrências em função de finalidades analíticas específicas. Submetemos as 155 Sonatas de Scarlatti a um filtro que exclui séries de alturas contidas e intercaladas¹⁷ da totalidade das recorrências, resultando nas já mencionadas 20.476 distintas séries recorrentes de alturas. Neste caso, fez-se a escolha por manter o registro da recorrência das séries de alturas mais numerosas, desconsiderando as séries de alturas contidas e intercaladas que se iniciam em posição mais avançada na música. Essa decisão foi decorrente da percepção de que as séries de alturas recorrentes mais numerosas são mais relevantes para afirmar similaridades no repertório, e que, no caso da recorrência de séries de alturas intercaladas de mesmo tamanho, a recorrência primeira tem precedência temporal, está em processo de escuta quando se inicia a recorrência subsequente.

O PIERSAM separa as séries de alturas recorrentes pelos conjuntos de músicas em que ocorrem e as séries contidas e intercaladas são filtradas em seus respectivos conjuntos, sendo reclassificadas para outros conjuntos de músicas enquanto estão sendo filtradas, caso necessário. Dessa forma, não existem, no mesmo conjunto de músicas, eventos contabilizados mais de uma vez em séries

¹⁷ É considerada *contida* a série de altura recorrente abarcada por uma série de altura recorrente de tamanho maior. É considerada *intercalada* a série de alturas recorrente parcialmente abarcada por uma série de alturas recorrente de tamanho igual ou maior. Entre séries *intercaladas* de mesmo tamanho o filtro prioriza aquelas que começam antes.

distintas. Já em conjuntos diferentes de músicas do repertório, podem existir diferentes séries de alturas que são intercaladas ou contidas, ou seja, compartilham alguns eventos. Neste caso, as séries são mantidas por identificar relações de recorrência entre diferentes conjuntos de músicas do repertório.

Para a análise que se segue foram tomados como parâmetros para a identificação de recorrências os intervalos diatônicos (IntDia), as durações (Dur), e a posição no pulso (PPuls) do evento inicial, ou seja, são consideradas recorrentes, neste caso, somente as séries de alturas que tem os mesmos valores nestes três parâmetros.

As séries são apresentadas de duas formas diferentes: 1) pelos conjuntos de Sonatas em que ocorrem e 2) pelo tamanho das séries – do maior para o menor, independentemente dos conjuntos¹⁸. Das séries organizadas por conjuntos, serão discutidas séries identificadas na K. 1, levantando pontos de interesse sobre sua similaridade com outras Sonatas do repertório. Das séries organizadas por tamanho, são oferecidos exemplos de uma série de tamanho grande, com numerosa sucessão de alturas, uma série de tamanho intermediário e uma série de tamanho pequeno, discutindo sua utilidade para identificar a estrutura binária nas Sonatas e analisar suas construções motívicas.

A validação do resultado do escrutínio foi feita através da verificação manual das séries de alturas recorrentes identificadas na Sonata K. 1, para, em seguida, utilizar o PIERSAM para a identificação das séries de alturas recorrentes em todas as 155 Sonatas encontradas na WEB.

O resultado que nos dá PIERSAM são arquivos .txt, que relacionam as séries de alturas recorrentes identificadas e as suas correspondentes localizações nas Sonatas em que ocorrem, a indicar *música, parte, voz, compasso e tempo de início e fim* para cada série de altura recorrente identificada. Os resultados são apresentados em dois grupos de arquivos: um primeiro se refere às séries de alturas recorrentes exclusivas dos determinados conjuntos de músicas. Num segundo grupo de arquivos, as séries de alturas recorrentes são organizadas pela quantidade de eventos e quantidade de músicas em que ocorrem, independentemente dos conjuntos de músicas. A Fig. 3 apresenta um quadro

¹⁸ As séries de alturas recorrentes são as mesmas nos dois casos, com o mesmo filtro, apenas a organização do resultado é diferente.

esquemático do resultado por conjunto de Sonatas como apresentado pelo programa.

1. Conjunto de Músicas: Nome da música, Nome da música 1. Segmento, características: ((Intervalos Diatônicos), (Durações), (Posição Inicial)) 1. Localização: Nome da música, parte, voz, (evento inicial, evento final), (compasso inicial), (tempo inicial), (compasso final), (tempo final) 2. Outra localização do mesmo segmento 3. 2. Outro segmento do mesmo conjunto 2. Outro conjunto de músicas 1. ... 1.
1. K. 159, K. 30 1. ((-2, -2, 2), (0.33, 0.33, 0.33), (0.0)) 1. K.159, P1, 1 (3, 6), (107), (2.0), (107), (2.67) 2. K.30, P1, 3 (2, 5), (64), (2.0), (64), (2.67)

Figura 3: Exemplo de resultado do PIERSAM

4. Conjuntos de séries de alturas recorrentes das 155 Sonatas que contêm a Sonata K. 1

Analisando o resultado entregue por PIERSAM pelos conjuntos de Sonatas em que as séries de alturas recorrentes são identificadas, é possível observar relações de recorrência entre uma Sonata ou conjunto de Sonatas com outras Sonatas ou conjuntos de Sonatas. Serão comentadas algumas séries de alturas recorrentes de um arquivo que contém todos os conjuntos de Sonatas em que figura a Sonata K. 1. Ao todo, o arquivo contém 427 conjuntos de Sonatas, nos quais identificam-se recorrências também ocorrentes na Sonata K. 1. A Fig. 4 apresenta um quadro com alguns destes conjuntos. As séries de alturas recorrentes do conjunto 2, por exemplo, acontecem nas Sonatas K. 1 e K. 470, as séries de alturas recorrentes do conjunto 3 acontecem nas Sonatas K. 1, K. 258 e K. 470, assim por diante.

```

1. (('K.1 Musicalion',))
2. (('K.1 Musicalion',), ('K.470 KernScores',))
3. (('K.1 Musicalion',), ('K.258 KernScores',), ('K.470 KernScores',))
4. (('K.1 Musicalion',), ('K.22 Musicalion',), ('K.258 KernScores',), ('K.470
KernScores',))
5. (('K.1 Musicalion',), ('K.470 KernScores',), ('K.51 Musescore',))
6. (('K.1 Musicalion',), ('K.258 KernScores',), ('K.470 KernScores',), ('K.51
Musescore',))
7. (('K.1 Musicalion',), ('K.512 KernScores',))
(...)
11. (('K.1 Musicalion',), ('K.11 Musicalion',))
(...)
22. (('K.1 Musicalion',), ('K.517 Musescore',), ('K.85 KernScores',))
(...)
29. (('K.1 Musicalion',), ('K.113 KernScores',), ('K.19 Musicalion',), ('K.191
Musescore',), ('K.20 Musicalion',), ('K.200 KernScores',), ('K.22 Musicalion',),
('K.227 KernScores',), ('K.23 Musicalion',), ('K.239 Musescore',), ('K.25
Musicalion',), ('K.258 KernScores',), ('K.29 Musicalion',), ('K.318 Musescore',),
('K.320 KernScores',), ('K.335 Musescore',), ('K.348 Corrigida por mim',), ('K.377
Musescore',), ('K.380 Musescore',), ('K.517 Musescore',), ('K.73 Musicalion',),
('K.85 KernScores',))
(...)
167. (('K.1 Musicalion',), ('K.11 Musicalion',), ('K.160 Musescore',), ('K.165
KernScores',), ('K.166 KernScores',), ('K.191 Musescore',), ('K.205 KernScores',),
('K.25 Musicalion',), ('K.257 Musicalion',), ('K.258 KernScores',), ('K.27
Musicalion',), ('K.289 Musicalion',), ('K.293 Musicalion',), ('K.3 Musicalion',),
('K.306 Musescore',), ('K.318 Musescore',), ('K.320 KernScores',), ('K.335
Musescore',), ('K.345 Musescore',), ('K.35 Musicalion',), ('K.360 KernScores',),
('K.4 Musicalion',), ('K.408 KernScores',), ('K.434 KernScores',), ('K.450
KernScores',), ('K.455 Musescore',), ('K.466 Musescore',), ('K.470 KernScores',),
('K.478 KernScores',), ('K.51 Musescore',), ('K.512 KernScores',), ('K.52
KernScores',), ('K.534 KernScores',), ('K.58 Musescore',), ('K.60 KernScores',),
('K.63 Musescore',), ('K.87 Musescore',))
(...)
171. (('K.1 Musicalion',), ('K.11 Musicalion',), ('K.16 Musicalion',), ('K.191
Musescore',), ('K.205 KernScores',), ('K.24 Musicalion',), ('K.258 KernScores',),
('K.335 Musescore',), ('K.347 Corrigida por mim',), ('K.377 Musescore',), ('K.434
KernScores',), ('K.455 Musescore',), ('K.470 KernScores',), ('K.512 KernScores',),
('K.52 KernScores',), ('K.58 Musescore',), ('K.81 Musicalion',), ('K.85
KernScores',), ('K.87 Musescore',), ('K.90 Musicalion',), ('K.93 KernScores',))
(...)

```

Figura 4: Alguns conjuntos de Sonatas que contêm a Sonata K. 1, onde está identificada a recorrência de séries de alturas.

O primeiro conjunto contém somente a própria Sonata K. 1, ou seja, todas as séries de alturas recorrentes presentes neste primeiro conjunto são as

identificadas exclusivamente na Sonata K. 1. Nos demais conjuntos, a Sonata K. 1 participa juntamente com outras Sonatas, mostrando relações de recorrência desta com diferentes combinações de Sonatas do repertório investigado.

O Ex. 1 identifica na partitura todas as séries de alturas recorrentes do primeiro conjunto, que contém somente a Sonata K. 1. As séries de alturas recorrentes de outros conjuntos, também ocorrentes em outras Sonatas, podem estar contidas ou intercaladas com estas deste primeiro conjunto, mas esta é uma identificação de recorrências exclusiva da Sonata K. 1.

Esserciso 1

Domenico SCARLATTI
(1685-1757)

Allegro

The musical score for Domenico Scarlatti's Sonata K. 1 is presented in a standard format with a treble and bass staff. The tempo is marked 'Allegro'. The key signature has one sharp (F#). The score is divided into measures, with measure numbers 1 through 21 indicated. Blue lines and dots are overlaid on the notes, highlighting specific pitch series. Trills (tr) are marked above certain notes in measures 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, and 21.

Exemplo 1: Séries de alturas recorrentes exclusivamente na Sonata K. 1

The image displays a musical score for Sonata K. 1, consisting of six systems of piano music. Each system contains a treble and bass staff. Blue lines and dots are overlaid on the notes, representing pitch series. The systems are numbered 14, 17, 20, 23, 26, and 29 at the beginning of the first staff of each system. Various musical notations are present, including trills (tr), slurs, and dynamic markings. The score is written in a key with one flat (B-flat) and a 2/4 time signature.

Exemplo 1: Séries de alturas recorrentes exclusivamente na Sonata K. 1 (cont.)

O Ex. 2 apresenta as séries de alturas recorrentes de alguns dos outros conjuntos de que participa a Sonata K. 1. Neste caso, a numeração se refere aos conjuntos de Sonatas, não às séries de alturas recorrentes. A série de alturas recorrente numerada como 29, por exemplo, acontece no conjunto de Sonatas 29, conforme a Fig. 4. Cada uma destas séries de alturas mostra uma relação de recorrência em conjuntos distintos de Sonatas.

Dentre estas séries de alturas recorrentes, destaca-se a de número 22, ocorrente no conjunto de Sonatas K. 1, K. 85 e K. 517. Nas duas primeiras sonatas, K. 1 e K. 85, essa série de alturas de número 22 é utilizada para construir um modelo sequencial muito similar. O Ex. 3a–b apresenta as instâncias desta série de alturas identificadas nas Sonatas K. 1 e K. 85, respectivamente, sendo possível observar sua recorrência no contexto das duas sonatas. O Ex. 4 apresenta de forma condensada a série de alturas recorrentes identificada, o modelo sequencial construído por Scarlatti a partir dela e a sua ornamentação nas Sonatas K. 1 e K. 85.

Esserciso 1

[(' IntDia' , ' eief'), (' Dur' , ' eief'), (' PTemp' , ' ei')]

conjuntos

Domenico SCARLATTI
(1685-1757)

Allegro

tr 22

167

tr 22

29

tr 22

29

tr 22

29

tr

29

7

167

167

167

tr

tr

167

172

11.1

tr

4

8, 9, 12, 13, 15...

Exemplo 2: Séries de alturas recorrentes em conjuntos de Sonatas que contêm a Sonata K. 1

[(' IntDia' , ' eief'), (' Dur' , ' eief'), (' PTemp' , ' ei')]
conjuntos

The musical score consists of six systems of piano music. The first system (measures 14-17) has a treble and bass staff. The second system (measures 17-20) includes trills (tr) and measure numbers 167, 172, and 11.3. The third system (measures 20-23) includes measure numbers 167, 11.2, and 22. The fourth system (measures 23-26) includes trills (tr) and measure numbers 29, 22, and 29. The fifth system (measures 26-29) includes measure numbers 167, 167, and 2. The sixth system (measures 29-31) includes measure numbers 3, 4, 5, 6, and 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15... The score is annotated with various musical symbols and measure numbers.

Exemplo 2: Séries de alturas recorrentes em conjuntos de Sonatas que contêm a Sonata K. 1 (cont.)

Chamamos a atenção para as séries de alturas identificadas na Sonata K. 1, compassos 30 e 31 (Ex. 2), de recorrência significativa. Estas são frequentes nos resultados. Cada uma das séries de alturas identificadas estabelece relações de recorrências com conjuntos diferentes de Sonatas. A constituição geral destas séries de alturas, apresentada na Fig. 5, comumente denominada de terças quebradas, com cada altura a possuir a duração de um quarto de tempo (Dur:

0.25), é comum nas Sonatas, iniciando em diversas posições métricas (PPuls: 0.0, 0.25, 0.5, 0.75).

Allegro K.1

1 tr

2 tr

3 tr

4 tr

5 tr

6 tr

7 tr

8 tr

K.1

K.1

K.1

K.1

K.1

K.517

Exemplo 3a: Todas as localizações da série de altura do conjunto de Sonatas 22

23 K.85

25 K.85 9 10

27 K.85 11

35 K.85

37 K.85 12 13

39 K.85

Exemplo 3b: Todas as localizações da série de altura do conjunto de Sonatas 22

Estas são algumas séries de alturas recorrentes identificados na Sonata K. 1 que, em uma verificação manual dos dados, chamaram a atenção e foram úteis para evidenciar sua relação com o restante do repertório investigado. Os dados de recorrências produzidos pelo PIERSAM contemplam a totalidade dos conjuntos de recorrências possíveis com as 155 Sonatas de Scarlatti encontradas na WEB. A metodologia utilizada para ilustrar o modo como opera o PIERSAM,

tomando como referência as recorrências identificadas na Sonata K. 1, pode ser aplicada de modo similar a qualquer Sonata ou conjunto de Sonatas, mais ainda a qualquer repertório em que os parâmetros altura, duração e posição métrica são relevantes na sintaxe musical.

Foram identificados ao todo 13.203 conjuntos distintos de Sonatas, distinguidos por compartilhar séries de alturas recorrentes específicas. A Sonata K. 1 está contida em quatrocentos e vinte e sete destes conjuntos de Sonatas, que, lembremos, formam-se a partir das 155 Sonatas de Scarlatti encontradas na WEB. Para cada conjunto de Sonatas, as respectivas séries de alturas ocorrem somente naquelas Sonatas contidas no conjunto. Esta disposição possibilita estudar relações de recorrências entre conjuntos específicos de Sonatas e permite analisar graus de similaridade no repertório como um todo.



Exemplo 4: Sequências elaboradas a partir da série de alturas de número 22, ocorrentes nas Sonatas K. 1 e K. 85.

Séries de alturas dos conjuntos 2 a 6 e similares

```
IntDia, Dur: ((-3, 2, ..., -4, ...), (0.25, 0.25, ...))
IntDia, Dur: ((2, -3, 2, ..., -4, ...), (0.25, 0.25, ...))
IntDia, Dur: ((-3, 2, ...), (0.25, 0.25, ...))
IntDia, Dur: ((-3, 2, ...), (0.25, 0.25, ...))
```

Figura 5: A constituição das séries de alturas ocorrentes nos compassos 30 e 31 da Sonata K. 1 é similar e frequente em diversos conjuntos de Sonatas.

5. Séries de alturas recorrentes organizadas por tamanho nas 155 Sonatas

Organizar as séries de alturas somente por seu tamanho, independente dos conjuntos de Sonatas em que ocorrem, mostra que as séries de alturas recorrentes de maior tamanho acontecem no interior de uma mesma Sonata – uma vez na primeira e outra vez na segunda parte¹⁹. Este aspecto atua na constituição, ao mesmo tempo que é inerente, da estrutura binária-das Sonatas. É, também, índice de singularidade, uma vez que cada Sonata tem as relações de recorrências estabelecidas primariamente entre os seus constituintes formais. Podemos afirmar que estas Sonatas são “mais parecidas” com elas mesmas do que com qualquer outra Sonata do repertório analisado. Este é o caso das 227 séries de alturas de maior tamanho, do total de 20.476 séries de alturas recorrentes identificadas. Exemplificamos com a série de alturas numerada 3, Ex. 5, que ocorre uma vez na primeira e outra vez na segunda parte da Sonata K. 470.

Cresce o número de Sonatas em que as séries de alturas são ocorrentes à medida que o tamanho das séries diminui. Detectamos várias séries de alturas de tamanho intermediário que podem auxiliar na análise sobre a construção motivica das frases. É possível, também, analisar os diversos contextos em que a mesma série de alturas ocorre, com quais materiais combina-se vertical e horizontalmente. O Ex. 6a–d apresenta algumas das localizações da série de alturas numerada 5.339, constituída por um movimento de baixo característico. No Ex. 6d, evidenciamos algumas ocorrências não identificadas da série 5.339, não reconhecida em razão da organização das vozes no arquivo MusicXML. Nestes casos, a série 5.339 é “quebrada” (indicada com as setas em vermelho) em mais de uma voz. O PIERSAM faz o escrutínio voz por voz, analisando exaustivamente a recorrência de todas as séries de alturas possíveis, porém esse escrutínio é feito sem considerar as possíveis “quebras” de séries de alturas em mais de uma voz no arquivo MusicXML.

¹⁹ “Parte” se refere à seção que antecede a barra dupla e àquela que a sucede nas Sonatas. Não confundir com a tag *parte* no MusicXML, que pode se referir à *parte* da M.E. e *parte* da M.D. a depender da construção dos arquivos.

33

39

44

49

54

59

63

('K.470 KernScores', 'P2', 1, (77, 196), (37.), (1.0.), (62.), (1.0.))

Exemplo 5: Série de altura 3 na K. 470

Exemplo 5: Série de altura 3 na K. 470 (cont.)

As séries de alturas recorrentes mais frequentes entre Sonatas distintas são de apenas um ou dois eventos. Este tamanho faz-nos questionar se o

reconhecimento de séries de alturas de tamanho tão pequeno tem utilidade para a discussão da natureza de motivos e frases nas Sonatas de Scarlatti. Talvez a identificação destas recorrências possa ser útil em conjunto com análises estatísticas dos dados como um todo. O Ex. 7a-b apresentam algumas localizações da série de alturas que acontece no maior número dentre as 155 Sonatas investigadas: ocorre em cento e vinte e duas Sonatas. Esta série é constituída por um intervalo de primeira diatônica (IntDia: 1), com a duração de um tempo (Dur: 1).²⁰

The image displays a musical score for 'Allegro' (K. 107 Musicalion) in 3/8 time, with a tempo marking of 120. The score is divided into four systems, each showing a piano (left hand) and a violin (right hand) part. The piano part features a series of notes highlighted in blue, representing a specific pitch series. The violin part also features a series of notes highlighted in blue, representing a specific pitch series. The annotations for each system are as follows:

- System 1 (Measures 58-61): ('K.107 Musicalion', 'P1', 3, (173, 178), (60,), (1.0,), (61,), (2.0,))
- System 2 (Measures 62-65): ('K.107 Musicalion', 'P1', 3, (179, 184), (62,), (1.0,), (63,), (2.0,))
- System 3 (Measures 129-132): ('K.107 Musicalion', 'P1', 3, (185, 190), (64,), (1.0,), (65,), (2.0,))
- System 4 (Measures 133-136): ('K.107 Musicalion', 'P1', 3, (375, 380), (131,), (1.0,), (132,), (2.0,))
- System 5 (Measures 137-140): ('K.107 Musicalion', 'P1', 3, (381, 386), (133,), (1.0,), (134,), (2.0,))
- System 6 (Measures 141-144): ('K.107 Musicalion', 'P1', 3, (387, 392), (135,), (1.0,), (136,), (2.0,))

Exemplo 6a: Algumas localizações da série de altura 5.339

²⁰ Como identificado pelo programa, a primeira diatônica existe também entre notas de mesmo nome com alterações diferentes, como no caso da K. 14 c. 9 (Ex. 7b). Sol e Sol sustenido são considerados primeira diatônica, igualmente ao uníssono, uma vez que o intervalo cromático (IntCro), que diferenciaria este tipo de movimento do uníssono, não foi levado em conta nesta análise.

5

14

84

171

(‘K.114 KernScores’, ‘P2’, 1, (23, 28), (7.), (1.0.), (8.), (2.0.))

(‘K.114 KernScores’, ‘P2’, 1, (53, 58), (16.), (1.0.), (17.), (2.0.))

(‘K.114 KernScores’, ‘P2’, 1, (290, 295), (86.), (1.0.), (87.), (2.0.)) (‘K.114 KernScores’, ‘P2’, 1, (296, 301), (88.), (1.0.), (89.), (2.0.))

(‘K.114 KernScores’, ‘P2’, 1, (597, 602), (173.), (1.0.), (174.), (2.0.))

Exemplo 6b: Algumas localizações da série de altura 5.339

55

119

125

(‘K.122 KernScores’, ‘P2’, 1, (147, 152), (59.), (1.0.), (60.), (2.0.))

(‘K.122 KernScores’, ‘P2’, 1, (315, 320), (123.), (1.0.), (124.), (2.0.))

(‘K.122 KernScores’, ‘P2’, 1, (329, 334), (129.), (1.0.), (130.), (2.0.))

Exemplo 6c: Algumas localizações da série de altura 5.339

4

8

(K.138 Musescore', 'P1', 2, (10, 15), (6.), (1.0.), (7.), (2.0.))

(K.138 Musescore', 'P1', 3, (7, 12), (8.), (1.0.), (9.), (2.0.))

49

54

(K.138 Musescore', 'P1', 3, (64, 69), (56.), (1.0.), (57.), (2.0.))

104

109

(K.138 Musescore', 'P1', 2, (197, 202), (105.), (1.0.), (106.), (2.0.))

114

(K.138 Musescore', 'P1', 2, (232, 237), (117.), (1.0.), (118.), (2.0.))

119

(K.138 Musescore', 'P1', 3, (175, 180), (121.), (1.0.), (122.), (2.0.))

vozes diferentes no musicXML

vozes diferentes no musicXML

Exemplo 6d: Algumas localizações da série de altura 5.339 (cont.) e ocorrências não identificadas, em vermelho, em razão da disposição das vozes no MusicXML.

35 K.10 Presto $\text{♩} = 108$

1

2

Exemplo 7a: Série de alturas recorrente mais frequente no repertório das 155 Sonatas de Scarlatti encontradas na WEB

8 K.14

5

3

4

6

7

8

9

10

Exemplo 7b: Série de alturas recorrente mais frequente no repertório das 155 Sonatas de Scarlatti encontradas na WEB

6. Considerações Finais

Algumas das questões centrais que motivaram o desenvolvimento do PIERSAM foram: Até que ponto vão e é possível identificar as similaridades em uma grande quantidade de músicas? Como chegar a uma visão panorâmica de

um grande repertório, onde seja possível contextualizar o conteúdo de cada música no repertório como um todo? Como chegar a conclusões sobre grandes repertórios que não sejam induções vulgares a partir de exemplos selecionados, mas sim que levem em conta, ao mesmo tempo, todo o repertório e o conteúdo específico de cada música contida nele? Em resposta a estas questões, desenvolvemos o PIERSAM dedicado à identificação exaustiva de recorrências de séries de alturas. Os dados obtidos constituem-se num conjunto exaustivo e confiável quanto a recorrências em uma grande quantidade de músicas, permitindo uma análise que leve em conta a totalidade das recorrências identificadas, de acordo com critérios pré-estabelecidos, dispensando procedimentos indutivos.

As maiores complexidades enfrentadas para a realização plena de tal abordagem não foram, em primeiro momento, computacionais, mas relacionados à subjetividade da percepção de voz e frase. Não existem ainda definições computacionalmente satisfatórias destes conceitos e, por consequência, também não existem formatos de arquivos simbólicos que registrem esses conceitos de forma satisfatória e padronizada. Por conta disto, especialmente a falta de padronização da representação simbólica, os resultados de recorrências identificados por PIERSAM ainda nos parecem incipientes. Há recorrências não identificadas e recorrências que, apesar de corretamente identificadas, não são coincidentes com motivos ou frases musicais.

Outra dificuldade está na disponibilidade e qualidade das partituras em formatos de arquivos simbólicos atuais. A pesquisa minuciosa levantou apenas 155 arquivos das Sonatas de Scarlatti disponíveis na WEB em formato MusicXML ou passíveis de conversão para este, dos quais muitos tem qualidade duvidosa, como erros na definição das vozes mesmo em contextos simples e claramente não ambíguos²¹.

Os resultados obtidos e as possibilidades de aplicação dos dados evidenciam algumas fragilidades, pontos a melhorar no PIERSAM.²² O código funciona, mas, já o vislumbramos, pode ser mais claro e conciso. O PIERSAM foi

²¹ Esta também é a razão para a falta de padronização nos exemplos musicais apresentados, eles são dos próprios arquivos analisados.

²² O processo de desenvolvimento do programa foi enfrentado, de início, com pouco conhecimento técnico de programação.

desenvolvido com foco exclusivo nas Sonatas de Scarlatti e não foi testado em outros repertórios, porém parece-nos evidente que a identificação exaustiva de recorrências de séries de alturas pode ser útil na análise de outros repertórios, especialmente em grande quantidade de músicas, onde a organização das alturas, suas durações e posições métricas são parâmetros relevantes.

A análise dos resultados deu-se de forma manual. Há um grande potencial a ser explorado na utilização dos dados por meio de formas mais sofisticadas de análise, como análises estatísticas direcionadas a finalidades de análise musical específicas. Métodos de análise mais coerentes com a proposta primária de gerar um volume de dados que permita afirmações seguras e confiáveis sobre o repertório investigado, não importa o quão numeroso, inibindo as análises indutivas.

Tendo em vista a falta de padronização nas definições de vozes nos arquivos MusicXML e os parâmetros selecionados para a identificação das recorrências, o ponto positivo, dos mais relevantes, de PIERSAM é que sua lógica garante a identificação da totalidade das recorrências de séries de alturas em cada voz. O resultado obtido permite alcançar conclusões embasadas sobre o repertório das 155 Sonatas de Scarlatti analisadas a partir de uma visão panorâmica do seu conteúdo em contraposição com a análise manual de cada Sonata.

A diferença crucial é que, no modelo aplicado em PIERSAM, por meio do reconhecimento de recorrências, cada série de altura identificada está invariavelmente situada no contexto das 155 sonatas. Muitas das séries de alturas recorrentes são exatamente o que esperávamos: coincidem com frases e seccionamentos motivicos coerentes. O PIERSAM identifica recorrências em grande quantidade de músicas que de forma manual tomariam tempo extraordinário para serem identificadas e contextualizadas na mesma quantidade e precisão.

Referências

1. Bent, Ian. 1987. *Analysis*. Nova York: W. W. Norton & Company.

2. Cirne, Luiz Fernando Muniz. 2014. *Scarlatti e Beethoven: proximidades?* Tese de doutorado. São Paulo: Escola de Comunicações e Artes (ECA/SBD) da Universidade de São Paulo (USP).
3. Gomes, Thiago Luiz. 2020. *Github*. Acesso em 19/11/2020, disponível em Recurrence-in-music: <<https://github.com/ThiagoLRG/Recurrence-in-music>>.
4. _____. 2021. *Programa para identificação exaustiva de recorrências em grande quantidade de música: aplicação em 155 sonatas de Domenico Scarlatti*. Dissertação de Mestrado em Música. Brasília: Universidade de Brasília (UnB). Disponível em <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/42188>>.
5. Kirkpatrick, Ralph. 1983. *Domenico Scarlatti*. 3ª ed. Princeton: Princeton University Press.
6. Kröger, Pedro; Passos, Alexandre; Sampaio, Marcos; Cidra, Givaldo de; Ourives, Natanael de Souza; Anjos, Emerson; Santos, Wallace S. 2008. Musicologia computacional aplicada à análise dos corais de Bach. Em *Anais do XVIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação (ANPPOM)*.
7. Müller, Meinard. 2015. *Fundamentals of Music Processing*. Suíça: Springer International Publishing Switzerland.
8. MakeMusic. s.d. Acesso em 13/10/2020. Disponível em What is MusicXML?: <<https://www.musicxml.com/>>.
9. *Music21*. s.d. Acesso em 08/12/2021. Disponível em From Music21: A toolkit for computer-aided musicology: <<http://web.mit.edu/music21/>>.
10. *The Humdrum Toolkit*. s.d. Acesso em 08/12/2021. Disponível em The Humdrum Toolkit: Software for Music Research: <<https://www.humdrum.org/>>.