COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA - CAMPUS CACOAL

Tcherlysnen Droan Lopes Santos

A MATEMÁTICA DA ESCALA MUSICAL

CACOAL – RO
2023

Tcherlysnen Droan Lopes Santos

A MATEMÁTICA DA ESCALA MUSICAL

Trabalho de conclusão de curso na modalidade artigo apresentado a Coordenação de Curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO, Campus Cacoal, como requisito para obtenção de aprovação no curso, sob a orientação da professora mestra Maily Marques Pereira.

CACOAL
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Santos, Tcherlysnen Droan Lopes.
A matemática da escala musical / Tcherlysnen Droan Lopes Santos, Cacoal-RO, 2023.
17 f. : il.

Orientador(a): Prof. Me Maily Marques Pereira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Cacoal-RO, 2023.

1. Matemática. 2. Música. 3. Escala musical. 4. Pitágoras. 5. Monocórdio. I. Pereira, Maily Marques (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Fernanda de Oliveira Freitas Cavalcante, CRB-11/762 (Campus Cacoal)

RESUMO

Este artigo aborda a relação entre a matemática e a música, destacando a importância da matemática na formação das escalas musicais. A música é uma forma de expressão humana que combina sons de maneira agradável ao ouvido. Ao longo da história, surgiram diversas teorias sobre a origem da música, e uma das mais aceitas é a de que ela surgiu como forma de comunicação e expressão. O monocórdio de Pitágoras, um instrumento musical antigo, desempenhou um papel fundamental na compreensão da relação entre a música e a matemática. Pitágoras descobriu que as frequências sonoras podem ser expressas em proporções matemáticas simples, como razões entre números inteiros. Essas proporções são fundamentais para a formação das escalas musicais e para a harmonia musical. O monocórdio permitiu a Pitágoras explorar e compreender as relações matemáticas entre as notas musicais, como a oitava, a quinta e a quarta. A matemática também está presente na formação das 12 notas musicais utilizadas na música ocidental, que são divididas em semitons. Essa divisão foi estabelecida de forma a manter a mesma distância entre as notas ao longo da escala. A compreensão da matemática das escalas musicais enriquece nossa apreciação e compreensão da música, revelando a harmonia e a estrutura por trás das melodias e harmonias que ouvimos. A interseção entre música e matemática é uma área fascinante que nos permite explorar as maravilhas sonoras do mundo de forma mais profunda.

PALAVRAS CHAVE: matemática; música; escala musical; Pitágoras; monocórdio

ABSTRACT

This article explores the relationship between mathematics and music, highlighting the importance of mathematics in the formation of musical scales. Music is a form of human expression that combines sounds in a pleasing manner to the ear. Throughout history, various theories have emerged regarding the origin of music, and one of the most accepted is that it arose as a form of communication and expression. Pitagoras' monochord, an ancient musical instrument, played a fundamental role in understanding the relationship between music and mathematics. Pitagoras discovered that sound frequencies can be expressed in simple mathematical proportions, such as ratios between whole numbers. These proportions are essential for the formation of musical scales and musical harmony. The monochord allowed Pitagoras to explore and comprehend the mathematical relationships between musical notes, such as the octave, the fifth, and the fourth. Mathematics is also present in the formation of the 12 musical notes used in Western music, which are divided into semitones. This division was established to maintain the same distance between notes throughout the scale. Understanding the mathematics of musical scales enriches our appreciation and understanding of music, revealing the harmony and structure behind the melodies and harmonies we hear. The intersection of music and mathematics is a fascinating area that allows us to explore the sonic wonders of the world more deeply.

KEY WORDS: mathematics; music; musical scale; Pythagoras; monochord

1. INTRODUÇÃO

A matemática é uma disciplina essencial em nossas vidas, presente em diversas atividades cotidianas e profissionais. Ela nos ajuda a tomar decisões difíceis, a resolver problemas e compreender a complexidade do mundo ao nosso redor. A matemática é utilizada em diversas áreas, como finanças, economia, ciência e tecnologia, para ajudar na tomada de decisões e na compreensão do mundo. Sendo uma ferramenta poderosa que nos permite entender com precisão e completude aquilo que seria obscurecido pela imaginação.

Além das áreas mencionadas anteriormente, a matemática também desempenha um papel fundamental na música. As escalas musicais, por exemplo, são construídas com base em relações matemáticas entre frequências sonoras, podemos afirmar que há geometria nas vibrações das cordas de um instrumentos.

As escalas musicais são compostas por uma sequência de notas que seguem uma relação matemática precisa, conhecida como proporção de frequências. Essas frequências são expressas em números inteiros simples, como 440 Hertz, que indica uma razão, onde é o dobro da frequência originalmente de uma corda cuja afinação original está em 220 Hertz, assim terá a uma razão entre as frequências de duas notas diferentes. Por exemplo, a oitava de uma nota é a frequência dobrada da nota original, ou seja, a proporção é $\frac{1}{2}$.

Essas relações matemáticas são fundamentais para a harmonia musical e para a criação de melodias agradáveis aos ouvidos. O conhecimento da matemática das escalas é importante para a construção de instrumentos musicais, para a composição de músicas e para o entendimento da teoria musical. Mas para que tudo isso aconteça, a música precisou passar por um refino, onde pode-se dizer que tudo começou com as notas musicais, ou seja, há a necessidade de entender o que é a música e como surgiram das notas musicais conhecidas atualmente.

Este artigo discutirá a importância da matemática na música, explorando como ela foi aplicada na formação das escalas conhecidas atualmente. Mostrando que a matemática não está presente apenas em áreas tradicionalmente reconhecidas à disciplina, como a física e a economia, mas também está presente na música, ajudando a criar harmonias e melodias aceitáveis aos ouvidos.

2. A MÚSICA

O que é a música? Para Bohumil Med, (1996, p.9), “A música é a arte de combinar os sons simultaneamente ou sucessivamente, com ordem, e proporção dentro dos tempos”. Assim é possível entender que a música nada mais é do que combinações de sons que soam de uma maneira agradável ao ouvido humano.

Já a origem da música é um tema que tem sido estudado por muitos pesquisadores ao longo dos anos e, portanto existem várias teorias sobre como ela surgiu. Uma das teorias mais aceitas é a de que a música surgiu há milhares de anos, como uma forma de comunicação e expressão humana. Essa teoria é apoiada por descobertas arqueológicas que indicam a presença de instrumentos musicais antigos, como flautas de osso e tambores feitos de peles de animais, em diferentes partes do mundo, como África, Europa e Ásia (Wallin, Merker e Brown, 2000 ; Patel, 2008).

Outra teoria sugere que a música evoluiu a partir das vocalizações dos primatas, que usavam para se comunicar uns com os outros. Essa teoria é apoiada por estudos que mostram que a música e a fala sustentam muitas características, como a utilização de ritmo, tom e entonação para transmitir emoções e significados (Huron, 2001).

Ao longo da história, a música evoluiu e se desenvolveu de maneiras diferentes em diferentes partes do mundo. Na Grécia Antiga, por exemplo, a música era considerada uma arte e era estudada como parte da filosofia. Na Idade Média, a música era utilizada na liturgia da Igreja Católica e era composta principalmente de música vocal. Na Renascença, a música instrumental começou a ganhar mais importância, e foram criados muitos novos instrumentos musicais (Burkholder, Grout e Palisca, 2010).

Nos séculos seguintes, a música continuou a evoluir e se diversificar, dando origem a uma variedade de gêneros musicais, como o jazz, o rock, a música eletrônica e muitos outros. Hoje em dia, a música é uma das formas mais populares de entretenimento e é uma parte importante da cultura em todo o mundo (Kippen, 2016).

Partindo da ideia do que é música e da busca pela compreensão de suas origens, é fascinante explorar as raízes antigas e fundamentais da teoria musical. Um exemplo notável é o monocórdio de Pitágoras, um instrumento utilizado na Grécia Antiga. O monocórdio consiste em uma única corda esticada sobre uma caixa de ressonância, permitindo aos músicos experimentar e entender os princípios da harmonia e proporção.

Pitágoras, um matemático e filósofo grego, descobriu que as matemáticas podiam ser aplicadas ao campo da música. Ele ouviu que, ao dividir uma corda em frações de comprimentos específicos, era possível criar diferentes intervalos musicais, como a oitava, a quinta e a quarta. Essa descoberta revelou a relação entre matemática e música, estabelecendo as bases para a teoria musical ocidental.

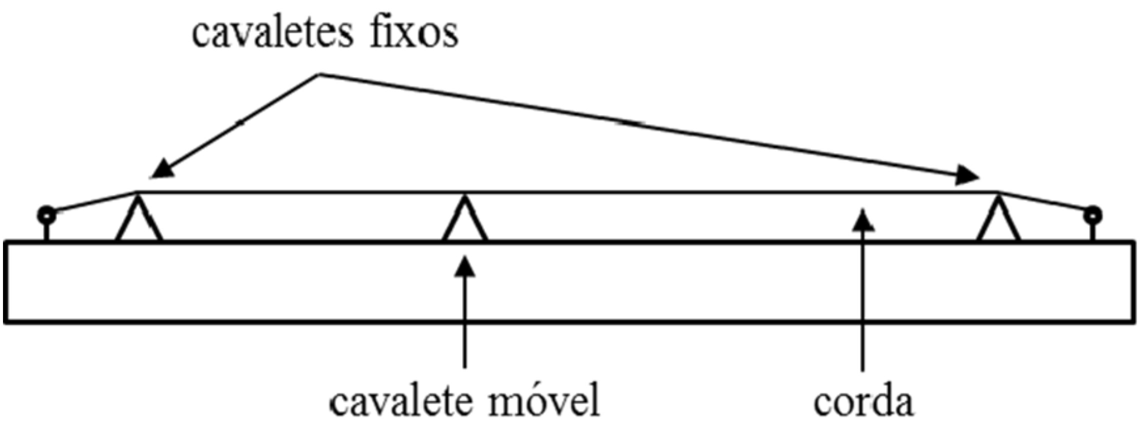
Ao estudar o monocórdio de Pitágoras, podemos compreender a importância da relação entre proporção e som na formação da música. Esse instrumento simples, com sua única corda, ofereceu *insights* sobre a natureza da harmonia e contribuiu para o desenvolvimento posterior da teoria musical. É um exemplo fascinante de como os conceitos matemáticos podem ser aplicados à arte sonora, moldando o curso da música ao longo dos séculos.

Ao explorar as origens da música e sua conexão com a teoria musical, o monocórdio de Pitágoras desempenha um papel fundamental. Ele nos lembra que a música é uma combinação de som e proporção, e que os princípios descobertos há milênios continuam sendo relevantes para a compreensão e a criação musical nos dias de hoje.

3. O MONOCÓRDIO

O monocórdio é um instrumento musical muito antigo, que tem uma importância fundamental para a compreensão da relação entre a música e a matemática. Pitágoras, filósofo e matemático grego, é creditado com a descoberta das razões matemáticas que governam a música e utilizava o monocórdio em seus estudos. Ele teria descoberto que a relação entre as frequências de duas notas é expressa por uma proporção matemática simples, conhecida como razão pitagórica.

Figura 1: Esqueleto monocórdio



(MONOCORDIO. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/O-monocordio-ou-canon_fig11_312106396>. Acesso em 15 jun. 2023.)

Segundo Pitágoras, "a harmonia é a unidade da proporção, e é ela que governa tudo na música. É com um monocórdio que se descobriu essa grande lei da harmonia" (em "A República" de Platão). Essa afirmação destaca a importância do monocórdio na compreensão da relação entre a música e a matemática, e mostra como ele foi uma ferramenta importante para os estudos de Pitágoras.

Além disso, o monocórdio também foi utilizado em diferentes contextos musicais ao longo da história. "O monocórdio é um instrumento simples, mas sua importância é fundamental para o estudo da música e da matemática. Com ele, podemos entender as relações matemáticas entre as notas musicais e explorar diferentes escalas e intervalos", afirma o livro "História da Música Ocidental " de Donald J. Grout e Claude V. Palisca (1994).

Hoje, o monocórdio é utilizado como ferramenta de ensino em escolas de música e conservatórios, para ajudar os alunos a compreender a teoria musical e as relações matemáticas entre as notas. Como se destaca o músico e pesquisador José Eduardo Martins, (2014), "o monocórdio é uma espécie de modelo físico do pensamento musical, permitindo que se compreenda como as notas se relacionam e como as escalas são formadas". Essa é uma das razões pelas quais o instrumento ainda é valorizado e utilizado por músicos e estudiosos da música e da matemática.

3.1 A FÍSICA NA MÚSICA

Antes de compreender sobre o monocórdio e a matemática, há a necessidade de compreender uma fração sobre a física da música, e o que é o som?

Som é tudo que ouvimos, onde existem os sons naturais, aqueles que vem da natureza, e os sons produzidos, os quais necessitam de uma ação humana para que existam, logo é fácil notar que o monocórdio e a música a qual tratamos nada mais é que sons produzidos, ou frequências produzidas pelas notas musicais.

Partindo desta ideia os sons produzidos soam em uma onda frequência, ou seja, se propagam por diversos meios, sendo o ar, água, metais, entre outros. Logo com a existência dessas ondas, há a necessidade de uma medição, onde é utilizada a medição em Hertz (Hz), que mede as oscilações de uma nota musical, como o som é uma onda, e essa onda oscila com uma certa frequência. Se uma onda sonora completar 10 oscilações em 1 segundo sua frequência será 10 Hz. Se ela completar 100 oscilações em 1 segundo sua frequência será de 100 Hz.

3.2 AS PRIMEIRAS FRAÇÕES NO MONOCÓRDIO, O TRÍTONO

Pitágoras em seus estudos observou que ao tocar uma corda esticada em um cavalete, que mais tarde veio chamar-se de monocórdio, soava uma frequência que era agradável ao seu ouvido, logo notou que ao tocar a mesma corda, pela metade era o mesmo som, porém mais agudo. Como o autor livro “Da Matemática à Música: um passeio numérico através dos sons” traz, Pitágoras deu continuidade a seus experimentos investigando a relação entre o comprimento de uma corda vibrante e o tom musical produzido por ela. Caracterizando a primeira lei descoberta empiricamente, o experimento de Pitágoras é ainda a primeira experiência registrada na história da ciência, no sentido de isolar algum dispositivo para observar fenômenos de forma artificial (ABDOUNUR, 1999, p. 5).

Sendo assim, tocando uma corda qualquer tensionada, e depois tocando a mesma corda com um cavalete na metade, soa o dobro de vezes, entretanto o mesmo som mais agudo, isto é, imagine que Pitágoras tocou a corda que estava tensionada e soou 220Hz, quando tocou sua metade ele notou que a mesma nota passou a soar 440Hz, dobrou a quantidade de vibrações por segundo, assim surgindo a oitava maior (8ªM), ou seja, uma oitava é o intervalo musical muito importante que desempenha um papel fundamental na música. Ela é formada pela duplicação da frequência fundamental de uma nota, resultando em uma nota com o dobro da frequência da nota original. A oitava é considerada uma consonância perfeita e possui uma qualidade de harmonia agradável aos nossos ouvidos.

Ele notou a presença de um som inédito, distinto do anterior. Ao contrário da nota anterior, que era uma oitava acima, essa nova nota era única e exigia um nome diferente. Apesar de sua distinção, esse som se mesclava harmoniosamente com o som anterior, criando uma agradável harmonia aos ouvidos. Essas divisões apresentadas até agora possuem relações matemáticas de $\frac{1}{2}$ e $\frac{2}{3}$, surgindo a quinta justa (5ªJ).

Para o autor Howard Eves, (1995), a fração da matemática para a terça maior na música é $\frac{4}{5}$. Essa fração representa a relação de frequências entre duas notas que formam uma terça maior. Em outras palavras, a frequência da segunda nota é $\frac{4}{5}$ vezes maior do que a frequência da primeira nota.

Assim formando o Trítono musical, as 3 notas quais executadas de forma simultaneamente formam um som agradável aos ouvidos humanos, são conhecidas como *JUSTAS* e/ou como notas perfeitas.

4. A MATEMÁTICA DAS 12 NOTAS MUSICAIS

Para o livro "Teoria da Música" de Osvaldo Lacerda, (1961), a música ocidental a qual conhecemos tem 12 notas musicais, sendo divididas entre naturais e sustenidos.

Ao perceberem a proximidade entre as notas Dó e Si, foi decidido criar uma escala mais abrangente. Nessa nova escala, todas as notas teriam a mesma distância entre si, e essa distância seria igual ao intervalo existente entre Dó e Si, ou seja, um semitom.

Para garantir que a distância entre Dó e Ré (um tom) fosse preenchida por uma nota intermediária, foi identificado que a distância entre Dó e Si (um semitom) poderia ser representada pela multiplicação da frequência da nota Si por 1,0595, resultando na frequência da nota Dó, note que:

Frequência da nota Si: 246,9 Hz

Frequência da nota Dó: 261,6 Hz

Se multiplicar a frequência da nota Si por 1,0595 teremos:

246,9 x 1,0595 = 261,6 Hz (nota Dó)

Como nosso objetivo é manter essa mesma relação (distância) para as demais notas, vamos utilizar esse procedimento para descobrir qual será a nota que virá depois de Dó. Multiplicando a frequência da nota Dó por 1,0595:

261.6 x 1,0595 = 277,2 Hz (Nota Dó sustenido)

Repetindo o procedimento para ver o que vem depois de Dó sustenido:

277,2 x 1,0595 = 293,6 Hz (Nota Ré)

Observe que seguindo essa lógica, podemos formar toda a escala cromática! Ou seja, depois de multiplicar a frequência da nota Dó pelo número "1,0595" doze vezes, voltaremos à nota Dó, entretanto uma oitava de diferença.

Isso só é possível porque "1,0595" corresponde ao resultado da raiz:

$\sqrt[12]{2}$ e se, multiplicarmos 12 vezes teremos 2 como resultado:
$\left(\sqrt[12]{2}\right)^{12}=2$

Através dessa análise, fica evidente que esses números não foram escolhidos por acaso. Desde o início, o objetivo era dividir a escala em 12 partes iguais, de modo que a última nota coincidisse com a primeira. Um exemplo prático disso é o violão, onde a 8ª (oitava) é encontrada na 12ª casa.

Em uma fração com o decorrer de estudos pode se comprovar que ao dividir $\frac{3}{4}$ (quarta) por $\frac{4}{5}$ (terça) obteve-se o resultado $\frac{15}{16}$ onde seria um semitom, ou seja, $\frac{1}{2}$ tom, através dessa proporção é possível encontrar toda as 12 notas, onde divide-se em tons e semitons.

Assim, nasceu a escala temperada, também conhecida como escala cromática. Essa escala permite uma organização harmônica consistente e possibilita a transposição de notas para diferentes tonalidades de forma mais precisa e flexível.

5. CONSTRUÇÃO E PROVA DO MONOCÓRDIO COM AS 7 NOTAS MUSICAIS

Baseando-se nas frações matemáticas utilizaremos cálculos e construiremos um monocórdio e utilizaremos a escala natural de uma oitava sendo: DÓ, RÉ, MI, FÁ, SOL, LÁ, SI, DÓ.

Para encontrar toda a escala precisamos utilizar as frações matemáticas, e aplicá-las para qualquer monocórdio, independentemente do tamanho da corda ao aplicar essas proporção será possível encontrar a escala completa, 2ª,3ª,4ª,5ª,6ª,7ª,8ª.

Com isso temos as seguintes frações:

Ao dividir a corda em 2 partes e tocar 1 parte teremos $\frac{1}{2}$, soando assim uma 8ª.

Ao dividir a corda em 3 partes e tocar 2 partes teremos $\frac{2}{3}$, soando assim uma 5ª.

Ao dividir a corda em 4 partes e tocar 3 partes teremos $\frac{3}{4}$, soando assim uma 4ª.

Ao dividir a corda em 5 partes e tocar 4 partes teremos $\frac{4}{5}$, soando assim uma 3ª.

Ao dividir a corda em 9 partes e tocar 8 partes teremos $\frac{8}{9}$, soando assim uma 2ª.

É possível notar a falta da 6ª e 7ª na escala, pois para que seja possível encontrá-las é necessário utilizar de outro artifício, onde consiste na utilização da seguinte técnica, ao dividir a corda em $\frac{2}{3}$ teremos a 5ª, e ao pegar essa parte e multiplicarmos por $\frac{8}{9}$ que é a 2ª teremos a 6ª:

Logo pela matemática teremos $\frac{2}{3} \cdot \frac{8}{9} = \frac{16}{27}$, esta então é a 6ª nota da nossa escala.

Ao dividir a corda 27 partes e tocar 16 partes $\frac{16}{27}$, soando assim a uma 6ª.

Agora para encontrarmos a 7ª basta repetir o processo, sendo:

$\frac{16}{27} \cdot \frac{8}{9} = \frac{128}{243}$, assim encontramos que:

Ao dividir a corda em 243 partes e tocar 128 partes teremos $\frac{128}{243}$, soando assim a 7ª.

Portanto assim conseguimos provar que para cada nota ou cada grau de uma escala natural é possível encontrar uma fração correspondente e concluir que a música é matemática.

Para evidenciar faremos um monocórdio de corda com 50 cm, com o auxílio de um afinador eletrônico, será aplicado estas frações ao seu corpo e comprovar que é verdadeiro.

Na construção foi utilizada madeira compensada de 5 mm de espessura, para montar uma caixa com as seguintes medidas: $15\ cm \times 5\ cm \times 60\ cm$, sendo 15 cm de largura, 5 cm de altura e 60 cm de comprimento. Também foram utilizados 4 cavaletes fixos e um móvel, e uma corda de 50 cm (corda sol para violão de aço), como a imagem abaixo:

Imagem 2 – O monocórdio

(FONTE: De autoria própria)

Sabendo que a corda solta está afinada em $DÓ_3$ como podemos ver na imagem abaixo:

Imagem 3 – DÓ3

(FONTE: De autoria própria)

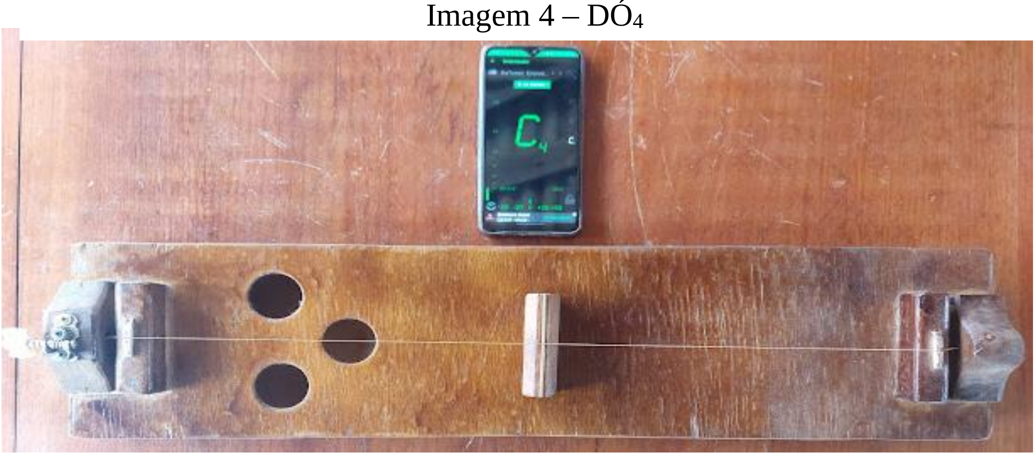
Seguindo as frações anteriormente citadas será dividida a corda em 2 partes e tocada uma parte, $\frac{1}{2}$ corda, como a corda está afinada na nota $DÓ_3$, ao tocarmos 1 das partes terá que soar o $DÓ_4$, para calcular qual medida da corda será utilizado a forma decimal de cada fração e assim multiplicando por 50 cm para encontrar onde ficará o cavalete, assim temos:

$0{,}5 \cdot 50 = 25\ cm$

Portanto nosso cavalete ficará localizado em 25 cm após um dos cavaletes fixos:

(FONTE: De autoria própria)

Imagem 4 – DÓ4



Como podemos verificar a corta teve o dobro das vibrações da anterior, soando assim uma oitava de diferença, com isso provamos que ao dividir a corda ao meio teremos uma oitava. Mas isso é válido para todas as demais frações?

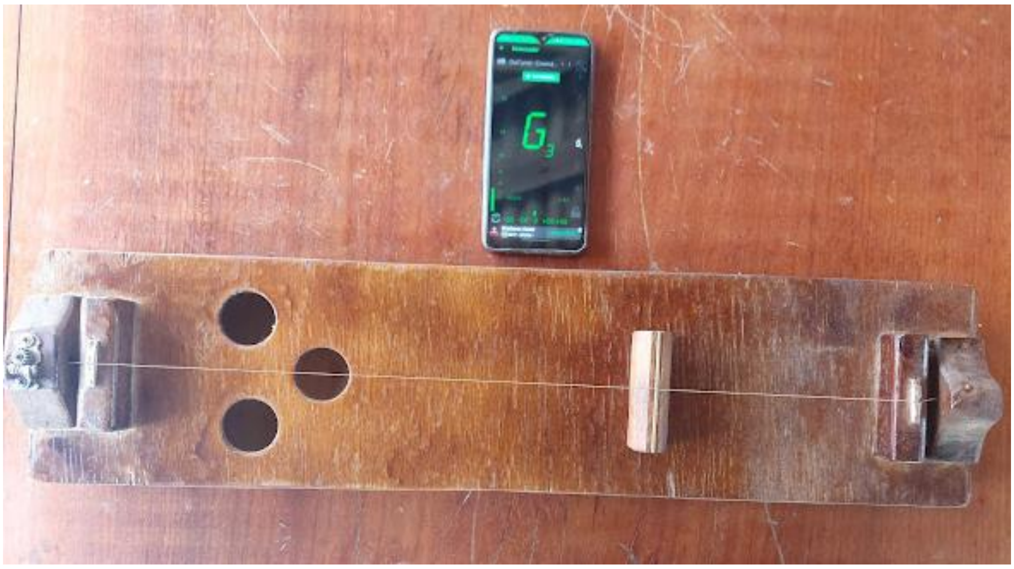
Tomando a base de que a corda solta está afinada em $DÓ_3$, ao seguirmos as demais frações a escala formada deverá variar entre $DÓ_3$ e $DÓ_4$.

Dividindo a corda em 3 partes e tocando 2, temos $\frac{2}{3}$, que deverá soar uma quinta de $DÓ_3$, ou seja, terá que soar a nota SOL_3, temos então:

$0{,}66 \cdot 50 \cong 33{,}33\ cm$

Portanto nosso cavalete ficará localizado em aproximadamente 33,33 cm após um dos cavaletes fixos:

Imagem 5 – SOL_3
(FONTE: De autoria própria)

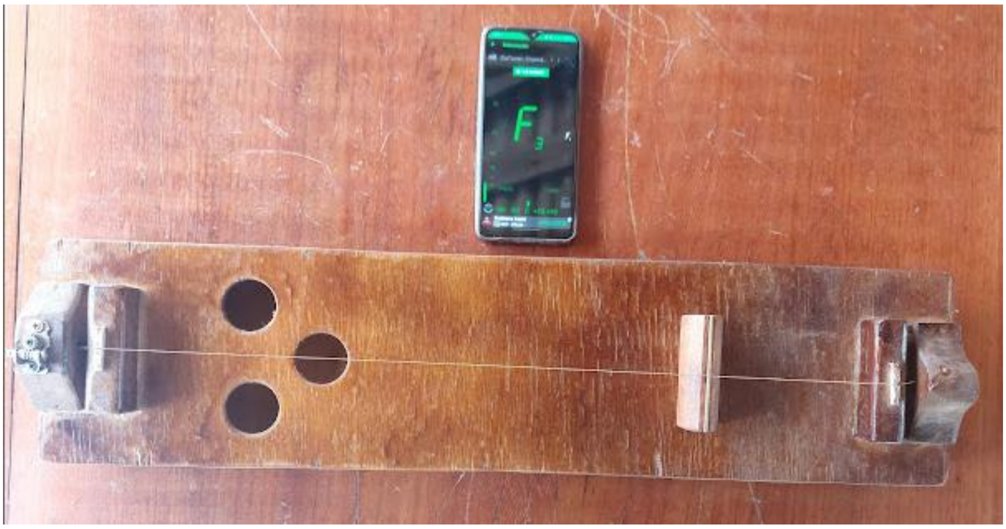


Ao dividirmos a corda em 4 partes e tocar 3 delas teremos uma quarta de $DÓ_3$, $\frac{3}{4}$, deverá soar a nota $FÁ_3$, temos:

$0{,}75 \cdot 50 = 37{,}5\ cm$

Portanto nosso cavalete ficará localizado em 37,5 cm após um dos cavaletes fixos:

Imagem 6 – FÁ3



(FONTE: De autoria própria)

Agora dividindo a corda em 5 partes e tocando 3 obteremos uma terça de $DÓ_3$, $\frac{3}{5}$, sendo assim deverá soar a nota MI_3, logo:

$0{,}6 \cdot 50 = 30\ cm$

Portanto nosso cavalete ficará localizado em 30 cm após um dos cavaletes fixos:

(FONTE: De autoria própria)

Imagem 7 – MI3

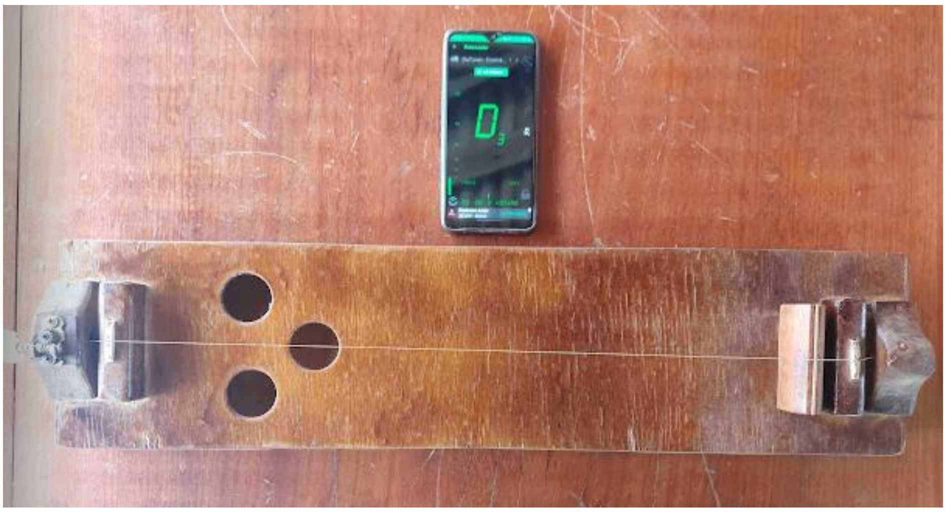
Desta vez a corda será dividida em 9 partes e tocada 8 delas, $\frac{8}{9}$, que deverá soar uma segunda de $DÓ_3$, por vez a nota $RÉ_3$, portanto:

$0{,}88 \cdot 50 \cong 44{,}44\ cm$

Portanto nosso cavalete ficará localizado em aproximadamente 44,44 cm após um dos cavaletes fixos:

(FONTE: De autoria própria)

Imagem 8 – RÉ_3

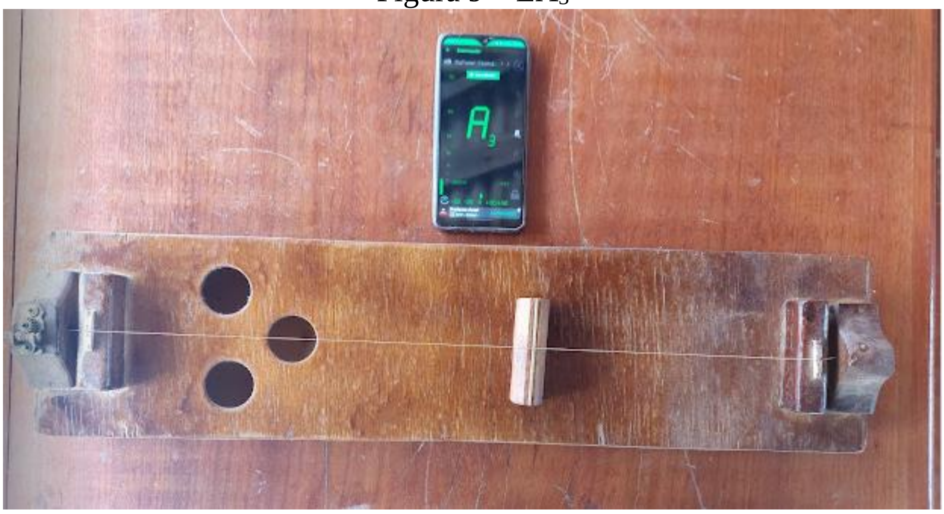


Para aferirmos a sexta de $DÓ_3$, dividiremos a corda em 27 partes e tocaremos 16 partes, $\frac{16}{27}$, deverá soar a nota $LÁ_3$:

$0{,}592 \cdot 50 \cong 29{,}63\ cm$

Portanto nosso cavalete ficará localizado em aproximadamente 29,63 cm após um dos cavaletes fixos:

Figura 9 – LÁ_3



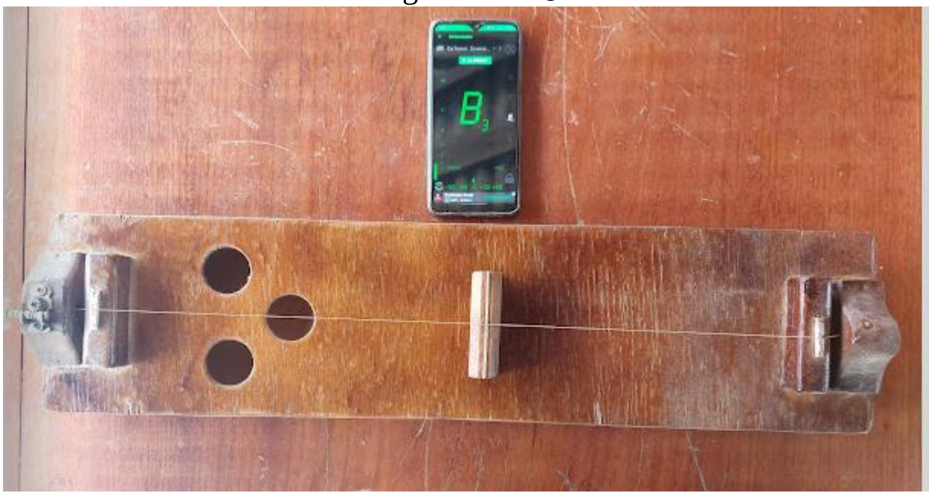
(FONTE: De autoria própria)

E para finalizar faremos a divisão da corda em 243 partes e tocaremos apenas 128, $\frac{128}{243}$, a nota a soar deverá ser a sétima da escala, ou seja, a nota SI_3:

$0{,}5267 \cdot 50 \cong 26{,}34\ cm$

Portanto nosso cavalete ficará localizado em aproximadamente 26,34 cm após um dos cavaletes fixos:

Figura 10 -SI_3



(FONTE: De autoria própria)

Podemos através das imagens concluir a veracidade da relação entre a matemática e a escala musical, através da aferição no monocórdio de Pitágoras.

CONCLUSÃO

Neste artigo, exploramos a fascinante relação entre a matemática e as escalas musicais, revelando como os conceitos matemáticos estão entrelaçados na estruturação e harmonização da música. Conseguimos provar que ao compreender as proporções numéricas, relações harmônicas e estruturas matemáticas por trás das escalas musicais, podemos aprofundar nossa apreciação e compreensão da música, tanto como ouvintes quanto como músicos, conseguimos também comprovar através da construção do monocórdio de Pitágoras que as frações descobertas realmente são responsáveis pela formação da escala musical utilizada até os tempos atuais. A interseção entre música e matemática oferece uma perspectiva enriquecedora para explorar e desvendar as maravilhas sonoras que nos rodeiam.

REFERÊNCIAS

ABDOUNUR, Oscar João. Matemática e música: o pensamento analógico na construção de significados. São Paulo: Escrituras, 1999. 333 p.

BURKHOLDER, JP, GROUT, DJ e PALISCA, CV. Uma história da música ocidental. WW Norton & Company. 2010.

EVES, Howard. Introdução à história da matemática. Editora UNICAMP, 1995.

GROUT, DONALD J. e PALISCA, Claude V. História da Música Ocidental. Editora Gradiva, 1994.

HURON, D. A música é uma adaptação evolutiva? Annals of the New York Academy of Sciences, 930(1), 43-61, 2001.

KIPPEN, J. Música no mundo: ensaios selecionados. Routledge, 2016.

LACERDA, Osvaldo. Buhomil med, A teoria da música. Editora MusiMed, 1996.

MARTINS, José Eduardo. Monocórdio: A História e a Prática. Revista VivaMúsica, 2006.

PATEL, AD. Música, linguagem e o cérebro. Imprensa da Universidade de Oxford, 2008.

PLATÃO. A República. Editora Martins Fontes, 2005.

WALLIN, NL, Merker, B., & Brown, S. As origens da música. Imprensa do MIT, 2000.