

O DESENVOLVIMENTO DE UMA AULA INTERDISCIPLINAR DE MÚSICA E MATEMÁTICA: A EXPERIÊNCIA DO GRUPO “MUSIMÁTICA”

THE DEVELOPMENT OF AN INTERDISCIPLINARY CLASS BETWEEN MUSIC AND MATHEMATICS: THE EXPERIENCE OF THE GROUP “MUSIMÁTICA”

Marcio Pizzi de Oliveira¹ 

Marcelo Chaves Silva² 

Daniel Sasaki³ 

Resumo

O presente estudo tem como foco o grupo "Musimática" desenvolvido por três professores de uma escola pública de ensino médio técnico no Rio de Janeiro. O objetivo do estudo é apresentar a estrutura das diretrizes interdisciplinares e uma análise preliminar da aula "O ritmo dos conjuntos". Os dados foram coletados com base na observação participante e entrevistas abertas semiestruturadas realizadas com os professores do grupo. O relatório da pesquisa apresenta inicialmente as diretrizes da aula "O ritmo dos conjuntos" e sua estrutura simbólica. Na sequência, apresenta-se a condução de duas práticas: o quadrado musical e a prática com o aplicativo de *smartphone* Medly. O relatório é concluído com a explicitação dos conflitos conceituais em relação à interdisciplinaridade. A tensão entre aspectos teóricos e práticos são característicos do escopo de iniciativas interdisciplinares. Para superar conflitos e criar soluções é preciso desenvolver uma perspectiva crítica que valorize uma prática problematizada e pactuada em conjunto.

Palavras-chave: Música. Matemática. Interdisciplinaridade.

Abstract

The present study focuses on the group "Musimática" developed by three teachers from a public technical high school in Rio de Janeiro. The objective of the study is to present the structure of interdisciplinary guidelines and a preliminary analysis of the class "The rhythm of sets". Data were collected based on participant observation and semi-structured open interviews carried out with the teachers of the group. The research report initially presents the guidelines of the class "The rhythm of sets" and its symbolic structure. Next, the conduction of two practices is presented: the musical square and the practice with the *smartphone* application Medly. The report concludes with the clarification of conceptual conflicts in relation to interdisciplinarity. The tension between theoretical and practical aspects is characteristic to the scope of interdisciplinary initiatives. To overcome conflicts and create solutions, it is necessary to develop a critical perspective that values a problematized and agreed-upon practice.

Keywords: Music. Mathematics. Interdisciplinarity.

¹ Centro Federal Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), Maria da Graça, RJ - marcio.oliveira@cefet-rj.br - <https://orcid.org/0000-0001-5102-8888> - <http://lattes.cnpq.br/6020642654851483>

² Centro Federal Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), Rio de Janeiro, RJ - marcelo.silva@cefet-rj.br - <https://orcid.org/0000-0003-3598-5906> - <http://lattes.cnpq.br/4738004675886604>

³ Centro Federal Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), Rio de Janeiro, RJ - daniel.sasaki@cefet-rj.br - <https://orcid.org/0000-0002-0087-6809> - <http://lattes.cnpq.br/3720030848832219>

Introdução

Este artigo constitui um desdobramento analítico da pesquisa anteriormente publicada na Revista Eletrônica de Educação Matemática (REVEMAT) sob o título "O ritmo dos conjuntos". Naquele estudo, o foco recaiu sobre a apresentação da aula interdisciplinar, sua organização didática e as possibilidades de articulação entre conceitos musicais e matemáticos. O presente trabalho, entretanto, desloca o olhar para um aspecto ainda não explorado: o processo de elaboração da própria aula. Mais do que descrever um produto pedagógico concluído, busca-se compreender o percurso de sua construção, as negociações estabelecidas entre os docentes, os conflitos epistemológicos emergentes e as decisões que moldaram sua configuração final. Parte-se da compreensão de que o desenvolvimento de propostas interdisciplinares constitui um processo de criação coletiva que produz conhecimentos relevantes não apenas sobre o ensino, mas também sobre as formas pelas quais professores constroem, negociam e validam soluções pedagógicas diante de desafios concretos da prática educativa.

A interdisciplinaridade se apresenta para a comunidade escolar com diversas faces. Algumas vezes como solução, outras como farsa, um discurso meramente acadêmico ou uma nova regra institucional. Entretanto, é fato que a confluência entre tantos campos do saber exige algum grau de gestão admitindo a demanda de estabelecer pontes para propiciar um aprendizado consistente. Essa gestão vai ser instaurada diante das condições que se apresentam em um dado momento. A criação, produção e transmissão do conhecimento formam um conjunto complexo de ações cuja dinâmica responde aos componentes históricos que permeiam a sociedade. Verifica-se que tal processo se configura diante de condições políticas, econômicas e culturais que permeiam as relações sociais que constituem o ambiente escolar.

De acordo com Lenoir (1998) a interdisciplinaridade oscila entre dois polos. Um deles é o epistemológico que visa desenvolver uma síntese conceitual a fim de unificar o conhecimento científico. O outro é o instrumental que visa superar problemas concretos da existência pelo uso de práticas específicas. A oscilação interdisciplinar identificada pela autora pode assumir tendências variadas conforme as disciplinas envolvidas, hora podendo assumir mais um caráter instrumental e hora assumindo um caráter mais prático. Torna-se particularmente difícil estabelecer formas comuns ou diretrizes que sirvam adequadamente ao emprego da interdisciplinaridade de maneira ampla. Apesar da dificuldade de determinar um estatuto próprio da interdisciplinaridade, verifica-se que a tensão entre aspectos instrumentais e processuais são uma constante na busca pela integração entre os campos do saber.

Segundo Nicolescu (2008), a interdisciplinaridade é a transferência de métodos entre disciplinas. São três casos: um grau de aplicação – como no caso de aplicar a Física Nuclear na medicina em tratamentos de câncer –; um grau epistemológico – como no uso da lógica formal no Direito, gerando reflexões sobre a epistemologia –; e um grau de criação de uma nova disciplina – como no caso da transferência dos métodos da computação para a arte gerando a disciplina Arte da Computação. No campo da educação, a interdisciplinaridade ganha um caráter de solidariedade, já que o aprendizado de um conjunto de disciplinas está em questão. Nessa perspectiva, a racionalidade engajada com os cuidados epistemológicos de aproximar os conhecimentos passam por questões de auxílio e parceria. Assim, verifica-se que a interdisciplinaridade no âmbito escolar tem uma maior afinidade com a palavra compartilhamento do que transferência.

Diversos autores do campo da interdisciplinaridade verificam o problema da fragmentação do conhecimento o que exige uma busca por alternativas para o problema (NICOLESCU, 2008; POMBO; LEVY, 1994; SANTOMÉ, 1998). Pombo (2006) compreende a necessidade de superar a especialização e a fragmentação do conhecimento abordando novas formas de organização comprometidas com os caminhos desenvolvidos pela ciência. Para desempenhar o difícil papel de construir as novas formas de organização reivindicadas pela autora, considera-se importante constatar a importância do compromisso e do engajamento no âmbito da interdisciplinaridade. Sob essa perspectiva é necessário realizar escolhas de forma que os processos instaurados se vinculem à realidade concreta respondendo aos diversos condicionantes presentes no percurso de construção da integração.

Verifica-se que apesar da importância dos aspectos teóricos e processuais no âmbito das questões discutidas aqui, a prática adquire um grau mais elevado de relevância no que tange a interdisciplinaridade. Apesar da importância da teoria, todas as ações de racionalização e construção teórica são permeadas por importantes aspectos sociais motivados pela iniciativa e pelo trabalho. Segundo Severino (1998), a essência da existência é a ação e o modo de ser que emerge da prática. Assim, a interdisciplinaridade deve entender que a criação do conhecimento é regida por uma prática intencionalizada (SEVERINO, 1998).

Essa prática se diferencia da perspectiva instrumental referenciada por Lenoir (1998). Não se trata de algo que se guia por uma demanda imediata ou mecanicista. A prática intencionalizada definida por Severino (1998) apresenta um sentido mais amplo e profundo. Ela advém da consciência de que uma prática significativa responde à construção histórica e coletiva dos objetos (SEVERINO, 1998, p. 35). O professor é, assim, o mediador de um conjunto complexo de intenções, individuais e coletivas, que estabelecem a base do processo de aprendizagem.

Verifica-se que a consciência de uma prática intencional pode permitir uma condução mais apropriada da interdisciplinaridade. No âmbito escolar o trabalho conjunto entre os professores se desenvolve pela articulação de relações sociais, aspectos significativos e simbólicos de grande complexidade. Dessa maneira, torna-se fundamental pactuar escolhas empreendidas sob a luz de discussões significativas que integrem de fato o conhecimento não só sob o ponto de vista teórico, mas pela atenção quanto às finalidades expressas pela coletividade.

A necessidade de desenvolver uma visão interdisciplinar da música e da matemática exige uma sistematização das conexões relativas a esses domínios. Dos Santos-Luiz et al. (2015) desenvolveram uma sistematização das relações entre os conteúdos da música e da matemática. Quatro áreas da matemática se destacaram: aritmética, álgebra, trigonometria e geometria. Segundo Dos Santos-Luiz et al. (2015), a música foi construída por meio de um percurso histórico pautado por intencionalidades que assumiram o uso de numerações e cálculos com o objetivo de organizar as estruturas musicais. Do ponto de vista matemático, a matemática seguiu seus passos criando meios para entender o funcionamento quantitativo no âmbito dos eventos naturais (incluindo os humanos).

No âmbito da teoria musical, as relações numéricas e as proporções relacionam-se com intervalos, escalas, harmonia e até o timbre. Essas relações podem ser estabelecidas pela afinidade entre a Música e a Matemática no sentido da criação de complexos padrões de representação. Bahr e Christensen (2000) consideram que essas propriedades permitem a sobreposição entre Música e Matemática. Os autores defendem que tanto a Música quanto a Matemática utilizam símbolos e desenvolvem padrões (musicais ou numéricos), formulando estruturas que têm como origem construções abstratas.

O objetivo do estudo é apresentar a estrutura, as diretrizes interdisciplinares e uma análise preliminar da aula "O ritmo dos conjuntos". O estudo começa com a metodologia. Na sequência, os resultados são apresentados com as diretrizes da aula "O ritmo dos conjuntos", a estrutura simbólica, o quadrado musical, a prática com o aplicativo de *smartphone* Medly e a explicitação dos conflitos conceituais em relação à interdisciplinaridade. A conclusão encerra o artigo.

Metodologia

O grupo "Musimática" foi criado por três professores de uma escola pública de ensino médio técnico da cidade do Rio de Janeiro. O coordenador do projeto é professor de física. Os outros dois componentes do grupo são um professor de música e um professor de matemática. O

professor de música apresenta uma formação direcionada para *softwares* musicais e recursos tecnológicos relacionados à educação. O professor de matemática apresenta formação musical e desenvolve performances da música popular brasileira com o clarinete. A presença de um professor para cada disciplina oferece a oportunidade de abordar um escopo de temas envolvendo música e matemática impedindo o domínio de uma das disciplinas. Essa característica é consistente com o estudo de Hughes (2014) que destaca a necessidade de equilibrar os conteúdos relativos à criação de uma iniciativa interdisciplinar para prover harmonia ao processo. O autor argumenta que a matemática pode trazer formas de entender, analisar e sintetizar os elementos da música, assim como a música pode evocar o lado criativo da matemática.

A motivação para estruturar a disciplina foi a necessidade de melhorar o desempenho dos alunos com baixa aprendizagem em matemática. Posteriormente, revendo a estratégia inicial, os professores se engajaram na criação do programa de disciplina interdisciplinar de acordo com mudanças na instituição em que trabalham. Os professores criaram quatro diretrizes básicas: (1) o professor de música e o professor de matemática devem atuar em conjunto; (2) os conteúdos da música e da matemática devem ser ensinados igualmente; (3) o conteúdo musical deve ajudar no aprendizado da matemática e vice-versa; e (4) o uso de *tablets* e *smartphones* deve gerar práticas que integrem o uso de música e operações e conceitos matemáticos.

O presente trabalho segue os padrões de um estudo exploratório. Esses procedimentos buscam usar perguntas para investigar e entender um fenômeno pouco conhecido (GRAY, 2012). O objetivo é a análise do desenvolvimento da aula "o ritmo dos conjuntos" em relação à interdisciplinaridade. A questão do estudo é a seguinte.

1. De que maneira se observa as tensões entre os aspectos teóricos e da prática no âmbito da interdisciplinaridade entre a música e a matemática?

O estudo foi desenvolvido por meio do uso da observação participante e entrevistas abertas e semiestruturadas. A observação participante se baseia na percepção dos fatos em primeira mão e no uso do próprio conhecimento e experiência na interpretação do que é observado em vez de depender apenas de entrevistas ou outras formas de dados relacionados à realidade em foco (MERRIAM, 2009). O principal objetivo dos dados observacionais é descrever os eventos, as pessoas que participaram das situações, as atividades que ocorreram no cenário e os significados desenvolvidos coletivamente pelas perspectivas dos participantes (PATTON, 2002). A observação participante ocorreu dentro dos encontros e dos ensaios das aulas do grupo "Musimática".

Entrevistas abertas e semiestruturadas visam extrair os entendimentos e as opiniões usando um pequeno conjunto de perguntas (Creswell, 2014). Devido ao foco deste tipo de entrevista o

tempo disponível é usado de forma eficiente (Patton, 2002). Os três professores do programa "Musimática" se engajaram na entrevista. Estavam cientes dos propósitos do estudo e concordaram em participar voluntariamente. O professor de música conduziu as entrevistas seguindo um roteiro desenvolvido pelo grupo. O anonimato dos professores foi mantido pelo uso das letras PF (professor). Essas entrevistas foram gravadas em áudio, transcritas e textualizadas, e depois enviadas aos professores para validação do material.

O tratamento dos dados foi realizado com base nos procedimentos de codificação qualitativa descritos por Gibbs (2009). Após a transcrição e validação das entrevistas, o corpus foi submetido a leituras sucessivas para identificação de unidades de significado relacionadas ao processo de elaboração da aula interdisciplinar. Essas unidades foram organizadas por meio de um processo de codificação aberta, permitindo identificar temas recorrentes presentes nos relatos dos participantes. Em seguida, os códigos foram refinados e agrupados em categorias analíticas que contemplaram aspectos como a concepção da proposta, as negociações entre os docentes, os conflitos conceituais, as decisões de natureza pedagógica e as reformulações realizadas ao longo do desenvolvimento da aula. A interpretação das categorias buscou compreender como esses elementos se articularam na construção coletiva da proposta didática, preservando o vínculo entre os dados empíricos e o referencial teórico adotado para a pesquisa (GIBBS, 2009).

Quadro 1: Aspectos das entrevistas

Entrevista	Tempo
Primeira entrevista	1 hora e 11 minutos
Segunda entrevista	53 min.

Fonte: Os autores.

Quadro 2: As características dos professores

Participantes	Gênero	Disciplina
PF 1 – Coordenador	Homem	Física
PF 2	Homem	Música
PF 3	Homem	Matemática

Fonte: Os autores.

O relatório da pesquisa apresenta inicialmente as diretrizes da aula "O ritmo dos conjuntos" e sua estrutura simbólica. Na sequência, apresenta-se a condução de duas práticas: o quadrado musical e a prática com o aplicativo Medly. O relatório é concluído com a explicitação dos conflitos conceituais em relação à interdisciplinaridade.

Resultados

As diretrizes da aula "O ritmo dos conjuntos"

O grupo escolheu a associação entre o ritmo musical e os conjuntos matemáticos como primeira aula do projeto. Os professores registraram os conceitos associados, os aspectos práticos, as intenções pedagógicas e os objetivos interdisciplinares relacionados à aula. A tabela a seguir apresenta todos os elementos para a formulação da aula.

Quadro 3: Elementos processuais da criação da aula "O ritmo dos conjuntos"

Conceitos associados	Aspectos práticos	Intenções pedagógicas	Objetivos interdisciplinares
Música Notação Tempos Ritmo Compassos	Comunicação e registro, padrões rigorosos, visão linear, práticas de aprendizagem	Problematizar a notação musical, formular padrões alternativos de notação, questionar a visão linear da notação musical	Usar a matemática como forma de organizar procedimentos musicais
Matemática Notação Conjuntos matemáticos e suas propriedades Operações com conjuntos	Relações binárias, desenvolvimento de paradoxos, formulação de propriedades básicas, atividades de resolução de problemas	Formular padrões alternativos de notação, apresentar uma noção mais ampla de propriedades matemáticas, usar a matemática como fenômeno baseado em ações concretas	Entender a matemática dentro dos eventos naturais (incluindo a interação humana com esses eventos) por meio da experiência

Fonte: Os autores.

Os professores criaram duas práticas interdisciplinares para apoiar as intenções pedagógicas: o quadrado musical e a prática com o aplicativo Medly. A aula apresenta também explicações tradicionais. A estrutura completa da aula "O ritmo dos conjuntos" é apresentada na tabela a seguir.

**O DESENVOLVIMENTO DE UMA AULA INTERDISCIPLINAR DE
MÚSICA E MATEMÁTICA: A EXPERIÊNCIA DO GRUPO
“MUSIMÁTICA”**

Quadro 4: Os objetivos da aula "O ritmo dos conjuntos"

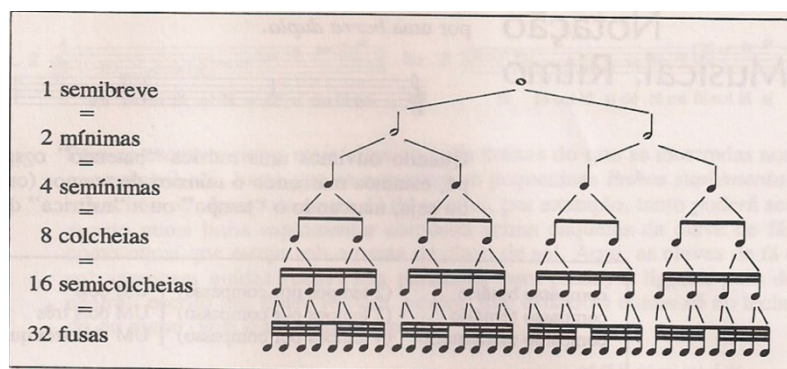
Etapas da aula	Metas musicais	Metas matemáticas
Divisão musical através de sílabas A-U-I-U e sua simbologia	Entender a divisão musical e possibilitar a leitura	
Introdução ao conceito de conjunto em matemática	Fornecer relações entre notas musicais	Desenvolver a noção (intuitiva) do conjunto e a ideia de que eles podem ser definidos por propriedades
Relações de inclusão		Entender a relação de inclusão e usar notação simbólica básica
O quadrado musical com palmas	Aplicação de noções sensoriais juntamente com a leitura, noção de modo não linear de leitura musical, identificação dos conjuntos e a especificidade da ordem musical	Entender a localização espacial através de coordenadas, aplicação da relação de inclusão, identificando que a ordem dos elementos não é importante
Operações com conjuntos: união, intersecção e diferença		Entender os conceitos e propriedades dessas operações e usar a notação simbólica básica correspondente
Prática com palmas usando o aplicativo Medly com operações definidas	Aplicação de noções sensoriais junto com a leitura musical	Associação entre noções sensoriais e o exercício (ou prática) de operações matemáticas abordadas no tópico anterior

Fonte: Os autores.

A estrutura simbólica

O desenvolvimento de símbolos musicais de duração se deu pela primeira vez durante o século XII (MED, 1996). O estudioso e professor italiano Guido de Arezzo (992-1050) estabeleceu as bases para o sistema musical moderno por meio da criação do sistema hexacordal, sílabas de solmização e notação musical (REISENWEAVER, 2012). O sistema de notação atual é proporcional e define a duração de cada som. Os símbolos que formam este sistema são chamados de figuras de valor (PRIOLLI, 2013). A figura 1 mostra as figuras breve, semibreve, semínima, colcheia, semicolcheia e fusa. Elas apresentam relações de proporcionalidade de acordo com o número de subdivisões.

Figura 1: Figuras de valor.



Fonte: Bennett (1998, p. 12)

A associação entre esses símbolos e estruturas de duração padronizada chama-se compasso (BENNETT, 1998). O nome do compasso pode variar em virtude dos tempos que comporta (dois tempos = binário, três tempos = ternário, quatro tempos = quaternário, e assim por diante). A figura a seguir apresenta os símbolos relativos ao sistema de notação atual usando o exemplo dos compassos binário, ternário e quaternário.

Figura 2: Compassos.

	Compassos simples	
binário	$\frac{2}{2} = 2$ tempos: 1 2	$\frac{2}{4} = 2$ tempos: 1 2
ternário	$\frac{3}{2} = 3$ tempos: 1 2 3	$\frac{3}{4} = 3$ tempos: 1 2 3
quaternário	$\frac{4}{2} = 4$ tempos: 1 2 3 4	$\frac{4}{4} = 4$ tempos: 1 2 3 4

Fonte: Bennett (1998, p. 13)

A estrutura simbólica da aula foi inspirada no método Gazzi de Sá segundo Paz (2013) e o método O passo segundo Ciavatta (1996). Ele consiste na divisão de quatro partes do tempo de um compasso quaternário. Essa divisão é idêntica à divisão de 16 semicolcheias disponível na figura 1. A divisão corresponde às vogais A-U-I-U permite a organização e a localização na perspectiva do ritmo musical. O consoante T é usada para indicar o momento para bater palmas. Dependendo da localização do T, são formadas estruturas como TA-U-I-U, A-TU-I-U, TA-U-TI-U ou A-U-TI-TU. Na figura 2 é possível ver os símbolos que correspondem às estruturas de sílabas, bem como a localização das palmas.

Figura 3: Os símbolos e as estruturas silábicas.



O quadrado musical

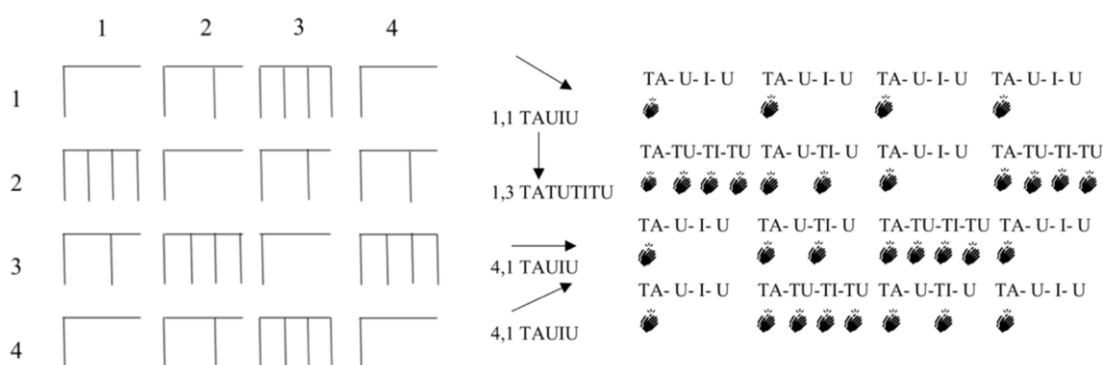
O quadrado musical é uma configuração de símbolos que permite práticas rítmicas com palmas. O professor apresenta um quadrado composto por linhas numeradas preenchidas por figuras rítmicas. Os alunos podem usar uma combinação de setas, diagonais e símbolos para executar "rotas musicais" usando palmas. O início da seta ou da diagonal pode ser identificado por coordenadas baseadas na associação de uma coluna e uma linha acompanhadas das sílabas que representam o primeiro ritmo.

Na medida em que empregavam as práticas, surgiram questionamentos acerca da clareza explicitada pelo conjunto de símbolos. Os colegas convenceram o professor de música a incluir o número da linha/coluna e o nome do primeiro símbolo de diagonal ou seta para favorecer o processo de leitura.

"Durante a aula, percebi que poderíamos usar rotas musicais para desenvolver operações como as que o professor de matemática criou com conjuntos. Então, elaborei uma prática específica com quadrado musical para operar com conjuntos musicais utilizando os conceitos da matemática" (PF2).

"O desenvolvimento da prática me fez pensar se o professor de música deveria dar mais informações para que os alunos entendessem o ponto de partida de cada percurso. Sugerimos o uso de coordenadas para dar mais informações sobre o processo" (PF1).

Figura 6: O quadrado musical e as rotas



Fonte: Os autores.

A utilização de símbolos que promovem a comunicação simultânea de aspectos musicais e matemáticos evidenciam as possibilidades de sobreposição trazida por Bahr e Christensen (2000). De fato, a construção simbólica foi realizada naturalmente durante as experiências. Os conhecimentos musicais e matemáticos revelaram um potencial significativo no que tange o intercâmbio e a associação. Entretanto, essas relações devem ser instigadas pelas circunstâncias que

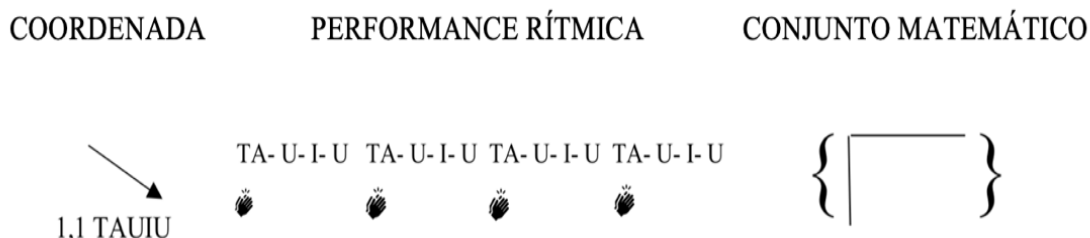
se apresentam. Nessa perspectiva, entender a natureza do acoplamento entre as estruturas musicais e matemáticas no curso da construção de procedimentos didáticos exige atenção e sensibilidade quanto aos fenômenos enquanto acontecem. Fica claro que a convivência, o diálogo, as observações e as contribuições foram fundamentais para o resultado. Torna-se fundamental entender a construção de práticas interdisciplinares como eventos situados em um contexto (FAZENDA, 2008).

Durante o desenvolvimento da prática, outra contribuição surgiu enquanto o professor de música realizava desenhos de símbolos no quadro-negro.

"Vi os símbolos musicais no quadro negro e achei que seria bom usá-los como um conjunto matemático. Então, eu desenhei os colchetes para mostrar aos alunos que eles poderiam identificar essa associação como um conjunto matemático." (PF3).

A contribuição oferecida pelo professor de matemática possibilitou o desenvolvimento de uma atividade útil dentro da classe. O desempenho rítmico da diagonal 1,1 TAUIU apresenta quatro palmas, no entanto, seu conjunto matemático é constituído por um símbolo apenas. Os alunos devem entender que a performance musical e a natureza dos conjuntos matemáticos apresentam especificidades condizentes com a natureza de cada campo seja da música ou da matemática.

Figura 7: O desempenho rítmico e o conjunto matemático de uma coordenada

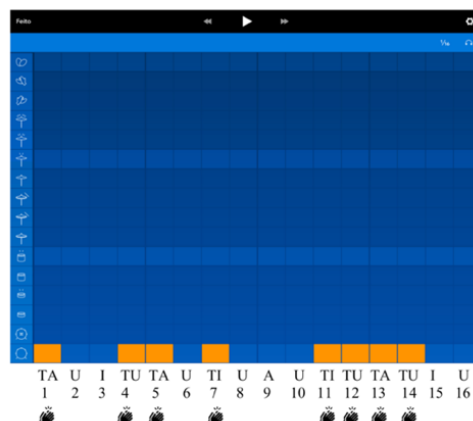


Fonte: Os autores.

A prática rítmica com o aplicativo Medly

O aplicativo Medly pode fornecer suporte às práticas de palmas com conjuntos matemáticos. Este aplicativo pode ser usado para programar instrumentos digitais devido ao uso de recursos *touchscreen*. A divisão A-U-I-U foi associada aos números em combinação com o mapa de notas apresentadas pela interface do aplicativo. A presença de caixas amarelas está relacionada ao uso da consoante T fornecendo um meio para motivar as palmas dos alunos.

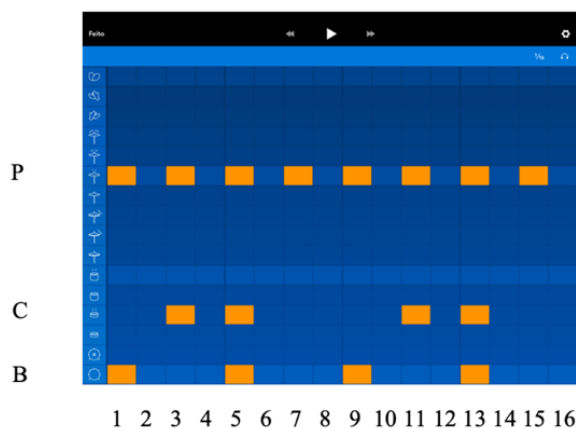
Figura 8: As caixas amarelas e as palmas



Fonte: Os autores.

A próxima prática emprega a combinação das mesmas palmas da atividade anterior; no entanto, os alunos devem ler os sinais expostos na tela do aplicativo para desenvolver o desempenho de palmas (as imagens podem ser projetadas em sala de aula). A figura a seguir apresenta a tela do aplicativo usando três instrumentos: prato de condução (P), caixa (C) e o bumbo (B).

Figura 9: O aplicativo Medly na aula "O ritmo dos conjuntos"

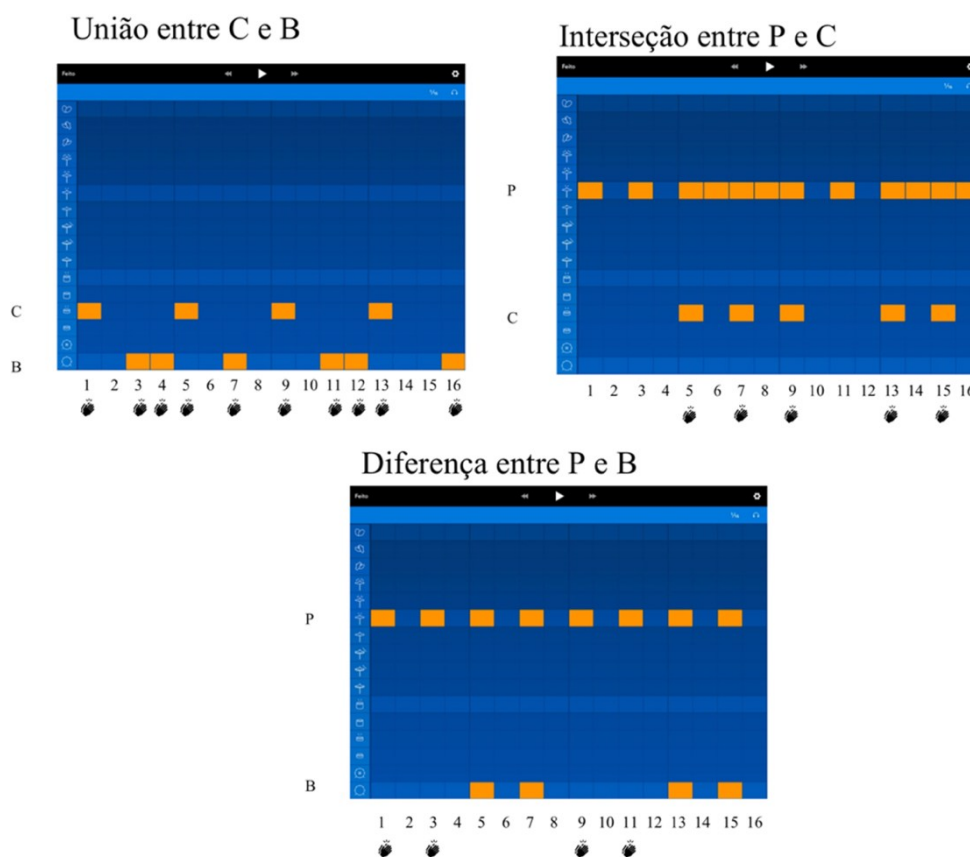


Fonte: Os autores.

O professor pode usar o aplicativo para desenvolver práticas de palmas e convidar os alunos a fazer operações com conjuntos matemáticos. O professor pode elaborar os seguintes conjuntos com base no ritmo de cada instrumento: $P = \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15\}$, $C = \{3, 5, 11, 13\}$, e $B = \{1, 5, 9, 13\}$. As palmas devem ser realizadas mediando a execução de operações de união, intersecção e diferença. A união entre os conjuntos C e B exige que os alunos batam palmas nos números 1, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13 e 16. A intersecção entre os conjuntos P e C exige que os

alunos batam palmas nos números 5, 7, 9, 13 e 15. A diferença entre os conjuntos P e B exige que os alunos batam palmas nos números 1, 3, 9 e 11. A representação desses resultados está na figura 9.

Figura 10: União, interseção e diferença com palmas



Fonte: Os autores.

A integração da aula proporcionou desafios quanto à adaptação aos padrões tradicionais. O desconforto com a ausência de momentos de transmissão do conhecimento mais nítidos fez com que os professores criassem adaptações à estrutura inicial da aula.

"Durante a primeira aula senti que deveria fazer explicações menores para dar espaço às práticas musicais. No entanto, senti que isso enfraqueceria a contribuição da matemática (PF3)."

"Concordamos em fazer exercícios escritos durante a aula. No entanto, tivemos dificuldade em inserir esses exercícios dentro da aula" (PF1).

A capacidade de combinar operações e gestos musicais contrasta radicalmente com as atividades convencionais em aulas de matemática. Fora da zona de conforto, os alunos podem mostrar incômodo e dificuldade ao serem exigidos em situações incomuns. Entretanto, a

intimidade com os aplicativos de *smartphone* suaviza esse desconforto colocando situações próximas do cotidiano dos alunos.

"As práticas musicais com aplicativos de *smartphone* podem ter um efeito positivo com os alunos. Eles estão familiarizados com as interfaces digitais e muitos deles criam música com alguns aplicativos" (PF2).

"Eles estão familiarizados com símbolos estáticos em um papel. Isso é matemática para eles. No entanto, pode haver outra visão devido ao uso da tecnologia ao propor movimento e duração para o exercício da matemática" (PF3)."

"À medida que desenvolvi os procedimentos de palmas, encontrei tempo para entender conceitos musicais e matemáticos. Isso é diferente de um exercício matemático dentro da sala de aula. A necessidade de estar conectado à prática motiva o desafio de combinar habilidades, porém, o loop que caracteriza a prática dá espaço e tempo para pensar e agir" (PF1).

A música exige o reconhecimento de símbolos especializados, a conversão desses símbolos em informações e o desenvolvimento de comandos que levam à ação (BAHR; CHRISTENSEN, 2000, p. 192). Nessa perspectiva, a interdisciplinaridade entre a música e a matemática apresenta uma natureza intrinsecamente ligada ao gesto e ao movimento. Na medida em que as etapas eram construídas, novas situações surgiam gerando outras dinâmicas. Era necessário avaliar o grau de dificuldade e criar adaptações para que os alunos tivessem tempo de pensar e concretizar a performance com palmas. Verifica-se que no caso do presente trabalho a articulação entre as habilidades de cálculo e dos gestos musicais tem caráter regulatório. O avanço de uma capacidade permite o mesmo avanço em outro campo gerando uma associação relevante no que tange a colaboração entre a música e a matemática.

Os conflitos conceituais em relação à interdisciplinaridade

Durante o processo de teste das práticas, os professores avaliaram os aspectos singulares de cada disciplina. A música está ligada ao tempo. Os eventos musicais podem ser sequenciais ou síncronos, assim, a ordem é essencial para a música. No entanto, a ordem para os conjuntos matemáticos não importa. A diferença conceitual envolvendo o ritmo musical e à teoria dos conjuntos matemáticos trouxe um problema aos professores: como comunicar essa diferença sem criar confusão para os alunos?

"Durante a prática, o professor de música disse a palavra sequência muitas vezes ao descrever os elementos de um conjunto matemático. Ele não deve dizer isso porque a ordem não é importante para o conjunto matemático" (PF3).

O debate sobre o uso da palavra sequência dentro da prática interdisciplinar da música e da matemática proporciona uma discussão relevante. Se a palavra fosse adequada para ambos os campos do conhecimento, seria conveniente utilizá-la. Entretanto, foi necessário excluir a palavra de forma a não motivar interpretações confusas. Ao expor os limites da interdisciplinaridade, a situação mencionada mostra a tensão entre teoria e prática. Sob o ponto de vista da prática, estaria justificado seu uso, porém sob o ponto de vista teórico, não. Vale trazer novamente o pensamento de Nicolescu. (2008) acerca da interdisciplinaridade como o intercâmbio de práticas preservando as especificidades de cada disciplina com enriquecimentos mútuos. Nesse caso os compromissos estipulados como aspectos fundamentais do projeto tiveram impacto na decisão final levando à exclusão da palavra.

As vogais AUIU são símbolos que dentro do contexto musical não apresentam nenhum som, portanto, são o silêncio na música. Esse fenômeno motivou os professores a usar essa estrutura para expressar o conjunto vazio dentro da matemática. No entanto, essa aproximação conceitual deve ser observada cuidadosamente. O silêncio tem um significado singular na música relacionada às suas propriedades. Mesmo que o silêncio não apresente nenhum som, ele tem uma duração e, assim, ocupa um "espaço" na música.

"A matemática é extremamente objetiva. A teoria que explica os conjuntos vazios diz que são conjuntos sem elementos. E nada mais. O uso do silêncio como sinônimo para o conjunto vazio não se aplica conceitualmente. O silêncio dentro da música tem um significado, uma presença. O silêncio tem seus próprios símbolos no contexto musical. O vazio dentro da matemática significa a ausência total de elementos" (PF3).

No entanto, o debate realizado pelos professores proporcionou outra interpretação desse fenômeno. Se os sons podem desenvolver relacionamentos criando conjuntos, o mesmo deve ser aplicado ao silêncio. Portanto, a estrutura AUIU pode apresentar diferentes elementos de acordo com a presença da letra T. A estrutura TATUIU tem dois sons e dois silêncios permitindo a criação de conjuntos de sons e conjuntos de silêncios.

"O uso do silêncio dentro da matemática pode apresentar riqueza se pertencer a um conjunto específico. Se os sons fazem parte dos conjuntos, os silêncios também podem integrar seus próprios conjuntos" (PF1).

"O uso do silêncio pode estar associado a números negativos. Assim, a ausência de som estaria relacionada ao número negativo fornecido pela posição da vogal" (PF3).

A interdisciplinaridade exige a convergência de diversos processos. O resultado dessa convergência é definido por Fazenda (2008) como uma interação envolvente, sintetizadora e dinâmica. No caso acima, a tensão entre a teoria e a prática motivou uma busca intensa por

soluções. O resultado foi a criação de novas estruturas que reconfiguraram o arranjo constituído até então. Verifica-se que o processo interdisciplinar estimula a criatividade promovendo o exercício de inúmeras empreitadas realizadas pelo pensamento. Entretanto, não se trata de um expediente idealista e delirante. Trata-se de uma reflexão que busca a convergência com a realidade concreta em virtude de uma prática intencional (SEVERINO, 1998).

A interdisciplinaridade deve estar engajada em uma estrutura dialética, não linear e não hierárquica. Essa ideia é semelhante à ideia de problematização em Freire (1996). O autor argumenta que o processo educativo exige o reconhecimento de sua complexidade e a disposição de redefinir o projeto para cada pergunta ou resposta encontrada. O compromisso e a disposição de compartilhar conhecimento e a visão pessoal também foram importantes para o processo. Isso é consistente com a visão de Tavares (2008) entendendo que a interdisciplinaridade é um fenômeno proporcionado pelo envolvimento humano que leva os professores a estudar, pesquisar e viver o projeto interdisciplinar.

Considerações finais

O desenvolvimento da aula "O ritmo dos conjuntos" seguiu um modelo motivado pela construção da interdisciplinaridade entre a música e da matemática. Esse processo exigiu um profundo engajamento teórico para prover as bases para a construção pedagógica da aula. O desenvolvimento das práticas proporcionou recursos úteis para a reflexão e o desenvolvimento do programa interdisciplinar pelo grupo "Musimática".

O processo pedagógico em relação à interdisciplinaridade pode ser intenso devido ao engajamento intelectual e crítico. No entanto, as relações humanas fornecem a interface essencial para as negociações teóricas. Segundo Severino (1998), esse fenômeno é caracterizado pela mediação. O professor é um eixo para os processos de aprendizagem mediando a prática intencionalizada dentro da sala de aula. À medida que os professores se conscientizam dessas intenções, o desenvolvimento das estratégias pedagógicas pode ser estruturado com fluidez utilizando o potencial das conexões disponíveis para o trabalho interdisciplinar. Essa dinâmica depende da identidade entre os professores no que diz respeito à convergência dos projetos pessoais e das afinidades concretizadas em um dado momento (ALVES, 2008, p. 109).

O estudo apresenta limitações devido aos seus aspectos teóricos e à necessidade de aplicação do processo. O desenvolvimento da aula pode fornecer recursos para validar a configuração das práticas e melhorar a elaboração do programa interdisciplinar. O estudo pode ser

útil para a formulação de práticas interdisciplinares relacionadas à música e à matemática. Futuros estudos interdisciplinares de música e matemática podem oferecer diferentes modelos para possibilitar comparações e mudanças quanto à configuração do trabalho do grupo "Musimática".

Referências

- ALVES, Adriana. **A interdisciplinaridade e a matemática**. São Paulo: Cortez, 2008.
- BAHR, N.; CHRISTENSEN, C. Inter-domain transfer between mathematical skill and musicianship. **Journal of Structural Learning and Intelligent Systems**, v. 14, n. 3, p. 187–197, 2000.
- BENNETT, Roy. **Elementos básicos da música**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.
- CIAVATTA, Lucas. **O passo**. Rio de Janeiro: Instituto d'O Passo, 1996.
- DOS SANTOS-LUIZ, Carlos *et al.* Matemática e música: sistematização de analogias entre conteúdos matemáticos e musicais. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 28, n. 2, p. 271–293, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21814/rpe.7742>.
- FAZENDA, Ivani. Interdisciplinaridade-transdisciplinaridade: visões culturais e epistemológicas. In: FAZENDA, Ivani (org.). **O que é a interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez, 2008. p. 17–34.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- GRAY, David E. **Pesquisa no mundo real**. Porto Alegre: Penso, 2012.
- HUGHES, James R. Creative experiences in an interdisciplinary Honors course on mathematics in music. **Journal of Mathematics and Music**, v. 8, n. 2, p. 131–143, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/17459737.2014.936916>.
- LENOIR, Yves. Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável. In: FAZENDA, Ivani (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. São Paulo: Papirus, 1998. p. 45–75.
- MED, Bohumil. **Teoria da música**. Brasília: MusiMed, 1996.
- MERRIAM, Sharan B. **Qualitative research: a guide to design and implementation**. San Francisco: Jossey-Bass, 2009.
- NICOLESCU, Basarab. Transdisciplinarity – History, Methodology, Hermeneutics. **Economy Transdisciplinarity Cognition**, v. 11, n. 2, p. 13–23, 2008.
- PATTON, Michael Quinn. **Qualitative research and evaluation methods**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2002.
- PAZ, Ermelinda Azevedo. **Pedagogia musical brasileira no século XX: princípios e recursos filosóficos**. 2. ed. Brasília: MusiMed, 2013.
- PIZZI, Marcio; SILVA, Marcelo Chaves; SASAKI, Daniel Guilherme Gomes. O ritmo dos conjuntos: uma experiência interdisciplinar entre música e matemática. **Revista Eletrônica de Educação Matemática (REVEMAT)**, Florianópolis, v. 15, p. 1–21, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.5007/1981-1322.2020.e76008>.

POMBO, Olga. Práticas interdisciplinares. **Sociologias**, n. 15, p. 208–249, 2006.

POMBO, Olga; LEVY, Teresa. Interdisciplinaridade: conceito, problemas e perspectivas. **A interdisciplinaridade: reflexão e experiência**, p. 8–31, 1994.

PRIOLLI, Maria Luiza de Mattos. **Princípios básicos da música para a juventude**. Rio de Janeiro: Casa Oliveira de Música, 2013.

REISENWEAVER, Anna. Guido of Arezzo and His Influence on Music Learning. **Musical Offerings**, v. 3, n. 1, p. 37–59, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15385/jmo.2012.3.1.4>.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

SEVERINO, Antônio Joaquim. O conhecimento pedagógico e a interdisciplinaridade: o saber como intencionalização da prática. In: FAZENDA, Ivani (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. São Paulo: Papirus, 1998. p. 31–44.

TAVARES, Dirce Encarnacion. A interdisciplinaridade na contemporaneidade: qual o sentido? In: FAZENDA, Ivani (org.). **O que é a interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez, 2008. p. 129–146.