

Desenvolvimento e Construção do Sistema de Abafamento de Crotales - SACRO2020

Fernando Chaib | Universidade Federal de Minas Gerais | Brasil

Charles Augusto | Universidade Federal de Ouro Preto | Brasil

Leandro César | Brasil

Tiago Alexandre Silva | Universidade Federal de Minas Gerais | Brasil

Resumo: Ao nos depararmos com o repertório percussivo que contempla obras com o instrumento crotales percebemos que, em muitos casos, as possibilidades de sua expressividade musical não são de todo exploradas. Um desses fatores se deve a falta de implementação do uso do pedal para gerar fraseados distintos com os crotales. Ao revisarmos mecanismos de abafamento desse instrumento foi observado que eles apenas atendem a marcas específicas, limitando a sua utilização. Acreditando tratar-se esse um fator determinante para que compositores e intérpretes não façam uso desse artifício, propomos aqui o desenvolvimento e construção de um protótipo abafador de crotales universal, capaz de atender a qualquer modelo no mercado. Além de revisão sobre obras musicais foram também visitados depósitos de patentes. O projeto contou com uma equipe multidisciplinar, utilizando softwares de design e prototipagem rápida, dando origem ao Sistema de Abafamento de Crotales por Pedal - SACRO-2020. Esperamos contribuir para a comunidade musical, proporcionando um sistema que possa ser utilizado por qualquer local/performer que possua crotales.

Palavras-chave: Inovação Tecnológica em Percussão, Sistema de abafamento, Crotales, Protótipo, SACRO2020.

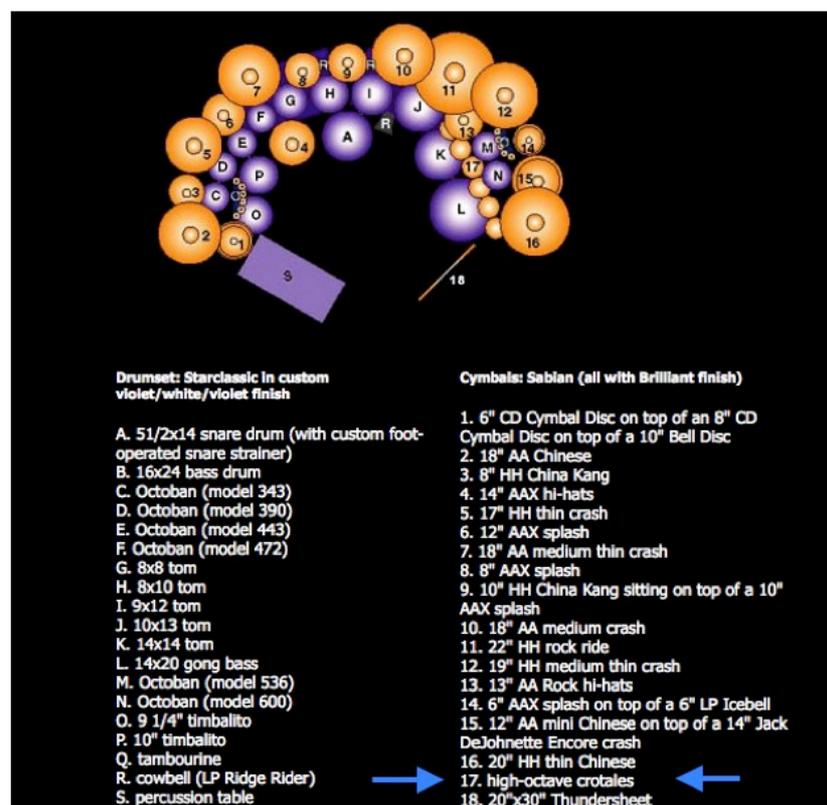
Abstract: When we come across the percussive repertoire that contemplates works with the crotales instrument we realize that, in many cases, the possibilities of its musical expressiveness are not explored at all. One of these factors is due to the lack of implementation of the use of the pedal to generate distinctive phrases with crotales. When we reviewed dampening mechanisms for crotales it was observed that they only meet specific marks, limiting their use. Believing that this is a determining factor for composers and performers not to use this artifice, we propose here the development and construction of a prototype of a universal crotale damper, able to fit any crotale on the market. Besides the review on musical works, patent deposits were also visited. The project had a multidisciplinary team, using design software and rapid prototyping, giving rise to the Dampening Crotales System by Pedal - SACRO-2020. We hope to contribute to the musical community, providing a system that can be used by any place/performer that has crotales.

Keywords: Percussion Technologic Innovation, Dampening System, Crotales, Prototype, SACRO2020.

O desenvolvimento e busca por melhorias em sistemas de abafamento em instrumentos de percussão são práticas que vem desde a primeira metade do séc. XX revolucionando essa família de instrumentos, causando considerável impacto no depósito de patentes bem como no mercado de instrumentos musicais. Sobre as pesquisas a esse respeito percebe-se as transformações sofridas em instrumentos de metal com destaque para o vibrafone e o glockenspiel.

Observamos na atualidade que a busca por elementos para ampliar as nuances expressivas em instrumentos continuam a todo vapor. Especificamente sobre sistemas de abafamento encontramos junto à figura de Pedro Carneiro¹ em parceria com a Magestic Percussion², um autêntico sistema "pedal abafador de marimba" (Público, 2013).³

FIGURA 1 – Imagem referente ao instrumental do baterista Mike Portnoy⁴. Setas azuis destacando os *crotales*



FONTE: <http://www.mikeportnoy.com/drums/purple/>

¹ Percussionista português de renome internacional. Professor na Escola Superior de Música de Lisboa (Portugal).

² Tradicional fábrica holandesa de instrumentos de percussão.

³ Disponível em: <<https://www.publico.pt/2013/09/25/culturaipilon/noticia/pedro-carneiro-estreiase-em-los-angeles-dirigido-pelo-maestro-gustavo-dudamel-1607077>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

⁴ Instrumental do baterista Mike Portnoy: disponível em <<http://www.mikeportnoy.com/drums/purple/>>. Acesso em: 02 abr. 2018.

Outros instrumentos, de utilização mais restrita, também entram nesse rol como o caso dos sinos tubulares e *crotales*. Sobre este último observamos cada vez mais uma utilização em formações instrumentais e gêneros musicais diversos. Além do seu uso em obras dedicadas à música de concerto (por compositores como Philippe Hurel⁵, Toru Takemitsu⁶ e Willy de Oliveira⁷, por exemplo), percebemos que artistas da assim chamada música *pop* também o vem utilizando em suas composições/performances. Mike Portnoy, baterista da banda de metal progressivo *Dream Theater* (EUA), usa os *crotales* como parte do seu instrumental. Neil Peart, baterista que integra a banda de rock *Rush* (Canadá) também coloca o instrumento em meio à sua bateria. O músico inglês Mike Oldfield utiliza os *crotales* no seu álbum *Tubular Bells II*, ao lado de uma guitarra elétrica e um sintetizador.

A relevância dos *crotales* no repertório percussivo evidencia-se em diversas composições, para além das obras já citadas. Sobre essa questão surge um questionamento interessante do ponto de vista performativo. Quando observamos as obras nas quais os *crotales* estão inseridos, apesar de considerável ressonância advinda da sua sonoridade característica, percebemos que os compositores não exploram essas capacidades sonoras desse instrumento. Diferentemente dos meios expressivos e de construção de frase obtidos no vibrafone através da utilização no pedal, as ressonâncias nos *crotales* são em sua grande maioria ignoradas e, não poucas vezes, causam 'desconforto' ou refletem um emaranhado de parciais harmônicos agudos que podem gerar dificuldade no entendimento da passagem musical tocada. Na senda dessa observação entendemos que um sistema de abafamento capaz de controlar as ressonâncias dos *crotales* durante a performance do percussionista pode funcionar como um potencial mecanismo de ampliação e diversificação dos resultados musicais em obras específicas do repertório.

Entendemos existir no mercado sistemas de abafamento de *crotales* a pedal. No entanto, como será demonstrado no decorrer deste trabalho, esses modelos restringem-se a marcas específicas⁸ além de apresentarem limitações performativas na utilização dos discos de metal.

⁵ Tombeau (1999), para piano e percussão.

⁶ Rain Tree (1981), para trio de percussão.

⁷ Materiales (1980), para grupo de percussão e soprano.

⁸ Por exemplo, o sistema Paiste apenas permite sua utilização em *crotales Paiste*. Qualquer instituição (orquestra ou escola de música) ou performer que não possua o instrumento desta marca, não poderá utilizar o mecanismo de abafamento Paiste.

Diante disso, este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de abafamento universal que permitirá ao percussionista a utilização de *crotales* de diferentes marcas e dimensões, além da possibilidade de disposição dos discos de metal sobre o sistema em posições aleatórias (que não seguem o padrão Dó 6- Dó 7 da oitava) e até mesmo preparar, numa mesma montagem, *crotales* a serem abafados e ressoados ao mesmo tempo. Esperamos assim, assegurar que qualquer percussionista possa usufruir de um sistema de abafamento de *crotales* sem restrição de marca ou modelo, além de buscar ampliar as saídas performativas e possibilidades de composição para esse instrumento.

2. Observações e exemplos no repertório

Apresentaremos aqui trechos de obras com relevância no repertório que ajudarão a perceber a problemática levantada sobre a necessidade de se expandir os potenciais expressivos dos *crotales*.

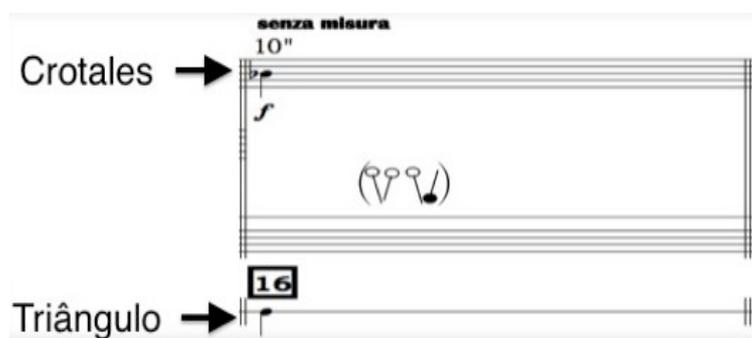
A emblemática obra para piano, percussão e eletrônica *Kontakte* (1959/1960) de Karlheinz Stockhausen, é um bom exemplo. No trecho em destaque azul (FIGURA 2), percebemos que as primeiras notas dos *crotales* (Dó-Fá#) aparecem com a articulação *staccato*. Isso será dizer que necessariamente essas notas devem soar curtas e 'secas'. Tendo em vista o seguimento do trecho e o intervalo de 4ª aumentada em toque paralelo, parece-nos crível a necessidade de um pedal capaz de manter os discos abafados durante a sua execução, com vias a facilitar a performance do percussionista na sequência do trecho.

FIGURA 2 – *Kontakte* (Stockhausen, 1959/60, p.3).

The image shows a musical score for two percussion instruments: Almglocken and Crotales. The Almglocken part is on a single-line staff with a triangle symbol. The Crotales part is on a five-line staff with a circle symbol. The Crotales part is highlighted with a blue box around the first two notes, which are marked with a forte 'f' dynamic. The score includes various dynamics like 'pp' and 'p', and markings for 'Lippe' and 'rit'.

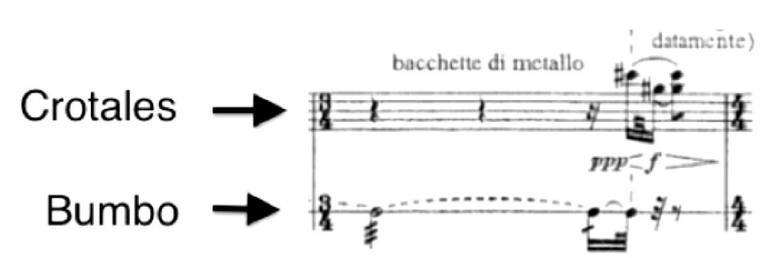
Em *Wooden Star para percussão e sons eletrônicos* (2007) de Geof Holbrook, observamos uma proximidade à mesma situação ocorrente em *Kontakte*. Acreditamos que, dispondo de um sistema de abafamento para os discos, a execução poderá ser realizada de maneira mais fiel à proposta do compositor. Nesse caso a duração do som do *crotales* deve ser de dez segundos (FIGURA 3). O sistema de abafamento permitirá o controle exato de duração do tempo de ressonância, na medida em que o percussionista já se prepara para o próximo trecho da obra.

FIGURA 3 – Referente à obra *Wooden Star* (Holbrook, 2007, p.5).



Percebemos também uma abertura e possibilidade de se abafar o som do *crotales* na obra *Archeologia del Telefono* (2005) de Salvatore Sciarrino (FIGURA 4). Com grande potencial de intensidade e ressonância sonoras e, sabendo-se tratar-se de um instrumento extremamente sensível ao toque, a execução dos *crotales* nesse trecho torna-se razoavelmente complexa (uma vez que o percussionista deve executar um *rulo* no bumbo e, imediatamente depois, um motivo nos *crotales*). Com o sistema abafador o músico poderá controlar a ressonância dos discos, desprendendo-se assim da necessidade de largar rapidamente as baquetas do bumbo para abafá-los (o que poderia gerar 'ruídos' ou 'sujeiras' indesejáveis à performance).

FIGURA 4 – Referente à obra *Archeologia del telefono* (Sciarrino, 2005, p.3).



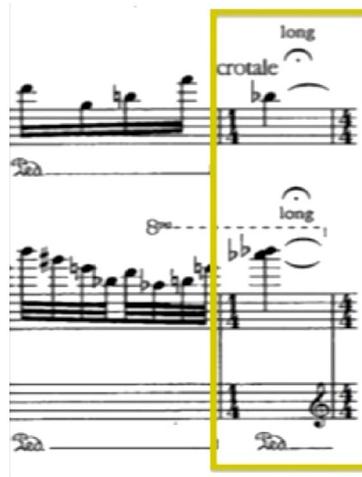
Na FIGURA 5 notamos, na linha dos *crotales*, um *crescendo/decrescendo* em curtíssimo espaço de tempo. O trecho torna-se de difícil execução ao exigir-se a execução concomitante de um *rulo* no bombo. Estando uma das mãos ocupadas para o toque no bombo, parece-nos evidente que a utilização de um pedal auxiliará na performance dos *crotales*, a fim de permitir alcançar mais precisamente os meios expressivos indicados na partitura.

FIGURA 5 – Referente à obra *Archeologia del telefono* (Sciarrino 2005, p.10)

The image shows a musical score for two instruments: Crotales and Bombo. The Crotales part is on a single staff with a treble clef and a 4/4 time signature. It features a series of notes with dynamic markings of *mf* and *f*, and a *smorz.* (ritardando) instruction. The Bombo part is on a single staff with a bass clef and a 4/4 time signature. It features a series of notes with dynamic markings of *FP>* and *pizz. p. pizz.* (pizzicato). Vertical dashed lines indicate the alignment of notes between the two instruments.

Na obra *Tombeau* (1999) de Philippe Hurel, os *crotales* aparecem com destaque nos finais de frase notados em dinâmica *forte* (produzindo um tempo de ressonância mais prolongado). Diversas opções de performance poderiam surgir para esses trechos caso um pedal de abafamento de *crotales* fosse utilizado. Por exemplo, a parte de piano indica uma *fermata* longa, a exemplo da parte dos *crotales* (FIGURA 6). Pode-se sugerir que as ressonâncias dos dois instrumentos devam se alinhar no espaço de tempo, cessando conjuntamente. Assim o percussionista teria a possibilidade de se preparar o próximo evento da obra, sem precisar abafar os *crotales* com as mãos evitando, também, a fragmentação de aspectos visuais/gestuais da performance. Neste aspecto, como aponta Chaib, “os gestos corporais influenciam diretamente em sensações como a de continuidade em uma performance percussiva” (CHAIB, 2015, p.60).

FIGURA 6 – Referente à obra *Tombeau* (Hurel, 1999, p.6). 1ª linha: percussão. 2ª e 3ª linhas: piano.



Em *Reflections* (2012), de Thomas Teasley, o compositor utiliza um instrumento de percussão eletrônico que simula o som de diversos instrumentos musicais, junto de uma escaleta e duas oitavas de *crotales*. A música se inicia com os *crotales* sendo tocados com um arco de instrumentos de cordas, logo em seguida são utilizadas baquetas para percutir os discos de metal, no entanto o performer necessariamente precisa dispensar uma das baquetas para abafar os discos (FIGURA 7). Em se tratando de uma improvisação, podemos perceber o quanto seria relevante a utilização de um mecanismo de abafamento. Acreditamos que se o instrumentista não precisasse abafar os discos com as mãos, mas sim por meio de um sistema de pedal, a execução seria facilitada e as possibilidades de improvisação seriam ainda mais ampliadas.

FIGURA 7 – Referente à performance da obra *Reflections* (2012), de Thomas Teasley. Detalhe da mão esquerda abafando o *crotale* e a baqueta sendo segura debaixo do braço.



Através das observações aqui descritas entendemos como relevante e necessário o sistema de abafamento para os discos de metal, visto que o potencial performativo sobre o instrumento (e sobre a obra) poderá ser ampliado, permitindo ao percussionista encontrar melhores maneiras de realizar suas performances mediante o texto musical proposto.

3. Revisão de mecanismos - Patentes, produtos e estado da técnica de construção

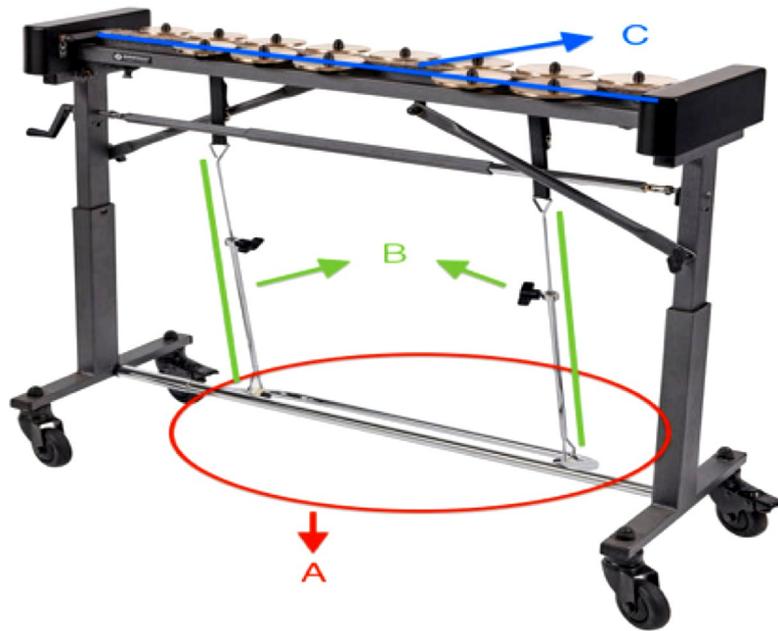
Baseando-nos na extensa revisão sobre as patentes⁹ podemos afirmar que não existem patentes sobre este tipo de produto específico. No entanto existem marcas de instrumentos musicais que desenvolveram mecanismos a pedal para abafamentos de *crotales* e registraram a marca. Aqui ilustramos os três encontrados no mercado.

I) Sistema Bergerault (França)

Oitavas dispostas em suporte fixo equipado com o sistema abafador a pedal (FIGURA 8). Observamos que o mecanismo funciona tal como o do vibrafone, tendo hastes de metal como intermediador entre o pedal e a barra de abafamento. Quando o pedal é acionado (A), as hastes de metal (B) se retraem para baixo, desencostando a barra de abafamento (C) dos discos de metal. Os discos das escalas diatônica e pentatônica estão acomodados no mesmo nível (como um teclado de vibrafone) acomodados com sua ‘cúpula’ voltada para baixo (FIGURA 9).

⁹ Através das informações colhidas nas bases INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), USPTO (United States Patent and Trademark Office), USPTO (Patent Full – text and image database), FPO (Free patents online), Espace Net (Patent search) e LENS.

FIGURA 8 – Referente aos *crotales* da marca Bergerault¹⁰ Onde A: pedal, B: hastes de acionamento da barra de abafamento e C: eixo onde se encontra a barra de abafamento.



FONTE: https://www.thomann.de/gr/bergerault_be_cap1_crotales_a442hz.htm

FIGURA 9 – Vista de cima da posição dos *crotales* no sistema Bergerault de abafamento.



FONTE: https://www.thomann.de/gr/bergerault_be_cap1_crotales_a442hz.htm

¹⁰ Disponível em: <https://www.thomann.de/pt/bergerault_be_cap1_crotales.htm>. Acesso em: 06 nov. 2017.

II) Sistema Kolberg (Alemanha)

Possui um sistema de abafamento exclusivo para os seus discos de metal: “Suporte móvel, regulável em altura com abafador a pedal para crotales Kolberg” (KOLBERG, 2017. Tradução nossa; grifo nosso). O funcionamento do seu mecanismo é similar ao do sistema Bergerault, apesar de a ligação entre pedal e barra de abafamento ser feita, neste primeiro modelo a partir de correias em couro. De fato, a Kolberg melhorou o seu sistema que antes se mostrava pouco funcional para a performance percussiva. O primeiro modelo trazia os *crotales* com a sua cúpula voltada para cima (FIGURA 10). Desta forma a cúpula passa a agir como uma ‘barreira’ para o percussionista, uma vez que dificulta a passagem das baquetas entre os discos.

FIGURA 10 – Duas oitavas de *crotales* Kolberg em seu sistema de abafamento. Cúpulas voltadas para cima.



FONTE: <https://www.kolberg.com/en/Products/Instruments/Crotales/>

Percebendo isso, a Kolberg desenvolveu um novo sistema permitindo a acomodação e abafamento dos discos de metal com sua cúpula voltada para baixo (FIGURA 11). Além disso, abdicou das correias em couro e optou também por hastes de metal para interligar pedal e barra de abafamento. Os dois modelos Kolberg demonstrados seguem sem desnível dos discos entre as escalas diatônica e pentatônica.

FIGURA 11 – Referente ao sistema de abafamento de *crotales* mais atual da marca Kolberg.



FONTE: <https://www.kolberg.com/en/Products/Instruments/Crotales/>

III) Sistema PAISTE (Suíça)

O sistema de abafamento para *crotales* da Paiste é exclusivo para os seus instrumentos: “Para facilitar uma execução cromática, desenvolvemos um sistema de abafamento para todos os nossos crotales” (PAISTE, 2018. Grifo nosso). Diferentemente das outras marcas aqui ilustradas e que se utilizam de um sistema parecido ao do vibrafone, a Paiste segue a ideia de Dorfman e *Lefima*, utilizando um pedal que aciona um cabo de aço flexível, movendo as barras de abafamento. Essa ideia permitiu um *design* mais simples (FIGURA 12) para o suporte dos instrumentos estante, sendo mais funcional para montagens de percussão múltipla. No caso do sistema Paiste, as escalas diatônica e pentatônica possuem desnível uma em relação uma à outra (como os teclados da marimba ou xilofone) e acomodam as duas oitavas de uma vez.

FIGURA 12 – Duas oitavas de *crotales* Paiste com sistema exclusivo de abafamento.



Fonte: <https://southernpercussion.com/product/paiste-crotales-2-12-octaves-c6-f8/>

Os mecanismos aqui relatados são fabricados exclusivamente para atenderem aos *crotales* de suas próprias marcas. Ou seja, se um percussionista possui uma oitava da marca Paiste, não poderá utilizar o sistema Kolberg. Se tiver um *crotales* da marca Zildjian, não poderá utilizar o sistema Paiste, e assim por diante.

3.1. Depósito de patentes e semelhanças com outros sistemas

Através das informações colhidas nas bases INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), USPTO (United States Patent and Trademark Office)¹¹, USPTO (Patent Full – text and image database)¹², FPO (Free patents online)¹³, Espacenet (Patent search) e LENS¹⁴ não foi possível identificar pedidos de patente sobre mecanismos de abafamento de *crotales*. É provável que

¹¹ Disponível em <<http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>>. Acesso em: 05/03/2017.

¹² Disponível em <https://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP>. Acesso em: 05/03/2017.

¹³ Disponível em <<http://www.freepatentsonline.com/>>. Acesso em: 05/03/2017.

¹⁴ Disponível em <<https://www.lens.org/>>. Acesso em: 05/03/2017.

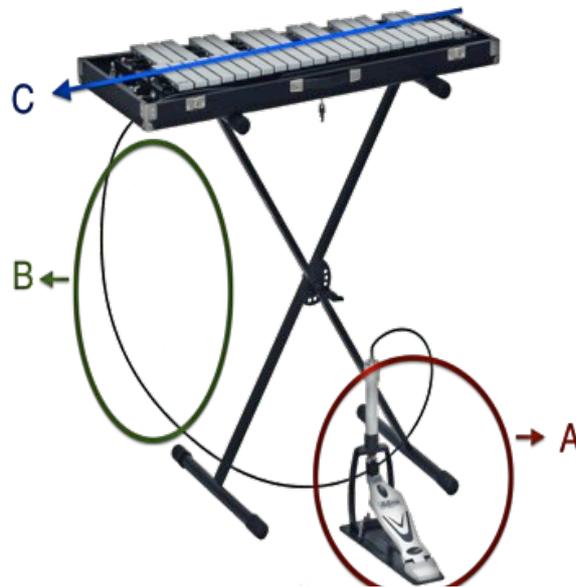
FIGURA 14 – Glockenspiel Adams com sistema de abafamento a pedal.



Fonte: <http://adamsbrasil.com.br/produto/glockenspiel-artist/>

A Figura 15 remete ao modelo de um *glockenspiel* da marca alemã Lefima. Neste caso o pedal exerce força sobre o cabo de aço que aciona a barra de abafamento horizontal encostando-a nas teclas. Quando o pedal está em estado de repouso, a barra permanece desencostada das teclas. A diferença neste instrumento é que o pedal é móvel e o cabo de aço é flexível, o que permite ao percussionista maior liberdade para posicionar pedal de acordo com a sua necessidade.

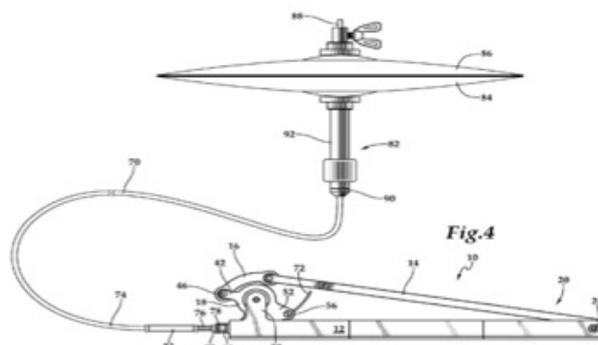
FIGURA 15 – Referente ao instrumento glockenspiel da marca alemã *Lefima*¹⁶. Onde o pedal (A), puxa o cabo de aço (B), que aciona a barra de abafamento horizontal (C)



FONTE: <https://www.pngwing.com/en/free-png-pyfxv>

Sobre esse tipo de sistema encontramos a patente da máquina de chimbau (FIGURA 16) desenvolvida por Michael Dorfman¹¹ onde este utiliza o mesmo mecanismo de acionamento que o *glockenspiel* da marca e do sistema de abafamento de crotales PAISTE.

FIGURA 16 – Referente a patente da máquina de chimbau desenvolvida por Michael Dorfman¹⁷.



FONTE: www.lens.org/lens/patent/168-713-584-536-880

¹⁶ Disponível em <https://www.lefima.de/en/index.php?option=com_djcatalog2&view=addon&id=522>. Acesso em 06 nov. 2018.

¹⁷ Patente de HIT HAT PEDAL AND ASSEMBLY desenvolvida por Michael Dorfman, Prairie View, IL (US); George Szwaya, East Troy, WI(US). Disponível em <<https://www.lens.org/lens/patent/168-713-584-536-880>>. Acesso em 06 nov. 2018.

4. Desenvolvimento e construção do SACRO2020

Em geral, oitavas de *crotales* são adquiridas separadamente do mecanismo de abafamento. Ou seja, o mecanismo é um acessório a mais na utilização deste instrumento, não sendo condição *sene qua non* para sua performance (razão pela qual muitos percussionistas e instituições não possuem o sistema de abafamento). Ainda, existem marcas de *crotales* que não dispõem desse incremento, impossibilitando seu uso em sistemas desta natureza. Nossa intenção é desenvolver um sistema **universal** capaz de permitir ao percussionista utilizar os *crotales* que tiver em mãos, independentemente de marca e fabricante.

Assim, atentos à diversidade instrumental que atende as instituições de ensino de música e de produção musical (além de profissionais e estudantes de percussão), buscamos desenvolver um protótipo que permite a utilização de jogos de oitavas de *crotales* diversos, oriundos de marcas e/ou modelos variados, universalizando o mecanismo de abafamento deste instrumento.

A equipe formada para esta pesquisa contou com Fernando Chaib (Escola de Música da UFMG), Charles Augusto (Música/UFOP), Leandro César (Luthier) e Tiago Silva (Faculdade de Design da UFMG), dando um caráter multidisciplinar ao desenvolvimento do protótipo, uma vez que:

Os métodos sistemáticos de projeto exigem uma abordagem interdisciplinar, abrangendo métodos de marketing, engenharia de métodos e a aplicação de conhecimentos sobre estética e estilo. Esse casamento entre ciências sociais, tecnologia e arte aplicada nunca é uma tarefa fácil, mas a necessidade de inovação exige que ela seja tentada (BAXTER, 211, p. 3).

Foram utilizados os softwares licenciados *SketchUp 2017*, *Autodesk Fusion 360i*, *Adobe Illustrator 2019* e *Adobe Photoshop 2019*. Além disso empregou-se a *PR* (Prototipagem rápida), tratando-se de um grupo de técnicas/tecnologias para fabricação rápida de modelos em escala (BAU, 2015, p.18).

4.1. Primeira proposta: Discos Móveis

Buscando universalizar o sistema de abafamento de *crotales*, coletamos as medidas de duas oitavas de pelo menos quatro marcas distintas oriundas de regiões geográficas diversas: Sabian (Canadá), Zildjian (Estados Unidos), UFIP (Itália) e Colaneri¹⁸ (Brasil) - ver TABELAS 1, 2, 3 e 4 - com vias a perceber as reais diferenças de medições entre os discos.

Através das ligeiras diferenças encontradas nas proporções dos discos de pelo menos quatro marcas existentes no mercado, concluímos que as oitavas de *crotales* de origens distintas não caberiam dispostas numa mesma estrutura fixa e imóvel de abafamento, já que a diferença de medida dos discos entre uma marca e outra não permitiria a acomodação dos mesmos sobre a mesma estrutura. Chegamos ao entendimento que a solução para permitir o uso de uma mesma oitava com medidas distintas seria a possibilidade de os fixadores dos discos moverem-se de forma independente em sentido horizontal (para os lados) sobre a estrutura, permitindo um ‘ajuste’ fino dos mesmos em razão das suas dimensões.

¹⁸ As medidas dos *crotales* Colaneri foram passadas pelo próprio fabricante através de dados enviados pelo seu email institucional. De acordo com Djalma Colaneri, ele baseou suas medidas em *crotales* da marca Zildjian (COLANERI, 2018 - entrevista ao autor).

TABELA 1 – Medidas em milímetros das dimensões de duas oitavas dos *crotales* Sabian (Canadá).

CROTALES SABIAN (CANADÁ)					
Nota	Diâmetro	Espessura	Furo	Diâmetro da Base	Altura da Base
C6	130,20	4,6	7,7mm	25,4mm	7,7mm
C#6	127,05	4,55	7,7mm	25,4mm	7,7mm
D6	124,75	4,75	7,7mm	25,4mm	7,7mm
D#6	122,00	4,75	7,7mm	25,4mm	7,7mm
E6	119,70	4,85	7,7mm	25,4mm	7,7mm
F6	114,30	4,75	7,7mm	25,4mm	7,7mm
F#6	114,20	5	7,7mm	25,4mm	7,7mm
G6	110,90	5,1	7,7mm	25,4mm	7,7mm
G#6	106,15	4,9	7,7mm	25,4mm	7,7mm
A6	104,60	4,95	7,7mm	25,4mm	7,7mm
A#6	101,40	5	7,7mm	25,4mm	7,7mm
B6	101,45	5,3	7,7mm	25,4mm	7,7mm
C7	101,40	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
C#7	98,40	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
D7	95,20	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
D#7	93,70	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
E7	91,80	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
F7	89,00	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
F#7	87,40	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
G7	85,60	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
G#7	82,50	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
A7	79,20	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
A#7	77,80	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
B7	77,00	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm
C8	74,90	5,5	7,5mm	25,4mm	7,65mm

TABELA 2 – Medidas em milímetros e polegadas das dimensões de duas oitavas dos *crotales* Zildjian (EUA)

CROTALES ZILDJIAN (EUA)					
Nota	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)	Furo	Diâmetro da Base	Altura da Base
C6	132,00	5	1/4"	1 1/8"	1/2"
C#6	129,50	5,1	1/4"	1 1/8"	1/2"
D6	127,40	5,1	1/4"	1 1/8"	1/2"
D#6	124,25	5,1	1/4"	1 1/8"	1/2"
E6	120,20	5	29,5	1 1/8"	1/2"
F6	117,30	5	29,5	1 1/8"	1/2"
F#6	113,80	5	29,5	1 1/8"	1/2"
G6	111,10	5	29,5	1 1/8"	1/2"
G#6	108,80	4,9	29,5	1 1/8"	1/2"
A6	106,90	5	29,5	1 1/8"	1/2"
A#6	105,00	5	29,5	1 1/8"	1/2"
B6	103,60	5,25	29,5	1 1/8"	1/2"
C7	101,70	5,3	29,5	1 1/8"	1/2"
C#7	98,35	5	1 1/8"	1 1/8"	1/2"
D7	98,20	5,55	1 1/8"	1 1/8"	1/2"
D#7	95,10	5,7	1 1/8"	1 1/8"	1/2"
E7	92,80	5,25	1 1/8"	1 1/8"	1/2"
F7	90,70	5,3	1 1/8"	1 1/8"	1/2"
F#7	88,60	5,8	25,4	1 1/8"	1/2"
G7	85,70	5,7	25,4	1 1/8"	1/2"
G#7	84,15	5,8	25,4	1 1/8"	1/2"
A7	81,50	5,9	25,4	1 1/8"	1/2"
A#7	80,10	5,8	25,4	1 1/8"	1/2"
B7	77,90	5,75	25,4	1 1/8"	1/2"
C8	73,95	5,3	25,4	1 1/8"	1/2"

TABELA 3 – Medidas em milímetros das dimensões de duas oitavas dos *crotales* UFIP (Itália)

CROTALES UFIP (ITÁLIA)					
Nota	Diâmetro	Espessura	Furo	Diâmetro Base	Altura Base
C6	131,10	4,9	9,1	21,15	18,25
C#6	129,00	5,1	9,1	21,15	18,25
D6	126,00	5,1	9,1	21,15	18,25
D#6	122,50	5,1	9,1	21,15	18,25
E6	119,70	5,1	9,1	21,15	18,25
F6	117,80	5,25	9,1	21,15	18,25
F#6	116,00	5,4	9,1	21,15	18,25
G6	114,10	5,6	9,1	21,15	18,25
G#6	112,10	5,7	9,1	21,15	18,25
A6	109,95	5,8	9,1	21,15	18,25
A#6	108,15	6	9,1	21,15	18,25
B6	106,15	6,1	9,1	21,15	18,25
C7	102,15	5,9	9,1	21,15	18,25
C#7	98,05	5,85	9,1	21,15	18,25
D7	96,00	5,95	9,1	21,15	18,25
D#7	94,00	6	9,1	21,15	18,25
E7	92,00	6,1	9,1	21,15	18,25
F7	90,00	6,2	9,1	21,15	18,25
F#7	88,00	6,25	9,1	21,15	18,25
G7	86,00	6,3	9,1	21,15	18,25
G#7	84,00	6,4	9,1	21,15	18,25
A7	82,00	6,5	9,1	21,15	18,25
A#7	80,00	6,5	9,1	21,15	18,25
B7	78,00	6,6	9,1	21,15	18,25
C8	76,00	6,6	9,1	21,15	18,25

TABELA 4 – Medidas em milímetros e polegadas das dimensões de duas oitavas dos *crotales* Colaneri (Brasil)

CROTALES COLANERI (BRASIL)					
Nota	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)	Furo	Diâmetro Base (mm)	Altura Base (mm)
C6	133,5	5	1/4"	29	13
C#6	129,5	5	1/4"	29	13
D6	127	5	1/4"	29	13
D#6	124	5	1/4"	29	13
E6	120,5	5	1/4"	29	13
F6	117	5	1/4"	29	13
F#6	114,5	5	1/4"	29	13
G6	110	5	1/4"	29	13
G#6	108	5	1/4"	29	13
A6	106	5	1/4"	29	13
A#6	104,5	5	1/4"	29	13
B6	103	5	1/4"	29	13
C7	101,5	5	1/4"	29	13
C#7	98	5	1/4"	29	13
D7	97	5	1/4"	29	13
D#7	95	5	1/4"	29	13
E7	92,5	5	1/4"	29	13
F7	90,5	5	1/4"	29	13
F#7	89,5	6,25	1/4"	29	13
G7	86	6,3	1/4"	29	13
G#7	84	6,4	1/4"	29	13
A7	82,5	6,5	1/4"	29	13
A#7	81	6,5	1/4"	29	13
B7	80	6,6	1/4"	29	13
C8	77	6,6	1/4"	29	13

Feitas as comparações entre as medidas dos discos, pensamos que seria preponderante para a universalização do sistema o desenvolvimento de eixos independentes e móveis (FIGURA 17) para acomodação individual dos discos de metal. Esses eixos são afixados num trilho por uma rosca-

borboleta. A rosca permite o afrouxamento dos eixos para que os mesmos possam mover-se sobre o trilho, permitindo um ajuste fino da posição do *crotales* (FIGURAS 18 e 19).

FIGURA 17 – Eixo móvel de apoio do *crotales*.



FIGURA 18 – Visualização de uma oitava de *crotales* com suas medições (em mm) esféricas sobre o trilho. As medições contemplam, pelo menos, as marcas Zildjian, UFIP, Sabian e Colaneri.

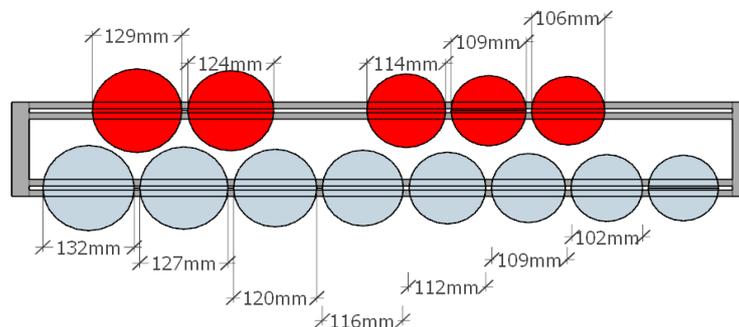
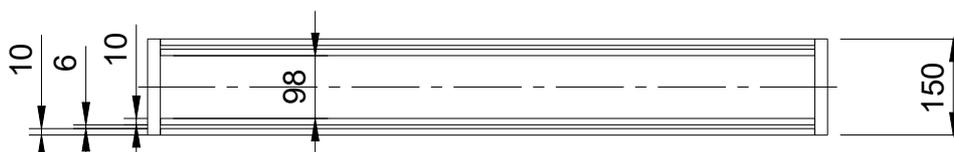


FIGURA 19 – Medidas (em mm) da relação entre a escala diatônica e pentatônica e perfil dos trilhos com detalhe para suas fendas.



Para além de permitir um ajuste fino dos discos de forma individual, esse sistema também possibilitará a disposição dos discos distinta da sua posição original na oitava. Será dizer que o performer poderá colocar as notas dos *crotales* de forma aleatória ou na ordem que lhe convier, sem necessariamente obedecer ao sistema cromático da escala. O trilho também terá nivelamento de altura em relação ao solo.

4.2. Segunda proposta: Sistema de abafamento por abafadores independentes e bandeja abafadora

Sobre a ideia dos discos móveis, pensamos também que os abafadores deveriam seguir esse caminho. Desta forma rompemos com a ideia de uma barra fixa de feltro, utilizada por todos os outros mecanismos aqui investigados. Os abafadores móveis permitirão que os discos sejam acomodados e abafados em posições tradicionais (oitavas com 13 notas) ou aleatórias. Trata-se de uma proposta inovadora e ambiciosa, que permitirá inclusive novas ideias de composição sobre o instrumento, possibilitando numa mesma oitava ou conjunto de discos a combinação de notas com abafamento e sem abafamento.

Os abafadores móveis (FIGURA 20) possuem um lado de feltro e outro em metal e são fixados por meio de uma manta magnética numa bandeja abafadora (FIGURA 21) posicionada acima dos trilhos. Trata-se de discos vazados para que os eixos de sustentação dos *crotales* possam trespassá-los.

FIGURA 20 – Modelo de abafadores. Lado vermelho: feltro. Lado cinza: metal.



Destacamos que cada abafador acompanha a dimensão em relação ao *crotales* para o qual está designado abafar. Será dizer que um abafador para o *crotales* C6 terá uma dimensão maior que um abafador para o *crotales* G#6. Os *crotales* estarão acomodados nos eixos, que estão presos aos trilhos e trespassam a bandeja abafadora (Figura 21) e os abafadores.

FIGURA 21 – Bandeja abafadora fabricada em aço inox.



A bandeja abafadora possui uma manta magnética e, posicionada acima do trilho, movimentar-se para cima e para baixo, de acordo com o acionamento do pedal, fazendo os discos abafadores encostarem e desencostarem dos *crotales* (Figura 22, 23 e 24).

FIGURA 22 – Imagem explodida do *sketch* do sistema de abafamento onde: (1) Bandeja abafadora; (2) Trilho; (3) discos abafadores; (4) manta magnética; (5) eixos; (18) *Crotales*;

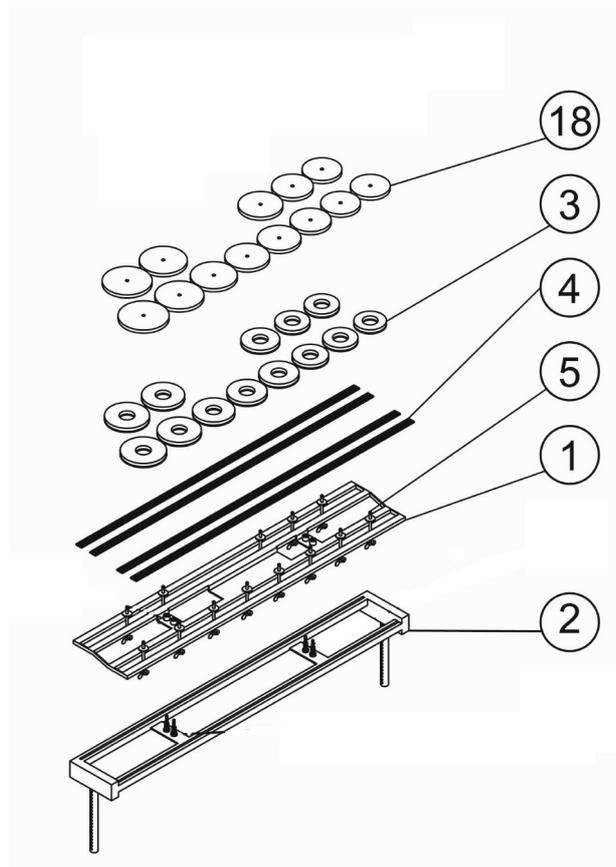


FIGURA 23 – Vista lateral do sistema de abafamento montado com os *crotales*.

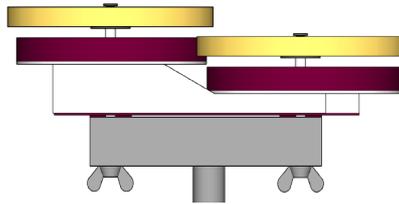
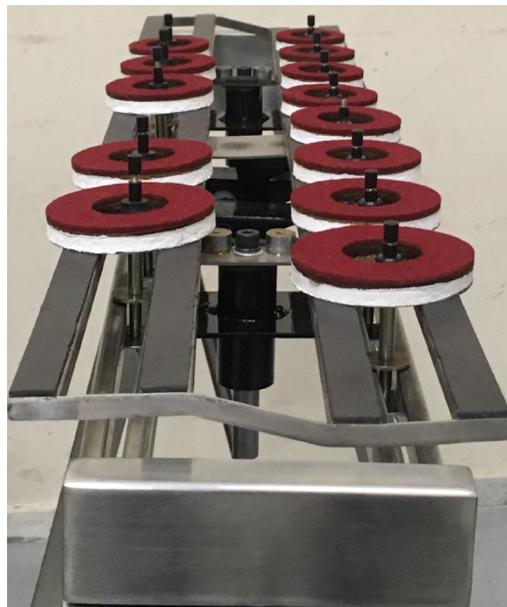


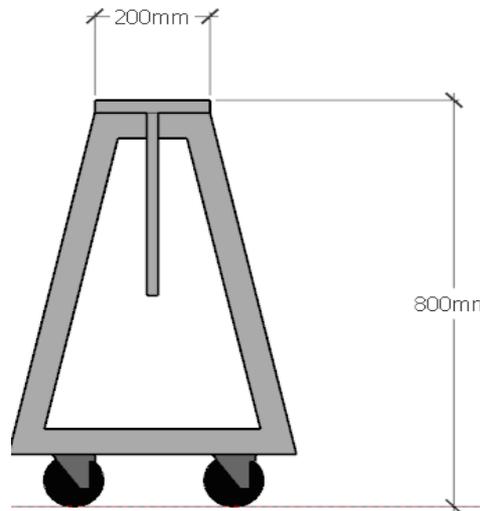
FIGURA 24 – Montagem dos discos abafadores sobre a bandeja abafadora com a manta magnética. Detalhe dos eixos móveis, fixos no trilho, trespassando a bandeja abafadora e os discos abafadores.



4.3. Terceira Proposta: Estrutura e sistema de pedal

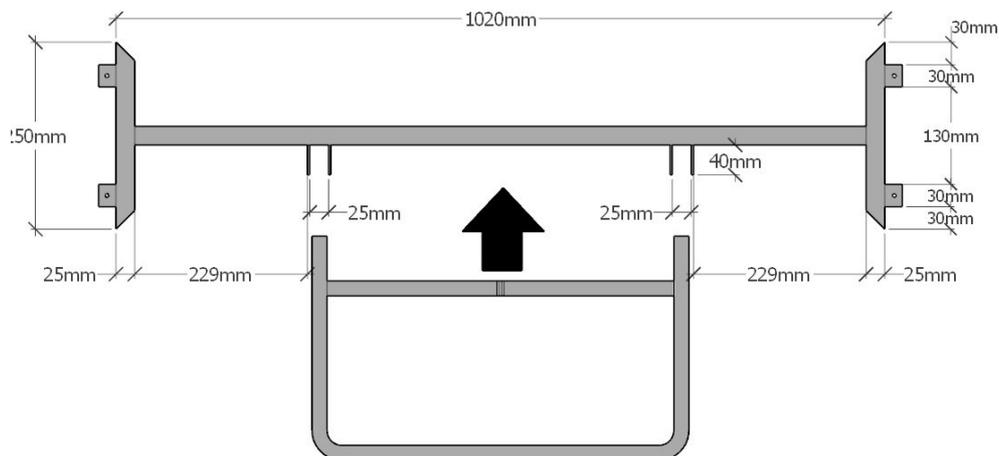
Sobre a estrutura foram levados em consideração alguns fatores: praticidade na montagem/desmontagem e resistência. O primeiro diz respeito à acomodação da estrutura em montagens de percussão múltipla e transporte. O segundo fator leva em conta este mecanismo poder ser utilizado em ambientes completamente distintos (salas de concerto, instituições de ensino, uso particular etc.). Assim, pensamos numa estrutura que garantirá resistência e ao mesmo tempo permitirá sua utilização em distintas situações de performance. Foram pensadas laterais em trapézio feitos em aço inox com sistema de nivelamento de altura do trilho, além de rodízios (com freios) nas bases para sua locomoção (FIGURA 25).

FIGURA 25 – Detalhe da lateral da estrutura do mecanismo (trapézios), em mm, com a haste de nivelamento dos trilhos.



O modelo de pedal é retangular, centralizado numa barra central inferior que se fixará aos trapézios (FIGURA 26).

FIGURA 26 – *Sketch* da barra inferior e pedal com medidas em milímetros.



Do pedal engata-se uma haste em metal de altura regulável que se engancha à barra de abafamento acima dos trilhos. Ao acionar-se o pedal, o mecanismo movimenta a barra de abafamento por amortecedores fixos entre o trilho e a bandeja de abafamento.

O sistema do pedal funciona de maneira inversa ao de um vibrafone, por exemplo. No vibrafone, com o pedal em estado de repouso, as teclas encontram-se abafadas pela barra de

abafamento. Quando se exerce força sobre o pedal, a barra de abafamento faz um movimento para baixo, liberando as teclas para soarem. Já no nosso sistema os *crotales* encontram-se desabafados quando o pedal está em repouso. No momento em que o pedal é acionado, a bandeja abafadora exerce movimento para cima, abafando os discos de metal. Quando se deixa de realizar força-peso sobre o pedal, a barra abafadora volta para seu estado de repouso (fazendo movimento para baixo). Entendemos que está na natureza desse instrumento soar 'como um sino'. Desta forma parece-nos fazer mais sentido os *crotales* estarem, na posição de repouso do mecanismo, livres para soar.

FIGURA 27 – *Render* final do SACRO2020.



5. Finalização do projeto e experimentação¹⁹

Para uma melhor compreensão das peças que compõem a estrutura do protótipo desenvolvido e o seu funcionamento ilustramos a imagem numerada do *sketch*. Tendo as Figuras 28, 29 e 30 como referência percebemos um sistema constituído por treze discos abafadores individuais móveis (3), que são fixados na bandeja abafadora (1) através de uma manta magnética (4) aderida à superfície da

¹⁹ O funcionamento do mecanismo pode ser apreciado através do link <https://youtu.be/f5wsdtxCUYs> (entre os minutos 4'50" e 7'10").

bandeja abafadora (1) que irá mover-se para cima ou para baixo após ser deslocada por uma haste (7) que, acoplada a um pedal (8), ativa o acionador (6) da bandeja abafadora (2). Sob a bandeja abafadora (1) encontra-se um trilho com duas fileiras paralelas (2) com hastes de regulagem de altura (12) em cada extremidade do trilho (2), fixadas por dois cavaletes (10), um em cada lateral do sistema abafador, e com alavancas de aperto para regulagem de altura do trilho (2). O trilho (2) é conectado à bandeja abafadora (1) através de cilindros com molas de tração/compressão (15) e (16). Pelo trilho (2) e bandeja abafadora (1) trespassem 13 eixos móveis (5) onde dispõem-se os discos *crotales* (18) e que permitem ajustes finos nos sentidos transversal e longitudinal. Os cavaletes (10) são interligados e firmados em sua parte inferior por uma barra central (9) - onde também se encontra instalado e centralizado o pedal (8) - através de dobradiças (14) e alavancas de aperto (11). Sob os cavaletes (10) estão instalados quatro rodízios com freios (13), fixados por porcas (17), dois para cada cavalete (10). Quando pressionado o pedal (8) o acionador (6) realiza uma força que move a bandeja abafadora (2) para cima fazendo com que os discos abafadores individuais móveis (3) encostem nos *crotales*, (18) suspensos pelos eixos móveis (5), abafando-os.

FIGURA 28 – Imagem explodida do projeto acabado do Sistema Abafador de *Crotales* - SACRO2020.

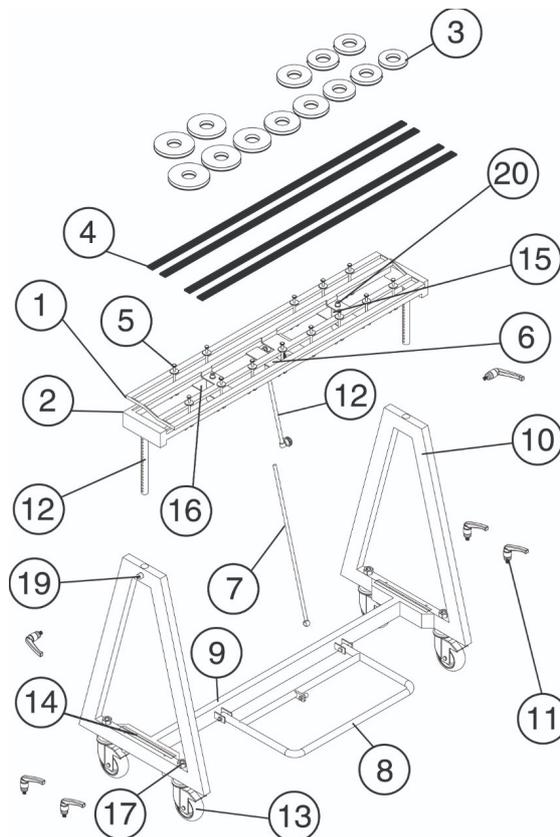


FIGURA 29 – *Sketch* final numerado do projeto acabado do Sistema Abafador de Crotales - SACRO2020.

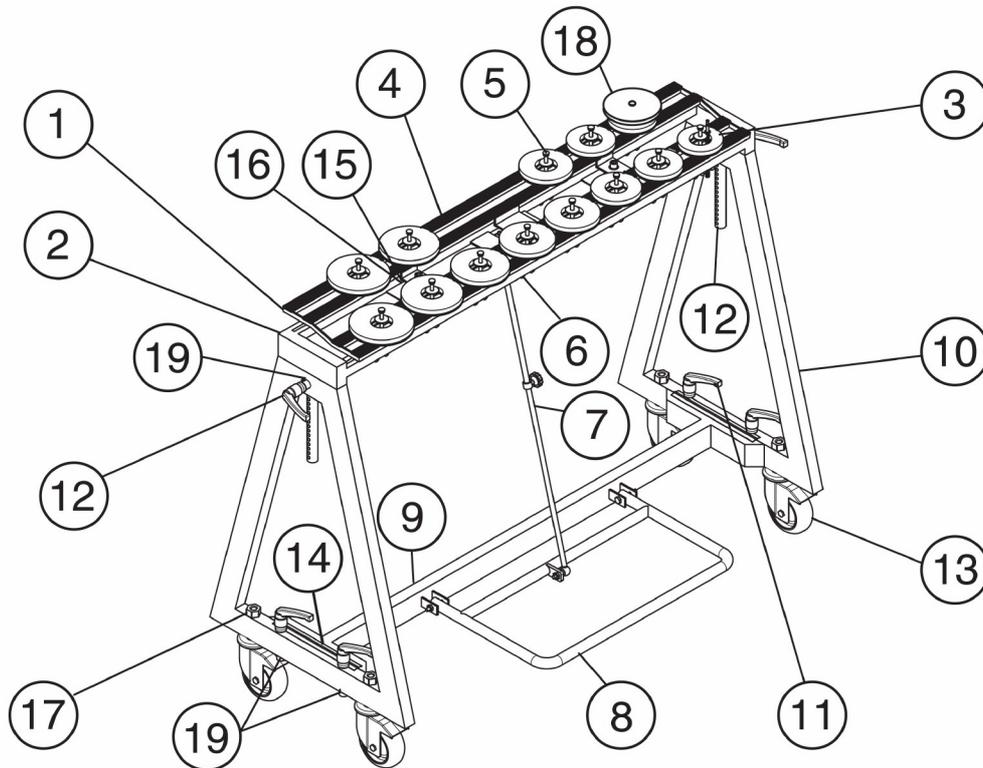


FIGURA 30 – Visão frontal do SACRO2020 montado com a oitava aguda e testado.



6. Considerações Finais

Através de toda a revisão realizada e tendo em conta o modelo de protótipo que desenvolvemos somos capazes de concluir que o SACRO2020 é um mecanismo autêntico e inédito no cenário da percussão. Os seus diferenciais em relação aos sistemas de abafamento de *crotales* existentes são importantes e causam impacto na medida em que:

1. Permite a utilização de diferentes modelos, marcas e dimensões de *crotales*.
2. Permite o arranjo dos *crotales* dispostos de maneira aleatória, sem a necessidade de seguir a ordem da oitava (inclusivamente alternando notas agudas e graves, ou mesmo notas de oitavas e marcas distintas).
3. Permite a preparação de *crotales* com abafadores e sem abafadores para serem tocados simultaneamente.
4. Permite o ajuste fino da posição dos *crotales* agrupando-os ou separando-os conforme necessidade do músico percussionista.

Por esses diferenciais, entendemos que o sistema poderá proporcionar novos caminhos de performance e de composição para obras que se utilizem desse instrumento. Também beneficiará instituições, grupos e músicos percussionistas que possuem jogos de *crotales* de determinadas marcas que não se enquadram nos modelos de abafadores existentes uma vez que esses abafadores atendem apenas aos *crotales* dos próprios/ou específicos fabricantes).

No que tange a construção em si, à parte dos eixos móveis (FIGURA 18) e acessórios (como rodízios e alavancas de trava), 95% da estrutura do protótipo foi construída em aço inox, utilizando-se de solda TIG. No entanto deixamos claro que o material pode ser substituído por aço carbono, alumínio, madeira ou outros tipos de metal que permitam a sua construção. Na esfera do design, eventualmente, poderá ser pensada a combinação entre madeira e metal de acordo com as partes do sistema onde melhor se conciliem esses materiais.

Em decorrência da Pandemia COVID'19 declarada pela OMS e que gerou distanciamento social até o início do ano de 2022 no Brasil, o projeto SACRO2020 ainda está por realizar

performances em concerto utilizando o referido sistema, no entanto é possível visualizar o seu pleno funcionamento através do link <https://youtu.be/f5wsdtxCUYs> entre os minutos 4'50 e 7'10".

Outrossim, já existe um pedido de depósito de patente em andamento no **CTIT/UFMG** com número de processo **NI 80/2021**. Uma vez concretizada a patente espera-se oferecer a tecnologia a empresas do ramo da instrumentação musical e prototipagem para sua produção, difusão e popularização entre os músicos percussionistas, fomentando novas ideias performativas e de composição para os *crotales*.

AGRADECIMENTOS

Agência de Financiamento: CNPq e FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- BAU, João Silvestre Medeiros de. *Prototipagem Musical: Novo Design De Instrumentos de Teclado Antigos*. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC)/UNESP, 2015.
- BAXTER, MR. *Projeto de Produto - Guia Prático Para O Design De Novos Produtos*. 3a ed.; trad. Itiro Iida. São Paulo, Brasil: Edgard Blücher Ltda, 2011. p. 344, ISBN13 978-85-212-0614-9.
- FPO - Free patents online. Disponível em <<http://www.freepatentsonline.com/>>. Acesso em: 05 mai. 2017.
- HUREL, P. (1999) *Tombeau - In memoriam Gérard Grisey*. Paris: Henry Lemoine.
- KOLBERG, Percussion. Disponível em <<https://kolberg.com/>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- LENS. Disponível em < <https://www.lens.org/> > Acesso em: 05 mai. 2017.
- PAISTE. Disponível em <http://www.paiste.com/e/tuned_percussion.php?menuid=68>. Acesso em: 15 jul. 2018.
- PORTNOY, M. Disponível em: <<http://www.mikeportnoy.com/drums/purple/>>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- PÚBLICO. 2013. Pedro Carneiro estreia-se em Los Angeles e dirigido por Dudamel. Disponível em: <<https://www.publico.pt/2013/09/25/culturaipsilon/noticia/pedro-carneiro-estreiase-em-los-angeles-dirigido-pelo-maestro-gustavo-dudamel-1607077>>. Acesso em: 19 ago. 2019.
- SCIARRINO, S. (2005). *Archeologia del Telefono*. Roma: Rai Trade.
- STOCKHAUSEN, K. *Kontakte*. Londres: Universal Edition. 1959 - 1960.
- TAKEMITSU, T. *Rain Tree*. Nova Iorque: Schott. 1981.

THOMMAN. Bergerault BE-CAP1 *Crotales* A=442Hz. Disponível em https://www.thomann.de/pt/bergerault_be_cap1_crotales_a442hz.htm. Acesso em: 06 nov. 2017.

USPTO - Patent Full – text and image database. Disponível em: https://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP. Acesso em: 05 mai. 2017.

USPTO - United States Patent and Trademark Office. Disponível em: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>. Acesso em: 05 mai. 2017.

SOBRE OS AUTORES

Fernando Chaib - Atua como performer em diversos países como Alemanha, Áustria, Itália, Portugal, Espanha, EUA, Uruguai, Chile, Venezuela, Brasil, China e Taiwan. Bacharel em Percussão pela UNESP, realizou Mestrado e Doutorado na Universidade de Aveiro (Portugal). Possui prêmios como solista e camerista em Portugal, Itália e Brasil. Vem apresentando trabalhos científicos em eventos no Brasil, Portugal, Argentina, Uruguai e Canadá, publicando artigos em periódicos indexados. É docente na Graduação e Pós-Graduação da EMUFG. É membro do grupo Impact(o) www.impacto.mus.br e codiretor do Grupo de Percussão da UFMG. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9606-6335>. E-mail: fernandochaib@gmail.com

Charles Augusto - Mestre em música pela UFMG e graduado pela UNESP. É professor da UFOP de percussão, percepção musical e diretor artístico do Grupo de Percussão desta instituição. Atualmente direciona seus principais trabalhos para performances de música e tecnologia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4707-9628>. E-mail: charles.augusto.bl@gmail.com

Leandro César é músico, construtor de instrumentos e esculturas sonoras. Vem se aprofundando no trabalho de invenção e criação de instrumentos permeando a canção até a música contemporânea e experimental. Trabalhou com o grupo UAKTI na manutenção de instrumentos, em turnês como técnico excursionando por todo Brasil, EUA e diversos países da Europa. Como compositor e arranjador tem seu trabalho registrado em diversos shows e discos de Irene Bertachini, Urucum, Diapasão, Coletivo ANA, Rafael Dutra, Makely Ka, Ilumiara e outros. Trabalhou ao lado de Benjamim Taubkin, Marco Antônio Guimarães, Tom Zé, Marco Scarassatti, Lívio Tragtenberg, Mauro Rodrigues, Décio Ramos, Titane, Ná Ozzetti, Déa Trancoso, Rafael Martini, Alexandre Andrés e Felipe José. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2875-8329>. E-mail: leandroarces@yahoo.com.br

Tiago Silva - É graduando do curso de Design da UFMG, vem trabalhando como bolsista PIBIC sob orientação do prof. Fernando Chaib. Possui artigos e resumos publicados em congressos nacionais. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6457-9758>. E-mail: alexandre4122@gmail.com