

## **Rumo à sala de estudos aumentada: metodologias para análise e suporte computacional na construção da performance**

**Aluizio Barbosa de Oliveira Neto**<sup>1</sup>

UFMG / PPGM / Doutorado

SIMPOM: *Linguagem e Estruturação/Teoria/Sonologia*

aluizioneto@ufmg.br

**Resumo:** Este artigo descreve a motivação e a metodologia desenvolvida para um estudo realizado durante dois semestres com uma turma de graduação de um curso de bacharelado em clarineta, parte de um projeto de doutorado em andamento. Foram criadas duas disciplinas que tiveram como foco o desenvolvimento da expressividade musical através do estudo das técnicas necessárias para a execução de uma seleção de excertos de peças dos períodos clássico e romântico. Registramos em áudio todos os encontros semanais entre alunos e mestre, com duração de duas a três horas. Utilizando técnicas de processamento digital de sinais para extração de informação musical, foi possível obter uma série de descritores acústicos de tais gravações. Com tais dados pretendemos demonstrar como certos aspectos do desenvolvimento de tais técnicas e da relação entre mestre e aprendiz podem ser modelados computacionalmente. Nossa motivação para este trabalho reside na possibilidade de que tal pesquisa suporte a criação de sistemas e práticas inclusivas para o ensino e aprendizagem musical. Visamos sua aplicação no desenvolvimento de ferramentas que poderiam enriquecer e facilitar o acesso ao conhecimento e expertise musical avançada, especialmente em locais e comunidades onde estes são escassos ou inexistentes. Toda a tecnologia utilizada depende apenas de um computador pessoal convencional rodando software livre e disponibilizado gratuitamente para download nos sites de seus desenvolvedores. Não temos como intenção argumentar que tais recursos possam vir a substituir um profissional do ensino da música. Acreditamos, no entanto que, com tais técnicas à disposição, professores experientes podem não apenas aprimorar sua relação e comunicação com seus estudantes e o controle sobre seus avanços, como também incorporar outras referências de ensino e prática musical em seu trabalho. Este estudo conta com a colaboração de projetos de iniciação científica, mestrado e doutorado do grupo que o abriga.

**Palavras-chave:** Expressividade musical; Performance Musical; Extração de Informação Musical; Pedagogia do Instrumento; Construção Colaborativa.

### **Towards the Augmented Practice Room: Computational Methods and Tools on The Construction of Musical Performance**

**Abstract:** In this article we will present the motivations and methods for a two semester study realized with a class of undergraduate clarinet students. Focusing on the development of musical expressiveness in solo and ensemble performance, the aspiring musicians had a three hour weekly encounter with their teacher, on which technical exercises and repertoire practice realized by the students were evaluated and directed by the master. All these weekly sessions

---

<sup>1</sup> Agência de fomento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Orientador(a): Prof. Dr. Mauricio Alves Loureiro.

were recorded in high quality audio. Using signal processing techniques we were able to extract acoustic parameters of such recordings and intend to demonstrate how some aspects of technique development and master/apprentice interaction can be computationally modeled. Our motivation relies on that this research could lead to innovative systems and practices for music teaching and learning, and the development of tools that could enrich and facilitate the access to musical knowledge and expertise, specially in places and communities where this would not be possible otherwise. The system used was a regular personal computer with a sound card and microphone. All the software involved in this project is distributed under free licenses and is readily available for download from the developers' websites. With the cost reduction and consequential ubiquity of personal computers and smartphones, we believe that this idea could lead to the universalization of access to advanced musical practice. We do not intend to argue that these systems could be a substitute for a professional music teacher. Instead, we believe that with such techniques at hand, an experienced master could improve his/her relationship and communication with the students, and gain access to higher levels of control over their advancements.

**Keywords:** Musical expressiveness; musical performance; music information retrieval; instrument pedagogy; collaborative creation.

## 1. Introdução

Este artigo trata da motivação e descrição dos aspectos metodológicos de um projeto de doutorado cujo principal objetivo é investigar sobre as possibilidades de se compreender e modelar parte dos processos envolvidos no aprendizado e construção da expressividade por estudantes de música de nível universitário. Tomando como estudo de caso uma turma de alunos de clarineta de um curso de nível superior, buscaremos demonstrar como certos recursos tecnológicos já disponíveis e outros ainda em desenvolvimento podem contribuir para a ampliação do acesso à formação musical avançada.

A expressividade musical é um tema cercado de mitos e crenças, muitas vezes associado a um vago conceito de talento. Tal perspectiva leva à ideia de que a habilidade para ser musicalmente expressivo não é algo que possa ser ensinado, ou consequência de esforço e prática, mas sim uma espécie de dom inato que apenas alguns possuem. A experiência relatada por professores e profissionais da música de concerto aponta, no entanto, em outra direção. Relatos e exemplos amplamente publicados indicam que a capacidade de se expressar através da música pode se desenvolver a partir do estudo e da prática, dependente do domínio de uma série de habilidades técnicas muito específicas e do desenvolvimento de uma aguçada sensibilidade para identificar e controlar sutis manipulações sonoras realizadas em uma performance. Através de sistemas capazes de extrair e analisar a evolução de características acústicas de sons musicais, podemos traçar uma relação entre a habilidade de um músico em controlar de maneira consciente variações sutis em parâmetros acústicos de sua performance e sua capacidade expressiva (DAVIDSON & KING, 2004; GABRIELSSON, 2003).

Neste artigo descreveremos nossa motivação para este estudo e os aspectos metodológicos e conceituais envolvidos em sua execução. Ao final, algumas das análises realizadas a partir do material coletado nas aulas serão apresentadas de forma ilustrativa. Contamos com a participação de seis alunos e um mestre, além de contribuições pontuais de outros professores e músicos profissionais. Registramos em áudio a evolução dos estudantes em vários aspectos da performance das peças selecionadas. Por meio de técnicas de processamento digital de sinais, buscaremos obter correlatos acústicos para as capacidades apresentadas pelos mestres e desenvolvidas pelos alunos ao longo desse período.

## **2. Motivação e aspectos metodológicos**

Descreveremos aqui os aspectos metodológicos do projeto em questão, além da motivação que norteia nossa investigação. Argumentamos por um uso da tecnologia em favor da ampliação e potencial universalização do acesso à formação musical. Potencializada nas últimas décadas pelo avanço e redução de custos dos dispositivos móveis – tais como smartphones e tablets – e a expansão do acesso à Internet, notamos já certa ubiquidade das ferramentas tecnológicas no consumo, ensino, aprendizado e prática da música popular. Quando tratamos, no entanto, da música clássica de tradição europeia, a situação parece se encontrar em um estágio anterior. Em conservatórios e escolas de nível superior ainda notamos a presença de uma série de mitos e preconceitos que tendem a impedir o avanço de certos métodos e possibilidades que poderiam ser muito positivas para a sociedade como um todo. O caminho que buscamos para superar tais barreiras é o da acessibilidade. Sendo a tecnologia historicamente muito associada ao modelo de produção capitalista e dele dependente, acreditamos que uma série de fatores culturais e sociais levaram a uma estigmatização e conseqüente limitação do acesso a métodos e ferramentas que hoje poderiam ser universais. Através das filosofias ligadas à economia compartilhada e organizações não governamentais como *Creative Commons* e *Free Software Foundation*, as barreiras para acesso ao conhecimento especializado e ferramentas de software são cada vez menores e, com uma abordagem adequada, pensamos que tal fenômeno pode alcançar a formação musical de nível superior.

### **2.1. Programa das disciplinas**

Foram oferecidas duas disciplinas para alunos de graduação dos cursos de Clarineta e Fagote da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais, com duração de um semestre letivo cada. Visando abranger um repertório relevante para a

formação dos estudantes e que nos permitisse testar as metodologias propostas, decidimos por abordar dois temas: "Duos, Trios e Quartetos para Clarineta e Fagote" e "Excertos para Clarineta e Fagote nas sinfonias de Beethoven, Brahms e Tchaikovsky". O primeiro trata de performances de grupo e acoplamento entre músicos, enquanto o segundo foca em excertos importantes do repertório dos períodos clássico e romântico, com passagens tipicamente associadas a grandes desafios técnicos e interpretativos no domínio do instrumento, comumente utilizadas em testes de seleção para orquestras.

## 2.2. Dinâmica dos encontros

As aulas foram gravadas em áudio (incluindo discussões entre alunos, mestres e profissionais). Em situações pontuais foram feitos também registros em vídeo. Além dos alunos, ambas as disciplinas contaram com a participação de um professor do instrumento com mais de três décadas de experiência, e um pesquisador/facilitador. O papel do facilitador envolveu o acesso ao uso das novas tecnologias apresentadas e a realização das gravações de forma sistemática e controlada. Durante o ano, alguns professores de outras instituições, com experiências e estilos diversos foram também convidados para participar pontualmente.

Os encontros contaram com duas abordagens complementares: na primeira os alunos trabalhavam com o mestre da forma que o faziam tradicionalmente, na qual peças do repertório eram apresentadas, executadas e discutidas pela classe. Através de metáforas, indicações sonoras, gestuais e a partir de repetições e demonstrações dos trechos mais problemáticos para os alunos, o professor orientava seus pupilos em correções de erros técnicos e interpretativos. A segunda parte tratava da introdução às tecnologias para análise computacional da performance, onde os alunos tinham contato com ferramentas e práticas ligadas ao uso de gravações e processamento de áudio no desenvolvimento de seu aprendizado. Na próxima seção descreveremos de forma detalhada os softwares e sistemas apresentados ao longo das disciplinas.

## 2.3. Infra estrutura, equipamentos e software utilizado

Como este trabalho se justifica principalmente pela possibilidade de ampliar o acesso ao conhecimento musical avançado através de ferramentas tecnológicas inclusivas, o hardware utilizado foi um computador pessoal convencional equipado com microfone e placa de som. Todos os softwares e sistemas são distribuídos pelas versões 2 e 3 da *GNU General Public License*, obtidos gratuitamente no site de seus desenvolvedores - a exceção daqueles

cujo desenvolvimento é parte do escopo desse projeto e que pretendemos publicar sob as mesmas condições dos demais em versões posteriores (algoritmos do *Expan Toolbox*, desenvolvidos no CEGeME - Centro de Estudos do Gesto Musical e Expressão da UFMG).

A sala de aula utilizada para as duas disciplinas possui tratamento e isolamento acústico básicos. Para se obter um registro de máxima qualidade das execuções musicais de alunos e mestres, foi utilizado um microfone condensador *M-Audio Solaris*, uma interface *M-Audio Firewire 1814* e um computador rodando os sistemas *Debian* e *Windows XP* em paralelo. Microfones e interfaces de áudio convencionais (como aqueles integrados em notebooks e celulares) foram utilizados para efeito de comparação, sem perdas significativas nas abordagens aqui propostas. A opção por dois sistemas operacionais no *setup* experimental se justifica pela necessidade de garantir o acesso livre a todas as ferramentas de software necessárias, ao mesmo tempo permitindo que o maior número possível de músicos pudesse vir a utilizar as abordagens e ferramentas apresentadas em sua própria casa (os sistemas *GNU/Linux* são distribuídos de forma livre mas, entre usuários domésticos, – incluindo os alunos da disciplinas em questão, o sistema *Windows* ainda é o mais utilizado). Para o registro de diálogos, demonstrações e outras interações, foi utilizado um gravador portátil *Zoom H4n* e um *smartphone* *Samsung Galaxy S3*. O áudio gravado nas aulas foi salvo em uma base de dados interna, ficando disponível para reprodução, análise e processamento com o uso das ferramentas selecionadas. Os softwares envolvidos nesse processo são:

- *Audacity*®: Software livre e de código aberto para edição e gravação de áudio. Foi lançado em 2000 e é distribuído pela licença GNU GPLv2. Pode ser baixado gratuitamente no seu site oficial: [www.audacityteam.org](http://www.audacityteam.org);
- *Sonic Visualiser*: Software livre e de código aberto utilizado para visualizar, analisar e anotar arquivos de áudio. Desenvolvido pela *Queen Mary University of London*, é distribuído pela licença GNU GPL v2 e pode ser baixado no seu site oficial: [www.sonicvisualiser.org](http://www.sonicvisualiser.org);
- *Debian*: Sistema Operacional da família *GNU/Linux* livre e de código aberto, desenvolvido pelo "Debian Project", disponível para download em seu site oficial: [www.debian.org](http://www.debian.org);
- *Microsoft Windows XP*: Sistema Operacional de código fechado, desenvolvido pela Microsoft Corporation.

*Audacity* e *Sonic Visualiser* são programas que implementam suporte a uma arquitetura aberta para desenvolvimento de *plugins* denominada *Vamp*. *Plugins* são

componentes de software em forma de pacotes que podem ser adicionados a outros programas, estendendo suas funcionalidades. Assim, novos recursos podem ser desenvolvidos e disponibilizados por qualquer pessoa que tenha domínio de uma das linguagens de programação suportadas pela arquitetura *Vamp* (atualmente *C*, *C++* e *Python*). Graças a tal abordagem, funções muito específicas e complexas podem ser criadas e implementadas com maior facilidade, utilizando os recursos técnicos das plataformas compatíveis já existentes. No caso da nossa disciplina, utilizamos uma série de *plugins* específicos para a segmentação, análise e extração de informação de áudio musical. Combinados com a plataforma que dá suporte aos *plugins* (*Sonic Visualiser*), as informações extraídas podem ser visualizadas de formas variadas, facilitando a sua interpretação. Alguns dos pacotes utilizados foram implementados por terceiros e outros foram desenvolvidos por nosso grupo de pesquisa, visando suprir as necessidades específicas do CEGeME. A concretização deste projeto demonstra as vantagens de uma arquitetura livre, que não apenas permite, mas também fomenta a colaboração de diferentes profissionais e instituições. Seria inviável desenvolver um sistema completo que realizasse todas as funções que necessitamos com os recursos e tempo disponíveis. Através da arquitetura *Vamp* e graças à flexibilidade dos sistemas de código aberto, podemos obter como resultado um sistema completo e acessível a usuários domésticos, com uma interface gráfica madura e estável.

#### 2.4. Processamento Digital de Sinais e Extração de Informação Musical

Nesta seção listamos e descrevemos tais *plugins*, que permitem a segmentação e visualização dos parâmetros acústicos manipulados pelos músicos em suas performances.

##### 2.4.1. *Expan Plugin*

O *Expan Plugin* é uma implementação de uma parcela dos algoritmos desenvolvidos e implementados no *Expan Toolbox*. (CAMPOLINA, Thiago; LOUREIRO, Maurício; MOTA, Davi., 2009). O *Expan Toolbox* é um pacote desenvolvido em nosso laboratório, com a intenção de facilitar a análise de um conjunto de parâmetros acústicos ligados à expressividade musical. Foi inicialmente criado na plataforma / linguagem de programação MATLAB®, com uma interface própria, implementando algoritmos para extração de uma série de descritores acústicos. Pensado para a análise de sinais monofônicos e tendo como objetivo aplicações de pesquisa e pedagógicas, o *Expan* parte de um problema complexo e ainda não totalmente solucionado: a segmentação de um sinal sonoro em notas musicais, ou seja, a identificação dos instantes de início e fim de cada nota. As técnicas para

realizar tal tarefa são extremamente dependentes do instrumento musical utilizado. Em sinais monofônicos o nível de complexidade é menor, mas em um instrumento de excitação contínua com tantas e tão complexas possibilidades de manipulação sonora, como é o caso da clarineta e do fagote, realizar a segmentação automática a partir de um sinal gravado ainda é um desafio aberto. No estado atual, o *Expan Toolbox* realiza cerca de 70% das detecções de início de nota corretamente, mas ainda exige verificação e ajustes manuais em certas situações propensas a erros. O algoritmo de detecção de *onsets* (instantes de início de nota) é crucial para a obtenção de vários parâmetros acústicos ligados à expressividade, em especial aqueles que envolvem manipulações temporais. A partir deste dado é possível caracterizar, por exemplo, perfis de rubato, variações de andamento, o grau de sincronia entre músicos, a consistência entre diferentes performances, etc. Detalhes sobre os métodos de segmentação utilizados pelo *Expan Toolbox* podem ser encontrados em (LOUREIRO, Mauricio; et al., 2007) e (LOUREIRO, 2008), conjuntamente com implementações de outros algoritmos para extração de descritores relevantes para este projeto, como manipulações de dinâmica e timbre (descritores relativos às manipulações de qualidade sonora do instrumento, como intensidade – energia RMS, brilho - centroide espectral, articulação - logaritmo do tempo de ataque, etc.).

#### 2.4.2. *pYIN*

O *pYIN* é uma implementação do *YIN*, um tradicional e estabelecido algoritmo para detecção de frequência fundamental (*pitch*) de sinais monofônicos. Desenvolvido por Matthias Mauch na *Queen Mary University of London*, este plugin permite observar variações sutis de afinação e desta forma possibilita a verificação de erros recorrentes, além de manipulações intencionais realizadas como recurso expressivo em situações onde isso é desejável.

#### 2.4.3. *BBC Vamp plugin collection*

Desenvolvida pelo *BBC Research and Development* - departamento de pesquisa e desenvolvimento da emissora pública de rádio e televisão do Reino Unido, esta coleção de plugins permite a extração de vários parâmetros acústicos associados às manipulações sonoras realizadas por músicos. Este pacote foi escolhido por ter implementações muito eficientes, acessíveis e de fácil utilização, além de, como os demais softwares aqui apresentados, ser um pacote livre e de código aberto, disponível gratuitamente para download no site de seu desenvolvedor. As ferramentas utilizadas foram: *Mean Energy Estimation*, *Harmonic Spectral Centroid* e *Pitch Class Profile*.

#### 2.4.4. Processamento de dados e estatística

Performances gravadas e processadas com o uso das ferramentas descritas acima podem ser analisadas de forma simples e intuitiva através da apresentação gráfica permitida por aplicativos tais como *Sonic Visualiser* e *Audacity*. No entanto, quando o volume de dados é muito grande (como no caso de gravações de séries de ensaios, práticas e/ou aulas semanais geradas ao longo de meses seguidos) é desejável a possibilidade de se extrair informação referente a relação entre um grande número de execuções. Um exemplo deste tipo de situação é a investigação sobre a evolução de tais práticas ao longo do tempo, ou mesmo uma avaliação da consistência das performances em condições distintas. Teoricamente, diversas questões extremamente complexas poderiam ser respondidas por tal base massiva de dados, tais como: relações entre características interpretativas e estados emocionais de um determinado músico, influências de uma determinada abordagem pedagógica no desenvolvimento de um grupo de estudantes, etc. Para que isso seja possível, é necessária a utilização de sistemas capazes de lidar com grandes quantidades de dados. O chamado “Big Data”, muito em voga nos últimos anos, trata dessa classe de problemas. A evolução e popularização do chamado “Aprendizado de Máquina” (*Machine Learning*) tem permitido o processamento de tal informação a custos cada vez menores. No caso do nosso estudo, todos os registros feitos em aula foram armazenados em um servidor e, através de uma base de dados do tipo *SQL*, as informações extraídas por meio dos sistemas supracitados, em conjunto com dados e descrições qualitativas fornecidas pelos alunos e professores, podem ser disponibilizadas para consulta e recuperação via interface web.

Sistemas para análise estatística avançada e geração de conhecimento através do uso de inteligência computacional estão em franco desenvolvimento, e acreditamos que estes serão uma realidade também no contexto do ensino da música em um horizonte muito próximo.

### **3. A sala de estudos aumentada e um caso de uso real**

As abordagens propostas no projeto que abriga o estudo aqui apresentado nos levam à visão do que chamamos “A sala de estudos aumentada”. Nesse ambiente imaginado, estudantes e profissionais teriam acesso a uma série de ferramentas de análise de áudio, vídeo e captura de movimento, além de uma grande base de dados formada por performances de outros instrumentistas e grupos. A junção desses dois recursos permitirá a um músico dotado de tal instalação acesso à possibilidade de estudar minuciosamente sua execução de um

determinado excerto ou peça. Poderá facilmente compará-la a performances de outros colegas músicos, de grandes intérpretes do passado, ou mesmo identificar o que diferencia sua execução nos dias atuais daquela do recital de formatura de seu curso de licenciatura. Com o desenvolvimento dos métodos de reconhecimento de padrões e recursos avançados em aprendizagem de máquina, podemos supor que este hipotético intérprete do futuro, praticando em sua sala de estudos, poderia dizer em voz alta, sem sequer perceber, entre uma execução e outra da peça que vai tocar na semana seguinte, algo como “acho que hoje eu estou fazendo algo diferente... Não sei exatamente o que é, mas esse último take me lembrou algo...”, e para sua surpresa a sala responderia prontamente: “interessante você dizer isso! Esses seus últimos cinco compassos me lembraram muito um trecho da Sinfonia Concertante executada pelo Klöcker com a Orquestra de Câmara de Pforzheim. Assista esse vídeo aqui e me dirás se não foi de lá que saiu essa sua articulação...”

Apesar de o trecho acima ser fruto da fértil imaginação de um dos autores, é difícil acreditar que alguma área do conhecimento humano vai passar impune à próxima revolução tecnológica. Não acreditamos que será diferente com a prática musical. O estudo de caso a seguir é um exemplo ilustrativo de como podemos utilizar tais mudanças em nosso favor.

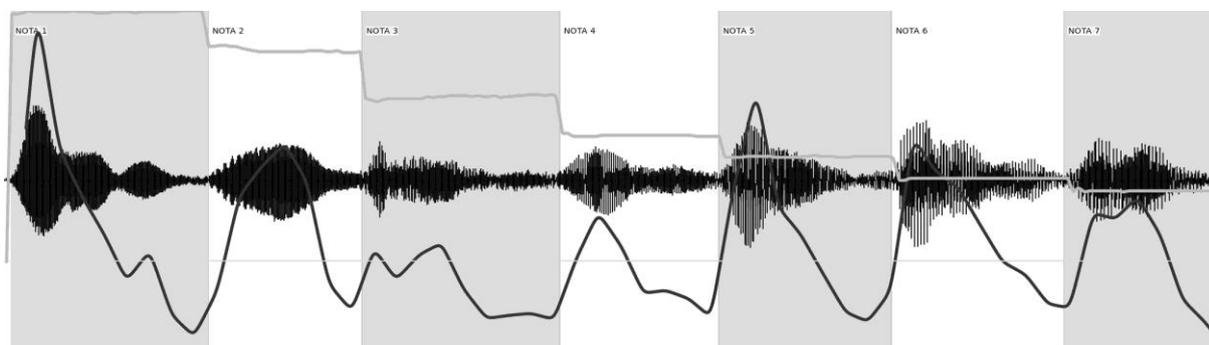
Esta seção ilustra algumas das situações observadas em sala de aula com as turmas de graduação que fizeram parte de nosso estudo através de um exemplo simples. A aula aqui descrita teve formato de seminário, com a presença de um grupo de renomados clarinetistas profissionais e um mestre convidado.



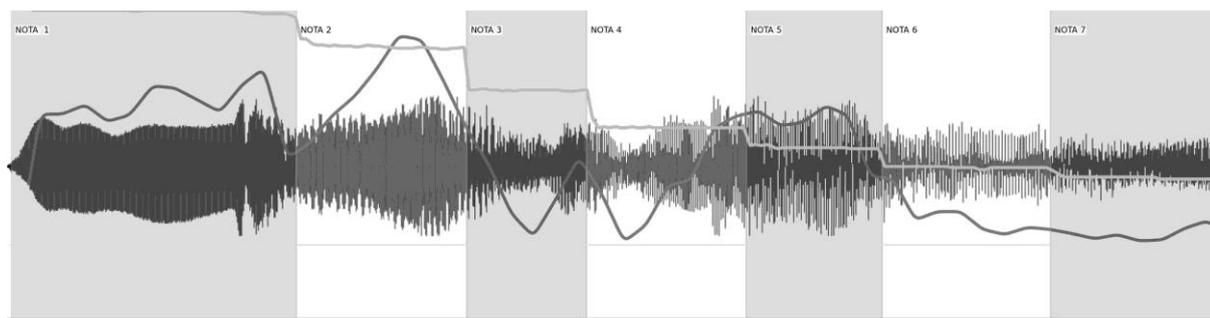
**Figura 1: Excerto da Sinfonia N° 6 em Dó Maior op. 68 - 2o Movimento – Andante molto moto de Ludwig Van Beethoven, executada pelos alunos e professores convidados em aula / seminário utilizando as ferramentas propostas neste projeto para análise da performance.**

Durante essa aula todos os músicos presentes tocaram o excerto apresentado na Figura 1, e nossa análise se concentrou em duas possíveis escolhas interpretativas ilustradas pelo professor convidado. As figuras 2 e 3 exibem análises realizadas a partir da gravação das duas interpretações, com informações extraídas do áudio apresentadas em tons de cinza diferentes. As regiões retangulares claras e escuras marcam a duração de cada nota, as curvas C2 e C3, mais escuras e densas, marca a evolução da intensidade sonora ao longo do tempo, as linhas L2 e L3, mais claras e em platôs descendentes, marcam o *pitch* do sinal registrado. As sete notas destacadas na Figura 1 correspondem às sete regiões retangulares das Figuras 2 e 3. A partir da largura dos retângulos podemos observar quais notas são mais alongadas ou mais encurtadas entre as duas interpretações. Comparando a curva C2 na Figura 2 com a curva C3 na Figura 3, percebemos que as notas da primeira execução são mais curtas e menos ligadas, pois há quedas abruptas de energia entre elas. Na segunda execução, a curva C3 se mantém mais estável e em um nível médio mais alto, demonstrando menos variação de energia entre uma nota e outra. Um indicador numérico dessa variação pode ser estimado pelo Índice de Legato, descrito em (LOUREIRO, 2008).

Como as situações e desafios pessoais de cada aluno em uma turma são muito diversos, escolhemos por ilustrar nossa experiência com um exemplo simples, porém que nos parece relevante e generalizável para outros contextos.



**Figura 2: Execução das sete primeiras notas do trecho realizando articulações curtas e breves.**



**Figura 3: Execução das sete primeiras notas do trecho realizando articulações curtas e breves.**

Demonstrar os potenciais de nossa abordagem de maneira completa foge do escopo deste artigo. Pretendemos nos próximos meses publicar um trabalho complementar a este, com descrições detalhadas dos principais casos de uso e resultados do trabalho obtidos até então.

### **Conclusões e trabalhos futuros**

Este artigo trata principalmente da motivação e metodologias utilizadas em um projeto de doutorado em andamento, parte integrante dos trabalhos do Centro de Estudos do Gesto Musical e Expressão na pesquisa em performance musical. A partir de uma visão de futuro da pedagogia do instrumento e de uma realidade mais musical e inclusiva, buscamos colaborar no desenvolvimento de soluções acessíveis e com potencial para intensificar o alcance e qualidade do ensino da música. Acreditamos no papel da tecnologia como nossa parceira em tal tarefa, desde que sempre tenhamos valores éticos e igualitários na sua implementação.

Nos próximos meses planejamos trabalhar na análise dos dados coletados ao longo desse período de dois semestres letivos e integrar os métodos e abordagens aqui descritas em outros trabalhos já realizados. O projeto final e seus insumos serão defendidos esse ano e esperamos que este seja apenas o começo.

### **Referências**

CAMPOLINA, Thiago; LOUREIRO, Maurício; MOTA, Davi. Expan: a tool for musical expressiveness analysis. In: *Proceedings of the 2nd International Conference of Students of Systematic Musicology*. Ghent: IPEM-Institute for Psychoacoustics and Electronic Music., p. 24-27, 2009.

CANNAM, Chris; LANDONE, Christian; SANDLER, Mark. *Sonic visualiser*: An open source application for viewing, analysing, and annotating music audio files. In: *Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia*. ACM, 2010, p. 1467-1468.

DAVIDSON, J., & KING, E. (). Strategies for ensemble practice. In A. Williamon (Ed.). *Musical Excellence: Strategies and techniques to enhance performance*. Oxford: Oxford University Press. 2004, p. 105-122.

GABRIELSSON, A. Music performance research at the millennium. *Psychology of Music*, 31(3), 221-272, 2003.

LOUREIRO, Mauricio; et al. Extração de conteúdo musical em sinais de áudio para a análise de expressividade. *Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*, v. 22, p. 146-152, 2007.

\_\_\_\_\_. Segmentação e extração de descritores de expressividade em sinais musicais monofônicos. *Seminário Música Ciência Tecnologia*, v. 1, n. 3, 2008.

The Audacity Team, 2018 - Disponível em: <http://www.audacityteam.org/about/> Acesso em: 20 jan 2018.

The Debian Project, 2018 - Disponível em: <https://www.debian.org/intro/about> Acesso em: 20 jan 2018.