

Conhecimentos expressos por futuros professores de física em prática de planejamento conjunto de uma atividade experimental sobre acústica em cordas

Knowledges expressed by pre service physics teachers in a practice of joint planning of an experimental activity about acoustic

João Ricardo Neves da SILVA¹, Pedro Filipe Souza SOARES², Agenor Pina da SILVA³

¹ Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – Instituto de Física e Química. jricardo.fisica@unifei.edu.br

² Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – Instituto de Física e Química. pedrofilisouza@gmail.com

³ Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – Instituto de Física e Química. agenor@unifei.edu.br

Recebido em 23 de Fevereiro de 2023; Aprovado em 20 de Maio de 2023

Resumo: Este artigo tem por objetivo analisar os elementos da Base de Conhecimentos para o Ensino (BCE), principalmente os Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo (PCK¹), expressos por licenciandos em um processo de elaboração conjunta de uma atividade experimental sobre a temática acústica em cordas. A partir da manipulação e discussão teórica de um experimento sobre a temática, estudantes de um curso de licenciatura em física foram convidados a elaborar uma atividade voltada ao Ensino Médio que contemplasse o uso investigativo de um conjunto experimental sobre o tema. As discussões ocorridas entre os licenciandos durante a elaboração da atividade foram gravadas em áudio, transcritas e analisadas com base nos referenciais que discorrem sobre a Base de Conhecimentos para o Ensino, a partir de Shulman (1987) e seus interpretadores contemporâneos. Os resultados demonstram que os licenciandos expressam conhecimentos relacionados às três principais categorias da BCE, principalmente aos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo. Ainda, se aponta para a defesa do processo de planejamento conjunto como estratégia formativa para a expressão de conhecimentos da BCE na formação de licenciandos em física.

Palavras-chave: Acústica. Formação de Professores de Física. Planejamento Conjunto. Conhecimentos pedagógicos de conteúdo.

Abstract: This article aims to analyze the elements of the Knowledge Base for Teaching (ECB) expressed by undergraduates in a process of jointly elaborating an experimental activity on the theme of Sound Waves and String Acoustics. From the manipulation and theoretical discussion of a thematic experiment, a group of undergraduate physics students were invited to elaborate an activity aimed at High School that contemplated the investigative use of an experimental set presented to them. The discussions of these groups of undergraduates were audio recorded, transcribed and analyzed based on the references that discuss the knowledge base for teaching, based on Shulman (1987) and his contemporary interpreters. From the analysis, it was possible to understand the process of expression of physics teachers' specialized knowledge, as well as to understand the role of activities creation practices to be developed in the classroom in the expression of this knowledge.

Keywords: Acoustic, Physics Teachers Education, Joint Planning, Pedagogical Content Knowledge

¹ PCK é a Sigla em língua inglesa para o termo Pedagogical Content Knowledge, na nomenclatura original designada por Shulman (1987)

Introdução

Os temas relacionados à ondulatória e acústica, com base nas diretrizes e propostas curriculares, tais como a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), são objetos de estudo dentre os conteúdos de física da Educação Básica, e, por consequência, também dos cursos de formação de professores de física. A referida BNCC, por exemplo, apresenta que uma das habilidades necessárias aos alunos da educação básica em ciências da natureza é a de “investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana” (p. 138).

Contudo, como aponta Monteiro Júnior (2012), esta temática está entre as mais desprezadas do currículo escolar do Ensino Médio, sendo um tópico frequentemente deixado de lado na sempre injusta competição entre os tópicos a serem abordados e o escasso tempo dedicado, na Educação Básica, às aulas de Física.

Em se tratando de acústica em cordas, há uma possível dificuldade, por parte dos professores, para desenvolver tópicos que adentrem o subtópico de acústica em sala, já detectada em pesquisas da área tais como a de Baptista (2013) Balzan & Cunha (2018), Sousa et. al. (2019) e Silva Junior, Neto &

Santos (2023). Estes, por exemplo, afirmam que:

Nesse sentido, acreditamos que seria enriquecedor usar nas aulas de acústica, ferramentas práticas e midiáticas que produzam som ou que tenham relação com ele, bem como instrumentos de avaliação como MCs e questionário. Assim, os alunos podem compreender com mais facilidade os conceitos físicos envolvidos no estudo do som e os relacionar com situações reais do dia a dia, sem a necessidade de estar em uma aula teórica expositiva n laboratório de física apenas preenchendo as atividades de um roteiro de experiências, sem participação ativa na aula. (pg. 92)

Dentre as possibilidades de abordagens para esses temas, geralmente são enfatizadas aquelas nas quais se utiliza das situações reais e/ou cotidianas como forma de contextualização. No entanto, são raros os casos nos quais se expressa relação dos fenômenos ondulatórios com suas aplicações no cotidiano, o que revela uma deficiência de proposta de abordagens práticas ou contextualizadas relacionadas ao ensino desses tópicos.

O ensino deste conteúdo curricular parece ser deixado em segundo plano, tanto no que diz respeito ao seu conteúdo de física em cursos de licenciatura quanto ao desenvolvimento de estratégias de

abordagem desses temas, como se evidencia no levantamento proposto por Errobidart et. al. (2009).

Assim, é a respeito desses conhecimentos citados aqui que se estabelece um estudo de um processo formativo de futuros professores de física – licenciandos - para o desenvolvimento de conhecimentos especializados necessários ao ensino de alguns tópicos relacionados aos conteúdos de acústica em cordas.

Visto que há a necessidade fundamentada de se promover estratégias de formação de professores de física que busquem o desenvolvimento de conhecimentos voltados à docência de conteúdos específicos, levanta-se o seguinte questionamento: quais conhecimentos são necessários que o futuro professor de física desenvolva em um processo de ensino e aprendizagem deste tema com seus futuros alunos? Assim, fundamenta-se o processo de formação dos licenciandos empreendido nesta pesquisa a partir do referencial da Base de Conhecimentos para o Ensino (BCE), ou seja, aqueles conhecimentos necessários ao exercício profissional da docência em uma área ou em um tema específico, como defendido nas argumentações de Sperandeo-Mineo, Fazio & Tarantino (2006).

As estratégias de ensino a serem implementadas precisam construir novos conhecimentos sobre os modelos espontâneos dos alunos e fornecer ambientes de aprendizagem que promovam explicitamente uma epistemologia apropriada da ciência, que deve se tornar o conteúdo da instrução e deve ser incorporada aos métodos instrucionais. Conseqüentemente, os professores precisam ter um conhecimento profundo da natureza dos modelos de física e seu funcionamento no desenvolvimento da disciplina, bem como uma conscientização dos modelos espontâneos dos alunos nas diferentes áreas de conteúdo.” (p. 238, **tradução nossa**)

A questão mais importante no desenvolvimento do PCK² dos licenciandos eram as deficiências em vários tipos de conhecimento adquiridos em períodos distintos do seu curso, como as disciplinas de conteúdo específico, de metodologias de ensino, e experiência de ensino, assim como a incapacidade de integrar essas bases de conhecimento em um, o PCK.” (KARAL & ALEV, 2016, p. 116, **tradução nossa**)

Nesse sentido, entendemos que o estudo de processos formativos que visem a construção e/ou a expressão dos conhecimentos da BCE por licenciandos em

Física são um caminho promissor de avaliação das estratégias de formação, tendo esses conhecimentos como referência.

Diante desta constatação, a questão de pesquisa pode ser assim expressa: Que conhecimentos pertencentes à Base de Conhecimentos para o Ensino são expressos por licenciandos em física, participantes de um processo de planejamento conjunto de uma prática experimental sobre acústica em cordas? E a partir desta questão, este trabalho tem como objetivo: Caracterizar os conhecimentos relacionados à Base de Conhecimentos para o Ensino que licenciandos de um curso de Licenciatura em Física expressam no decorrer do planejamento conjunto de uma atividade experimental investigativa voltada para Educação Básica sobre acústica em cordas.

Elementos da Base de Conhecimentos para o Ensino: fundamentação teórica

Dado o objetivo principal desta pesquisa, cumpre-se necessário esclarecer os elementos teóricos e o conjunto de categorias que foram consideradas na análise dos dados, tendo como base o conjunto de conhecimentos sobre os quais se explanou até aqui. Assim, toda a caracterização das manifestações dos licenciandos ao longo do processo de elaboração de uma abordagem experimental

sobre acústica em cordas se dá a partir do corpo de referenciais que fundamenta a necessidade de um conjunto de conhecimentos bastante determinado para caracterizar uma aula – ou um professor – de física.

O conjunto das referências supracitadas permite desenvolver uma sequência de argumentações que sustentam a ideia de que os conhecimentos especializados para a docência de conteúdo específico são próprios de cada área de atuação. A estes conhecimentos foi dado o nome original de Pedagogical Content Knowledge (PCK) (SHULMAN, 1987).

Este conjunto de conhecimentos está embasado nos trabalhos originais de Shulman (1986, 1987, 2004) e especialmente em seus interpretadores e interlocutores que investigaram os conhecimentos especializados de professores de Física, tais como Sperandeo-Mineo, Fazio & Tarantino (2005), Etkina (2010), Melo-Niño et. al. (2016, 2017), Melo-Niño & Cañada (2020), Weitzel & Blank (2020), Nurulsari et. al. (2020), além de Caldatto & Neves da Silva (2019) e Neves da Silva et. al. (2020).

Além disso, muitas pesquisas recentes que se baseiam nesses mesmos princípios têm investigado a presença desses conhecimentos em futuros professores de

física e as formas de desenvolvê-los ao longo da formação inicial. Nurulsari et. al. (2020, p. 02) afirma que “muitos estudos têm amplamente investigado os esforços para melhorar ou desenvolver os PCK de futuros professores. No entanto, poucos deles têm revisitado as perspectivas dos futuros professor de física no futuro procurando pelas condições existentes.

Na interpretação desta compreensão conceitual, os professores têm de ser munidos de diversos tipos de conhecimento para que se possa ensinar com efetividade determinado conteúdo. Especificamente, neste trabalho esses conhecimentos são rotulados a partir do conjunto principal de Shulman (1987) por PCK (Conhecimento Pedagógico do Conteúdo), PK (Conhecimento Pedagógico Geral) e CK (Conhecimento de Conteúdo).

De fato, é importante destacar que as proposições de Shulmann fazem parte de um movimento teórico de pesquisa ocorrido nos anos de 1980 que buscou caracterizar e defender os conhecimentos específicos da atuação docente, o que gerou esta reflexão sobre os PCK como um conhecimento inter-relacionado, que pode ser interpretado como uma “amálgama entre os conhecimentos de conteúdo específico e conhecimento pedagógico (SHULMAN, 1987)”, que caracteriza um tipo de

conhecimento que está relacionado ao trabalho de ensinar um conteúdo específico, neste caso, a física.

O primeiro desses conhecimentos, o PCK, de acordo com Melo-Niño et. al. (2017), é um tipo de conhecimento específico sobre a forma de ensinar um conteúdo e que é construído em diferentes etapas da vida do professor. Esse conhecimento específico está sujeito aos “[...] antecedentes escolares, à formação inicial e à experiência profissional” (p. 26, **tradução nossa**). O segundo, o PK, são os conhecimentos que irão fomentar nos professores os domínios sobre as estruturas pedagógicas e estratégias de gestão de ensino, políticas pedagógicas, valores na educação e conhecimentos sobre contextos educacionais como a diversidade cultural. Fazem parte dos PK os conhecimentos ligados à educação formal, às teorias de aprendizagem, à organização escolar, entre outros conhecimentos pedagógicos “puros” Já o terceiro, o CK, engloba o conhecimento específico sobre determinado assunto a ser abordado, ou seja, o conhecimento específico da matéria a ser ensinada. Ele se resume, em nosso caso, no conhecimento específico sobre Física – Conceitos e Leis da Física; Métodos desenvolvidos através da História, Filosofia e do estudo do

conhecimento da Física (CALDATTO & NEVES da SILVA, 2019, p.10)

Desse modo, a base de conhecimentos necessários à caracterização da profissão docente se constituiu basicamente dos três grandes grupos de conhecimentos relatados anteriormente (PK, PCK e CK). Assim, contemplam-se na base aqueles elementos de conhecimento que são fundamentais para que um professor(a) de determinado conteúdo específico tenha seus conhecimentos definidos e ainda ajuda a embasar a defesa de que o processo formativo de professores – de física, neste caso – seja fundamentado na construção desses conhecimentos pelo licenciando, como se pretendeu nesta pesquisa.

É importante ressaltar que esses conhecimentos e suas formulações foram agrupados em categorias construídas a partir de pesquisas que se desenvolvem desde a publicação original dessas ideias, datadas de Shulman (1986), principalmente movidos pela necessidade de constituir quais seriam os elementos principais que constituiriam as diferentes categorias de conhecimentos da BCE no caso do estudo de um processo de formação de professores.

Este é o caso de Etkina (2010), cujos estudos apontam considerações importantes sobre os PCK na formação de professores de física.

Esta pesquisadora, ao realizar o estudo de um curso de formação inicial de professores de física, construiu um conjunto de domínios dos PCK, CP e CK específicos para professores de física, que se tornou referência categórica para esta pesquisa. Assim, com base nas diversas proposições de elementos indicativos dos conhecimentos da BCE, nos pautamos no conjunto de domínios dos conhecimentos construídos por Etkina (2010) e disponíveis no Quadro 1, que é utilizada aqui como referência para a caracterização dos conhecimentos expressos pelos licenciandos em física na prática formativa de elaboração conjunta. O mesmo quadro de conhecimentos também foi utilizado por Neves da Silva et. al. (2020), para caracterizar elementos da formação continuada de professores de física.

No Quadro 1, os conhecimentos representados pelos termos A, B, e C são os agrupamentos e se referem aos grupos dos conhecimentos pertencentes à BCE. As categorias designadas pelos termos A1, B2, C3, etc, representam os domínios de cada um dos três grupos de conhecimentos, ou seja, aqueles elementos que designam mais especificamente a forma de expressão dos conhecimentos nos excertos das falas dos licenciandos. Como exemplo, destacamos o domínio “C2 - Conhecimento sobre o

currículo de física e os conceitos físicos em linguagem escolar.”, que neste caso é um

domínio pertencente à categoria de conhecimento PCK.

Quadro 1: Agrupamentos e Categorias de análise dos elementos de conhecimentos da BCE

A: Conhecimento Pedagógico Geral (PK)	B: Conhecimento de Conteúdo (CK)	C: Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK)
A1: Conhecimento sobre o funcionamento da escola, gestão e organização da escola.	B1: Conhecimento das leis da física e das grandezas fundamentais.	C1: Conhecimento sobre métodos e abordagens de ensino de física, tais como experimentação e investigação, abordagem temática ou CTS, etc.
A2: Conhecimento das formas de aprendizagem dos alunos e suas diversidades cognitivas.	B2: Conhecimento das relações conceituais e matemáticas entre os conceitos e grandezas da física.	C2: Conhecimento sobre o currículo de física e os conceitos físicos em linguagem escolar.
A3: Conhecimento sobre as fundamentações teóricas dos processos educativos, fundamentalmente os valores que cercam o processo educativo.	B3: Conhecimento do processo de construção das leis da física e como a ciência constrói conhecimentos (história e epistemologia do conhecimento físico).	C3: Conhecimento dos materiais didáticos e instrumentos específicos do ensino de física.
A4: Conhecimento sobre estratégias gerais de ensino, tais como grupos de trabalho, aprendizagem colaborativa, etc.	B4: Conhecimentos sobre os processos de construção de conhecimento físico de base experimental.	C4: Conhecimento das concepções e dificuldades mais comuns dos alunos em diversos conceitos físicos.
		C5: Conhecimento de métodos de avaliação específicos que captem a manifestação das relações entre conceitos e do pensamento físico nos alunos

Fonte: Adaptado de Etkina (2010) e Neves da Silva et. al (2020)

Com base no suporte teórico desta ideia e a partir dessas categorias do Quadro 1, foi possível analisar os conhecimentos que são manifestados por futuros professores de física – licenciandos - quando participantes de uma prática formativa de elaboração em conjunto de uma atividade experimental investigativa sobre acústica em cordas voltada à Educação Básica.

Além disso, com essas categorias, torna-se possível analisar a pertinência

desse tipo de prática de criação conjunta de atividades e conteúdos no desenvolvimento de conhecimentos necessários à docência em física. A seguir é descrito o encaminhamento metodológico de coleta e análise dos dados, além da prática formativa a que foram submetidos os licenciandos na pesquisa.

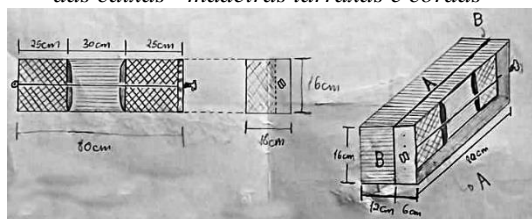
Metodologia

A análise dos conhecimentos expressos pelos licenciandos ocorreu a

partir de uma prática formativa de planejamento conjunto de uma atividade experimental destinada ao ensino de acústica em cordas em aulas de Física voltada à Educação Básica. Nesse sentido, faz-se necessário compreender esta atividade em seus detalhes para que seja reproduzível o processo analítico empreendido nesta pesquisa.

Dedica-se então a apresentar o processo de elaboração e a discussão do experimento que foi construído pelos autores para que este fosse explorado pelos licenciandos e utilizados no contexto da coleta de dados desta pesquisa. Nesse intuito, foi idealizada a construção de caixas acústicas com cordas de diferentes tipos de materiais e diferentes densidades lineares. As cordas utilizadas nas caixas são encontradas facilmente e são bastante conhecidas dos alunos, pois são de instrumentos musicais já vistos por eles, como o violão e a guitarra. Na Figura 2 está mostrado um esboço, com as dimensões das caixas construídas para a realização da atividade.

Figura 1: Esquema inicial - dimensões e formas das caixas - madeiras tarraxas e cordas



Fonte: Elaborado pelos autores

O processo de construção evidenciou maiores possibilidades de discussão conceitual e foram realizadas mudanças que possibilitaram a inclusão de outros fenômenos relacionados à acústica. Em uma das caixas foram colocadas três cordas de mesma densidade, e nas outras três cordas de diferentes densidades. Quando necessário, as frequências de vibração dessas cordas foram alteradas variando a tensão a que elas estavam submetidas. Essa mudança permitiu adicionar a possibilidade de discussão dos fenômenos de ressonância e batimento, por exemplo.

Determinados os tipos de cordas - três cordas de nylon para violão, três cordas de aço para violão e três cordas de contrabaixo elétrico - foi realizada a construção das caixas. Cada caixa possui uma abertura retangular cuja largura pode ser regulada. Essa abertura tem a função de acoplar o ar do interior do corpo do instrumento com o meio externo, fazendo com que seja possível obter um som mais grave ou mais agudo a depender da regulação desta abertura. Na Figura 2 estão mostradas duas das três caixas ainda em processo de montagem e finalização.

Figura 2: Caixas em processo de finalização



Fonte: Elaborado pelos autores

A descrição do experimento é importante nesta pesquisa pois foi a partir deste que os licenciandos elaboraram a prática experimental cujo planejamento foi analisado. Esta prática consistia em, a partir de um conjunto de orientações - apresentadas no Quadro 2 - os licenciandos deveriam explorar o experimento em grupos e planejar os

roteiros de uma aula de cunho experimental e investigativa, a ser desenvolvida na Educação Básica e que fizesse uso deste aparato experimental.

Assim, a prática formativa possibilitava a elaboração, em conjunto, de formas de investigar relações conceituais entre a tensão na corda e frequência do som, entre a frequência e o comprimento das cordas e sua densidade linear, além de poder observar fenômenos de ressonância entre cordas da mesma caixa e o fenômeno do batimento. A organização da atividade, seguindo o esquema das etapas de (1) a (4), é mostrada no Quadro 2.

Quadro 2: Orientação da prática formativa de planejamento conjunto

1. Quais os conteúdos de Física podem ser abordados com este experimento? Quais os elementos relativos ao estudo das ondas podemos analisar utilizando este experimento?
2. Descreva aqui os passos experimentais que os seus supostos alunos devem executar para realizarem os experimentos possíveis utilizando esta caixa. Descreva em tópicos quais procedimentos que os mesmos terão que realizar para captar os efeitos sonoros descritos através dos conteúdos listados na questão 1.
3. Discutam em grupo e organizem uma sequência de três aulas nas quais vocês pretendem abordar os conteúdos presentes neste experimento, incluindo uma atividade experimental
4. Utilizando a câmera ou seu próprio smartphone, grave os efeitos de ressonância e, se for possível, o batimento, em áudio e vídeo. Depois, discutam e escrevam quais foram as principais dificuldades para a detecção em áudio e vídeo desses efeitos. Discuta e responda o que poderia ser feito no experimento para melhorar a possibilidade de captura de tais efeitos?

Fonte: Elaborado pelos autores

A prática foi desenvolvida ao longo de seis aulas – três semanas – de uma disciplina de Prática de Ensino de Física, oferecida no quinto semestre do curso de Licenciatura em Física de uma universidade federal no estado de Minas Gerais, Brasil. A ementa desta disciplina expressa os seguintes pontos: materiais

didáticos e atividades experimentais investigativas no ensino de eletricidade e magnetismo, oscilações e ondas. Portanto, a disciplina na qual ocorreu a prática formativa tem como objetivo discutir as atividades experimentais investigativas e os materiais didáticos relacionados a esses conteúdos. Soma-se

a isso o fato de que esta disciplina é posicionada na estrutura curricular do curso após as disciplinas relativas aos conteúdos específicos – ondulatória e eletromagnetismo – de modo que se pode considerar que os licenciandos já tiveram contato prévio com os CK necessários à exploração do experimento.

Os sujeitos da pesquisa foram 08 (oito) licenciandos em física que estavam cursando o quinto semestre do curso. Estes foram apresentados aos experimentos descritos acima e se dividiram em três equipes, cada uma ficando responsável pela utilização de uma das caixas acústicas. Foram formadas duas equipes de três alunos e uma equipe de dois alunos. Além disso, solicitou-se dos participantes que supusessem o cenário real da proposição de uma atividade experimental investigativa utilizando as caixas acústicas como ocorreria em uma aula para estudantes da Educação Básica, e a partir disso, propusessem um roteiro de atividade experimental a ser desenvolvido na Educação Básica, visando o estudo dos fenômenos ocorridos na caixa acústica.

Foi requisitado também nesta etapa uma breve descrição sobre quais foram as dificuldades de se detectar tais efeitos sonoros e visuais e o que poderia ser feito para a melhoria do experimento a fim de que pudesse haver uma melhora na captura de tais efeitos.

Os dados analisados neste trabalho foram obtidos a partir das transcrições dos áudios gravados durante o planejamento conjunto da atividade por parte dos licenciandos e dos roteiros produzidos por eles na prática formativa³. Essa estratégia foi usada para captar, nas falas dos licenciandos e nos materiais produzidos por eles, os exemplos, analogias, concepções e propostas didáticas que remetessem a elementos de conhecimento pertencentes à BCE. Os áudios dessa atividade, assim como os escritos nos formulários de orientação da atividade, foram transcritos e categorizados a partir dos elementos de conhecimento apresentados no Quadro 1.

Devido ao grande volume de excertos relacionados aos pontos discutidos nesta etapa, optou-se por apresentar os excertos que, na interpretação dos autores, fossem mais

³ No momento da realização da atividade, os licenciandos foram informados que esta seria gravada para que se realizasse uma pesquisa e assinaram a um Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido (TCLE), autorizando que suas discussões fossem gravadas, desde que as identidades dos participantes fossem mantidas em sigilo

representativos de cada conjunto de conhecimentos manifestados pelos licenciandos, na proporção em que aparecem no total de excertos categorizados. Sendo assim, não são apresentados no texto todos os excertos categorizados, mas aqueles mais representativos do total, de modo que os excertos mostrados nesta análise representam qualitativamente aqueles encontrados no total, em cada categoria.

No processo analítico os licenciandos foram simbolizados pelas letras A, B, C, D, E, H, I e J. Alguns professores que ministraram os conteúdos específicos de física foram mencionados durante os diálogos. Estes estão simbolizados pelas letras Z, M e W.

Análise e discussão dos resultados

Os resultados e discussões desta pesquisa são compostos pela categorização dos excertos das discussões dos futuros professores durante a situação de planejamento conjunto descrita, que foram separadas entre as três categorias de conhecimento do Quadro 1.

O conjunto categórico dos Conhecimentos Pedagógicos Gerais (PK) foi o menos manifestado durante a atividade realizada pelos licenciandos,

sendo detectado apenas em três oportunidades, quando os grupos discutiam as adaptações que deveriam ser feitas no roteiro considerando o público-alvo da atividade experimental. Assim, são expostos apenas dois excertos representativos do conteúdo das manifestações de PK dos licenciandos.

PK – A4 (Conhecimento sobre estratégias gerais de ensino, tais como grupos de trabalho, aprendizagem colaborativa, etc.

Diálogo A4-1

I – Não não não...o que ele quer saber é se a gente é capaz de produzir um roteiro com esse experimento. Não que a gente vá aplicar, entendeu?

J – Mas aí não tem sentido...ele pede pra descrever aqui o passo a passo...

I – O intuito dele é ver se a gente consegue...foi o que o Y falou...montar um roteiro através de qualquer experimento, entendeu?

G – **Só que a gente tem que pensar num público alvo, não dá pra simplesmente generalizar..."ah, vamos fazer um roteiro pra essa caixa"...tá, mas qual que é o público? O que que eu quero tirar dela?**

Diálogo A4-2

G – **E se fosse uma sala com cinco alunos, você não tendo esse conhecimento você não vai fazer diferença!** (Risos) Pelo contrário, quanto mais alunos, maior a dificuldade!

Nesse contexto, é possível verificar nos diálogos expressos em todas as análises que os licenciandos manifestam elementos de conhecimentos a respeito

do contexto da sala de aula e das demandas que seriam necessárias considerar na elaboração do roteiro a esse respeito. Por exemplo, quando o licenciando G diz:

“Só que a gente tem que pensar num público alvo, não dá pra simplesmente generalizar...”ah, vamos fazer um roteiro pra essa caixa”...tá, mas qual que é o público? O que que eu quero tirar dela” (Diálogo A4-1)

Neste excerto, como exemplo, vemos que o referido licenciando está demonstrando conhecimentos necessários para a devida compreensão do contexto da escola (SHULMAN, 1987) para o desenvolvimento desta atividade experimental, e ainda mais, propõem alterações no roteiro visando a contemplação desses elementos de contexto.

Assim, os futuros professores refletiram, no desenvolvimento da atividade, sobre o que se refere os reais contextos educacionais e o que pode ou não contribuir para que um tipo de atividade como essa possa ser efetuada.

Complexidades tais como a falta de inserção tecnológica dos alunos nas escolas e o fator de posse de dispositivos eletrônicos, como o celular, fizeram com que os alunos pensassem como seria realizada uma atividade dessa natureza

dentro de uma escola. Contudo, puderam contribuir com ideias de que o problema de fato não é ter ou não um dispositivo e que o problema poderia ir até mais além, destacando, por exemplo, que poderia haver alunos que não saberiam nem ao menos ligar um computador.

Nesse caso é importante refletir sobre a baixa incidência de manifestação de PK nesta atividade. Uma vez que se trata da proposição de uma atividade experimental investigativa de conteúdo específico de física, é natural que tal processo não será responsável pelo estímulo à manifestação de todos os domínios de conhecimento, sendo que o conhecimento pedagógico geral não foi muito estimulado neste caso. Isso pode ser interpretado, no entanto, como parte de um processo que, em outras etapas – anteriores ou posteriores – se integrará ao conjunto de PCK que estão em desenvolvimento pelos licenciados.

Tratar-se-á, a partir daqui, dos dados relacionados aos Conhecimentos de Conteúdo (CK). Foram encontrados primordialmente elementos de conhecimento das leis da Física e das grandezas fundamentais (B1), aos conhecimentos das relações conceituais e matemáticas entre os conceitos e grandezas da Física (B2) e aos conhecimentos sobre os processos de

construção de conhecimento físico de base experimental (B4).

Os diálogos apresentados como exemplos desta categoria de conhecimento são apresentados a seguir, de forma a contextualizarem e exemplificarem a forma como foram categorizados esses excertos. Assim, o excerto não é entendido aqui como cada linha de diálogo, mas como cada diálogo completo, uma vez que cada fala não pode ser compreendida fora do diálogo em que se insere. Além disso, utilizou-se dos trechos em negrito para melhor caracterizar o elemento específico de cada excerto que justificaram sua classificação em determinado “domínio”. Ressaltamos que o mesmo excerto, por vezes, foi categorizado em mais de um domínio por conter na mesma fala elementos de mais de uma categoria de conhecimento. Os diálogos representativos de cada domínio encontrado na categoria CK são mostrados a seguir.

Domínio CK – B1 (Conhecimento das leis da física e das grandezas fundamentais)

Diálogo B1-1

A – ...C – Período...alguma coisa assim...

A – **Período dá também. Que é o inverso da frequência.**

B - **O movimento que você faz e ele volta pro mesmo lugar...tipo com mola...**

A – **O MHS?**

C – **É!**

Diálogo B1-2

B – **Porque a tendência dele é voltar, né? Ele tem uma resistência...**

C – **É o movimento harmônico amortecido.**

A – **Dá pra saber a densidade linear também. Da corda.**

C – **Daí coloca densidade linear?**

A – **É.**

Domínio CK – B2 (Conhecimento das relações conceituais e matemáticas entre os conceitos e grandezas da física.)

Diálogo B2-1

C – **Quais os tipos de conteúdos?**

B – **É. Quais os tipos de conteúdos.**

A – **Penso em muita coisa.**

C – **Entra um pouco em eletromagnetismo, né? As ondas...**

B – **Não!**

A – **Acho que não.**

Diálogo B2-2

B – **Na verdade a massa também diminui.**

C – **Então a velocidade diminui.**

B – **Não...,mas o “d [densidade]⁴”, se eu pegar aqui, o “d” é o mesmo. O “d” muda de uma [corda] pra outra.**

C – **Ah tá. Porque os dois [valores de frequência] abaixam.**

A – **O que vai mudar na verdade é o “m” né? Porque o “L [comprimento da corda]” é igual, então quanto menor o “m”...a tração vai ser maior.**

⁴ Alguns trechos foram complementados com termos entre [] para que os diálogos possam ser melhor compreendidos

C – Não, a tração não vai ser menor, a velocidade vai ser maior.

A – **Não não, a velocidade vai ser igual. Tem que ser igual. “v” igual a lambda “f”. Se o “f” é constante...**

B – Isso aqui é a velocidade da onda sonora. Então o som ele não importa aqui. O som é o mesmo.

A – A frequência, né?

B – **A velocidade da onda com que você escuta a frequência é a mesma. Eles chegam ao mesmo tempo. Então isso aqui é fixo.**

C – Você pode escrever que o “d” é fixo?

A – **Você pode isolar o “t” que daí você vai enxergar melhor. Quando você aumenta o “m” você aumenta a tensão pra ela ter aquela velocidade.**

Diálogo B2-3

B – **Então...interferência de onda eletromagnética vale também pra onda [mecânica].**

C – **É por que tipo se tem a mesma fonte então as duas ondas vão passar pelo feixe com a mesma...você tem uma luz que tem uma frequência certa, daí a onda vai passar pelo feixe e aí vai sair as ondas pela difração com a mesma frequência. Então uma onda vai interferir na outra quando passa pelos outros dois feixes. Então...é a mesma ideia, não é?**

Domínio CK-B4 (Conhecimentos sobre os processos de construção de conhecimento físico de base experimental)

Diálogo B4-1

B – **Porque é onda mecânica né.**

A – **Dá pra você falar sobre ondas sonoras.**

B – **É...oscilação?**

A – Sim!

C – **É, oscilação é o mesmo pros dois né?**

B – Não...sim...**um conteúdo é oscilação, tipo MHS, o outro é onda mecânica.** Mais alguma coisa?

A – **Dá pra trabalhar ressonância, comprimento de onda, frequência...**

B – Mas daí vai esmiuçar, vai abrir...

A – É, vai dar pra trabalhar.

Diálogo B4-2

A – **Tem mais coisa. A abertura aí acho que influencia uma coisa só. Não na frequência.**

B – **Ele falou alguma coisa de quantidade de moléculas vibrando.**

C – Variação de onda né?

B – Isso.

C – **Abre e depois fecha aí. Agora fecha. Ficou mais oco o som.**

B – Qualquer coisa, se a gente lembrar mais coisas

A – O que é a segunda parte?

A observação dos excertos apresentados nos mostra que, ao se envolverem com a tentativa de planejamento conjunto, a primeira providência dos licenciandos foi a exploração dos conceitos físicos que são possíveis de serem trabalhados na sua proposta de aula, possibilitando a eles que explicitassem os seus conhecimentos relativos à identificação das grandezas físicas no experimento.

Observa-se a manifestação de elementos de conhecimento pertencentes aos domínios do CK nos diálogos transcritos, como por exemplo que: i.) Os conteúdos de eletromagnetismo são parte do estudo das ondas (Diálogo B1-

1). ii.) Reconhecimento das oscilações amortecidas (Diálogo B1-2), iii.) Diferenciação entre os conteúdos de oscilações mecânicas e ondulatória (Diálogo B4-1). iv.) Identifica a relação entre a densidade linear e a diminuição da frequência de oscilação (Diálogo B2-1). v.) Utilização do experimento para verificação empírica da propagação do som nas diversas aberturas da caixa (Diálogo B4-2), vi.) Construção da equação a partir da análise das variáveis (Diálogo B2-1), e vii.) O período de oscilação se determina pelo inverso da frequência (Diálogo B1-1)

Além da possibilidade de manifestação dos CK, a ação de planejamento conjunto também permite verificar compreensões equivocadas ou erros conceituais que fazem parte das concepções dos licenciandos, possibilitando inclusive a revisão de conceitos por parte do docente formador. Por exemplo, é possível observar a construção equivocada da relação entre as grandezas na equação de propagação da onda na corda (Diálogo B2-1), a explicação confusa e equivocada da ideia de interferência de ondas (Diálogo B2-1).

No diálogo B2-3 é possível verificar o equívoco colocado pelo licenciando C quando sugere a necessidade de

conteúdos de eletromagnetismo na atividade, quando na verdade se trata de ondas mecânicas propagando-se em cordas. Também, nos diálogos B4-1 e B4-2, por exemplo, é possível evidenciar uma dificuldade dos licenciandos em expressar com palavras mais eficazes a diferença entre os tipos de ondas, a diferença entre onda estacionária em cordas e MHS, além da discussão equivocada do fenômeno da interferência de ondas sonoras, que foi explicado a partir da interferência entre ondas eletromagnéticas.

Quando os licenciandos manifestam conceitos tais como “*Isso aqui é a velocidade da onda sonora. Então o som ele não importa aqui. O som é o mesmo...*” ou quando afirmam “*Não tem um negócio que se você falar na mesma frequência da outra eu interfiro? Eu consigo interferir?*”, demonstra-se a dificuldade que os licenciandos têm de expressar o seu entendimento correto das relações conceituais entre frequência e velocidade da onda sonora, por exemplo.

A este respeito, Weitzel & Blank (2020) realizaram um estudo com foco específico no planejamento conjunto de atividades didáticas de ensino de ciências entre futuros professores e refletem sobre o mesmo aspecto em seus resultados.

É comparativamente baixa a discussão dos licenciandos sobre como eles podem incorporar os conhecimentos prioritários dos estudantes nas suas lições. Vários estudos têm lançado luz sobre as dificuldades encontradas pelos licenciandos para identificar e integrar as concepções dos estudantes no planejamento de seu ensino.

Nosso estudo confirma que estas dificuldades dos estudantes ocorrem no processo de planejamento, mesmo quando os licenciandos estão preparados para considerar as concepções dos estudantes durante o planejamento por conta de algum estudo prévio em metodologias do ensino de ciências e via uma intervenção no processo de conversa entre os pares. (WEITZEL & BLANK, 2020, p. 83, **tradução nossa**)

Evidentemente, a partir do conjunto categórico de domínios e subdomínios dos conhecimentos relacionados à BCE (Quadro 1), é possível admitir que o reconhecimento dos conteúdos específicos de física em situação real ou experimental é parte dos CK, ou seja, da manifestação de conhecimentos específicos, e esses são essenciais na formação dos PCK dos estudantes, como expresso em Etkina (2010):

O conhecimento de conteúdo aprofundado é uma condição necessária

para o desenvolvimento dos PCK. Se um professor de física ele mesmo não entende as nuances de um conceito, a profunda relação entre um conceito particular e outros conceitos, e os caminhos pelos quais esse conhecimento foi construído pela comunidade científica, então, traduzir essas nuances conceituais para o entendimento dos estudantes se torna impossível (ETKINA, 2010, p. 02, **tradução nossa**)

Entretanto, há de ressaltar, também, a validade da ação de planejamento conjunto na identificação daqueles equívocos conceituais ou mesmo dos conhecimentos de conteúdo que os licenciandos não possuem ou que expressam de maneira equivocada. Além dos já expressos anteriormente, houve, por exemplo, um equívoco por parte de um dos grupos. No trecho do material produzido por um dos licenciandos, em relação a equação de Taylor, o sujeito relaciona a tensão em uma corda com a velocidade da onda sonora e não com a velocidade de propagação da onda na corda:

“De acordo com a equação de Taylor, $v = (T/d)^{1/2}$; onde v é a velocidade da onda sonora, T a tensão na corda e d = densidade da corda. Assim, com a equação de Taylor, indique qual a corda está mais tensionada”. (Grupo 1)

Ainda em complemento a esta discussão sobre os CK, os diálogos a seguir exemplificam um pouco sobre conhecimentos das leis da Física e das grandezas fundamentais que os licenciandos mobilizam na tentativa de produzir uma ação que levasse os eventuais alunos a compreenderem esses conceitos.

Domínio CK – B1 (Conhecimento das leis da física e das grandezas fundamentais)

Diálogo B1-3

A – Isso. É tipo assim, tenta ouvir...eu toquei uma primeira né, então ela começou a vibrar. Essa aqui tá assim e essa aqui tá um pouquinho defasada. **Quando elas se encontram na construtiva parece que elas estão mais altas, né?**

B – Se eu não me engano tem uma diferença, né? **Se a diferença parece que for pouca, a diferença da frequência, você consegue ouvir.**

A – **É, é o batimento isso aí.**

Diálogo B1-4

G – Temos que listar todos os conteúdos. Mas temos que ver quais as relações a gente consegue estabelecer, porque por exemplo...de ondas mecânicas...o que é que a gente consegue ver de ondas mecânicas?

H – **De ondas mecânicas? Propagação do som.**

Diálogo B1-5

I – **Direção de propagação.**

H – A própria vibração das cordas. **Ondas Estacionárias.**

G – Aqui eu acho que a gente consegue ver...a gente consegue encontrar a frequência...**a gente relaciona a**

frequência com a densidade linear pra achar o quê? Tensão na corda. O que mais?

Nota-se que nesses diálogos destacados há a demonstração, pelos licenciandos de conhecimentos de conteúdo tais como a exemplificação e explicação do fenômeno de batimento e da interferência construtiva, além da explicitação da relação conceitual entre tensão e densidade na corda e a frequência do som emitido.

Nota-se uma abordagem mais aprofundada por parte dos licenciandos em relação as atribuições do próprio experimento e, principalmente, a construção das relações entre a identificação dos conceitos e as possibilidades de orientar a busca por este conhecimento. Isso está de acordo com os potenciais expressos por Nurulsari et al. (2020), que estudam a influência do conhecimento de conteúdo na expressão dos PCK.

Aqui pode-se verificar que não se trata especificamente da manifestação de CK puramente, mas da busca pela forma de abordagem desses, ou seja, da efetiva necessidade de relação entre o CK e os PCK, na medida em que são partes do mesmo processo, que intenta aprender para ensinar. Em observância a esta relação, podemos caracterizar essa

manifestação de conhecimentos de conteúdo em uma atividade de planejamento didático como um fator positivo, uma vez que os CK, quando relacionados às atividades de ensino e, em estando corretos conceitualmente, são parte também da construção dos PCK, ou da habilidade para ensinar física. Isso fica enfatizado no resultado de Verdugo-Penona et. al. (2016), que, ao pesquisarem as relações entre os CK e os PCK em outras pesquisas, encontraram.

[...] que os professores que tinham um CK elevado também tinham um maior conhecimento dos estudantes. Além disso, observaram que as limitações no CK geravam problemas para determinar os objetivos da aprendizagem, os conceitos-chave, as atividades de aprendizagem ideias e as estratégias de ensino mais pertinentes. (p. 595, **tradução nossa**)

Também, as pesquisas de Karal & Alev (2016), Melo-Niño et. al. (2017) e Sperandeo-Mineo, Fazio & Tarantino (2006) expressam a necessidade de se ter em conta a qualidade dos CK construídos por professores em formação inicial como elemento catalizador da mobilização de seus PCK. Por exemplo, ao investigar os PCK expressos por licenciandos em uma atividade

experimental sobre eletricidade e magnetismo, Karal & Alev (2016) concluem que “os licenciandos afirmam que possuem conhecimentos insuficientes em SMK (conhecimento de conteúdo) e que eles não conseguem estabelecer as conexões entre os conhecimentos de conteúdo estudados durante a universidade e os tópicos que devem ser trabalhados no ensino médio” (NURULSARI et. al., 2020)

Assim, como afirmação conclusiva desta etapa de análise, podemos afirmar que no processo formativo de professores de física é importante a garantia de que, mesmo em atividades voltadas ao planejamento didático de aulas de física, os futuros professores sejam estimulados a expressarem - ou mobilizarem - seus conhecimentos dos tópicos de física, uma vez que há uma relação direta entre a forma como se expressas esses CK e a maneira como os licenciandos desenvolverão estratégias para ensiná-los, isto é, aos PCK.

Na sequência, se apresenta os excertos mais representativos relacionados aos PCK manifestados pelos licenciandos ao longo do processo de elaboração da atividade experimental investigativa.

PCK – CI (Conhecimento sobre métodos e abordagens de ensino de

física, tais como experimentação e investigação, abordagem temática ou CTS, etc.)

Diálogo C1-1

I – Primeiro, experimento que a gente pode utilizar usando essa caixa acústica.

G – Não, ele é o experimento!

I – **Então, mas a gente tem que escrever o passo a passo.**

J – É um pergunta que fica bem aberta, isso aqui. **Porque primeiro, quando a gente testar várias e depois ele manda descrever, mas a gente não vai trabalhar todos esses conteúdos juntos, a gente vai trabalhar...**

PCK – C2 (Conhecimento sobre o currículo de física e os conceitos físicos em linguagem escolar.)

Diálogo C2-1

G – Então...quando a gente estuda ondas mecânicas...propagação de onda...tem lá, velocidade de propagação, frequência, amplitude, vale, nó...

I – **Então...a gente pode pensar em uma proposta que pensa nisso...**

G – Sim, só que aí é o seguinte...a gente vê isso e alguns fenômenos...onda estacionária é um fenômeno, ressonância é um fenômenos e interferência é um fenômeno, certo? **Quando você entra em ondas sonoras são exatamente as mesmas propriedades, porém, quando você entra em acústica você tem propriedades de acústica...timbre, intensidade, batimento, ressonância acústica...aí já são outros conceitos específicos de som, encontrados principalmente nos instrumentos.**

G - Eu acho que a gente tem noção e o que é trabalhado no ensino médio é ondas e muito pouca coisa do que eu já tinha comentado, ondas sonoras. Mas os conceitos de acústica especificamente a gente não viu.

Diálogo C2-2

J – **Não esquece de colocar que...pra agilizar seria legal já tá com as cordas afinadas.**

I – Então, aqui eu já tô colocando só o que a gente conseguiu observar...aí tipo, a gente não ta usando o roteiro nem nada ainda. Daí com base nisso que a gente vai ver o que a gente consegue fazer. **Se as cordas estivessem afinadas daí eles não iam poder explorar, né? Não faz sentido as cordas estarem afinadas...**

G – Não, faz sim, porque o sentido das três cordas estarem afinadas é você trabalhar com as três e perceber um determinado padrão, entendeu?

Diálogo C2-3

G – **Tá. Vamos começar pelo que a gente sabe, pelo que eles já vão ter visto.** Na caixa a gente tem três propriedades...que estão mais claras, que são as cordas...é...como é que chama isso aqui?

H – Caixa acústica.

Diálogo C2-4

G – A caixa acústica e as cordas...e a abertura. A gente tem essas três coisas. **De início o que que é possível a gente observar? Os alunos podem observar a frequência a partir do aplicativo, certo?**

Diálogo C2-5

C – **A gente tem que colocar o que que a gente vai dar na aula.**

B – **Por exemplo, você tem três aulas. O experimento a gente vai colocar aonde? Último, meio, primeiro.**

C – **A gente pode dar mais ou menos uma introdução na primeira aula bem por cima assim, só conceito. Aí faz o experimento. Aí na terceira, pega os resultados das perguntas...**

A – Na primeira aula, você dá uma introdução e explica todos os conceitos que a gente vai abordar nos experimentos, depois você faz o

experimento e depois você explica o experimento. Acho que é isso.

B – Ligando o experimento no conteúdo.

PCK-C3 (Conhecimento dos materiais didáticos e instrumentos específicos do ensino de física)

Diálogo C3-1

J – Não esquece de colocar que...pra agilizar seria legal já tá com as cordas afinadas.

I – Então, aqui eu já tô colocando só o que a gente conseguiu observar...aí tipo, a gente não ta usando o roteiro nem nada ainda. Daí com base nisso que a gente vai ver o que a gente consegue fazer. **Se as cordas estivessem afinadas daí eles não iam poder explorar, né? Não faz sentido as cordas estarem afinadas...**

G – Não, faz sim, porque o sentido das três cordas estarem afinadas é você trabalhar com as três e perceber um determinado padrão, entendeu?

PCK-C4 (Conhecimento das concepções e dificuldades mais comuns dos alunos em diversos conceitos físicos)

Diálogo C4-1

G – Tá. Vamos começar pelo que a gente sabe, pelo que eles já vão ter visto. Na caixa a gente tem três propriedades...que estão mais claras, que são as cordas...é...como é que chama isso aqui?

H – Caixa acústica.

Diálogo C4-2

G – A caixa acústica e as cordas...e a abertura. A gente tem essas três coisas. **De início o que que é possível a gente observar? Os alunos podem observar a frequência a partir do aplicativo, certo?**

Nos diálogos apresentados na categoria PCK são expostas duas situações bastante importantes no que se refere à identificação de como os licenciandos articulam seus conhecimentos com aqueles que devem ser trabalhados na escola. Os PCK dos licenciandos foram fundamentalmente concentrados nos subdomínios C1, C2, C3 e C4, demonstrando que uma atividade como esta apresenta maior potencial na mobilização de conhecimentos relacionados aos materiais didáticos e às formas de abordagem do conteúdo, assim como os próprios conhecimentos das estratégias de ensino de física.

Consequentemente, há de se considerar as influências da atividade solicitada na manifestação de determinados subdomínios do conhecimento. Assim, provavelmente a natureza da atividade – a elaboração conjunta de uma atividade experimental investigativa a partir de um experimento pré-determinado - teve algum papel na determinação também dos conhecimentos que seriam mais estimulados nos licenciandos, sendo esses os que ocorreram com maior frequência nas análises.

A discussão entre os participantes de uma das equipes demonstra a tentativa de

organizar os conceitos que devem ser ensinados antes de desenvolver a proposta de uma sequência de ações experimentais. Contudo, ao debaterem os conteúdos que devem ser ensinados na educação básica, os licenciandos encontram uma inconsistência entre os fenômenos potencialmente expostos no experimento e a ordem dos conteúdos na educação básica.

Esse episódio demonstra o potencial da atividade de criação de abordagens em conjunto por licenciandos na organização dos conteúdos e das diversas etapas que devem ser desenvolvidas na introdução de uma atividade experimental, assim como o conhecimento sobre a natureza dessa atividade experimental, que deve ter um conjunto de conhecimentos prévios para serem desenvolvidas.

Essa tentativa de explicitar quais os conhecimentos prévios de conteúdos os possíveis estudantes deveriam possuir para que fosse possível inserir o experimento pode ser expressa no excerto do licenciandos G no diálogo C2-1, quando diz que: *“porém, quando você entra em acústica você tem propriedades de acústica...timbre, intensidade, batimento, ressonância acústica...aí já são outros conceitos*

específicos de som, encontrados principalmente nos instrumentos”.

Outra conclusão destacável, por outro lado, é a verificação de um conhecimento pouco específico desses licenciandos, tanto do currículo da educação básica quanto do tratamento didático que precisa ser dado a este conteúdo. A dúvida presente na interação entre os licenciandos foi que eles não percebiam a forma como o experimento poderia ser manipulado pelos estudantes visando a observação do fenômeno de batimento.

Nos diálogos C2-5, C3-1, C4-1, e C4-2, é possível observar os licenciandos executando um claro processo de articulação entre os potenciais do experimento e aquilo que eles deveriam propor para que os alunos construíssem os conceitos sobre propagação de ondas em cordas que eles selecionaram previamente. Ressalta-se aqui a proposição pelos licenciandos de ações a partir daquilo que os alunos já deveriam saber, demonstrando elementos de conhecimento das concepções dos alunos (C4), um importante domínio do PCK, conforme interpretação original de Shulman (1987)

As discussões ressaltam o que poderia ser feito, dada as situações nos quais o aluno poderia estar inserido antes

de começar a obter dados com o experimento e assim chegar a realizar uma análise sobre os fenômenos observados. Os licenciandos também discutiram quais poderiam ser a ordem de aplicação do experimento de forma a não torná-lo apenas um auxílio durante a aula, mas sim como parte do contexto da aula, fazendo com que a aula fosse projetada e desenvolvida a partir do experimento proposto.

Com base nesses dados e nessas expressões dos elementos de PCK que foram proporcionadas pela atividade proposta, pode-se discutir a intrínseca relação entre a oportunidade de executar e planejar a utilização de uma atividade experimental para fins didáticos e a expressão dos PCK que os licenciandos desenvolvem. Essa ocorrência de manifestação de subdomínios de PCK relacionados às estratégias de ensino de física em discussão de abordagem didática de atividade experimental já havia sido detectada por Sperandeo-Mineo, Fazio & Tarantino (2006).

A análise do tutor e do pesquisador das Unidades de Aprendizagem preparadas pelos licenciandos apontou uma concordância fundamental de que algumas das principais características dos processos de aprendizagem de STs, bem como como a consciência da

natureza da própria aprendizagem produziu mudanças úteis dos seus PCK.

Os dois elementos principais que, em nossa opinião, desencadearam essa alteração são: 1) o conhecimento de concepções específicas e dificuldades de aprendizagem de alunos e 2) o conhecimento de estratégias instrucionais incorporando diferentes representações do conteúdo abordado. (p. 258, **tradução nossa**)

Sendo assim, fica evidente na análise que a discussão da atividade experimental sobre acústica em cordas e de como utilizá-la com fins didáticos teve, nessa situação, a função de criar um contexto no qual, ao debaterem os elementos conceituais do experimento e como organizá-los em forma de uma aula experimental, os licenciandos mobilizaram os PCK principalmente relativos à estratégias e abordagens necessárias para o ensino de física. Este conhecimento é apontado como essencial para o professor de física pelos referenciais teóricos adotados nesta pesquisa.

Com essas análises, é possível compreender a possibilidade efetivada pela prática de criação conjunta da abordagem de uma atividade experimental por licenciandos e a expressão de elementos da BCE por eles.

Como resultado geral a respeito dos PCK, percebe-se a presença sobressalente de elementos dos PCK relacionados às estratégias de ensino – ou as formas de abordar determinados conteúdos, além de conhecimentos do currículo de física da educação básica sobre este conteúdo específico. Ressaltamos, ainda, que a natureza desta prática pode ter, como anteriormente, conduzido para a expressão mais específica desses subdomínios encontrados aqui e que, para a ênfase de outros subdomínios, podem ser sugeridas aos licenciandos práticas de planejamento/criação conjunta de outras atividades mais específicas.

Considerações finais

O objetivo principal dessa pesquisa foi o de sistematizar um estudo do processo de expressão dos conhecimentos necessários para ensino do conteúdo de acústica em cordas por licenciandos a partir da produção conjunta de um roteiro de atividade experimental investigativa destinada ao Ensino Médio. Diante disso, foi possível concluir sobre as categorias de conhecimento da BCE que são estimulados nesse tipo de atividade e, em consequência, sobre o papel da prática

formativa como meio de promover a expressão dos conhecimentos desenvolvidos pelos licenciandos.

O primeiro e mais expressivo resultado geral está relacionado à distribuição das categorias de conhecimento expressos pelos licenciandos ao longo da prática formativa. O fato de terem sido identificados os CK e PCK em maior evidência nos permite corroborar com os resultados de Sperandeo-Mineo, Fazio & Tarantino (2016) e Weitzel e Blank (2020) no que se refere à relação entre essas duas categorias de conhecimento na formação de professores de física. Fica evidenciado, para este teste em específico, a pertinência da realização da prática de planejamento conjunto de atividade experimental como elemento estimulador da construção de relações entre os PCK e os CK por licenciandos.

Assim, a prática de planejamento conjunto de uma atividade experimental voltada a um conteúdo específico se demonstra como o elemento catalizador para que os licenciandos mobilizem seus conhecimentos relativos aos vários elementos da BCE. Nesse sentido, podemos afirmar que, ao analisar a presença ou ausência dos conhecimentos necessários à docência no processo de formação de professores de física, a

promoção de práticas de planejamento conjunto de atividades didáticas voltadas ao ensino de um conteúdo específicos se mostra uma importante ferramenta para a expressão dos conhecimentos. Isso nos permite inclusive refletir sobre a validade desse tipo de prática formativa como forma de avaliação dos conhecimentos de futuros professores para o ensino de variados conteúdos de física, caracterizando uma temática de pesquisa a ser desenvolvida na continuidade desse estudo.

Nas análises também se destaca que todos os grupos expressaram mais o Conhecimento de Conteúdo (CK) que os outros tipos de conhecimento. Isso mostra que as ações que viabilizam o “como ensinar um tipo de conteúdo” não estão efetivamente claras ou específicas por partes dos licenciandos no que diz respeito ao conteúdo de acústica em cordas e que talvez as medidas para desenvolver os PCK não estão sendo suficientemente estimuladas nesses licenciandos. Se utilizarmos como base todo o processo de construção dos conhecimentos da BCE que os licenciandos desenvolvem ao longo do curso, vemos que a forma predominante de ação é de como resolver problemas de Física e não como ensinar a resolver os problemas de Física.

Mesmo nesta perspectiva, a atividade ainda proporcionou separar, no âmbito dos CK, aqueles conhecimentos de conteúdo expressos corretamente pelos licenciandos daquelas expressões de CK que foram realizadas de forma equivocada ou conceitualmente erradas. Ao ser possível identificar as expressões corretas das equivocadas nas falas dos licenciandos, torna-se possível promover uma avaliação da compreensão conceitual dos futuros professores. Isso permite argumentar em favor da adoção de práticas formativa voltadas à expressão dos conhecimentos pelos licenciandos.

Mesmo que em menor número, a análise também possibilitou detectar expressões de PCK – além de todos os outros conhecimentos da BCE – dos licenciandos e essas estão basicamente relacionadas às estratégias de ensino dos conteúdos específicos de acústica e aos materiais didáticos, dada a própria natureza da atividade proposta. Para além das constatações aqui expressas, os resultados também permitem argumentar em favor de ações formativas que visem a manifestação de outros conhecimentos da BCE que não foram enfatizados nesta proposta, tais como os conhecimento do currículo e das estratégias de avaliação.

Por fim, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a construção de análises dos PCK e dos demais conhecimentos da BCE na formação de professores de física, com vistas a constituir um corpo de conhecimentos necessários no desenvolvimento profissional de futuros professores de física.

Referências

BALZAN, R. L.; CUNHA, E. S. *Da física à prática em conjunto musical: práticas interdisciplinares entre o ensino da acústica e a educação musical na EJA*. ENCONTRO REGIONAL SUL DA ABEM, v. 28, p. 1535-1549, 2018. Disponível em: http://abemeducacaomusical.com.br/anais_e_rsul/v3/papers/3076/public/3076-10761-1-PB.pdf

BAPTISTA, M. L. G. P. *Uma proposta de utilização da acústica musical no ensino de física*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física). Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, RS. 2013.

CALDATTO, M. E., NEVES da SILVA, J. R. Uma discussão sobre a formação de Professores promovida por um IES federal por meio da “Complementação Pedagógica para Não Licenciados”: o caso do professor de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(1), 224-255, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/21757941.2019v36n1p224>

ERROBIDART, H. et. al. *Levantamento dos trabalhos que descrevem a Utilização da experimentação como estratégia para o Ensino de ondas (2002-2007)*. Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória, ES. 2009.

ETKINA, E. Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 6(2),

2010. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>

KARAL, I. S., ALEV, N. Development of pre-service physics teachers’ pedagogical content knowledge (PCK) throughout their initial training. *Teacher development*, 20(2), 162-180. 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13664530.2015.1124138>

MELO NIÑO, L. V., MELLADO, V., & Buitrago, A. Desarrollo del conocimiento didáctico del contenido en el caso de la enseñanza de la carga eléctrica en Bachillerato desde la práctica de aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 13, núm. 2, abril, 2016, pp. 459-475. 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5581974>

MELO-NIÑO L. V., CAÑADA, V. *El conocimiento didáctico del contenido como medio para la formación continua del profesorado de física*. In. Shigunov NETO, A. A Formação de Professores de Física em discussão: passado, presente e perspectivas/Alexandre Shigunov Neto; André Coelho da Silva; Dulce Maria Strieder e Ivan Fortunato; (org.). – Itapetininga: Edições Hipótese, 2020.

MELO-NIÑO, L. V., & MELLADO, V. Initial characterization of Colombian high school physics teachers’ pedagogical content knowledge on electric fields. *Research in Science Education*, 47(1), 25-48. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s1165-015-9488-4>

MONTEIRO JUNIOR, F. N. *Educação sonora: encontro entre ciências, tecnologia e cultura*. Tese – Doutorado em Educação em Ciências – Faculdade de Ciências. 315f. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102066>

- MONTEIRO JÚNIOR, F. N. Somando Funções Trigonométricas: uma reconstrução didática do conceito de timbre a partir de duas experiências pedagógicas. *Boletim de Educação Matemática*, 23(36), 597-624. 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2912/291221905003.pdf>
- SILVA JUNIOR, C. A. B, NETO, A. M. & SANTOS, M. J. N.; Uso de Ferramentas Midiáticas e Práticas no Ensino de Acústica. *Revista do Professor de Física*, v. 7, n. 1, p. 87-105, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/artic/le/view/41272>
- NEVES da SILVA, J. R. et. al. Base de conhecimentos para o ensino de professores de física em planejamento conjunto do tema energia e suas transformações. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(2), 353–369. <https://doi.org/10.14483/23464712.14766.2020>. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/14766>
- NURULSARI, N. et. Al. *Exploring the Prospective of Pre-Service Physics Teacher's Pedagogical Content Knowledge: A Case Study*. Young Scholar Symposium on Science Education and Environment, 2019, p. 1- 14. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1467/1/012023/meta>
- SHULMAN, L. S. Conhecimento e ensino: fundamentos para a nova reforma. *Cadernos Cenpec| Nova série*, 4(2). 2015.
- SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-23. 1987. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/her/article-abstract/57/1/1/31319/Knowledge-and-Teaching-Foundations-of-the-New>
- SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14. 1986. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0013189x015002004?journalCode=edra>
- SOUSA, A. et al. *An Approach to Sound and Acoustics in Primary Education Using Arduino*. In: *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education: First International Conference, TECH-EDU 2018, Thessaloniki, Greece, June 20–22, 2018, Revised Selected Papers 1*. Springer International Publishing, 2019. p. 331-342. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-20954-4_25
- SPERANDEO-MINEO, R. M., FAZIO, C., & TARANTINO, G. Pedagogical content knowledge development and pre-service physics teacher education: A case study. *Research in Science Education*, 36(3), 235-268. 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s1165-005-9004-3>
- WEITZEL, H., & BLANK, R. Pedagogical Content Knowledge in Peer Dialogues between Pre-Service Biology Teachers in the Planning of Science Lessons. Results of an Intervention Study. *Journal of Science Teacher Education*, 31(1), 75-93. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1046560X.2019.1664874>