

MODELAÇÃO MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO: A MATEMÁTICA POR MEIO DA MÚSICA

Ana Laura Bertelli Grams
PUC-RS
ana.gram@acad.pucrs.br

Silvia Monteiro Milão
PUC-RS
silvia.milao@pucrs.br

Resumo

Neste trabalho apresenta-se uma proposta pedagógica que tem como propósito alcançar a compreensão dos estudantes do Ensino Médio em Matemática, utilizando a Modelagem Matemática como método. As autoras apresentam conceitos de *realidade*, *Matemática*, *música* e *Modelagem*, os quais estão diretamente envolvidos com a proposta. Apresentaram-se atividades práticas que estabelecem relações entre estas definições, a fim de abordar conteúdos matemáticos previstos no currículo escolar e possibilitar sua aplicação e compreensão. Concluiu-se que esta proposta pedagógica possui uma abordagem interativa que parte de um vídeo com o propósito de sensibilização dos alunos, passa pela experimentação da produção de som, e, permite a descrição do modelo matemático relacionado com a música, proporcionando o contato com o conteúdo curricular de Matemática.

Palavras Chave: Modelagem Matemática; Matemática; Música.

1. Introdução

Em geral a visão em relação à Matemática é de uma ciência perfeita usada como modelo para as demais ciências e pertence somente ao mundo das ideias. Esta visão está presente também nas escolas, o que resulta em um ensino de conceitos matemáticos distante da realidade, de modo a desestimular os estudantes, despertando o conceito citado por Machado (1997) de Mateologia, que o autor aponta ser um “estudo inútil de assuntos superiores ao alcance de entendimentos humanos” (Aurélio). A Enciclopédia Britânica amplia este conceito e descreve que a matemática é a “ciência que lida com relações e simbolismos de números e grandezas e que inclui operações quantitativas e soluções de problemas quantitativos.” (Machado, 1997, p.7).

Mas afinal , *o que é matemática? Onde se encontra matemática? Como se produz conhecimento matemático? Como ensinar e aprender matemática?* São muitas as inquietações existentes entre os educadores com relação a estas questões. Por se tratar de um conceito amplo e que se reorganiza com o passar dos tempos. Davis e Hersh (1985, p.33) afirmam que “a definição de matemática muda. Cada geração e cada matemático sério, em uma dada geração, formulam uma definição de acordo com seu entendimento”.

Nas escolas, geralmente, apresenta-se uma matemática inútil e longínqua do cotidiano dos alunos, que privilegia a transmissão e que precisa ser modificada. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) estão entre os maiores desafios para a atualização pretendida no aprendizado de Matemática e suas Tecnologias “[...] a formação adequada de professores, a elaboração de materiais instrucionais apropriados e até mesmo a modificação do posicionamento e da estrutura da própria escola [...]” (Brasil, 1996).

Acredita-se que a mudança deva começar em várias frentes, sendo uma delas o planejamento do professor, que precisa ser orientado e auxiliado para produção de material didático. Para jovens estudantes nascidos na sociedade da informação, é preciso educadores preparados e dispostos a proporcionarem aulas atraentes e envolventes, que modifiquem e façam a diferença na vida acadêmica dos estudantes.

As atividades propostas neste trabalho têm como objetivo utilizar o vídeo como recurso pedagógico que sensibiliza os alunos, e por meio dele promover uma experiência prática em sala de aula, que sirva como modelo para estudo de conceitos matemáticos. De acordo com Morán (1995, p.28) “pelo vídeo sentimos, experienciamos sensorialmente o outro, o mundo, nós mesmo”, isto é possível, porque a linguagem do vídeo é dinâmica, provocando primeiro a afetividade e depois a razão. O vídeo conforme definido por Morán,

“[...] é sensorial, visual, linguagem falada e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí a força. Somos atingidos por todos os sentidos e todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços” (1995, p.28).

Aliada ao vídeo apresenta-se a música, que se faz presente na vida de todos, fascina e encanta, provoca e comunica, fazendo refletir aqueles a quem emociona. A música possui várias definições pelo Aurélio a primeira delas é uma “Organização de sons com intenções estéticas, artísticas ou lúdicas, variáveis de acordo com o autor, com a zona geográfica,

com a época, etc.” e, entre outras, aquela que será abordada nesta proposta é “uma *seqüência* de sons cuja cadência ou ritmo lembram uma melodia.” (grifo nosso).

A verificação de que a música é um conjunto de relações sonoras e simbólicas remete a celebre frase de Leibniz, “Musica est exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animi.” que significa “A música é um exercício oculto de aritmética de uma alma inconsciente que lida com os números”. Essa união da música às ciências matemáticas pretende despertar o interesse e provocar a vontade de aprender nos estudantes.

O fato de a música pertencer a realidade e de o vídeo projetar a realidade, permite-se que neste ponto se faça as seguintes considerações sobre as concepções de realidade. Conforme Moraes (2006) são denominadas concepções de realidade as diferentes maneiras de interpretarmos o mundo, os fenômenos naturais e sociais. Destas concepções de acordo com Moraes (2006, apud Lincoln e Guba, 1985) podemos destacar quatro diferentes entendimentos: *realidade objetiva*, *realidade percebida*, *realidade construída* e *realidade criada*.

Sendo a *realidade objetiva* derivada do senso comum, nela as coisas são o que parecem ser não existindo uma reflexão filosófica. Na concepção da *realidade percebida* a compreensão da realidade vem das percepções dos sujeitos, porque a realidade é percebida de diferentes ângulos e com diversas profundidades. Acredita-se que por mais que se pesquise a realidade, nunca se terá acesso integral a ela, só aquilo que conseguimos perceber (Moraes, 2006). A *realidade construída* é dependente e construída pelo homem. Ou seja, um conjunto de nossas crenças e teorias, conscientes ou implícitas, nossas e dos que conosco convivem (Moraes, 2006).

Nessa perspectiva a realidade é construída na linguagem. Finalmente conceber a *realidade como criada*, é assumir que não existe nada pronto, mas sim criado pela interação dos sujeitos com o que é observado e com os objetos criados.

D’Ambrósio (1997) sugere que exista um ciclo vital de “*Realidade* que informa o *Indivíduo* que a processa e executa uma *Ação* que modifica a *Realidade* que informa o *Indivíduo*[...]”(p.27). O autor ainda afirma que os homens não executam esse ciclo apenas pelo instinto animal de sobrevivência e de transcendências “[...] mas através da consciência do fazer/saber. Faz porque está sabendo e sabe por estar fazendo” (D’Ambósio, 1997, p.27).

O fazer em sala de aula, experimentar e de descobrir, é fundamentado na distinção dos seres humanos com os demais animais. Já que as ideias de labor e de trabalho acompanham o ser humano e os animais ao longo da evolução humana e “apenas na ação seria possível distinguir com nitidez os homens dos animais. A ação não é o mero fazer, mas o fazer juntamente com a palavra, com a consciência, com a significação” (MACHADO & CUNHA, 2008, p.11)

A experimentação é fundamental para melhorar o ensino. Segundo Silva e Machado (2008),

“nas aulas experimentais a [...] prática comprova a teoria, ou seja, no laboratório, o aluno vê na prática aquilo que ele viu na aula teórica. Uma outra concepção também observada é a de que a experimentação permite que os alunos vejam com seus próprios olhos a realidade como ela é, descobrindo a teoria na prática” (p.235)

A proposta pedagógica a seguir procura estabelecer relações entre todas as definições anteriores, a fim de abordar conteúdos matemáticos previstos no currículo escolar e possibilitar sua aplicação e compreensão. Os conteúdos a serem desenvolvidos são: sequências, progressões e funções. O público alvo desta proposta são estudantes do 1º Ano do Ensino Médio. Na presente investigação, o enfoque metodológico tem como propósito: alcançar a compreensão dos estudantes do EM em Matemática, utilizando a Modelagem Matemática como método e, perceber as relações entre este método e a qualidade de ensino.

2. Aportes teóricos e empíricos

Em diversos momentos do cotidiano, em busca da qualidade de vida, o ser humano é desafiado a solucionar problemas, é estimulado a criar, a buscar constantemente novas representações que solucionem novos problemas. E, em grande parte das criações e das representações o conhecimento matemático se faz presente, seja em problemas simples ou em grandes invenções.

Na busca pela solução para os problemas da realidade recorre-se aos conhecimentos primitivos, às ideias intuitivas e elementares sobre o assunto. E quando estes conhecimentos são insuficientes para a solução do problema, buscam-se novos conceitos, concebem-se outros conhecimentos, associam-se ideias levando o ser humano à compreensão, à criação de um modelo que solucione o problema.

Ao transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real, envolve-se em um processo dinâmico de elaboração de um modelo matemático que traduz e interpreta a situação real de modo a representar objetos ou símbolos que solucionam o problema apontado. Esse processo, conforme defende Bassanezi (2006) e Biembengut (1990) é chamado de Modelagem Matemática (MM).

Ao utilizar a modelagem matemática como método de ensino o professor depara-se com uma série de fatores que influenciam no processo, como por exemplo, o currículo escolar, o horário disponível, os conhecimentos prévios dos estudantes, o número de estudantes, entre outros. Por isso, o professor necessita de um planejamento e de estratégias para a utilização da modelagem matemática como prática em suas aulas.

A escolha do tema é um dos passos propostos por Biembengut (2009) para seu planejamento, a qual pode ser feita pelo professor ou pelos estudantes. Essa decisão, geralmente, depende da disponibilidade do professor para aprender e ensinar o tema sugerido pelos estudantes. A intervenção do professor na escolha do tema é fundamental, na medida em que este deve avaliar se há condições suficientes para conduzir o processo de maneira a desenvolver, no mínimo o conteúdo programático.

Segundo Bassanezi, na modelação “o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas, caminhar seguindo etapas onde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado” (BASSANEZI, 2006, p.38). Oportunizando a pesquisa e investigação, aprofundamento de um tema que está ou não explícito, resultando na interação do aluno no processo de construção do conhecimento.

E é na etapa da formulação de um modelo matemático que o professor insere o conteúdo do currículo escolar, contextualizado com o tema escolhido e apresentando exemplos análogos, a fim de aprimorar a apreensão dos conceitos pelos estudantes. E ao cumprir estas etapas no ensino “é dada ao estudante a oportunidade de estudar situações-problema por meio de pesquisa, instigando seu interesse e aguçando seu senso crítico e criativo” (BIEMBENGUT, no prelo).

Para efeito desta proposta utiliza-se da Modelagem Matemática para abordagem do tema Música, e assume-se a proposta como método de pesquisa levando os estudantes a adquirirem conhecimentos de matemática e das demais áreas envolvidas com este tema. Capacitando-os de forma a ler, interpretar, representar e resolver situações-problema.

A aplicabilidade da Matemática por meio da Modelagem está presente em discussões e reformas curriculares de diversos países e vem crescendo, nas últimas décadas, um movimento pela Modelagem Matemática. O crescimento do interesse pelo tema reflete no aumento das publicações e dos eventos que abordam Modelagem Matemática (BIEMBENGUT, 2008).

Modelagem é o processo envolvido na obtenção de um modelo – conjunto de símbolos que representam alguma coisa – de qualquer área do conhecimento. É um método científico de pesquisa que ao ser utilizado na educação, possibilita ao estudante resolver problemas e compreender situações cotidianas (BIEMBENGUT, 2009).

“Na matemática, em particular, o processo de modelagem requer do modelador, além de talento para a pesquisa, conhecimento matemático e capacidade de fazer leitura do fenômeno sob uma ótica matemática” (BIEMBENGUT, no prelo).

Biembengut define os procedimentos da Modelagem como sendo os mesmos da pesquisa, a saber:

reconhecimento da situação-problema → delimitação do problema;
familiarização com o assunto a ser modelado → referencial teórico;
formulação do problema → hipótese; formulação de um modelo → desenvolvimento; resolução do problema a partir do modelo → aplicação e interpretação da solução e validação do modelo → avaliação” (BIEMBENGUT, no prelo).

Estes procedimentos na educação levam o educando ao desenvolvimento de diversas competências, como, ao delimitar o tema, identificar quais as variáveis relevantes para a solução; ao formular o problema reconhecer a linguagem matemática envolvida e criar hipóteses explicativas e de resolução; utilizar do conhecimento matemático para solução do problema formulado comparando os resultados com o conhecimento teórico.

Para seguir estes procedimentos da Modelagem Matemática, os conteúdos programáticos desenvolvem-se partindo do interesse que os estudantes têm em determinada situação-problema (BIEMBENGUT, 2012, no prelo).

Uma das previsões da LDB (Lei nº 9.394/96) para a última etapa da Educação Básica é a garantia da compreensão de processos produtivos e, assim como na Modelagem, a garantia do aspecto dinâmico da construção do conhecimento ao resolver situações-problemas e aliar a teoria com a prática.

Segundo D’Ambrósio (1986, p.64), a busca pela aproximação dos conteúdos aplicados em sala de aula com a realidade e a análise feita a partir de conhecimentos específicos “é a base da estratégia de ensino integrado e global, no qual a Matemática se insere como linguagem”. Esta busca é constante no processo de modelagem matemática, na medida em que a modelagem depende de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos, resolvê-los envolvendo os conceitos necessários e, interpretar a solução reaproximando-a do real.

Compreender os “fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática” é uma das finalidades do Ensino Médio, prevista no art.35 da LDB (Lei nº 9.394/96). Este fim pode ser alcançado por meio da Modelagem, e além disso o educando é instigado a fazer pesquisa e aprender a partir de temas que são de seu interesse, relacionando as disciplinas desta área do conhecimento. E como integrar os conhecimentos e as disciplinas no Ensino Médio para que se aproximem da realidade e elaborem estratégias de resolução de problemas?

A música, como prevista em lei, é conteúdo obrigatório da Educação Básica e pode ser utilizada como recurso didático para ensinar conteúdos de outras disciplinas em todos os níveis de ensino.

Em 18 de agosto de 2008, a Lei nº 11.769 estabeleceu a obrigatoriedade do ensino de música nas escolas, alterando a Lei de Diretrizes e Bases (LDB nº 9.394/96), que passou a vigorar acrescida do seguinte § 6º: “A música deverá ser conteúdo obrigatório, mas não exclusivo, do componente curricular de que trata o §2º deste artigo”. O § 2º da LDB (Lei nº 9.394/96), constitui o ensino da arte como “componente curricular obrigatório, nos diversos níveis da educação básica, de forma a promover o desenvolvimento cultural dos alunos”.

A integração da música na escola faz sentido quando é parte de um currículo escolar no contexto interdisciplinar, onde subentendem-se disciplinas interligadas em função de metas comuns, sem limitar-se ao contexto de uma só disciplina. “A interdisciplinaridade ocorre quando um tema interno a uma determinada disciplina é ampliado, ganhando certa autonomia” (GRANJA, 2010, p.109).

E a música possui autonomia suficiente para tratar de diversos conteúdos de disciplinas variadas, que contempla “uma nova abordagem metodológica, na qual a dimensão perceptiva é valorizada tanto quanto a dimensão conceitual” (GRANJA, 2010,

p.110). A percepção exerce papel central no conhecimento da música, uma vez que a música é uma linguagem expressada diretamente aos sentidos.

A percepção é uma dimensão fundamental do conhecimento humano. É por meio dela que conhecemos o mundo, seus objetos e fenômenos. Mais do que isso, a percepção humana é um processo que traz em si não apenas manifestações sensoriais, mas também a significação dessas manifestações (GRANJA, 2010, p.47).

Segundo Lorenzato (2006), a percepção matemática dos estudantes se efetiva a partir de suas experiências e como eles processam tais experiências. É desenvolvida por meio de situações que aproveitem o conhecimento que o estudante adquiriu antes e fora da escola, proporcionando condições para um estudo significativo das noções matemáticas.

Ao utilizar a música como recurso pedagógico nas aulas de matemática, valoriza-se tanto o desenvolvimento perceptivo quanto o conceitual do estudante. Assim como defende Gardner que “o propósito da escola deveria ser o de desenvolver as inteligências e ajudar as pessoas a atingirem objetivos de ocupação e passatempo adequados ao seu espectro particular de inteligências” (1995, p.16), não apenas valorizar o conhecimento lógico-matemático e linguístico e estritamente conceitual.

A música é também uma recomendação dos parâmetros curriculares nacionais, e que poucas escolas possuem em seu currículo espaço para a sua inserção, principalmente no ensino médio.

Ao fazer um retrospecto da educação musical na educação básica, Granja (2010), aponta a desvalorização do estudo das atividades que envolvem música ao passar dos anos escolares. O autor compara a educação infantil com o ensino médio, por exemplo, afirmando que a música perde espaço nos currículos a medida que as séries avançam, “como se o desenvolvimento perceptivo fosse importante somente no âmbito das atividades infantis” (GRANJA, 2010, p. 16).

Afirma Granja, que “as atividades perceptivas vão sendo gradualmente substituídas por atividades de interpretação e sistematização conceitual” (2010, p.16), de modo a sobrevalorizar a dimensão conceitual do conhecimento.

“Não se pode pretender desvincular totalmente o conhecimento conceitual dos processos perceptivos em geral, sob pena de tornar o conhecimento artificial e sem sentido. Assim como não é desejável que o conhecimento se baseie exclusivamente na dimensão perceptiva, sem qualquer tipo de construção dos conceitos” (GRANJA, 2010, p. 17).

Com o intuito de vincular a teoria com a prática, numa perspectiva interdisciplinar, e valorizar as dimensões perceptivas e conceituais do conhecimento, esta proposta pretende proporcionar aos estudantes do Ensino Médio contato com a matemática a partir da música, utilizando-se da modelagem matemática como método. Conforme sugere Biembengut (2009) sobre o processo de modelagem, o tema escolhido para desenvolver o conteúdo programático deve se transformar em um modelo matemático utilizando-se do conteúdo necessário para a formulação e resolução das atividades propostas, oportunizando a apreensão dos conceitos matemáticos envolvidos.

As atividades propostas com a aplicação deste trabalho estimam superar a prática de lançar informações descontextualizadas em sala de aula que direciona o aluno para um caminho de reprodução e memorização de procedimentos bem como a acumulação de informações que resultam em uma formação pouco significativa em contextos artificiais.

E, de acordo com Granja (2012), música deveria estar mais presente nas escolas, sendo que é um conhecimento em que atividades de natureza perceptiva e os momentos de elaboração conceitual se articulam, afirmando ainda, que esta articulação deveria estar no sentido maior de qualquer aprendizagem.

A música é percebida como arte, que deve ser apreciada como tal. Arte esta que desperta no ser humano sentimentos dos mais variados como tristeza, alegria, compaixão, etc. Bem como a matemática que se faz presente desde muito tempo, por exemplo, na contagem e nas trocas de objetos (ABDOUNUR, 1999).

A música pode ser entendida como uma aplicação da matemática, uma vez que, a harmonia musical é gerada respeitando padrões e regularidades de uma estrutura lógica. “A matemática estuda a regularidade presente nas formas e nos números. Na música, busca-se a percepção das regularidades sonoras e temporais” (GRANJA, 2010, p.98).

Estes padrões e regularidades que levaram as autoras deste trabalho a articular o conhecimento matemático com o tema música, tomando a modelagem matemática como método, já que a “modelação matemática norteia-se por desenvolver o conteúdo programático a partir de um tema ou modelo matemático e orientar o aluno na realização de seu próprio modelo-matemático” (BIEMBENGUT, 2009, p.18). Seus principais objetivos, segundo Biembengut, são:

“aproximar uma outra área do conhecimento da Matemática; enfatizar a importância da Matemática para a formação do aluno; despertar o interesse

pela Matemática ante a aplicabilidade; melhorar a apreensão dos conceitos matemáticos; desenvolver a habilidade para resolver problemas; e estimular a criatividade” (BIEMBENGUT, 2009, p.18).

Para relacionar estas áreas com atividades matemáticas e atingir o objetivo proposto, serão necessárias etapas específicas como identificar modelos matemáticos na música, elaborar atividades didáticas de apoio para o Ensino Médio de modelação matemática na música e, identificar a percepção matemática dos estudantes antes da modelação matemática voltada a música.

3. Proposta Pedagógica

São apresentadas aqui as atividades pedagógicas propostas para o Ensino Médio, das quais integram a matemática e a música e, aplicam-se por meio da Modelagem Matemática.

“A credibilidade e a relevância da pesquisa dependem dos dados ou das informações levantadas: é a essência da pesquisa” (BIEMBENGUT, 2008, p.102). E, como exposto anteriormente, as informações podem derivar de documento ou por meio de pessoas. Nesta pesquisa adota-se a segunda opção como fonte de dados, sendo esses originados dos resultados de observações de aplicação da proposta pedagógica, os quais permitirão validar ou não o método de pesquisa.

O tema desta proposta pedagógica é o estudo de conteúdos matemáticos percebidos por meio de sons. As etapas necessárias para cumprir a proposta pedagógica são:

- Etapa 1 - *Apresentação do Vídeo*: O professor inicia a atividade apresentando o vídeo sugerido: *Glass harp-Toccata and fugue in D minor-Bach*, localizado em www.youtube.com. Com o intuito de utilizar o vídeo como sensibilização. Sendo que, de acordo com Moran (1995), é o modo de utilização mais importante em sala de aula. Este vídeo será apresentado “para introduzir um novo assunto, para despertar a curiosidade, a motivação para novos temas. Isso facilitará o desejo de pesquisa nos alunos para aprofundar o assunto do vídeo e da matéria” (MORAN, 1995).

O vídeo proposto é uma apresentação da peça Toccata and fugue in D minor de Sebastian Bach, tocada por Robert Tiso em taças de cristal, com diversas alturas e espessuras, contendo diferentes quantidades de água.

- Etapa 2 - *Familiarização com o tema*: Após os alunos assistirem ao vídeo sugerido, o professor deve propor que reconheçam e interajam com o tema do trabalho. Os alunos podem buscar informações como: (a) O que é o som? (b) Como e onde o som se propaga? (c) Qual a velocidade do som em diferentes meios de propagação? (d) Quais as qualidades fisiológicas do som? Com o intuito de responder por que escutamos diferentes sons a cada toque de taça e como esses sons viram música, reconhecendo e familiarizando-se da situação-problema.

- Etapa 3 – *Experiência*: A experimentação tem o papel de contribuir no processo de ensino-aprendizagem, conduzindo o aluno a relacionar seus novos conhecimentos com os conhecimentos existentes do cotidiano. A experimentação pode mostrar caminhos e soluções de algo desconhecido, de algo que antes era abstrato, visando a construção do conhecimento do aluno. Partindo deste pressuposto, a terceira etapa da proposta é composta em reproduzir o vídeo assistido, com restrições, de acordo com as possibilidades dos alunos e do ambiente escolar. O mapa 10 apresenta os materiais necessários e os procedimentos para realizar a experiência:

Mapa 10 – Experiência copos

Materiais:

- 8 copos de vidro iguais;
- régua;
- fita adesiva colorida (marcadores);
- água;
- objeto para ser utilizado como baqueta;
- frequencímetro;
- tabela de freqüência das notas da escala musical.

Procedimentos:

- 1º) Encher os copos com água e bater levemente com a baqueta, testando o som que surge;
- 2º) Trocar as altura, ou seja, as quantidades de água de cada copo, e , testar novamente o som;
- 3º) Verificar qual relação o nível de água possui com o som produzido;
- 4º) Medir a frequência dos sons produzidos pelos copos com o auxílio do frequencímetro;
- 5º) Buscar equivalência das frequências dos sons produzidos nos copos com a frequência das notas da escala musical;
- 6º) Encontradas as frequências de cada nota musical, medir qual porção de água corresponde cada nota musical. Utilizar as fitas para marcar a altura.

Fonte: as autoras

- Etapa 4 – *Matematização*: A quarta etapa desta proposta pedagógica consiste em relacionar o experimento da etapa anterior com o conteúdo matemático. O professor deve

estimular a participação do aluno nesta etapa, considerando este um agente participativo do processo de ensino e aprendizagem. Para isso, sugere-se, que o professor utilize questões norteadoras como estratégia para instigar o aluno à dúvida, inquietação. Quando há inquietação há ânsia de responder e solucionar problemas. O conflito, com objetivos bem estruturados, provoca a curiosidade. E este fato é importante e fundamental para o aluno na busca por respostas com seus próprios meios. Nesta perspectiva o professor também pode responder a pergunta feita pelo seu aluno através de outra pergunta, levando novamente o aluno à dúvida e proporcionar o desenvolvimento da autonomia.

Sobre a experiência feita na terceira etapa, o professor pode perguntar ao aluno, por exemplo, qual a relação numérica existente entre as frequências musicais geradas pela “batucação” nos copos.

Levando o aluno a perceber a presença de uma sequência numérica, em que cada termo a partir do segundo é igual ao anterior multiplicado por uma constante, neste caso 1,122. Cabe ao professor, neste momento, definir esta sequência como Progressão Geométrica bem como a constante – 1,122 – como razão.

A partir daí, o professor inicia o estudo de progressões geométricas, oportunizando a dedução do termo geral de uma PG, a partir de atividades e perguntas como: qual a frequência da nota Si na quarta escala. Bem como, deduzir o método para encontrar a soma dos termos de uma PG. Após estudar estes conceitos é possível ainda que o professor construa o gráfico das frequências das notas musicais com os alunos e relacione uma progressão geométrica com função exponencial.

Fazem parte desta proposta algumas atividades práticas, das quais os estudantes organizarão os dados a partir da aplicação e dos procedimentos solicitados. São elas:

- *Atividade 1*: Alinhe oito copos de vidro iguais. Bata com uma baqueta¹ em cada um deles, para certificar-se de que, quando estão vazios, eles emitem o mesmo som. Feito isso, coloque diferentes quantidades de água em cada um dos copos. Alinhe-os de forma que as quantidades de água sejam crescentes. E, verifique que, ao serem percutidos com a baqueta, cada copo emite um som diferente. - *Por que o som se altera em cada copo? - O som ouvido em cada copo, a partir do segundo, é mais grave ou mais agudo que o som do copo anterior a ele? Por quê?*

¹ Objeto, preferencialmente, de madeira, utilizado para bater levemente nos copos. Sugestão: lápis.

- *Atividade 2:* Utilize o frequencímetro e anote cada uma das frequências emitidas pelos copos ao serem percutidos com a baqueta, preenchendo o mapa 11.

Mapa 11 – Relação do nível de água com a frequência emitida.

<u>Copo 1:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz
<u>Copo 2:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz
<u>Copo 3:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz
<u>Copo 4:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz
<u>Copo 5:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz
<u>Copo 6:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz
<u>Copo 7:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz
<u>Copo 8:</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz

Fonte: as autoras

- *Atividade 3:* Procure “criar” uma escala de dó a dó, variando convenientemente as quantidades de água nos copos. Para isso utilize uma tabela de frequências de notas musicais, ou um instrumento musical afinado (um violão ou um piano, por exemplo), para fazer comparações. Preenchendo, assim, o mapa 12.

Mapa 12 – Equivalência do mapa 11 com a nota musical.

<u>Copo 1</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____
<u>Copo 2</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____
<u>Copo 3</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____
<u>Copo 4</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____
<u>Copo 5</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____
<u>Copo 6</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____
<u>Copo 7</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____
<u>Copo 8</u> Nível de água:_____	Frequência emitida:_____ Hz	Equivalente a nota musical: _____

Fonte: as autoras

- *Atividade 4:* Verifique se há algum padrão numérico entre as frequências de uma escala musical.

- *Atividade 5:* Suponha que conheçamos apenas frequência das notas Sol (391.9954 Hz) e Lá (440 Hz). De que modo podemos descobrir a frequência da nota Fa#, duas escalas acima? E da nota Sol, três escalas acima? Há um padrão para encontrar estas frequências? Qual?

- *Atividade 6:* Tocando duas notas musicais ao mesmo tempo, o que ocorre com a frequência do som que emitem juntas?

- *Atividade 7:* Faça o gráfico das frequências de uma escala musical.

4. Resultados da Pesquisa

A Modelagem Matemática é um método de pesquisa que capacita os estudantes a resolver um problema e ao mesmo tempo a estudar os conceitos matemáticos envolvidos nesta resolução. Com o uso da modelagem em sala de aula os estudantes aprendem a investigar, dominar diferentes meios de acesso à informação, e principalmente desenvolvem a capacidade de validar informações importantes, a partir de um tema de seu interesse.

Esta proposta sugeriu que os estudantes resolvam situações externas à sala de aula e desenvolvam habilidades integradas com áreas propostas no currículo escolar, e ao mesmo tempo dominem o conteúdo programático. Uma vez que os objetivos fundamentais da Modelagem na Educação são “proporcionar ao aluno melhor apreensão dos conceitos matemáticos; capacidade para ler, interpretar, formular e resolver situações-problemas e, também despertar-lhes o senso crítico e criativo” (BIEMBENGUT, 2004, p.30).

As ideias apresentadas buscam contextualizar a matemática dentro de uma realidade de constante mudança. Procurou-se produzir um material que utilizasse de uma abordagem interativa que parte do vídeo com o propósito de sensibilização dos alunos, passa pela experimentação da produção de som, e por fim, permite a descrição do modelo matemático relacionado com a música.

Acredita-se que esta proposta pedagógica sirva de apoio à criação de outras e, acima de tudo, que promova uma reflexão sobre a necessidade de mudanças no ensino de matemática.

5. Referências

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

BASSANEZI, Rodney C. **Ensino Aprendizagem com Modelagem Matemática.** São Paulo: Contexto, 2006.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática & Implicações no Ensino e na Aprendizagem de Matemática.** 2. ed. – Blumenal: edifurb, 2004. 114 p.

_____. **Mapeamento da pesquisa educacional.** Ed. Ciência Moderna: Rio de Janeiro, 2008. 148 p.

_____. **Mapeamento das pesquisas sobre modelagem matemática no ensino brasileiro: análise das dissertações e teses desenvolvidas no Brasil.** Revista Dynamis, 2008. n. 14, vol. 1, p. 54-61.

_____. prelo

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino.** Ed. Contexto: São Paulo, 2009. 127 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais,** 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em 29 de nov.2012.

_____. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996.** 5 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010.

D'AMBRÓSIO. Uriratan. **Transdisciplinaridade.** São Paulo: Palas Athena, 1997.

DAVIS, Philip; HERSH, Reuben. **A experiência Matemática.** Tradução de João Bosco Pitombeira. 2ª ed. Rio de Janeiro: F. Alves, 1985.

GARDNER, Howard. **Inteligências Múltiplas.** Artmed. Porto Alegre, 1995. 257 p.

GRANJA, Carlos Eduardo de Souza Campos. **Musicalizando a escola: música, conhecimento e educação.** Escrituras. São Paulo, 2010. 157 p.

LORENZATO, Sérgio. **Educação infantil e percepção matemática.** Autores Associados. Campinas, 2006. 197 p.

MACHADO, Nilson José. **Matemática e Realidade.** 4ª ed. São Paulo: Cortez, 1997.

MORAES. Roque. **Da noite ao dia: tomada de consciência de pressupostos assumidos dentro das pesquisas sociais.** 2006.

MÓRAN. José Manuel. **O vídeo na sala de aula.** Revista: Comunicação e Educação, São Paulo, (2): 27 a 35. jan/abr.1995.

SILVA, R. R. MACHADO, P. F. L. **Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso.** Ciência & Educação. Bauru (SP), v.14, n.2, 2008, p.233-249. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v14n2/a04v14n2.pdf>>. Acesso em: 2012.