



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS
CURSO DE MÚSICA LICENCIATURA



ANDRÉ ROBERTO LOPES PEREIRA

**A MATEMÁTICA COMO AGENTE FACILITADOR NO ENSINO-APRENDIZAGEM
MUSICAL**

São Luís
2014

ANDRÉ ROBERTO LOPES PEREIRA

**A MATEMÁTICA COMO AGENTE FACILITADOR NO ENSINO-APRENDIZAGEM
MUSICAL**

Monografia apresentada ao Curso de
Música da Universidade Federal do
Maranhão, para obtenção do grau de
Licenciado em música.

Orientador: Prof. Dr. João Fortunato
Soares Quadros Junior.

São Luís
2014

Pereira, André Roberto Lopes.

A matemática como agente facilitador no ensino – aprendizagem musical / André Roberto Lopes Pereira. – São Luís, 2014.

50 f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: João Fortunato Soares Quadros Junior.

. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Maranhão, Curso de Música Licenciatura, 2014.

1. Música. 2. Matemática. 3. Interdisciplinaridade. I. Título.

CDU 78

ANDRÉ ROBERTO LOPES PEREIRA

**A MATEMÁTICA COMO AGENTE FACILITADOR NO ENSINO-APRENDIZAGEM
MUSICAL**

Monografia apresentada ao Curso de Música da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do grau de Licenciado em música.

Orientador: Prof. Dr. João Fortunato Soares Quadros Junior.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Fortunato Soares Quadros Júnior (orientador)
Doutor em Educação Musical
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof^a. Quézia Priscila de Barros Silva Amorim
Licenciada em Música
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Prof^a. Me Risaelma de Jesus Arcanjo Moura Cordeiro
Mestre em Música
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que durante toda a caminhada na Universidade Federal do Maranhão – UFMA nunca me deixou desistir, mostrando-me verdadeiramente o caminho da vitória, da vida e da luz para que eu pudesse realizar meus sonhos e objetivos.

Aos meus pais, Roberto Santos Pereira (*in memoriam*) e Maria da Graça Lopes Pereira, pelo carinho, amor, compreensão e porque sempre estiveram ao meu lado, apoiando-me nos momentos mais difíceis, nas minhas decisões.

Ao meu irmão Roberto Santos Pereira Júnior e todos os meus tios, avós e primos, que sempre torceram e acreditaram em mim.

A minha esposa Nelma Carafunim Barbosa Pereira que foi fundamental nesta elaboração da minha monografia, pelos momentos vividos, por ter compartilhado comigo as alegrias e tristezas e porque acompanhou muitas vezes meus sofrimentos e me incentivou diretamente na conclusão do curso de Música Licenciatura.

Ao Prof. Tomaz de Aquino Leite (*in memoriam*) que foi um grande músico, um grande homem e que me mostrou o caminho da verdade, ensinando-me a enxergar a realidade e dando-me espaço pra crescer profissionalmente na carreira musical.

A todos os meus amigos músicos e não músicos, da Escola de Música, da Guarda Municipal, todos aqueles que me motivaram, não deixando com que eu desistisse do curso, acreditando no meu sucesso.

Ao Prof. Dr. João Fortunato Soares Quadros Júnior que me orientou nesta monografia, pela atenção, incentivo e por ter acreditado em mim e no meu trabalho.

RESUMO

Nesse estudo, os professores irão compreender a relação interdisciplinar existente entre os conteúdos de Música e Matemática utilizadas para o Ensino e ainda elaborar propostas pedagógicas adequadas ao Ensino que congreguem as analogias e similaridades existentes nessa relação. Pretende ainda o uso de uma exposição para abordar aspectos histórico-didáticos da relação entre a Música e a Matemática, estabelecendo um espaço para os professores vivenciarem atividades de cultura e extensão. As suas atividades curriculares, procurando estabelecer um contexto interdisciplinar envolvendo o ensino e a aprendizagem da música com o auxílio da matemática. Ao término da fundamentação teórica, apresentam-se uma proposta-singular de atividade para ser desenvolvida numa turma da 6^a série do Ensino Fundamental.

Palavras-Chave: Música. Matemática. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

In this study, teachers will understand the existing interdisciplinary relationship between the contents of Music and Mathematics used in Education and also to elaborate appropriate pedagogical proposals to the Education that bring together the existing analogies and similarities in this relationship. It also intends to use an exposure to present historical and didactic aspects of the music and mathematics relationship, establishing a space for teachers to experience the culture and extension. Activities to their curriculum activities, seeking to establish an interdisciplinary context of involving education and music learning with the help of mathematics. At the end of theoretical foundation, we present a proposed natural activity to be developed in a 6th grade class of Primary School.

Keywords: Music. Mathematics. Interdisciplinarity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Busto de Bronze de Pitágoras (séc. VI a.C), cópia de um original grego.....	15
Figura 2	-	Ilustração de Franchinus Gafurius (<i>Theorica musicae</i> , 1492), da descoberta de Pitágoras das proporções das consonâncias.....	15
Figura 3	-	Esquema do monocórdio	18
Figura 4	-	Modelo de Teclado (Artigo a Relação Matemática e Música de Adriano Luis Simonato).....	19
Figura 5	-	Figuras musicais com seus respectivos valores fracionários.....	25
Figura 6	-	Divisão das figuras em forma de pizza.....	25
Figura 7	-	Clarinete.....	27
Figura 8	-	Violino.....	27
Figura 9	-	Gráfico da onda senoidal da corda o violino.	25
Figura 10	-	Diapasão – instrumento de metal, de sopro ou eletrônico que produz um padrão de altura absoluta, utilizado para a afinação dos instrumentos	26
Figura 11	-	Divisão Proporcional dos valores.....	33
Figura 12	-	Relação estabelecida entre participantes e os conhecimentos matemáticos.....	34
Figura 13	-	Utilização de conteúdos matemáticos durante as aulas de música.....	35
Figura 14	-	A música pode contribuir para o aprendizado da matemática e de outras disciplinas.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Escala musical representando as proporções referentes às quintas (Artigo a Relação Matemática e Música de Adriano Luis Simonato).....	20
Tabela 2	-	Escala musical representando as proporções referente as quintas depois das modificações feitas por Arquitas.....	22
Tabela 3	-	Nome e simbologia das figuras rítmicas.....	24
Tabela 4	-	Nome e simbologia das figuras rítmicas.....	42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1 INTERDISCIPLINAR, MULTIDISCIPLINAR E TRANSDISCIPLINAR: O QUE É?.....	12
2 MATEMÁTICA E MÚSICA, UMA RELAÇÃO ANTIGA.....	14
2.1 DE ONDE TUDO COMEÇOU.....	14
2.2 PITÁGORAS E O EXPERIMENTO DO MONOCÓRDIO.....	15
2.2 ARQUITAS DE TARENTO.....	21
2.1 FILÓSOFOS, MATEMÁTICOS, MÚSICOS E PENSADORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA A RELAÇÃO MÚSICA X MATEMÁTICA.....	22
3 RELAÇÕES INTERDISCIPLINARES ENTRE MATEMÁTICA E MÚSICA	24
3.1 O DIÁLOGO ENTRE A MATEMÁTICA E A MÚSICA POR MEIO DE INSTRUMENTOS MUSICais.....	26
3.2 POSSIBILIDADES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DA MÚSICA: A MATEMÁTICA COMO AGENTE FACILITADOR.....	28
4 COLETA E ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS COM OS PROFESSORES DA EMEM/UFMA/UEMA.....	31
4.1 INSTRUMENTO DE COLETA.....	31
4.2 PROCEDIMENTO.....	32
5 RESULTADOS.....	33
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	40
APÊNDICE.....	42

INTRODUÇÃO

Música e Matemática são áreas que historicamente possuem estreitas relações. Podemos citar algumas, tais como: a relação entre harmônicos desenvolvidos por Pitágoras; a relação das diversas escalas divididas em graus conjuntos ou disjuntos, usando sempre números; e a principal de todas, que é o ritmo, o qual podemos dizer que é matemática pura, com suas medições de duração dos sons divididos em compassos, os quais mesmo compostos ou mistos conseguimos compreender e sentir a ponto de fazer movimentos corporais.

Procuramos compreender a relação interdisciplinar existente entre os conteúdos de Música e Matemática, utilizadas pelos professores de três instituições que possuem o curso de música, seja técnico ou licenciatura, discutindo ainda a relação histórica entre a Música e a Matemática desde a antiguidade, além de analisar possíveis contribuições dos conceitos matemáticos na elaboração de atividades pedagógicas de música para os alunos e, elaborar propostas pedagógicas adequadas ao que congreguem as analogias e similaridades existentes entre Música e Matemática.

Intencionados em aproximar ainda mais ainda a Música e a Matemática, duas disciplinas que epistemologicamente sempre estiveram relacionadas desde os tempos mais remotos, buscaremos tratá-las no sentido de que uma possa auxiliar na compreensão da outra. Abordaremos essa relação a partir de algumas noções históricas sobre o tema explorado, isto é, fatos históricos que podem ser apenas suposições, entre as quais podemos citar a observação dos diferentes tipos de sons produzidos no manuseio de um instrumento de caça denominado arco e flecha.

Buscar uma definição para matemática poderia ser um pouco difícil, mas vivenciando essa disciplina no dia-a-dia podemos dizer que seja uma ciência, um conhecimento ou até mesmo uma aprendizagem rigorosa e precisa. Comparada à matemática, para a música, também é difícil encontrar definições perfeitas e incontestáveis porque apesar de ser intuitivamente conhecida por qualquer pessoa, é difícil encontrar um conceito plural que abarque todos os significados desta prática.

Os gregos foram os primeiros no ocidente a registrarem as relações existentes entre a Matemática e a Música (SIMONATO, 2005). Rodrigues (1999) afirma que a Pitágoras teve como grande experiência o monocórdio (*mono* = um;

córdio = corda), Esse experimento proporcionou a descoberta dos intervalos de consonância, o qual afirmava que uma oitava, uma quinta e uma quarta se referiam, respectivamente, a $1/2$, $2/3$ e $3/4$ da corda inteira do monocórdio (ABDOUNUR, 2003).

Outro exemplo sobre a influência dos gregos na relação entre matemática e música foi Arquitas de Tarento. Ele modificou o monocórdio de Pitágoras, sendo o primeiro a usar o cubo em geometria e ampliar a matemática às disciplinas técnicas como a geometria, a aritmética, a astronomia e a acústica, além de colaborar de maneira significativa para o desenvolvimento da música. Através disto, Arquitas foi um dos mais admiráveis músicos do período clássico grego, destacando-se ainda por acreditar que a música deveria assumir uma função mais respeitável que a literatura na educação das crianças.

Partindo dos exemplos supramencionados, serão expostos nesse trabalho outros filósofos, matemáticos, músicos e pensadores que contribuíram para a relação matemática e música, compartilhando tanto curiosidades como nossa própria experiência de vida, mostrando os fatos que nos levaram a essa investigação.

Finalizaremos esta investigação, mas não esgotando o tema em questão da relação interdisciplinar existente entre matemática e música, abordando uma visão didático/pedagógica que buscará priorizar a importância da construção do conhecimento musical a partir de uma proposta de ensino baseada na interdisciplinaridade.

1 INTER, MULTI E TRANSDISCIPLINARIDADE: O QUE É?

Não podemos discutir sobre esses três conceitos sem antes entender de fato o que seria a disciplinaridade. Japiassu (1976), examina primeiramente o que vem a ser a disciplina, antes mesmo de obter o conceito sobre disciplinaridade. Segundo o autor, disciplina tem o mesmo sentido que ciência, enquanto que a disciplinaridade nos faz lembrar um grupo ordenado e constituído de conhecimentos com características próprias em seus planos de ensino, de formação, dos métodos e das matérias.

Vamos apresentar três níveis de organização referente às relações entre diferentes disciplinas e analisar em qual dos três níveis a relação Música e Matemática está inserida. São elas: Multidisciplinaridade; Interdisciplinaridade e, mais recentemente, Transdisciplinaridade.

A Multidisciplinaridade nos lembra uma sucessão de disciplinas propostas simultaneamente, não havendo nenhum auxílio entre elas. Segundo Almeida Filho (1997, p. 86), “poder-se-ia dizer que na Multidisciplinaridade as pessoas, no caso as disciplinas do currículo escolar, estudam perto, mas não juntas. A ideia aqui é de justaposição”. Na Multidisciplinaridade, buscamos informações de diversos lugares para estudar um determinado elemento, sem a preocupação de coordenar as disciplinas entre si.

Interdisciplinaridade, por sua vez, é definido por Frigotto (1995a) como “uma necessidade relacionada à realidade concreta, histórica e cultural, constituindo-se assim como um problema ético-político, econômico, cultural e epistemológico”. A interdisciplinaridade pressupõe a interação entre duas ou mais disciplinas, ou seja, ela diz respeito à “(...) colaboração existente entre disciplinas diversas ou entre setores heterogêneos de uma mesma ciência” (FAZENDA, 1979, p. 41). As disciplinas interagem entre si em diversas ligações, existindo uma coordenação. O ensino baseado na Interdisciplinaridade oferece uma aprendizagem bem estruturada e rica.

A interdisciplinaridade é um processo que envolve a integração e engajamento de educadores, num trabalho conjunto de integração das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino, objetivando a formação integral dos estudantes, a fim de que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo a serem capazes de enfrentar os

problemas complexos, amplos e globais da realidade atual (LUCK, 1994, p. 64).

As raízes etimológicas da palavra transdisciplinaridade sugerem a seguinte definição: *trans* – prefixo de origem latina que indica algo que vai além de, que supera/ultrapassa); *disciplinaridade* – qualidade de disciplina; regime, norma, regra.

Segundo Lucena (2005), a transdisciplinaridade, em sua essência, tem como propósito a religação de saberes. Envolve e ultrapassa os limites da inter e da multidisciplinaridade, “estabelece-se como uma fusão entre várias disciplinas envolvidas” (LUCENA, 2005, p. 27). A transdisciplinaridade abrange uma coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas em um sistema de ensino inovado. Para Japiassu (1976), ela tem a finalidade da compreensão do mundo presente, de modo que possa haver uma unidade plural de conhecimentos.

A relação Música e Matemática demanda uma pedagogia que venha a tornar essa relação mais dinâmica, permitindo uma articulação, contextualização e religação dos conteúdos a serem desenvolvidos em sala de aula. O aluno precisa construir suas próprias habilidades.

Dos três níveis teórico-práticos pedagógicos apresentados (Multi, Trans e Interdisciplinaridade), optou-se por utilizar neste trabalho o princípio da interdisciplinaridade, por entender que a relação entre Música e Matemática no contexto educacional ainda se restringe a uma troca de informações, aberto ao diálogo e ao planejamento. As disciplinas terão ligação entre si em diferentes conexões.

2 MATEMÁTICA E MÚSICA, UMA RELAÇÃO ANTIGA

Neste capítulo apresentaremos as relações existentes entre a Matemática e a Música desde a antiguidade. Mostrando, de forma histórica onde, quando e o porquê desta relação existente entre as duas áreas através de suposições e de ideias formadas por pesquisadores, filósofos e matemáticos; entre os quais destacamos as contribuições de Pitágoras. Ele elaborou um grande experimento envolvendo a Matemática e a Música e Arquitas de Tarento, que aprofundou e aperfeiçoou.

2.1 DE ONDE TUDO COMEÇOU

Supor que a matemática e a música possuem laços profundos desde a antiguidade não é novidade. Entretanto, não se sabe ao certo quando e baseado em que o homem começou a relacionar formalmente a matemática com a música, mas será que existem apenas suposições? Essa ideia é que será desenvolvida ao longo desta investigação. Entre as várias suposições, podemos citar que esta relação teria sua origem na observação dos diferentes tipos de sons produzidos no manuseio de um instrumento de caça denominado arco e flecha. Esse instrumento produzia determinado som devido a suas características, como por exemplo, comprimento, largura e tensão. Essa seria a suposição primitiva da existência de uma relação entre a matemática e a música (ABDOUNOUR, 2003).

É evidente que a música é uma arte que possui estreitas relações com o tempo, e, portanto, com os números e consequentemente com a matemática, uma vez que quase todos os povos manifestaram-se por meio desta arte. Larissa Suarez Peres (2007), em seu trabalho de Conclusão de Curso: Matemática e Música: em busca da harmonia pela Universidade do Grande ABC, afirma que a música já se expressava na mitologia grega, cujo canto era acompanhado da lira no ato de amansar feras. A matemática é uma ciência que trata das medidas, propriedades e relações de quantidades e grandezas; também se faz presente desde os tempos mais remotos, como por exemplo, na contagem de objetos.

Tem-se que o primeiro experimento científico da matemática foi uma arte e fazendo parte deste registro, encontramos o filósofo matemático Pitágoras. Durante muito tempo, filósofos e artistas imaginaram o universo como um

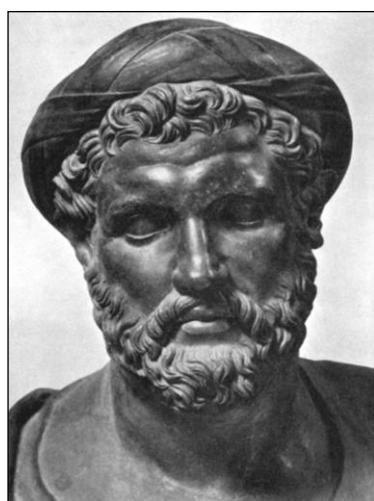
mecanismo perfeitamente organizado segundo regras que podiam ser apresentadas tanto matematicamente como musicalmente. De fato, muitos deles não estavam errados, pois a Música e a Matemática se entrelaçam, isto é, possuem vários pontos em comum, que explicitaremos no decorrer desta pesquisa.

Os gregos foram os primeiros a registrarem as relações existentes entre a Matemática e a Música. Já no primeiro registro da ciência com o filósofo-matemático Pitágoras, por volta do século V a.C., podemos identificar várias histórias que tentavam relacionar a música e a matemática. Nesta investigação trabalharemos baseados no experimento que deu início a essa relação, que foi o comprimento de corda, quando Pitágoras, esticando uma corda, puxou-a e observou que produziu som; depois, passou a dividir a corda em partes, pegou a quarta parte, depois pegou a metade e por fim três quartos da corda. A partir desse experimento produziu, uma escala musical, levando assim a primeira relação entre a matemática e música através de frações.

Com isso, a matemática mostrou-se imprescindível para que a música evoluísse em diversos aspectos, assim como na construção de sistemas musicais e também aspectos relacionados à acústica digital, entre outros.

2.2 PITÁGORAS E O EXPERIMENTO DO MONOCÓRDIO

Figura 1: Busto de Bronze de Pitágoras (séc. VI AC)



O primeiro registro associando Música e Matemática ocorre por volta do século VI a.C., na Grécia Antiga, na escola Pitagórica. Sendo a biografia de Pitágoras (570 – 496 a.C.), (Figura 7), baseada em lendas, na afinidade entre essas duas disciplinas matemática e música não poderia ser diferente. Uma das lendas conta que ao passar em frente a uma oficina de ferreiro, ouviu o som de cinco martelos batendo numa bigorna. Pitágoras percebeu que as batidas dos martelos eram agradáveis ao ouvido e se combinavam muito bem devido à diferença de suas massas. Outra lenda conta que Pitágoras encheu uma urna com água e a golpeou com um martelo, produzindo uma nota musical. Se removesse a metade da água e golpeasse a urna novamente, a nota teria subido uma oitava. Sempre que ele removia mais água, deixando apenas um terço, depois um quarto, as notas produzidas soavam em harmonia à primeira nota. Estas lendas estão ilustradas na Figura 2, conforme podemos observar.

*Figura 2: Ilustração de Franchinus Gafurius (*Theorica musicae*, 1492), da descoberta de Pitágoras das proporções das consonâncias*



Outra lenda que vamos tratar é o comprimento de corda, onde Pitágoras, esticando uma corda, passou a analisar o som que era produzido por meio de sua vibração. Ele mostrou que ao dividir a vibração bem no meio da corda, a cor do som

era a mesma da produzida com a corda solta, só que uma oitava acima, ou seja, com o som mais agudo. Com este exemplo podemos supor que Pitágoras, falando de música e número, fez música através de frações. Isto fez com que os pitagóricos descobrissem que a altura de uma nota musical dependia do comprimento da corda que a produz.

Para pesquisar estes sons, Pitágoras construiu um instrumento, mais tarde chamado de monocórdio (mono = um e córdio = corda). Trabalhando com frações desta corda, descobriu relações muito interessantes entre uma nota e outra. Verifica-se a influência da escola pitagórica como marco inicial na relação entre as duas ciências. O comprimento da corda é que determina a altura do som, se grave ou agudo.

A maior realização de Pitágoras na conexão Matemática e Música teria sido a descoberta dos intervalos de consonância¹, no qual afirmava que uma oitava, uma quinta e uma quarta referiam-se, respectivamente, a $1/2$, $2/3$ e $3/4$ da corda inteira do monocórdio, instrumento utilizado nos experimentos de Pitágoras.

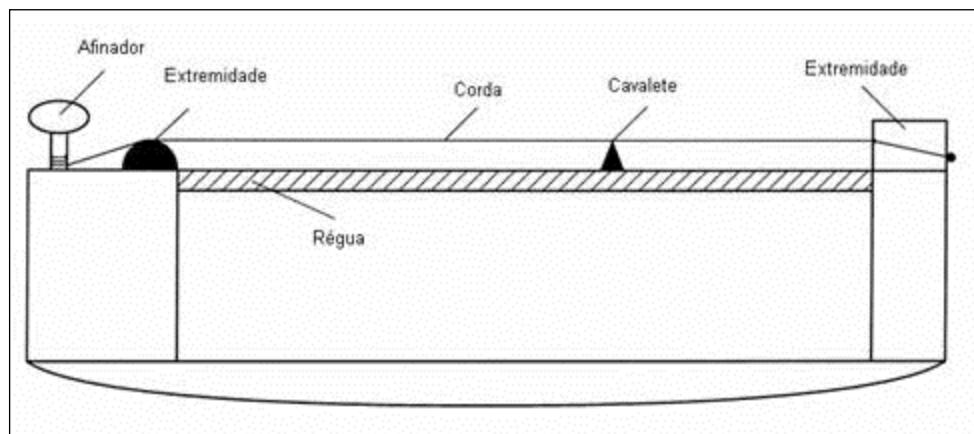
O monocórdio é um instrumento composto por uma única corda estendida entre dois cavaletes fixos sobre uma prancha ou mesa possuindo, ainda, um cavalete móvel colocado sob a corda para dividi-la em duas partes (ABDUNOUR, 2003).

Pitágoras avançou significativamente na conexão dessas duas áreas e estabeleceu a primeira teoria matemática da música: a frequência de uma corda vibrando é proporcional ao seu comprimento. As relações matemáticas entre os sons explicam que notas ou intervalos são aqueles que reconhecemos como ruídos. Todo som é, na verdade, uma onda sonora que se propaga no ar em uma determinada frequência, uma pulsação. Quando tocamos duas notas estamos combinando frequências distintas, pois cada nota tem uma frequência. Através da teoria matemática da música, se tirarmos duas notas iguais de diferentes alturas, teremos uma proporção de $1/2$, ou então, teremos um pulso para a primeira nota e dois pulsos para a segunda nota, tendo assim a mesma proporção de $1/2$. Se combinarmos as notas Dó e Sol, teremos dois passos (pulsos) para Dó e três para o Sol, tendo a relação de $2/3$. Dó para Fá gera a fração de $3/4$, formando assim os intervalos mais agradáveis ao ouvido humano, chamados sons consonantes, tendo

¹ Do latim *consonare*, significando “soar junto”, proporciona uma sensação de repouso e estabilidade.

assim frações simples de $1/2$, $2/3$, $3/4$. A partir destas relações, descobriu que um intervalo de um tom deveria corresponder a $8/9$ do comprimento de corda, levando assim à descoberta dos intervalos das segundas ($8/9$), terças ($81/64$), sextas ($16/27$) e sétimas ($128/243$). Na Figura 3, tem-se uma ilustração de um monocórdio para melhor entendimento do referido instrumento.

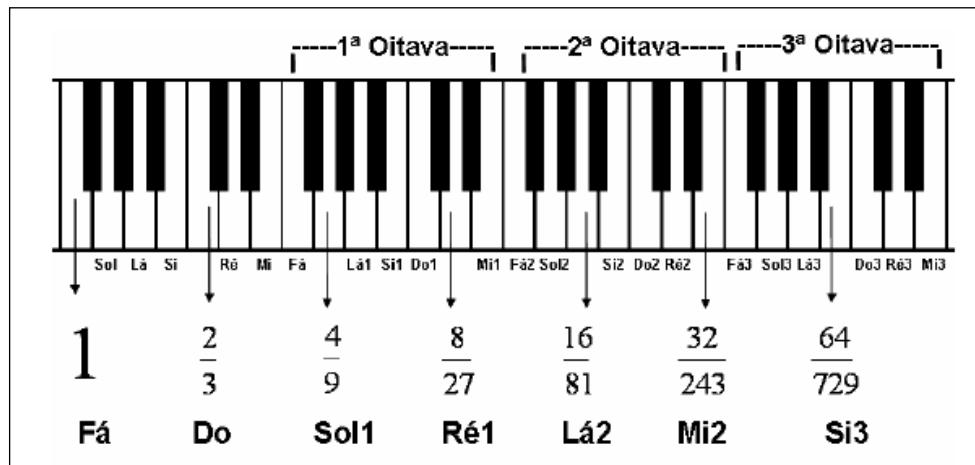
Figura 3: Esquema do monocórdio.



Os pitagóricos observaram que notas diferenciadas por intervalos de oitava apresentavam certa semelhança, podendo ser definida como uma classe de equivalência, onde duas notas tornam-se equivalentes se o intervalo existente entre elas for um número inteiro de oitavas, podendo reduzir distintas oitavas a apenas uma, possuindo assim notas equivalentes em todas as outras oitavas e na oitava de origem (ABDOUNUR, 2003).

Logo após, estes teriam então que dividir esta oitava em sons que determinassem o alfabeto sonoro. E isto foi possível pela simplicidade nas razões de quintas e oitavas, possibilitando aos pitagóricos a construção de uma escala com sete notas, através de sucessivas divisões de quintas, como mostra a Figura 4 abaixo, que apresenta um modelo de teclado facilitando a visualização da distribuição dos intervalos.

Figura 4: Modelo de Teclado



Então, ainda da Figura 4 podemos formar a sequência de notas Fá, Dó, Sol, Ré, Lá, Mi e Si, constituídas de quintas puras (são consonâncias perfeitas que são agradáveis ao ouvido, partindo dos intervalos formados através das frações, sendo o numerador e o denominador formados por números próximos). Colocamos agora na ordem Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si. Iniciando agora com a nota Dó e atribuímos o seu comprimento 1. $\frac{2}{3}$ de Dó corresponde a uma quinta ascendente de Dó, (Dó, Ré, Mi, Fá, Sol), resultando, portanto, a nota Sol. $\frac{2}{3}$ de Sol (Sol, Lá, Si, Dó₁, Ré₁) corresponde ao Ré₁, ou seja, $(\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{9})$, estando este Ré₁ uma oitava acima do Ré₀, o que significa que seu comprimento foi dividido ao meio. Para reescrevê-lo após o Dó₀, precisamos, então, dobrar o comprimento dele, $(\frac{4}{9} \times 2 = \frac{8}{9})$. $\frac{2}{3}$ de Ré₀, (Ré₀, Mi₀, Fá₀, Sol₀, Lá₀) corresponde ao Lá₀, ou seja, $(\frac{2}{3} \times \frac{8}{9} = \frac{16}{27})$. $\frac{2}{3}$ de Lá₀, (Lá₀, Si₀, Dó₁, Ré₁, Mi₁) corresponde ao Mi₁, ou seja, $(\frac{2}{3} \times \frac{16}{27} = \frac{32}{81})$. Transpondo este Mi₁ para a oitava inicial Mi₀, teremos, portanto, o comprimento $\frac{64}{81} \cdot \frac{2}{3}$ de Mi₀, (Mi₀, Fá₀, Sol₀, Lá₀, Si₀), ou seja, $(\frac{2}{3} \times \frac{64}{81} = \frac{128}{243})$. E, para o Fá, uma quarta ascendente, $\frac{3}{4}$

. Temos, portanto, a primeira escala musical, com as seguintes proporções, conforme a Tabela 1:

Tabela 1: escala musical representando às proporções referentes às quintas

	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó ₁
Razão a partir de Dó	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{1}{2}$

Podemos concluir que, qualquer que seja o número de sucessivas quintas, o som resultante nunca poderá ser obtido por sucessivas oitavas aplicadas a este som inicial. Em símbolos:

$$\left(\frac{2}{3}\right)^m \neq \left(\frac{1}{2}\right)^n, \quad \forall m, n \in \mathbb{N}.$$

De fato, se $m=3$ e $n=3$, então temos que $\left(\frac{2}{3}\right)^3 \neq \left(\frac{1}{2}\right)^3$, pois

$$\left(\frac{2}{3}\right)^3 = \frac{8}{27} \text{ e } \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$$

Musicalmente falando, se tivermos Dó e buscarmos três vezes a quinta acima teremos:

$$\text{Dó} - \text{Sol} \quad \text{Sol} - \text{Ré}_1 \quad \text{Ré}_1 - \text{Lá}_0$$

Se pegarmos o mesmo Dó e elevarmos o mesmo número de quintas ou mais ou menos, teremos:

$$\text{Dó} - \text{Dó}_1 \quad \text{Dó}_1 - \text{Dó}_2 \quad \text{Dó}_2 - \text{Dó}_3$$

Desta forma, fica evidenciada a expressão acima.

2.3 ARQUITAS DE TARENTO

Arquitas de Tarento (428 - 347 a.C.), considerado o mais ilustre dos matemáticos pitagóricos, foi o primeiro a utilizar o cubo em geometria e ampliar a matemática às disciplinas técnicas como a geometria, aritmética, astronomia e acústica.

Ele foi um dos mais admiráveis músicos do período clássico grego. Destacou-se ainda por acreditar que a música deveria assumir uma função mais respeitável que a literatura na educação das crianças. Para os pitagóricos, Arquitas trabalhou na paisagem sonora, pois para ele a teoria musical dividia-se no estudo da natureza das propriedades dos sons, no estabelecimento e no cálculo, respectivamente, de intervalos musicais e proporções musicais.

Diante do exposto, Arquitas desenvolveu uma teoria para a natureza do som com implicações imediatas à música, na qual relacionou força e velocidade com o som da altura musical – quanto mais forte e rápido um movimento, mais agudo o som produzido (ABDOUNUR, 2003). O pensador tarentino parece ter sido um dos primeiros a caracterizar o fenômeno sonoro como resultado de pulsações de ar que produziam sons mais agudos à medida que se tornavam mais rápidos.

Arquitas trabalhou vários aspectos relacionados à matemática e à música; um deles trata-se das consonâncias. Entre outros, existe o fato de que ele tenha mudado o antigo conceito da média harmônica, através do comprimento da corda inteira relativo à quinta, provado por Pitágoras. Ele desenvolveu tal processo calculando o comprimento da corda recíproco a um intervalo de terça maior acima de uma determinada nota como a média harmônica, calculando assim a fração da

corda inteira que produzia o intervalo de terça referente à $\frac{4}{5}$. A diferença entre

Pitágoras e Arquitas nesse experimento é que Pitágoras calculava frações subjacentes à escala utilizando apenas percursos por quintas. Já Arquitas considera fortemente cálculos de médias aritméticas e harmônicas na geração do seu sistema musical. O pensador tarentino redistribuiu as relações de comprimento, obtendo

diferentes frações tais como $\frac{4}{5}$ correspondente ao intervalo de terça, passando

agora a ser um intervalo consonante. A Tabela 2 abaixo, apresenta o esquema de consonâncias realizado por Arquitas:

Tabela 2: Escala musical representando às proporções referente as quintas depois das modificações feitas por Arquitas

	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Sí	Dó ₁
Razão a partir de Dó	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$

2.4 FILÓSOFOS, MATEMÁTICOS, MÚSICOS E PENSADORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA A RELAÇÃO MÚSICA X MATEMÁTICA

Nesta seção, apresentaremos de forma sucinta alguns filósofos, matemáticos e músicos que contribuíram para o estreitamento da matemática com a música:

♪ Eratóstenes (284 – 202 a.C.)

Elaborou a diferenciação entre intervalos calculados aritmeticamente de intervalos calculados pela razão.

♪ Boetius (480-524 d.C.)

Seu tratado apoia-se na doutrina pitagórica das consonâncias e faz uso da matemática para racionalizar as consonâncias musicais e o princípio da divisão do monocórdio.

♪ Euler (1707 – 1783)

Euler tentava transformar a teoria musical em parte da matemática e deduzir, de maneira ordenada, a partir de princípios corretos, tudo o que poderia se encaixar e tornar a mistura de tons agradáveis, acreditando assim que os números primos eram o que estava por trás da beleza de certas combinações de notas (Du Sautoy, 1965, p. 87).

 *Gioseffe Zarlino (1517 – 1590)*

Preocupou-se com a razão das consonâncias perfeitas, mostrando o pioneirismo no reconhecimento de tríades em termos harmônicos enquanto falava-se apenas em intervalos.

 *Kepler (1571- 1630)*

Matemático, astrônomo e filósofo, julgou insatisfatória a experiência de Pitágoras com o monocórdio para o estabelecimento de intervalos consonantes. Dentre suas contribuições em música, Kepler defendia a existência de escalas peculiares a cada planeta, que soavam como se estes cantassem simples melodias, relacionando para isso, velocidade dos planetas às frequências emitidas. (ABDOUNUR, 2003).

 *Rameau (1683 – 1764)*

Segundo o compositor a música, é a ciência dos sons. Portanto o som, é a principal matéria da música. Dividindo esta arte/ciência em harmonia e melodia, o teórico francês subordinou esta última à primeira, admitindo que o conhecimento de harmonia seja suficiente para a compreensão completa das propriedades da música.

 *Wolfgang Amadeus Mozart (1756 – 1791)*

A influência matemática na obra musical de Mozart foi expressa da numerologia² e da gematria³. Aprendê-las não é necessariamente tão difícil, pois ambas utilizam matemática básica.

 *Fourier (1768 – 1830)*

Foi educado numa escola militar e viveu sem rumo até os 13 anos de idade, quando ficou encantado pela matemática. Percebeu, melhor que qualquer outro matemático, como a fórmula de Riemann apreendia a música oculta dos primos. Fourier tentou entender a natureza dos gráficos que representam os fenômenos físicos.

² Estudo do significado oculto dos números e sua influência no caráter e no destino dos homens.

³ Método hermenêutico de análise das palavras bíblicas "somente" em hebraico, atribuindo um valor numérico definido a cada letra.

3 RELAÇÕES INTERDISCIPLINARES ENTRE MATEMÁTICA E MÚSICA

Nesta seção apresentaremos algumas das relações existentes entre a Matemática e a Música, de forma que possamos entendê-las através de figuras rítmicas, bem como a relação entre esses dois conhecimentos através do tempo e nos símbolos das notas musicais.

Esse trabalho está relacionado às discussões que envolvem o ensino e a aprendizagem da música com o auxílio da matemática. Assim, ele está voltado para o campo da educação musical, com olhar mais situado na questão que envolve o ensino utilizando conceitos e ferramentas originalmente da matemática.

Ao ouvir um acorde e uma perfeita sonoridade, a pessoa às vezes não percebe que existe uma inteira afinidade entre as duas disciplinas. Só que ao contrário do que muitos pensam, a matemática exerce, sim, um papel significante e fundamental para o aprendizado musical.

A matemática está fortemente ligada à duração das notas, obedecendo a um tipo de divisão fracionária; às distribuições das notas nas partituras dentro de cada compasso e aos símbolos das notas musicais que indicam a duração relativa que elas devem ser executadas. Na Tabela 3 abaixo temos os símbolos que representam as figuras rítmicas:

Tabela 3: Nome e simbologia das figuras rítmicas

FIGURAS	SÍMBOLO
SEMIBREVE	○
MÍNIMA	♪
SEMÍNIMA	♩
COLCHEIA	♪
SEMICOLCHEIA	♩
FUSA	♪

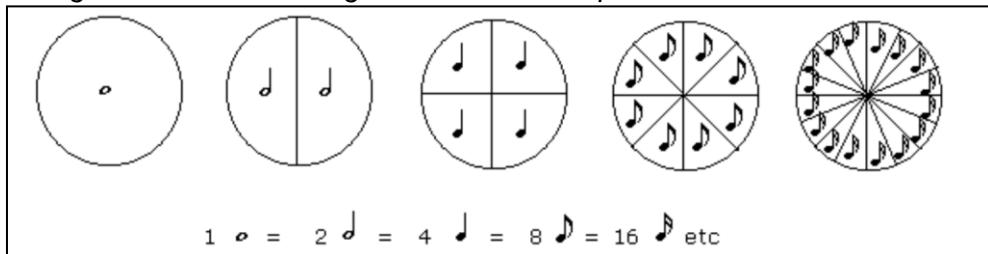
Na Figura 5, temos as figuras rítmicas com seus respectivos valores fracionários de tempo:

Figura 5: Figuras musicais com seus respectivos valores fracionários



Na Figura 6, temos uma ilustração didática das figuras musicais e suas respectivas frações:

Figura 6: Divisão das figuras em forma de pizza



A relação entre essas duas áreas do saber na nossa História vem, apresentar um cenário intercultural, em que tais relações se apresentam em diferentes espaços e tempos. O valor da Matemática na Música se manifesta numa concepção essencial do que é som musical e do que é ritmo. Através de relações matemáticas bem precisas, podemos produzir sons, criando nossas músicas e, quando associados de determinadas maneiras, podem produzir resultados agradáveis aos nossos ouvidos. Por outro lado, a maneira como ouvimos os sons em nossas músicas também segue regras matemáticas.

Além disso, a questão rítmica obedece a um tipo de divisão fracionária cuja característica sempre está acoplada a um determinado gênero artístico ou a um tipo de cultura.

Numa aula de Música, podem-se criar oportunidades para tais descobertas, de forma que se possa produzir prazer durante sua execução, ou seja, divertir o praticante de forma lúdica e prazerosa, seja pela experimentação do som, pelo manuseio de instrumentos ou pelo uso da própria voz, em ritmos diversos.

Tanto a Matemática como a Música possuem métodos de símbolos que nos permitem proferir os padrões que criamos ou descobrimos.

Esse fato é evidenciado na fala de uma estudante do curso de Licenciatura em Música da UFMA, quando lançamos o seguinte questionamento: *Pode a Música auxiliar no interesse do aluno pela Matemática?*

Com certeza e acho que se tem como objetivo principal apresentar ao professor do ensino fundamental, médio e superior a possibilidade de iniciar o aluno na compreensão das relações entre os elementos que compõem a Música e a Matemática, de maneira simples, desenvolvendo a habilidade de contar (quer das notas, quer dos tempos) analisando os símbolos e dando significado a cada um deles. (Estudante do curso de Licenciatura em Música da UFMA).

3.1 O DIÁLOGO ENTRE A MATEMÁTICA E A MÚSICA POR MEIO DE INSTRUMENTOS MUSICais

Um músico, ao tocar uma nota em seu instrumento, está originando diversos sons harmônicos ou sons parciais. Esses harmônicos possibilitam que cada instrumento possua seu som característico, conhecido como o timbre. Cada instrumento possui uma propriedade que nos possibilita perceber a fonte sonora. É uma espécie de identidade sonora, que chamamos de timbre. Ele está relacionado aos diversos sons harmônicos originados a partir da produção de um som por determinado instrumento musical.

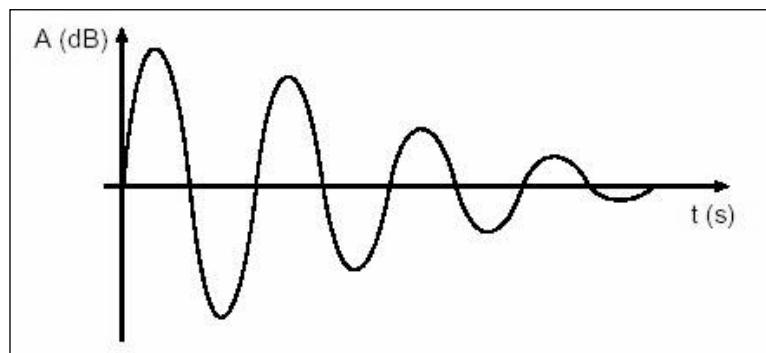
Para esclarecermos esse assunto, abordaremos aqui dois instrumentos musicais: o *clarinete* (Fig. 7), que é um instrumento de sopro, e um *violino* (Fig. 8), que é um instrumento de corda friccionada.

O clarinete toca somente harmônicos produzidos por harmônicos ímpares: $\frac{1}{3}, \frac{1}{5}, \frac{1}{7}, \dots$ Por outro lado, o violino, com sua corda friccionada, vibra de modo a criar todos os harmônicos que Pitágoras produziu, que correspondem às frações $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots$ Isso ocorre devido à característica física de cada instrumento.

Figura 7: Figura ilustrativa do clarinete*Figura 8: Figura ilustrativa do violino*

Através dos estudos de Euler sobre os números primos, Marcus du Sautoy (1965) pode concluir que, como o som da vibração da corda do violino era a soma infinita da nota fundamental e de todos os harmônicos possíveis ($1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots$), essa soma infinita ficou conhecida como série harmônica⁴.

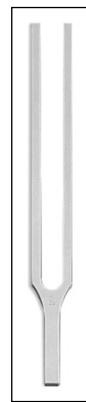
Por outro lado, os harmônicos produzidos pelo clarinete são diferentes dos do violino. Logo, o gráfico que representa seu som é composto por ondas senoidais, que oscilam com diferentes frequências.

Figura 9: Gráfico da onda senoidal da corda do violino.

⁴ O conjunto de ondas composto da frequência fundamental e de todos os múltiplos inteiros desta freqüência.

Se um violino tocar a mesma nota que um diapasão (Fig. 10), o som será muito diferente, uma vez que a corda do violino não vibra somente na frequência fundamental (determinada por seu comprimento), mas também depende do corpo e da massa da corda.

Figura 10: Figura ilustrativa do Diapasão



Portanto, podemos mostrar aos nossos alunos, através de instrumentos musicais e figuras que fazem parte do campo musical, as relações entre essas duas disciplinas para conhecerem de que modo e em que medida a matemática se faz presente na música. Os conhecimentos poderão ser utilizados para melhorar a compreensão dos conteúdos musicais e enriquecer as aulas, aproximando também o aluno da matemática.

3.2 POSSIBILIDADES EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DA MÚSICA: A MATEMÁTICA COMO AGENTE FACILITADOR

Neste tópico, mostraremos de maneira sucinta a música como agente facilitador da aprendizagem matemática através de atividades educacionais, por entendermos que a música pode ser utilizada como uma ferramenta que proporciona uma compreensão mais eficaz de alguns conceitos e/ou conteúdos da matemática, o que possibilitaria ao educando uma melhor articulação deles para a solução de problemas matemáticos do seu cotidiano. Para tanto, pretendemos abordar os métodos existentes de ensino da música que utilizam o suporte do conhecimento matemático, ressaltando as possibilidades educacionais das concepções aqui

apresentadas, abordando reconfigurações decorrentes de teorias didáticas desenvolvidas para o processo de estudo da matemática.

Entendemos que a relação Música e Matemática apresenta distintas qualidades no contexto educacional, tais como um possível conector entre campos afetivo e cognitivo, possibilitando ao aluno um contato com o conteúdo matemático, sem medo ou pré-conceitos equivocado.

A contribuição cognitiva para o processo de ensino-aprendizagem passa pelo reconhecimento de que o aluno não é mero receptor passivo de informação; é ativo e construtivo sobre os processos psicológicos envolvidos em sua aprendizagem, que é um dos maiores objetivos da perspectiva cognitiva: ajudar os alunos a se organizarem e a controlarem a própria aprendizagem, isto é, aprender a aprender.

A afetividade, por sua vez, é a base para qualquer ato significativo e vital de cada indivíduo. Segundo Juliani (2008), a cognição é profundamente necessária. Caso contrário, não teríamos a compreensão de nada e nem desenvolveríamos tecnologias que produzissem bens para suprir nossas necessidades, sejam elas quais forem. Mas ela se assenta sobre o portal da afetividade, que nos permite fazer bem o que fazemos.

Pensar a relação Matemática/Música nos remete à forma de estudar que vai de encontro à concepção baldista de acúmulo de informações, trabalhada de forma em que os alunos apenas repetiam aquilo que o professor ensinava, mas sem a sua devida compreensão (aprendizagem de memória), como se com isso o educando pudesse se desenvolver.

A Teoria de Inteligências Múltiplas, desenvolvida por Howard Gardner, é uma alternativa para o conceito de inteligência como uma capacidade que vem desde o seu nascimento, que permite aos alunos atuarem em qualquer área com maior ou menor desempenho. Trouxe profundas e definitivas transformações na Educação. Segundo esta Teoria, cada ser humano possui, pelo menos, oito inteligências: linguística, lógico-matemática, musical, espacial, corporal-sinestésica, naturalista, interpessoal e intrapessoal. Portanto, cada pessoa pode se expressar melhor valendo-se predominantemente de uma ou de um grupo de inteligências, o que muda a forma de como enxergar o aluno e o próprio educador (ABDOUNOUR, 2003, p. 95).

A capacidade de aprender é uma das características humanas universais. O processo pelo qual a aprendizagem se desenvolve é muito complexo e é a partir destes pressupostos que apresentaremos no apêndice A um modelo de aprendizagem da Música através da Matemática.

4 COLETA E ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS COM OS PROFESSORES DA EMEM/UFMA/UEMA

Nesse estudo, os professores irão compreender a relação interdisciplinar existente entre os conteúdos de Música e Matemática utilizadas para o Ensino e ainda elaborar propostas pedagógicas adequadas ao Ensino que congreguem as analogias e similaridades existentes nessa relação, além de discutir a relação histórica entre a Música e a Matemática desde a antiguidade e analisar possíveis contribuições dos conceitos matemáticos na elaboração de atividades pedagógicas de música.

Alguns professores de música fazem o uso da matemática como recurso didático, uns de maneira involuntária e outros de maneira voluntária, tendo assim mais propriedade para falar dessa relação, pois já utilizam em sala de aula. Esse estudo possuirá uma abordagem essencialmente qualitativa, valendo-se também de alguns aspectos de caráter quantitativo. Sendo assim, os métodos de pesquisa utilizados foram questionários e entrevistas, além de notas de campo.

O universo da pesquisa foi constituído pelas principais Instituições de ensino musical localizadas no Maranhão, a saber: Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e Escola de Música do Estado do Maranhão Lilah Lisboa (EMEM).

Os participantes desse estudo foram professores das instituições selecionadas, contemplando pelo menos um professor de cada disciplina coletiva ou de instrumento no ano de 2013.

4.1 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

- *Pesquisa bibliográfica:* análise de referenciais teóricos relacionados à Música, à Matemática, à Educação, dentre outras. Em nossa revisão bibliográfica procuramos delinear as relações que estão presentes entre a Matemática e a Música, baseando-nos no levantamento de teses, dissertações, artigos e livros específicos sobre a relação Música/Matemática e temas afins, com o intuito de constituir um marco teórico consistente e atual, que permita não só analisar os dados coletados, como também dimensionar nossas descobertas para universos mais amplos do ensino de música no país;

- Elaboração de questionários e aplicação destes a professores das instituições selecionadas. Esses questionários foram elaborados expressamente para essa investigação.

4.2 PROCEDIMENTO

A realização desta pesquisa seguiu o seguinte procedimento:

- a) Levantamento da bibliografia;
- b) Revisão e análise do referencial teórico;
- c) Seleção das instituições e professores participantes;
- d) Contato com os professores das instituições selecionadas;
- e) Visita às instituições selecionadas;
- f) Aplicação de questionários aos professores selecionados para a pesquisa;
- g) Organização e catalogação dos dados coletados, ordenando-os por instituição;
- h) Categorização dos questionários aplicados por blocos de respostas previamente estruturadas para alcançar os objetivos dessa pesquisa;
- i) Análise dos dados coletados;
- j) Redação do trabalho de conclusão de curso.

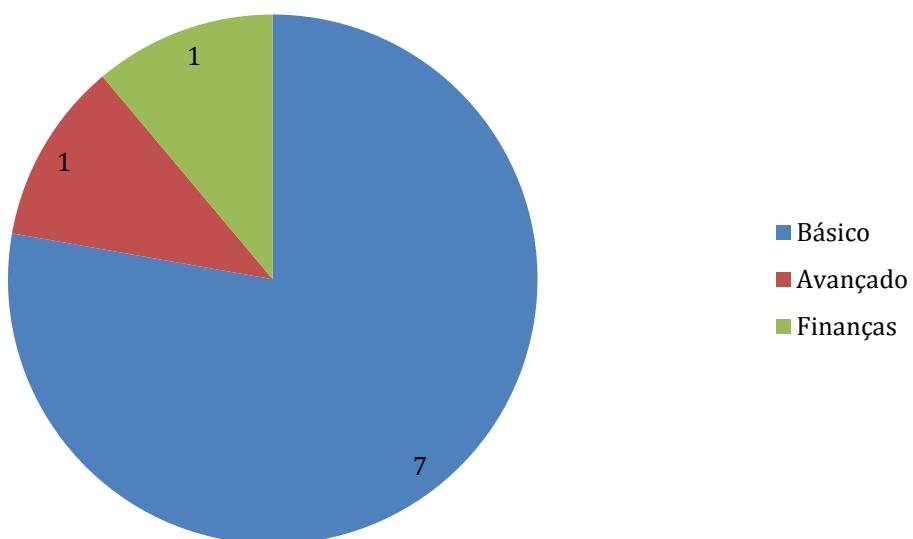
5 RESULTADOS

Esta parte do trabalho é destinada à análise dos questionários aplicados junto aos professores das três instituições participantes. Em dezembro de 2013, foram entrevistados nove professores, sendo cinco professores da Escola de Música, três da UFMA e um da UEMA. Este trabalho contou apenas com os professores que, quando procurados pelo pesquisador, demonstraram interesse e disponibilidade para participar desse estudo.

O objetivo do questionário foi identificar se os professores de música das instituições conhecem algum tipo de relação existente entre Música e Matemática e se os mesmos aplicam ou já aplicaram a matemática conscientemente na aula de música.

Dividimos esse tópico em quatro gráficos: Relação dos entrevistados com a matemática, a relação entre Música e a Matemática, utilização da matemática na aula de música e com quais conteúdos e, finalizando, a contribuição da música no aprendizado da matemática e de outras disciplinas.

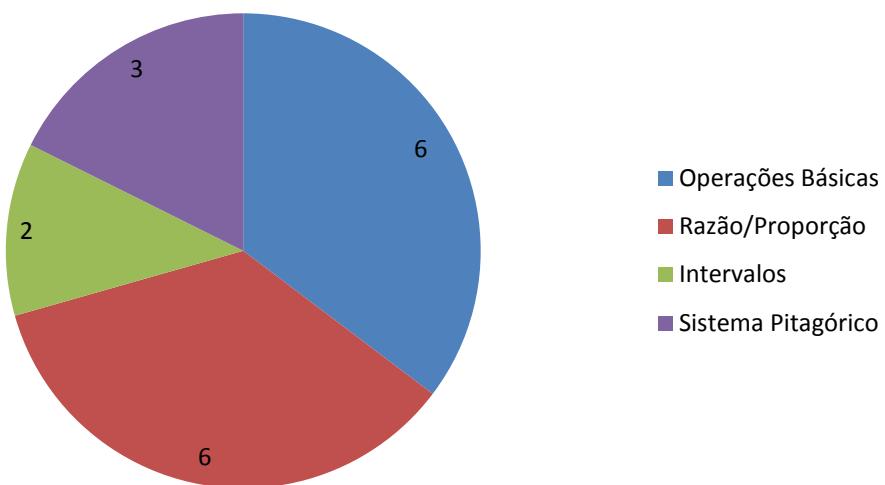
Figura 11. Relação estabelecida entre participante e os conhecimentos matemáticos



Neste primeiro tópico, os entrevistados falaram sobre suas relações estabelecidas com os conhecimentos matemáticos. Sete dos nove entrevistados

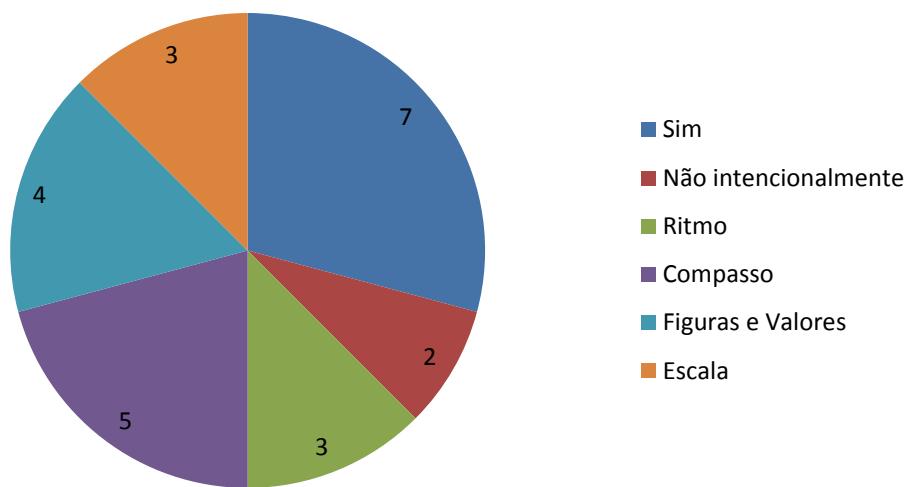
falam que sua relação é apenas básica, somente quando estavam na escola que tinha a disciplina obrigatória. Apenas um deu continuidade aos estudos passando para um nível mais avançado e outro utiliza a matemática para resolver problemas de finanças no seu dia-a-dia.

Figura 12. Conteúdos matemáticos relacionados à música



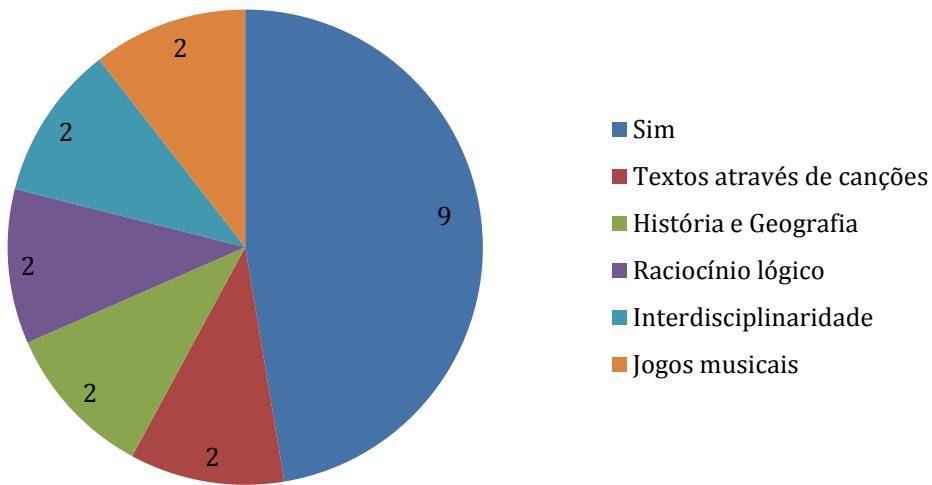
Na figura 12 apontamos alguns conteúdos matemáticos que estão relacionados à música. Alguns tiveram mais de uma resposta. Seis dos entrevistados tratam as operações básicas (adição, subtração, multiplicação, divisão) dentro das atividades musicais. Ainda na razão/proporção (Fração), seis também utilizam em sala de aula, enquanto duas pessoas tratam os números inteiros através de intervalos para entendimento da aula e três mostram que existe uma relação entre harmônicos, desenvolvidos os cálculos por Pitágoras.

Figura 13. Utilização de conteúdos matemáticos durante as aulas de música



Neste último gráfico, foram abordados a utilização de conteúdos matemáticos durante as aulas de música. Sete dos entrevistados conscientemente utilizam os conteúdos matemáticos durante as aulas de música, enquanto apenas dois não utilizam ou não estão utilizando de forma intencional. Para uma aula de ritmo, três professores utilizam a matemática para um melhor entendimento. Já para a aula de figuras e valores, quatro dos professores ministram a sua aula com algum conteúdo matemático, por exemplo a fração. Para a aula de compasso, dos nove entrevistados, cinco utilizam matemática na aula de música. Já para a aula de escala apenas três.

Figura 14: A música pode contribuir para o aprendizado da matemática e de outras disciplinas



Abordando a questão com relação à música contribuindo para o aprendizado da matemática e de outras disciplinas, todos os entrevistados responderam que sim, que a música contribui significativamente para esse aprendizado, mas em primeiro lugar deve ter como objetivo ser ensinada para a sua própria compreensão e só depois de maneira interdisciplinar pensar nas outras disciplinas. Apontaram diversas formas como pode ser colaborado. Apontamos algumas, como na área da gramática com textos tanto em português quanto em inglês através de canções onde duas pessoas mencionaram. Matematicamente, através do raciocínio lógico, onde dois professores apontaram como fator importante, além dos jogos musicais, e finalizando, as questões históricas/geográficas que também contribuem significativamente para esse aprendizado.

6 CONCLUSÃO

O ensino da música pode contribuir para o ensino da matemática na medida em que a música possa servir de exemplos práticos para a aplicação no ensino da matemática. A série de Fourier, ou outras funções periódicas, podem utilizar características timbrísticas dos instrumentos para exemplificar algumas aplicabilidades desses conteúdos matemáticos.

A música, além de ser um sistema cultural socialmente adquirido, seu processo de aquisição se configura como uma atividade mental que facilita a concentração e desenvolve o raciocínio de forma mais rápida, desenvolve as percepções auditiva e tátil, aumenta a autoestima, etc. Por isso, estudos demonstram que crianças que estudam música apresentam maior desempenho na escola em geral, principalmente nos conteúdos matemáticos. No entanto, a interdisciplinaridade deve ser praticada de forma consciente, visando facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

Através de jogos musicais, vivenciando contexto musical de outras regiões e nacionalidades, frequentando shows musicais, aprendendo a utilizar um instrumento alheio à nossa cultura, entendendo o porque de cada situação, etc., sempre com propósitos definidos para fins de aprendizado da disciplina em questão.

Além disso, o conhecimento da matemática influenciou também na compreensão de conceitos musicais dos entrevistados.

O conhecimento matemático influenciou sempre que houve a possibilidade de correlacionar o conteúdo matemático ao conceito musical que estava sendo estudado. Defende-se a contextualização dos conceitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

Na assimilação dos conceitos de Linguagem e Estruturação Musical, os conceitos matemáticos pré-concebidos facilitaram a compreensão, lembrando que Linguagem e Estruturação Musical são apenas uma das muitas áreas de conhecimento da música.

Números (nos graus das escalas, intervalos, arpejos etc.); fração, nas diversas formas de compassos; cálculos usando operações para encontrar fórmulas de compasso; cálculos com formulas mais complexas no estudo da acústica, além de uma melhor compreensão dos sistemas de afinação, nesse caso o que usamos (Sistema Pitagórico), facilitaram na compreensão de ritmos avançados e na teoria musical de Pitágoras.

Através desta investigação, percebemos que a relação Matemática e Música existiu no passado, existe no presente e, possivelmente através desta, proposta existirá no futuro. A importância de influências, como a música, é muito rica para o ensino de matemática, mas o interessante é que para fazer uma conexão entre essas duas disciplinas, devemos conhecer o interior de cada uma delas. A partir daí é que conhecemos os fatos históricos de cada uma dessas disciplinas.

Com a proposta de ensino defendido nesta pesquisa, a matemática através da música pode ser uma ferramenta poderosa quando envolvemos a música no processo ensino-aprendizagem da Matemática, quer como técnica de relaxamento, ou meio de facilitar a memorização de conceitos, ou contextualizando conhecimentos.

Através do experimento científico de Pitágoras, este obteve a primeira relação existente entre a Matemática e a Música, que foi a de relacionar frações e, através de uma proposta de ensino, apresentamos algumas atividades, trabalhando frações e alguns teoremas musicais para facilitar a aprendizagem matemática e usando as figuras rítmicas para aprender frações. O Ensino da Música também exige um certo rigor, uma concentração, necessita de regras com seu arranjos, seus tempos e ritmos, porém pode contribuir de maneira significativa em sala de aula.

Não só a música, mas também outras disciplinas possuem alguma relação com a matemática. Estudos até chegaram a comentar sobre essas relações, que podem ajudar ao educando no dia-a-dia. Então o que devemos fazer é levar o educando a ter um maior e melhor incentivo na área da matemática.

Música e Matemática, em um conceito de interdisciplinaridade, podem dar suporte a diversas áreas do conhecimento. A música, como expressão artística, trouxe consigo, historicamente, mudanças estéticas e estilísticas, desenvolvendo-se técnica e intuitivamente conceitos ligados ao fazer “musical” (filosófico, social, físico, aritmético, linguístico, etc...). Em suma, música é um substrato e também um conjunto de diversos “eventos” que estão interligados. Não existe música sem outras “matérias”. Já a matemática como ciência está presente em tudo que se baseia em proposições para chegar a conclusões teóricas de pensamento para reconhecer, classificar e explorar padrões.

A matemática entra no cenário desde o experimento de Pitágoras até os dias de hoje. Cabe observar ainda que, na pesquisa em questão, não se pretende fazer com

que a matemática possa explicar totalmente a música, mas sim estudar suas possíveis aplicações na construção do processo de ensino e aprendizagem musical.

REFERÊNCIAS

- ABDOUNUR, Oscar João. **Matemática e música: o pensamento analógico na construção de significados** - 3. ed. - São Paulo: Escrituras Editora, 2003.
- ANTÔNIO, S. **Educação e Transdisciplinaridade:** crise e reencantamento da aprendizagem. Rio de Janeiro: Lucerna 2002.
- BASTOS, Heloisa F. B. N.; et al. Modelização de situações-problema como forma de exercer ações interdisciplinares em sala de aula. In: XVI ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DO NORTE E NORDESTE. 2003, São Cristóvão. Resumos... São Cristóvão: Editora UFS, 2003. v. 1. p. 1-10.
- BENNETT, R. **Uma breve história da música:** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1990.
- CAMPOS, Gean Pierre da Silva. **Música e matemática na educação:** é possível?. Vitória, Espírito santo: Faculdade de Música do Espírito Santo Maurício de Oliveira, 2012. 90p.
- CUNHA, N. P. da. **Matemática & música:** diálogo interdisciplinar. Recife, PE: Ed. Universitária da UFPE, 2006. 132 p.
- DEMO, Pedro. **Conhecimento moderno:** sobre ética e intervenção do conhecimento. Petrópolis: Vozes, 1998.
- DU SAUTOY, Marcus. **A música dos números primos:** a história de um problema não resolvido na matemática. Tradução Diego Alfaro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2007.
- FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Didática e interdisciplinaridade.** Campinas: Papirus, 1998.
- _____ (Org.). **Interdisciplinaridade:** história, teoria e pesquisa. 4. ed. Campinas: Papirus, 1994.
- FRIGOTTO, G. A Interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. In: BIANCHETTI, L., JANTSCH, A. **Interdisciplinaridade:** para além da filosofia do sujeito. Petrópolis, RJ: Vozes. 1995. p. 20- 62.
- GRANJA, Carlos Eduardo de Souza Campos. **Musicalizando a escola:** música, conhecimento e educação. São Paulo: Escrituras Editora, 2010.
- GARDNER, Howard. **Estruturas da Mente:** a teoria das inteligências múltiplas, Editora Artes Médicas Sul, [s.l]: [s.n], 2002.
- JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber.** Rio de Janeiro: Imago. 1976.

JULIANI, Juliana Pimentel. **Matemática e Música**. 2008. 85 f. Trabalho de Graduação. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2008.

LEINIG, Clotilde Espínola. **A música e a ciência se encontram**: um estudo integrado entre música, ciência e musicoterapia. Curitiba: Juruá, 2009.

LUCENA, I.C.R. Educação Matemática, ciência e tradição: tudo no mesmo barco. 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

LUCK, Heloisa. **Pedagogia interdisciplinar**: fundamentos teóricos metodológicos. 1ª ed. São Paulo: Vozes. 1994.

MED, Bohumil. **Teoria da Música**. - 4. ed. Ver. e ampl. -- Brasília, DF: Musimed, 1996

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais**, 1996. p.78.

MINGATOS, Danielle dos Santos. Matemática e Música a partir do Estudo do Monocórdio e de Figuras Musicais. Colégio Santa Catarina III BIENAL DA SBM – IME/ UFG - 2006. Disponível em: [http://www.mat.ufg.br/bienal/2006/poster/daniellemingatos.pdf.>](http://www.mat.ufg.br/bienal/2006/poster/daniellemingatos.pdf.). Acesso em: 9 dez. 2013.

PERES, Larissa Suarez. Matemática e Música: em busca da harmonia. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade do Grande ABC, [s.l], 2007.

PERRENOUD, Philippe. Construir as competências desde a escola. In: **Programas escolares e competências**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999. p. 35-52.

RATTON, Miguel. **Música e Matemática**: A Relação harmoniosa entre sons e números. Rio de Janeiro, 2009.

SIMONATO, A. L.; DIAS, M. P. M. A relação entre matemática e música. **Revista Fafibe**. São Paulo, ano 1, n.1,p. 1-6, Jul. 2005.

ZORZAL, Ricieri Carlini. Explorando master-classes de violão em festivais de música: um estudo multi-casos sobre estratégias de ensino. 2010. 223 f. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

APÊNDICE A - PROPOSTA DE ATIVIDADES

Nesta seção, mostraremos de forma concreta uma atividade de matemática para alunos da 6^a série do ensino fundamental que mostra a relação existente com a música.

No primeiro momento, devemos investigar na turma se há algum aluno que tem ou teve alguma vez aula de música, se tocam algum instrumento, pois se existe, o aluno deve apresentar sua experiência viva aos outros alunos para que possa motivá-los. Dentro dessa oportunidade, podemos trabalhar levando a música para a sala de aula através de aparelhos de sons, DVDs, partituras e instrumentos musicais.

Em seguida, faremos um breve comentário sobre o som, comentando suas principais características, para que os alunos possam assim distinguir o som grave do agudo, por sua duração, por ser forte ou fraco. O reconhecimento de ritmos, que é uma das características da música, vai ser muito importante para que possam interpretar os valores que irão apresentar-se na partitura. Partitura é uma sobreposição de um determinado número de pentagramas nos quais são escritas as partes de todos os instrumentos e/ou vozes que são executadas na obra. (MED, 1996, p. 261).

Os valores que vamos apresentar são as seguintes figuras:

Tabela 3: Nome e simbologia das figuras rítmicas.

NOME	FIGURA
SEMIBREVE	○
MÍNIMA	♩
SEMÍNIMA	♪
COLCHEIA	♫
SEMICOLCHEIA	♪
FUSA	♪

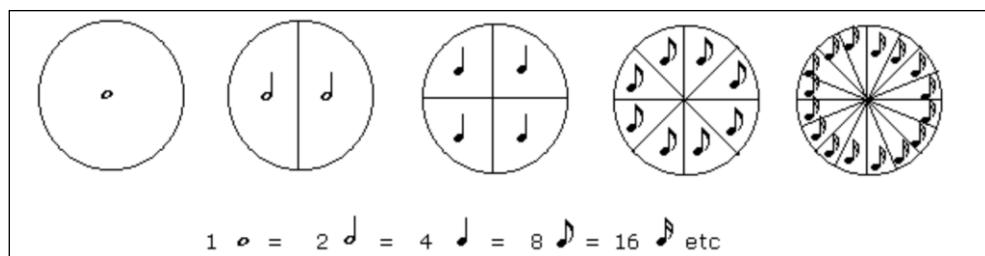
As figuras apresentadas estão em ordem e cada uma vale a metade do valor da antecedente. Supondo que a figura  represente a unidade de compasso, com duração de 1 segundo. Sendo assim, a  vai durar $\frac{1}{2}$ e a figura  terá duração de $\frac{1}{4}$.

Temos, como exemplo, também, que a figura  vale por duas , isto é,  = .

A figura  vale por duas , isto é,  = .

A figura abaixo nos mostra a divisão das figuras através da semibreve que é a figura de maior valor:

Figura 6: Divisão Proporcional dos valores.



ATIVIDADE 1: Complete o quadro abaixo:

FIGURA	NOME	VALOR	TEMPO EM SEGUNDO
	SEMIBREVE		1
	MÍNIMA		
	SEMÍNIMA		
	COLCHEIA		
	SEMICOLCHEIA		
	FUSA		

Resolução: Na atividade 1, a tabela traz as figuras em sequência e cada uma vale a metade da antecedente, como foi dito antes. Assim temos que:

FIGURA	NOME	VALOR	TEMPO EM SEGUNDO
○	SEMIBREVE		1
♩	MÍNIMA		$\frac{1}{2}$
♪	SEMÍNIMA		$\frac{1}{4}$
♫	COLCHEIA		$\frac{1}{8}$
♪♫	SEMICOLCHEIA		$\frac{1}{16}$
♪♫♩	FUSA		$\frac{1}{32}$

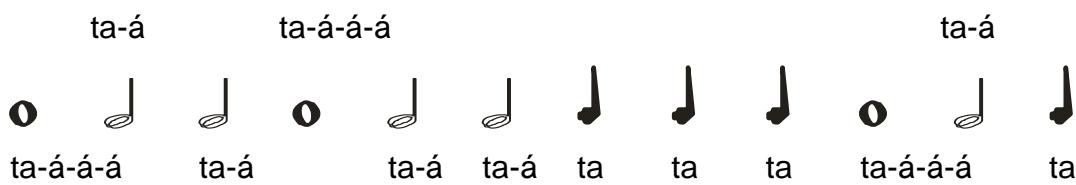
ATIVIDADE 2: Supondo que a ○ possui 4 tempos, podemos então dividir o ritmo, usando as figuras, como se mostra abaixo:



Divida o compasso abaixo:



Resolução:



ATIVIDADE 3: Coloque as frações na sequência de notas abaixo em ordem crescente:

	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó ₁
Razão a partir de Dó	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{1}{2}$

ATIVIDADE 4: O procedimento que Pitágoras realizou para encontrar as sete notas é conhecido como CICLO DAS QUINTAS, isto e, ele encontrou a quinta da 1a nota e as quintas das quintas até encontrar as sete notas. Supondo o comprimento da corda igual a 1 e que ele representa a nota DÓ₁, complete a sequência de quintas abaixo:

DÓ₁, , , , , ,

ATIVIDADE 5: Coloque as barras de compasso na música abaixo:

The musical score consists of three staves of music in common time (indicated by '2/4'). The first staff starts with 'Intro' and has chords C, G7, and C. The second staff starts with 'REFRÃO' and has chords C, G7, D7, G7, C, and Voz. The third staff continues the 'REFRÃO' section with chords C, G7, D7, G7, C, and ends with a final chord C. The lyrics are written below the notes in Portuguese. The chords are labeled above the notes in each measure.

Intro

REFRÃO

- lai - o, meu bem Ba - lai - o, Si - nhá Ba - lai - o do co - ra - ção Mo -

- ça que não tem ba - lai - o, Si - nhá Bo - ta_a cos - tu - ra no chão

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE PERFIL

IDENTIFICAÇÃO:

Nome: _____ Idade: _____

Profissão: _____

FORMAÇÃO MUSICAL:

Escreva o número que melhor se adapta em cada um dos quatro quadrados a seguir:

1. Se você estiver se preparando para entrar
2. Se você estiver frequentando
3. Se você já frequentou e não concluiu
4. Se você já é formado
5. Se nunca cursou

Conservatório ou Curso Técnico em Música

Curso de Licenciatura em Música

Curso de Bacharelado em Música

Pós-Graduação em Música

APÊNCLIDE C – QUESTIONÁRIO

1. Qual a sua relação com a matemática?
2. Na sua opinião, existem relações entre Matemática e Música? Se sim, qual(is) é(são)?
3. Que conteúdos matemáticos podem ser aplicados à música?
4. Você já utilizou a matemática para ensinar música?
5. De que forma você já utilizou matemática na aula de música?
6. Na sua opinião, o ensino da música pode contribuir para o aprendizado da matemática? E também de outras matérias? De que maneira(s)?
7. O conhecimento da matemática influenciou na sua compreensão de conceitos musicais? Se sim, quais? E de que maneira(s)?