



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO**

CLAUDIA KELLY DE OLIVEIRA MAGALHÃES

**CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE FÍSICA
MOBILIZADOS EM EPISÓDIOS DE LANÇAMENTO DE
FOGUETES.**

**CUIABÁ-MT
2020**

CLAUDIA KELLY DE OLIVEIRA MAGALHÃES

**CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE FÍSICA
MOBILIZADOS EM EPISÓDIOS DE LANÇAMENTO DE
FOGUETES.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Acadêmico em Ensino no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso/IFMT em associação ampla com a Universidade de Cuiabá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino, área de concentração: Ensino, Currículo e Saberes Docentes e da Linha de Pesquisa: Ensino de Matemática, Ciências Naturais e suas Tecnologias, sob a orientação do Prof. Dr. Geison Jader Mello.

CUIABÁ-MT

2020

Dados internacionais de catalogação na fonte

M188c Magalhães, Cláudia Kelly de Oliveira
Conhecimento Especializado de Professores de Física Mobilizado em Episódio de Lançamento de Foguetes / Cláudia Kelly de Oliveira Magalhães – Cuiabá – MT, 2021.
93 f. : il.

Orientador(a) Geison Jader Mello
Dissertação. (CBA - Mestrado em Ensino) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá, 2021.
Bibliografia incluída

1. Conhecimento Especializado de Professor. 2. Ensino de Física. 3. PaP-eRs. 4. Foguetes Artesanais. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecário(as): Jorge Nazareno Martins Costa (CRB1-3205)



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Campus Cuiabá
ATA Nº 20/2020 - CBA-PPGEN/CBA-DPP/CBA-DG/CCBA/RTR/IFMT

ATA DE BANCA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Cidade, data e horário	Cuiabá, 16/12/2020 às 14h		
Local	Sala Google Meets - https://meet.google.com/akr-bsib-kgd		
Discente	Claudia Kelly de Oliveira Magalhães		
Matrícula	2019180660502		
Curso de pós-graduação	Programa de Pós-Graduação - Mestrado em Ensino		
Tipo de Exame	DEFESA DE MESTRADO		
Título do trabalho	Conhecimento Especializado de Professores de Física Mobilizados em Episódios de Lançamento de Foguetes		
Membros da Banca Examinadora	Instituição	Examinador	
Prof. Dr. Geison Jader Mello	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Presidente	
Prof. Dr. Leandro Carbo	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Interno	
Profa. Dra. Sabrina Silva Carara	Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT	Externo	
Profa. Dra. Cleonice Terezinha Fernandes	Universidade de Cuiabá - UNIC	Suplente	
Prof. Dr. Frederico Ayres de Oliveira Neto	Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT	Suplente	
PARECER DA BANCA EXAMINADORA			
Concluídas as etapas de apresentação, arguição e avaliação do trabalho, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do/a discente neste Exame. Foi concedido o prazo regulamentar do curso para que sejam efetuadas as correções sugeridas pela Banca Examinadora. Para constar, foi lavrada a presente Ata e assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.			
Notas. 1) O Presidente enviará esta ata à Secretaria do curso de Pós-Graduação com as assinaturas eletrônicas em até 48h. 2) Para assinar a ata pelo SUAP o Examinador Externo deve estar cadastrado no Módulo Administração - Prestador de Serviço. 3) O título de conclusão do discente será expedido após o discente cumprir todas as normativas do Curso e do IFMT.			

Documento assinado eletronicamente por:

- Geison Jader Mello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2020 17:37:14.
- Leandro Carbo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2020 17:46:41.
- Sabrina Silva Carara, Sabrina Silva Carara - Membro de banca de pós-graduação - Universidade Federal de Mato Grosso - Ufmt (1), em 16/12/2020 17:49:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/12/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifmt.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 125141
Código de Autenticação: ae7d50ea69



Se pude ver mais além dos demais, foi porque me pus de pé nos ombros de um gigante.
(Isaac Newton)

DEDICATÓRIA

A Deus, minha fonte de confiança, e minha fortaleza nas horas incertas. Ao meu saudoso pai, Milton Das Dores Magalhães (in memory), por sempre ter acreditado em mim e no meu potencial, mesmo que, por muitas vezes, eu tenha desacreditado. E então, um dia ele partiu, sem antes ver o término dessa jornada, deixando apenas a saudade que é constante. À minha mãe, Clauderiete, por ser um exemplo de mulher em minha vida. Aos meus irmãos (Neto e Clauderize) e familiares por estarem ao meu lado sempre. Ao meu filho, Arthur, razão do meu viver.

AGRADECIMENTO

- À Deus por me dar forças para chegar até aqui e por permitir que eu percebesse que no limite é sempre possível dar mais um passo.
- Ao meu orientador, Prof. Geison Jader Mello, pela dedicação e por compartilhar comigo os seus conhecimentos.
- Ao Programa de Pós-graduação em Ensino (PPGEM) do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)/Universidade de Cuiabá (UNIC).
- Ao grupo de pesquisa do TSK do PPGEN/IFMT pelas colaborações que foram de suma importância durante a construção do projeto.
- À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.
- Aos professores do Mestrado em Ensino (PPGEN) do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) / Universidade de Cuiabá (UNIC) que sempre foram companheiros, solidários e muito contribuíram com meu crescimento acadêmico.
- Ao corpo de Técnicos administrativos do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT).
- À Prof.^a Dr.^a. Raquel Martins Fernandes por contribuir para o meu crescimento acadêmico.
- À minha mãe, Clauderiete Antônia exemplo de mulher em minha vida.
- Aos meus irmãos Lourival Neto e Clauderize Karla por compartilharam comigo esse momento incrível da minha vida.
- Ao meu saudoso pai que partiu no início dessa caminhada e não pode ver o término dela, mas tenho certeza de que lá de cima ele aplaude essa conquista.
- À minha família, tios Juca, Benedito Claudio, Benedito José, Olinto (em memória) e as minhas tias Selma, Maria e Creuzinha pelas palavras incentivo.
- À minha madrinha Claudinha pelo apoio e pelas palavras de incentivo.
- Ao meu Padrinho Linoel por nunca se esquecer de mim e sempre adivinhar quando me ligar.
- Ao senhor Arim Gomes Mota por sempre estar presente na minha vida profissional e acadêmica. Sou imensamente grata pelas palavras de apoio e carinho, palavras que ao longo da minha jornada foram fundamentais.

- À minha querida segunda mãe Reni Motta pelo carinho, pelo afeto e paciência em dias de cansaço extremo.
- Aos meus sobrinhos que tanto amo e que significam muito para mim, Maria Clara, Maria Cecília, José Luiz e Miguel.
- Aos meus alunos que assim como eu compartilham do amor e dedicação pela ciência.
- À família que formei ao lado do meu esposo Adinael de Andrade Mota e filho Arthur, por entenderem a minha ausência.
- Às amigas que encontrei durante o Mestrado Tamara Mascarenhas e Katherine Iasmin Lima Rossito Carneiro. Quanta amizade e companheirismo! Levo vocês para a vida toda. Sou grata pela amizade, pela parceria em trabalhos, pelas palavras de afeto e de encorajamento durante essa caminhada.
- Ao meu querido amigo Leo Oliveira, por compartilhar comigo os melhores sorrisos e alegrias durante as aulas do mestrado.
- À minha parceira de mestrado que carinhosamente chamo de Jakline Estfane A. Martins, por sempre me ouvir, não importasse a hora das ligações.
- À Marcela Marques e Stella Silva Lima pelas dicas, pelos plantões de dúvidas que sempre eu tive. Era sempre: “tenho mais uma pergunta”.

RESUMO

MAGALHÃES, Oliveira Claudia Kelly. **Conhecimento Especializado de Professores de Física Mobilizados em Episódio de Lançamento de Foguetes**. 2020. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Octayde Jorge da Silva. Cuiabá/MT. p. 94.

O conhecimento do professor é foco de muitas pesquisas científicas. Conhecer o que se vai ensinar faz parte do conhecimento pedagógico e do conhecimento de conteúdo. O ensino de Física é marcado por intensa formulação matemática e pela abstração conceitual de seus conteúdos, que acabam correlacionando com as limitações de conhecimento especializado do professor para ensinar. Nos últimos anos, os Foguetes artesanais ganharam espaço na disciplina de Física, suas abordagens contextuais e práticas levam o ensino de Física para além das formulações matemáticas. É nesse cenário que esta pesquisa procura questionar: Quais conhecimentos especializados são mobilizados pelo professor de Física para ensinar lançamento de foguetes? Os objetivos específicos se alinham ao geral para i) identificar e descrever os episódios de ensino de Física relativos a lançamentos de foguetes em conformidade com os relatos de práticas evidenciados nos PaP-eRs; ii) classificar esses relatos segundo os domínios e subdomínios do PTSK; iii) identificar as conexões do conhecimento especializado de professores de Física com os subdomínios do modelo teórico da Física. A escolha pela investigação qualitativo-descritiva deve-se a possibilidade de identificar e analisar os conhecimentos a partir dos relatos da prática docente chamados de PaP-eRs. A pesquisa foi desenvolvida com sete relatos de práticas docente, com a identificação de noventa e seis conhecimentos mobilizados pelo professor de Física para ensinar lançamentos de foguetes. O resultado deste trabalho apresenta a relação entre os conhecimentos especializados de Física e as práticas docentes. E, ainda, esses resultados contribuirão para o ensino de Física e a prática docente, pois o docente ao ensinar lançamento de foguetes, ele mobiliza diversos conhecimentos área da Física e estimula o ensino aprendizagem.

Palavras-chave: Conhecimento especializado de professor de Física; Ensino de Física; Foguetes artesanais; PaP-eRs.

ABSTRACT

MAGALHÃES, Oliveira Claudia Kelly. **Specialized Knowledge of Physics Teachers Mobilized in a Rocket Launch Episode**. 2020. Dissertation (Master's) - Federal Institute of Education, Science and Technology of Mato Grosso. Octayde Jorge da Silva Campus. Cuiabá / MT. p. 94.

The teacher's knowledge is the focus of many scientific research. To know what you are going to teach is part of pedagogical knowledge and content knowledge. Physics teaching is marked by intense mathematical formulation and the conceptual abstraction of its contents, which end up correlating with the limitations of the teacher's specialized knowledge to teach. Now a days, artisanal rockets have gained space in the discipline of Physics, their contextual and practical approaches take the teaching of Physics beyond mathematical formulations. In this context, the general objective of this work was to committee: What specialized knowledge is mobilized by the Physics teacher to teach rocket launching? The specific objectives are i) identify and describe the episodes of teaching Physics related to rocket launches in accordance with the reports of practices evidenced in the PaP-eRs; ii) classify these reports according to the PTSK domains and subdomains; iii) to identify the connections between the specialized knowledge of physics teachers and the subdomains of the theoretical model of physics. The choice for qualitative-descriptive research is due to the possibility of identifying and analyzing knowledge based on reports of teaching practice called PaP-eRs. The research was developed with seven reports of teaching practices, with the identification of ninety-six knowledge mobilized by the Physics teacher to teach rocket launches. The result of this work presents the relationship between the specialized knowledge of Physics and teaching practices. And, these results will contribute to the teaching of Physics and teaching practice, as the teacher when teaching rocket launching, he mobilizes various knowledge in the area of Physics and stimulates teaching and learning.

Keyword: Physics teacher specialized knowledge; Physics teaching; Handmade rockets; PaP-eRs.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Cronologia dos modelos teóricos	26
FIGURA 2: Modelo teórico hexagonal	27
FIGURA 3: Modelo Teórico Hexagonal da Física.....	28
FIGURA 4: Linha do tempo dos avanços espaciais	32
FIGURA 5: Alcance dos lançamentos conforme angulação	35
FIGURA 6: Distribuição dos conhecimentos segundo os domínios do PTSK	42
FIGURA 7: Distribuição dos conhecimentos nas áreas da Física	43
FIGURA 8: Distribuição dos conteúdos de Mecânica	43
FIGURA 9: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO1 por Subdomínio do PTSK.	51
FIGURA 10: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO2 por Subdomínio do PTSK	55
FIGURA 11: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO3 por Subdomínio do PTSK	60
FIGURA 12: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO4 por Subdomínio do PTSK	64
FIGURA 13: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO5 por Subdomínio do PTSK	68
FIGURA 14: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO7 por Subdomínio do PTSK	76
FIGURA 15: Conexões de conhecimento especializado.....	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Distribuição dos conhecimentos segundo os domínios do PTSK.....	42
TABELA 1: Descritores segundo o subdomínio do Ensino de Física-KPT	80
TABELA 2: Distribuição dos descritores segundo o subdomínio KPLS.....	81
TABELA 3: Distribuição dos descritores segundo o subdomínio KFLP.....	82
TABELA 4: Distribuição dos descritores segundo o subdomínio-KSP.....	83

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Quadro dos subdomínios do PCK.....	29
QUADRO 2: Quadro dos subdomínios do PK.....	30
QUADRO 3: Quadro de análise de evidência.....	37
QUADRO 4: Quadro completo das evidências de conhecimento.....	37
QUADRO 5: Delineamento da pesquisa através de Desenho de pesquisa.....	38
QUADRO 6: Quadro dos PaP-eRs selecionados.....	40
QUADRO 7: Quadro de evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO1.....	44
QUADRO 8: Quadro de evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO2.....	53
QUADRO 9: Quadro de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO3.....	56
QUADRO 10: Quadro de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO4.....	61
QUADRO 11: Quadro de Evidência de Conhecimento de Professor PaP-eRs PO5.....	65
QUADRO 12: Quadro de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO6.....	69
QUADRO 13: Quadro de Evidência de Conhecimento de Professor PaP-eRs PO7.....	73
QUADRO 14: Trechos de evidência de Conhecimento da Prática da Física-KPP.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS

AEB – Agência Espacial Brasileira
BTSK – Conhecimento Especializado de Professor de Biologia
BSCS – Biological Science Curriculum Study
CBA – Chemical Bond Approach
CTSK – Conhecimento Especializado de Professor de Química
KFLP – Knowledge of Features of Learning Physics
KOT – Knowledge of Topics
KPLS – Knowledge of Physics Learning Standards
KPP – Knowledge of Practices in Physics
KPT – Knowledge of Physics Teaching
KSP – Knowledge of the Structure of Physics
UM – Movimento Uniforme
MUV – Movimento Uniformemente Variado
MOBFOG- Mostra Brasileira de Foguetes
MK – Mathematical Knowledge
MKT – Mathematical Knowledge for Teaching
MTSK – Mathematics Teacher’s Specialized Knowledge
OBA – Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
PaP-eRs – Professional and Pedagogical experience Repertoire
PCK – Pedagogical Content Knowledge
PK – Physics’s Knowledge
PTSK – Physics Teacher’s Specialized Knowledge
PSSC – Physical Science Study Committee

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	17
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.1 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DO BRASIL.....	19
1.1.1 Aspecto Histórico da Formação do Professor de Física.....	20
1.2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.....	24
1.3 CARACTERIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS DOS PROFESSORES.....	25
1.3.1 Conhecimento Antecedente.....	26
1.3.2 Conhecimento Especializado de Professor de Física-PTSK.....	28
1.4 LANÇAMENTOS DE FOGUETES.....	31
1.4.1 Aspectos Históricos dos foguetes.....	31
1.4.2 Programas Educacionais e a Mostra Brasileira de Foguetes.....	32
1.4.3 A Física dos Foguetes.....	33
2. METODOLOGIA.....	36
2.1 DESCRIÇÃO DA PESQUISA.....	36
2.1.1 Instrumento de Análise.....	36
2.1.2 Caracterização da pesquisa.....	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
3.1 Os PaP-eRs extraídos do banco de dados.....	40
3.2 Identificação dos Conhecimentos segundo o modelo teórico da Física-PTSK.....	42
3.2.1 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor do PaP-eRs PO1 ..	44
3.2.2 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO2	52
3.2.3 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO3	56
3.2.4 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO4	60
3.2.5 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO5	65
3.2.6 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO6	69
3.2.7 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO7	73
3.3 CONEXÕES DE CONHECIMENTOS ENTRE OS SUBDOMÍNIOS DO MODELO PTSK	77
3.3.1 As conexões de conhecimentos identificadas nos PaP-eRs PO1	77
3.4 DESCRITORES SEGUNDO O MODELO PTSK.....	80
3.4.1 Descritores do subdomínio do Conhecimento do Ensino de Física-KPT	80
3.4.2 Descritores do subdomínio do Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Física - KPLS	81

3.4.3	Descritores do subdomínio do Conhecimento das Características da Aprendizagem de Física – KFLP.....	82
3.4.4.	Descritores do Subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Física-KSP.....	83
3.4.5	Subdomínio do Conhecimento da Prática da Física-KPP (Descritores).....	84
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
	REFERÊNCIAS	88

INTRODUÇÃO

O conhecimento pedagógico do professor é desenvolvido ao longo de sua formação acadêmica e sua prática docente (SHULMAN,1986). Atualmente está em evidência na grande procura por especialização que envolve o conhecimento didático do conteúdo e o conhecimento do conteúdo (MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI, 2017). Nesse sentido, observa-se o enfoque nos modelos teóricos presentes atualmente, como o Conhecimento Especializado de Professores de Matemática – MTSK, (CARRILLO 2014), Conhecimento Especializado de Professores de Biologia – BTSK, (LUÍS 2020) e o Conhecimento Especializado de Professores de Química – CTSK, (SOARES, 2019).

Na Física, o surgimento do modelo teórico se deu em 2018 transposto diretamente do modelo da Matemática. O Conhecimento Especializado de Professor de Física – PTSK (LIMA, 2018) envolve as práticas docentes incorporadas ao caráter especializado dos conhecimentos necessários aos docentes de Física no ensino da teoria.

Segundo o Indicador de Adequação da Formação Docente, a disciplina de Física possui hoje um dos piores índices de formação de professores. Apenas 45,80% dos professores que lecionam a disciplina de Física, no ensino médio, atendem aos requisitos necessários para ministrar a disciplina, ou seja, têm formação superior em Licenciatura em Física. Os outros 54% dos professores não possuem formação superior no campo da Física (BRASIL, 2019).

Esses dados impactam diretamente na compreensão dos conteúdos gerais e no ensino da disciplina, pois acabam deixando lacunas na formação dos estudantes. O que corrobora com o baixo desempenho dos estudantes brasileiros no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), no qual o desempenho dos estudantes brasileiros na avaliação de Ciências foi de 404 pontos, sendo a média internacional 493 (OCDE, 2018).

Nesse contexto do ensino de Física é que procuro categorizar os conhecimentos especializados que são mobilizados pelo professor de Física para ensinar lançamento de foguetes.

A justificativa desta pesquisa está fundamentada no arcabouço teórico de (CARRILLO YÁÑEZ; GONZÁLEZ; NAVARRO, 2015) que nos direcionam para o conhecimento especializado como facilitador do aperfeiçoamento dos conhecimentos do educador. E, ainda, segundo os autores, o conhecimento especializado propicia um nível de especialização, organização e estruturação superior ao domínio da disciplina em questão.

O objetivo geral do trabalho é categorizar os conhecimentos especializados de professor de Física em função do ensino do lançamento de foguetes, partindo de relatos de experiência (PaP-eRs) acerca do assunto. E, com esse intuito, elegemos os seguintes objetivos específicos:

- i) Identificar e descrever os episódios de ensino de Física relativos aos lançamentos de foguetes a partir dos relatos de práticas evidenciados nos PaP-eRs;
- ii) Classificar esses relatos de acordo com os domínios e subdomínios do PTSK;
- iii) Identificar as conexões do conhecimento especializado de professores de Física com os subdomínios do PTSK.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica são abordadas quatro temáticas: a primeira é a formação docente no Brasil e os aspectos históricos da formação de professores de Física. A segunda, o ensino de Física e os desafios de ensinar e o uso excessivo da matemática. A terceira tem como ponto de partida o conhecimento pedagógico do professor (conteúdo e didático) de Shulman e o modelo Conhecimento Matemático para o Ensino – MKT.

Essas três temáticas foram bases para modelos similares que culminaram no conhecimento especializado de professor para ensinar uma determinada matéria. Os modelos evidenciados são encontrados nas diversas áreas do conhecimento como o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Matemática (MTSK), o Conhecimento Especializado de Professores de Biologia (BTSK), o Conhecimento Especializado de Professores de Física (PTSK) e o Conhecimento Especializado de Professores de Química (CTSK). Por fim, a quarta e última temática, refere-se ao conhecimento especializado de professor de Física e os Lançamentos de Foguetes.

1.1 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DO BRASIL

A Formação docente é uma das mais importantes linhas de pesquisa no campo do ensino de Ciências. Na obra de Carvalho (2001), a discussão é feita pela sociedade educacional desde a década de 70 com um significativo aumento da produção no cenário atual (JESUS et al., 2011; SLONGO et al., 2010).

Com esse aumento da produção na formação docente surgiram pesquisas específicas em educação que apresentam diferentes concepções sobre o educador e sua formação. Nesse sentido, as pesquisas apontaram para caminhos distintos, promovendo diferentes olhares sobre a formação, sobre os saberes dos professores e sobre o conhecimento docente.

Para cada caminho apresentado, há diversas investigações, podendo ser vistos na literatura, como indicam as pesquisas de revisão bibliográfica de Novóia (1990), Tardif (2010) e Shulman (1986). Esses diferentes enfoques teóricos traçam uma linha na formação docente, possibilitando determinar diversos modos de ser e de se tornar professor. A linha que escolhemos para trabalharmos a formação docente são os modelos teóricos da *racionalidade técnica* e os *modelos práticos de formação*. Nossa intenção não é criar uma reflexão histórica

desses modelos, mas sim abordar os autores que contribuíram para formação docente dentro da temática proposta.

O modelo da racionalidade técnica está fundamentado na concepção na qual a “prática educacional é baseada na aplicação do conhecimento científico e as questões educacionais são tratadas como problemas ‘técnicos’, os quais podem ser resolvidos objetivamente através de procedimentos racionais da ciência” (DINIZ-PEREIRA, 2007, p.254). Nesse contexto, a racionalidade técnica parte do pressuposto do professor técnico, que em sala de aula deve aplicar as técnicas aprendidas nos cursos de formação. Com isso, o professor se concentraria no material e nos procedimentos de ensino durante as aulas. Segundo o mesmo autor, “o professor é visto como um técnico, um especialista, que rigorosamente põe em prática as regras científicas e/ou pedagógicas” (DINIZ-PEREIRA, 2007, p.255).

Segundo Nóvoa (1999), é necessário conhecer o professor, sua formação básica e como ele se constrói durante o desenvolvimento sua carreira profissional, para que se compreendam as práticas pedagógicas realizadas dentro das escolas, pois tornar-se professor é um processo de longa duração, de novas abordagens e aprendizagens. O autor ainda defende que a formação dos professores deve assumir um componente de caráter prático, centrado na aprendizagem dos alunos e no estudo de casos concretos, tendo como referência o trabalho escolar.

A racionalidade técnica dá lugar à racionalidade prática de formação que envolve os saberes docentes (práticas). Pimenta (2008) defende que os conhecimentos da docência podem ser expressos como experiência, conhecimento, saberes pedagógicos e saberes específicos. Mas é nos trabalhos de Tardif (2002) que a perspectiva dos saberes ganha força. O autor define o saber docente “[...] como um saber plural, formado pelo amálgama, mais ou menos coerente, de saberes oriundos da formação profissional e de saberes disciplinares, curriculares e experienciais” (p. 36).

No campo dos saberes docentes, Shulman ganha destaque ao abordar o programa knowledge base (1986), que revela o conhecimento docente caracterizado pelo conhecimento pedagógico e conteúdo.

1.1.1 Aspecto Histórico da Formação do Professor de Física

Segundo Gatti e Barreto (2009), a formação de professores nos cursos específicos foi inaugurada no Brasil ainda no fim do século XIX com as Escolas Normais. A chegada da industrialização no Brasil contribuiu para a formação de profissionais mais capacitados e de

mão de obra especializada. Foi nesse contexto que foi criado o modelo para formação de professores conhecido até hoje como 3+1, a qual é formada por três anos de disciplinas para a formação de bacharéis e um ano de disciplinas pedagógicas específicas.

Segundo Araújo e Vianna (2010), tal modelo de sistema já era utilizado anteriormente. Entretanto, o modelo “3+1” não foi o único a configurar o curso de Física, o modelo da racionalidade técnica sempre esteve presente nas graduações de licenciatura em Física no Brasil. Deste modo, o professor de Física formava-se primeiro Físico, ou seja, bacharel, para depois tornar-se professor de Física. O modelo da racionalidade técnica ganhou um campo fértil, pois o pensamento positivista da ciência dominava a formação de professor de Física. O esquema 3+1 apresenta uma relação direta com o modelo da racionalidade técnica, cuja confluência de fatores gerou o quadro de formação de professores com consequências sentidas até hoje. Vale ressaltar que esse modelo não existe mais na formação de professor de Física.

Em decorrência das mudanças no campo educacional, as Diretrizes Nacionais propuseram aos Cursos de Física (Parecer CNE/CES 1104/01) uma estrutura 2+2, baseada nos mesmos aspectos dos primeiros modelos de formação de docentes de Física. Para formar-se educador de Física, primeiro forma-se físico e então físico-educador. O físico-educador traz implícito um modelo de ciência positivista, cuja consequência não é diferente daquela que acabamos de descrever. Em outras palavras, o modelo da racionalidade técnica¹ é vinculado com a ideia do físico-educador, cuja máxima propagada entre os professores dos cursos de bacharelado é que “para ensinar Física, basta saber Física²”.

A Resolução CNE/CP nº 2/2015 instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), traçando novos parâmetros para a formação docente na educação básica. Os princípios definidos pela resolução referem-se aos fundamentos e procedimentos a serem observados nas políticas, na gestão e nos programas e cursos de formação, bem como no planejamento, nos processos de avaliação e de regulação das instituições de educação que os

¹ Poderíamos traçar alguns paralelos com o sucesso desse modelo da “racionalidade técnica” para os professores de Física e o sucesso relativo dos projetos de Física que surgiram em alguns países, como forma de melhorar o aprendizado da Física. Especificamente, no que se refere a ideia de um material ‘à prova de professor’, isto é, bastava-se um bom material que isso garantiria o bom desempenho dos estudantes. Queremos dizer que a visão de ciência de alguns desses projetos, agregado ao modelo de formação de professores parecia ser uma combinação ideal para transformar o status quo da ciência no imaginário popular e atrair, assim, os jovens para essa carreira.

² Trecho retirado de *A formação de professores de Física na perspectiva da Teoria da Atividade: análise de uma disciplina de Práticas em Ensino e suas implicações para co-docência*.

ofertem. Entre os princípios da formação de profissionais do magistério da educação básica listados pelo documento, destacamos os seguintes:

- a formação dos profissionais do magistério (formadores e estudantes) como compromisso com projeto social, político e ético que contribua para a consolidação de uma nação soberana, democrática, justa, inclusiva e que promova a emancipação dos indivíduos e grupos sociais, atenta ao reconhecimento e à valorização da diversidade e, portanto, contrária a toda forma de discriminação;
- a articulação entre a teoria e a prática no processo de formação docente, fundada no domínio dos conhecimentos científicos e didáticos, contemplando a dissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão;
- o reconhecimento das instituições de educação básica como espaços necessários à formação dos profissionais do magistério;
- um projeto formativo nas instituições de educação sob uma sólida base teórica e interdisciplinar que reflita a especificidade da formação docente, assegurando organicidade ao trabalho das diferentes unidades que concorrem para essa formação;
- a compreensão dos profissionais do magistério como agentes formativos de cultura e da necessidade de seu acesso permanente às informações, vivência e atualização culturais.

Para os cursos de licenciatura nas áreas específicas, a resolução descreve o Art. 13:

Os cursos de formação inicial de professores para a educação básica em nível superior, em cursos de licenciatura, organizados em áreas especializadas, por componente curricular ou por campo de conhecimento e/ou interdisciplinar, considerando-se a complexidade e multirreferencialidade dos estudos que os englobam, bem como a formação para o exercício integrado e indissociável da docência na educação básica, incluindo o ensino e a gestão educacional, e dos processos educativos escolares e não escolares, da produção e difusão do conhecimento científico, tecnológico e educacional, estruturam-se por meio da garantia de base comum nacional das orientações curriculares (Resolução CNE/CP nº 2/2015. P.11).

A resolução definiu que os cursos de formação inicial de professores para a educação básica, em nível superior, devem ter, no mínimo, 3.200 horas de efetivo trabalho acadêmico, com duração de, no mínimo, 8 semestres (4 anos), sendo 440 horas de prática, 400 horas de estágio supervisionado e, pelo menos, 2.200 horas dedicadas às atividades formativas estruturadas pelos três núcleos que foram definidos: I) núcleo de estudos de formação geral, das áreas específicas e interdisciplinares, e do campo educacional, seus fundamentos e metodologias, e das diversas realidades educacionais; II) núcleo de aprofundamento e diversificação de estudos das áreas de atuação profissional, incluindo os conteúdos específicos e pedagógicos; e III) núcleo de estudos integradores para enriquecimento curricular.

A resolução ainda aborda a integração e a interdisciplinaridade curricular como no trecho a seguir, que defende a condução do egresso:

[...] à integração e interdisciplinaridade curricular, dando significado e relevância aos conhecimentos e vivência da realidade social e cultural, consoantes às exigências da educação básica e da educação superior para o exercício da cidadania e qualificação para o trabalho.

Assim, as duas Resoluções, CNE/CP nº 2/2015 e CNE/CES nº 1304/2001, divergem consideravelmente. Desse modo, os “quase bacharéis em Física” que, eventualmente, fossem exercer a docência, deveriam integrar à formação do futuro professor os conhecimentos pedagógicos. Portanto, a Resolução de 2015 apresenta um salto quantitativo e qualitativo ao que concerne à formação de docentes, tanto por ampliar a carga horária mínima exigida, quanto por indicar competências necessárias a serem desenvolvidas ao longo das licenciaturas.

Novos caminhos estão sendo trilhados no contexto da formação docente. A resolução do Conselho Nacional de Educação CNE/CP Nº 2, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019. – BNC Formação, que prevê em parágrafo único da resolução:

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior de Professores para a Educação Básica e a BNC-Formação têm como referência a implantação da Base Nacional Comum Curricular da Educação Básica (BNCC), instituída pelas Resoluções CNE/CP nº 2/2017 e CNE/CP nº 4/2018.

A resolução vigente rege sobre as competências específicas dos docentes, nas três dimensões fundamentais, as quais, de modo interdependente e sem hierarquia, se integram e se complementam na ação docente. São elas:

I - conhecimento profissional;

II - prática profissional; e

III - engajamento profissional.

§ 1º As competências específicas da dimensão do conhecimento profissional são as seguintes:

I - dominar os objetos de conhecimento e saber como ensiná-los;

II - demonstrar conhecimento sobre os estudantes e como eles aprendem.

Nota-se que a resolução trabalha em consonância com a Base Nacional Comum Curricular-BNCC, no bojo das metodologias inovadoras e com outras dinâmicas formativas que propiciem ao futuro professor aprendizagens significativas e contextualizadas com uma abordagem didático-metodológica alinhada com a BNCC. Visando o desenvolvimento da autonomia, da capacidade de resolução de problemas, dos processos investigativos e criativos, do exercício do trabalho coletivo e interdisciplinar, da análise dos desafios da vida cotidiana e em sociedade e das possibilidades de suas soluções práticas.

A resolução define a carga horária mínima de 3.200 horas para todos os cursos superiores de licenciatura destinados à formação inicial de professores para a educação básica. A carga horária deve ser distribuída em três grupos: o Grupo I, com 800 horas, compreende a base comum, com conhecimentos científicos, educacionais e pedagógicos; o Grupo II, com 1.600 horas, deve ser destinado aos conteúdos específicos das áreas, componentes, unidades temáticas e objetos de conhecimento da BNCC; e o Grupo III, com enfoque na prática, deve ter pelo menos 400 horas de estágio supervisionado em situação real de trabalho na escola e 400 horas de práticas nos componentes curriculares dos dois grupos anteriores.

Por fim, a resolução anexa à BNC-Formação nos moldes da BNCC, estabelecendo competências gerais e específicas para os docentes envolvidos em 10 competências gerais e 12 competências específicas, estas últimas agrupadas em três aspectos (conhecimento, prática e engajamento profissionais), com descrições detalhadas de habilidades em cada uma.

Dessa forma, espera-se que as novas DCN sejam estabelecidas a partir das resoluções acima mencionadas e que, no caso específico da Física, os antigos modelos 3+1 e/ou 2+2 sejam superados por projetos integradores, envolvendo os princípios gerais e fundamentos da Física, bem como, conhecimentos relativos aos princípios gerais e fundamentos da educação.

1.2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

O ensino da Física tomou um impulso considerável nos anos de 1960 motivado pelo desenvolvimento científico e tecnológico ocasionado pela “corrida espacial” (GASPAR, 1995; MOREIRA, 2000), chegando ao Brasil através dos programas educacionais americanos que impulsionaram o ensino de Física no país. Esses programas educacionais serão mencionados ao longo do trabalho. Ainda há desafios que cercam o ensino de Física no Brasil, principalmente aqueles ligados ao campo educacional.

No campo educacional o conjunto de medidas delineadas pelas resoluções (CNE/CP. N° 2/2015 e a CNE/CP. N° 2/ 2019), marca o avanço nas políticas educacionais do país no que diz respeito à formação docente, possibilitando assim evoluir as condições de ensino e a prática do ensino da Física no país. Destacamos a seguir os pontos de desafios do ensino de Física no Brasil:

- 1) O uso excessivo da matemática: as estratégias equivocadas dos professores de Física baseadas no uso excessivo de fórmulas matemáticas em detrimento do entendimento conceitual dos fenômenos físicos propriamente ditos (LEITE, 2008). A descrição e o

entendimento do fenômeno são pouco explorados, ficando a Física resumida num amontoado de fórmulas que inadequadamente manipuladas, causam sentimento de rejeição, frustração e incompetência. Como afirma Daroit, Haetinger e Dullius (2009, p. 01):

[...] talvez, o aspecto mais importante está na forma que os professores procedem dentro da sala de aula: os conceitos são apresentados aos estudantes de forma estanque, sem relação com os aspectos que envolvem a realidade, não levando em consideração os fenômenos que ocorrem no dia-a-dia e ainda, o mais grave, a grande maioria dos professores detém-se à da matemática na Física, desconsiderando o caráter revolucionário dos seus conceitos e leis, como se o resultado numérico obtido através de fórmulas elaboradas fosse o objetivo final do estudo.

- 2) As falhas conceituais e a ausência de conteúdos ligados à realidade dos alunos comprometem seu aprendizado e desenvolvimento integral, posto que nem sempre os estudantes sejam capazes de compreender o contexto no qual se insere determinado conteúdo, visto que não faz parte de suas vivências. Segundo Batista e Fusinato (2015, p. 94):

É necessário ofertar uma educação que atenda às necessidades de formação do aluno como ser social apto a agir no ambiente em que vive. Dentro desta perspectiva considera-se imprescindível que os conteúdos sejam abordados de forma contextualizada, dando-se ênfase às questões que fazem parte da realidade do aluno.

As falhas conceituais são decorrentes das limitações impostas à preparação desse docente em exercer a profissão assim como o conhecimento especializado de professor para ensinar um determinado conteúdo.

- 3) A ausência da prática experimental: isso causa uma dependência excessiva do livro didático tornando as aulas essencialmente expositivas o que impacta diretamente no ensino/aprendizagem do aluno. As práticas experimentais devem ser vistas com recursos didáticos abordados pelo professor com a intenção de auxiliar os alunos no entendimento dos conteúdos de Física propostos para o Ensino Médio. Segundo Silva (2016, p. 1), da Brasil Escola.

a utilização da experiência como forma de aprendizagem é uma metodologia de ensino muito boa, porque instiga os alunos a buscarem e relacionarem o conteúdo aprendido com o experimento que está sendo exposto pelo professor.

Dessa maneira, compreende-se que o conhecimento teórico e a experimentação são pilares fundamentais para o estudo de Física.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS DOS PROFESSORES

1.3.1 Conhecimento Antecedente

A busca pela identificação de conhecimentos de professores teve como ponto de partida o modelo do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo - PCK³ (SHULMAN, 1986, 1987), passando pelo modelo do Conhecimento Matemático para o Ensino - MKT⁴ (BALL; THAMES; PHELPS, 2008) e o modelo do Conhecimento Especializado de Professores de Matemática - MTSK⁵ (CARRILLO et al., 2014).

Toda essa investigação pela identificação de conhecimento de professor culminou em modelos similares e que saíram do genérico, focando no conjunto de conhecimentos *especializados* necessários ao professor de determinada matéria ou área do conhecimento (MORIEL JUNIOR; WIELEWSKI, 2017).

Assim, o modelo de Conhecimento Especializado de Professor de Matemática-MTSK foi um marco na identificação de conhecimento de professor. Suas especificidades são pautadas no conhecimento didático do conteúdo que envolvem a prática docente do ensinar e como os alunos aprendem e no conhecimento matemático.

A figura 1 demonstra cronologicamente as transposições dos modelos teóricos nas áreas de Biologia (LIMA 2015), na Física (LIMA 2018) e por fim da Química (SOARES 2019).

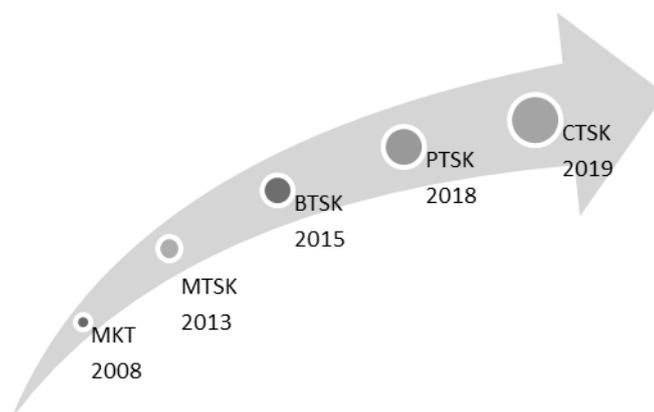


FIGURA 1: Cronologia dos modelos teóricos
Fonte: Produção da própria da autora.

³ Sigla em inglês para: Pedagogical Content Knowledge.

⁴ Sigla em inglês para: Mathematical Knowledge for Teaching

⁵ Sigla em inglês para: Mathematics Teacher's Specialized Knowledge. Todas as siglas do modelo foram definidas em inglês pelos autores do MTSK.

Os modelos teóricos acima mencionados foram transpostos do modelo teórico da matemática-MTSK por isso, algumas similaridades são encontradas entre os modelos. Uma delas é forma hexagonal que ambos os modelos apresentam bem como a caracterização dos domínios e subdomínios. Mesmo com essas similaridades encontradas cada modelo se desenvolveu e deixou bem marcadas suas particularidades nas questões das terminações nominais mantendo as siglas em inglês. Na figura 2, estão dispostos os modelos teóricos que foram transpostos a partir do MTSK. Desta maneira, temos o modelo hexagonal da Biologia-BTSK⁶ (LIMA, 2015), modelo teórico da Física-PTSK⁷(LIMA, 2018) e, por fim, o modelo teórico da Química-CTSK⁸(SOARES, 2019).

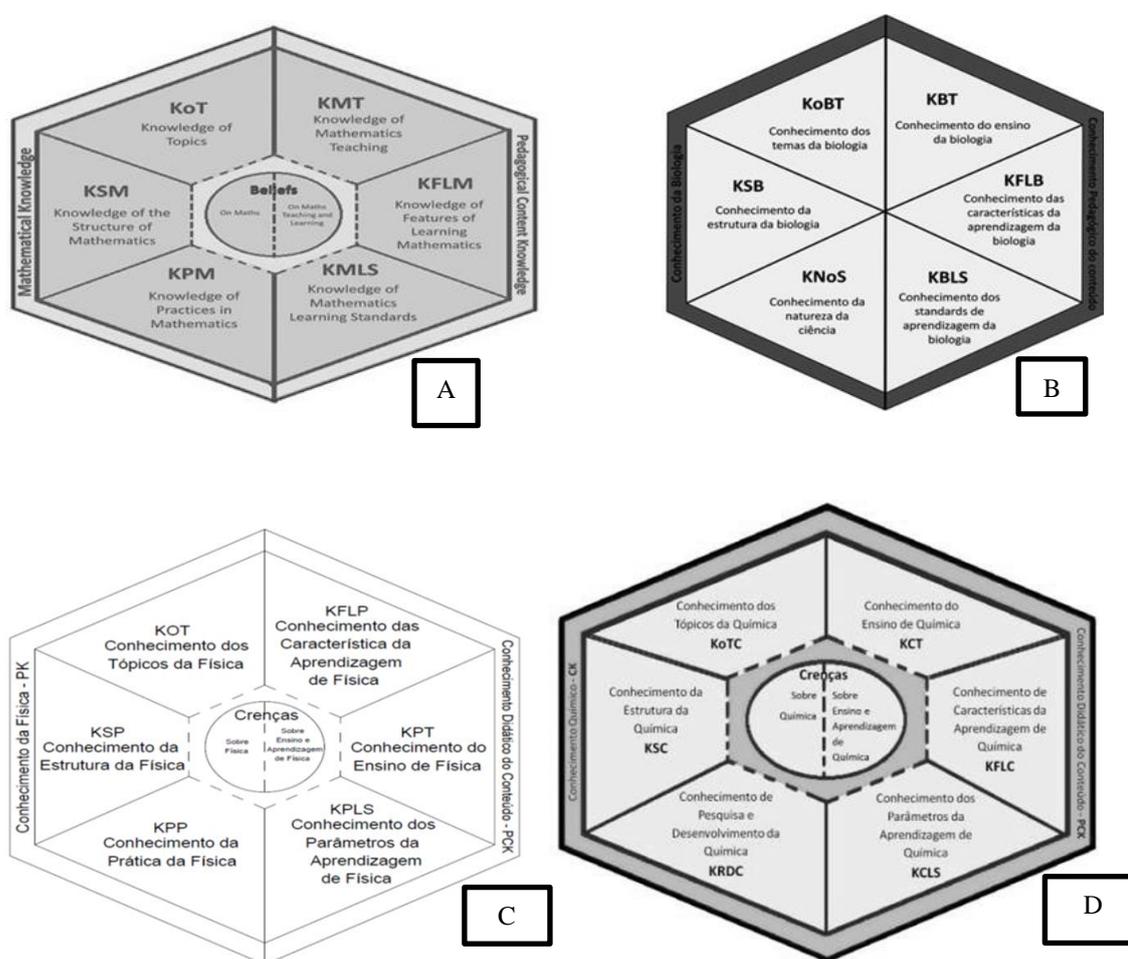


FIGURA 2: Modelo teórico hexagonal

Fonte: A. Carrillo *et. al.* (2018, p. 241, Adaptação dos autores); B. Luís (2015 Adaptações dos autores); C. Lima (2018, p. 35, Adaptação dos autores); D. Soares (2019, p. 45, Adaptação dos autores).

⁶ Sigla em inglês para: *Biology Teacher's Specialized Knowledge*

⁷ Sigla em inglês para: *Physical Teacher's Specialized Knowledge*.

⁸ Sigla em inglês para: *Chemistry Teacher's Specialized Knowledge*

A partir da transposição para as outras disciplinas, os modelos teóricos especializados buscaram encontrar adequações para as lacunas que cada modelo apresentou. E as pesquisas científicas desenvolvidas nos programas de pós-graduação buscam também contribuir para uma melhor adequação de cada modelo. Nesse sentido, compreendemos que a melhoria do aprendizado da Física por parte dos estudantes está diretamente ligada a melhoria do ensino da disciplina e a qualidade do ensino que por sua vez, depende diretamente, da qualificação dos professores (LUTTENEGGER; MORRISON, 2015).

1.3.2 Conhecimento Especializado de Professor de Física-PTSK

O Modelo teórico da Física apresenta uma estrutura hexagonal, compreendida em dois domínios: o *Conhecimento Didático do Conteúdo (PCK)* e o *Conhecimento da Física (PK)*, e no centro do modelo hexagonal está a *Crença* que é subdividida em duas partes: Sobre Física e Sobre Ensino e Aprendizagem da Física. Cada domínio é formado por três subdomínios, totalizando 6 subdomínios, cada um com suas descrições. Na figura 3⁹, encontra-se o modelo teórico hexagonal da Física-PTSK. Segundo LIMA 2018, o modelo inicia no formato horário, iniciando pelo subdomínio do Conhecimento das Características da Aprendizagem de Física-KFLP.

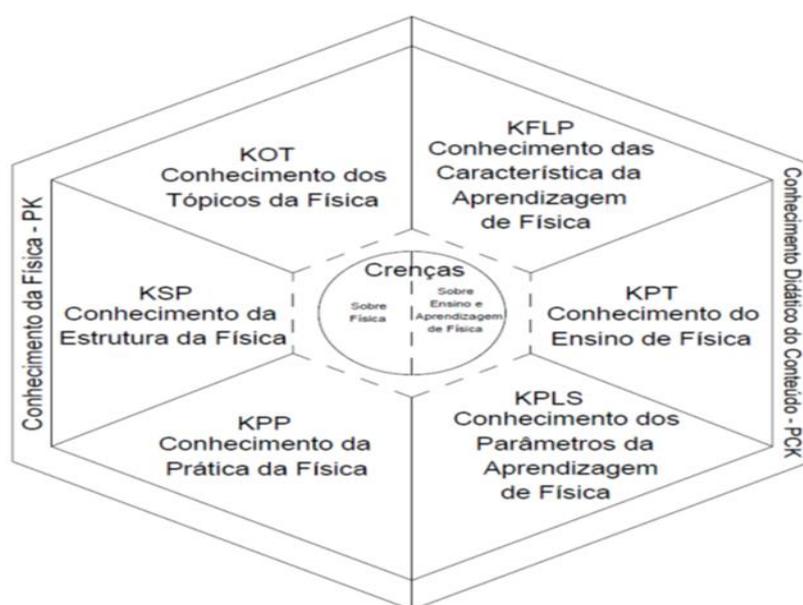


FIGURA 3: Modelo Teórico Hexagonal da Física

⁹ A figura C foi aqui ampliada para melhor compreensão e detalhamento do modelo.

Fonte: LIMA, 2018

O domínio do Conhecimento Didático do Conteúdo-PCK aborda o conhecimento de professores sobre o ensino e a aprendizagem de conteúdos da Física e os parâmetros nacionais e internacionais aplicáveis. Neste domínio, estão inclusos apenas aspectos relativos ao ensino e aprendizagem da Física e dos conteúdos da Física. Sobre os conteúdos da Física, não são considerados aspectos didáticos gerais aqueles que têm por objetivo a resolução de problemas, mas aqueles que estão relacionados a escolha do tipo de atividade experimental para abordagem de determinado tópico da Física.

Compõem esse domínio também os conhecimentos didáticos relacionados à Matemática necessários para o ensino da Física. A Matemática é a linguagem que estrutura o pensamento físico e, portanto, não pode ser retirada do processo. Porém, os conhecimentos deste subdomínio não incluem aqueles conteúdos relacionados ao ensino específico da Matemática, mas apenas aqueles que estruturam o pensamento da Física, como por exemplo, o conceito de *grandeza vetorial* que estrutura o conceito de força e representa um fator chave no ensino e aprendizagem desta Grandeza Física.

QUADRO 1: Quadro dos subdomínios do PCK

Quadros dos subdomínios do PCK		
<p>Conhecimento das Características da Aprendizagem da Física (KFLP): Está focado no conteúdo de Física como objeto de aprendizagem e na interação do aluno com estes conteúdo, inclui o envolvimento dos estudantes com atividades específicas do aprendizado da Física, erros comuns, o processo de compreensão, estratégias comuns de solução de problemas e a linguagem normalmente usada pelos alunos.</p>	<p>Conhecimento do Ensino de Física (KPT): É composto pelo o conhecimento didático do ensino da Física que sustentam as práticas de professores. Estes conhecimentos podem ser fundamentados em resultados de pesquisa sobre o ensino da Física e seus conteúdos ou na reflexão do professor sobre sua própria experiência de ensino.</p>	<p>Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Física (KPLS): Estão incluso nesse subdomínio o conhecimento dos conteúdos, as habilidades que se espera que o aluno aprendam em um determinado ano escolar, assim como o que foi aprendido no ano anterior e o que deverá ser aprendido no ano seguinte. Faz parte desse subdomínio o conhecimento dos parâmetros curriculares nacionais e a sequência dos diversos conceitos considerados prévios dos estudantes e as capacidades de serem desenvolvidas.</p>

Fonte: LIMA, 2018

O Domínio do Conhecimento de Física – (PK) abrange o conhecimento específico da disciplina de Física, com o conhecimento dos docentes a respeito da Física e seus conteúdos. Intercalado a esse domínio está o aporte teórico da Física, sua estrutura, linguagem e experimentação. Em relação ao conhecimento matemático que possa estar presente em alguns trechos, esse se faz necessário para estruturar o pensamento físico que integra este domínio, mas que não possui nenhuma relação como outra ciência, pois faz parte especificamente do conhecimento da Física.

QUADRO 2: Quadro dos subdomínios do PK

Quadro dos subdomínios do PK		
<p>Conhecimento da Prática da Física (KPP): É o terceiro subdomínio que aborda o conhecimento da pesquisa científica na Física, suas formas de proceder, os elementos que estruturam um experimento físico, ou seja, como se produz conhecimento científico em Física.</p>	<p>Conhecimento da Estrutura da Física (KSP): Estas relações podem ser de conceitos mais simples para mais complexo ou de simplificação de modo a potencializar o aprendizado do conteúdo objeto de estudo. Estas relações também podem tratar de similaridade de pensamentos entre conteúdos diversos ou atuarem de forma a auxiliar a compreensão do tópico propostos sem que haja uma semelhança conceitual entre os tópicos.</p>	<p>Conhecimento dos Tópicos da Física (KoT): Consiste no conhecimento fundamentado e aprofundado dos conteúdos da Física de maneira isolada. Aqui se incluem os conceitos, procedimentos, representações e aplicações de cada tópico da Física em sua área de abrangência, sempre de maneira isolada..</p>

Fonte: LIMA, 2018

Assim como os domínios e subdomínios do PTSK, as categorias foram caracterizadas o mais próximo e fiel do modelo do MTSK, entretanto, algumas lacunas foram percebidas durante a caracterização e tiveram que ser preenchidas.

De acordo com Lima:

No decorrer desta primeira etapa de análises foram levantados diversos questionamentos quanto à adequação das categorias do PTSK Transposto para representar o conhecimento especializado de professores de Física que levaram a novas análises. No decorrer dos sucessivos ciclos de análise que se seguiram emergiram novas categorias que aparentam melhor adequar-se às características da Física (2018 p.80).

Conforme o PTSK, a única categoria definida por esse modelo foi a do subdomínio do Conhecimento dos Tópicos da Física- KoT, composto por seis categorias descritas a seguir.

1º: “Leis, Fenômenos e Conceitos” compreende o aporte teórico da Física e os conceitos básicos, permitindo que essa categoria abranja as conexões intra-conceituais de um mesmo conteúdo, as condições necessárias para que um Fenômeno Físico ocorra e os limites de validade das Leis Físicas.

2º: “Linguagem matemática” aborda os conhecimentos matemáticos necessários para compreensão dos conteúdos da Física.

3º: “Registros e Representações” estão inseridos aqui nesta categoria, o uso do vocabulário apropriado para descrição dos conceitos e Fenômenos Físicos e a adequada notação das leis e Grandezas Físicas.

4º: “Modelos” referem-se ao conhecimento necessário para fazer simplificações coerentes de sistemas físicos reais de modo a viabilizar seu estudo, inclusive em atividades experimentais.

5º: “Experimentação” compreende o cuidadoso planejamento das atividades experimentais, assim como os resultados esperados e inesperados que envolvem a prática experimental.

6º: “Aplicação” aborda os conhecimentos de aplicações e usos do conhecimento físico; Relação da Física com as demais ciências.

1.4 LANÇAMENTOS DE FOGUETES

1.4.1 Aspectos Históricos dos foguetes

Historicamente, os primeiros foguetes teriam surgidos na batalha travada entre chineses e mongóis “flechas de fogo voadoras” conforme (NASA 2001 p.13). Essas flechas cruzavam o céu carregadas de pólvoras e sua estrutura era composta de uma vareta longa que servia apenas como direcionamento. Parte do tubo era preenchido com pólvora e lacrado em uma das extremidades permanecendo a outra aberta por onde era acesa.

Em meados do século XVII, o jovem Isaac Newton estabeleceu parâmetros para os movimentos, que culminaram com a organização na formulação das três leis científicas.

O universo sempre intrigou o homem que ansiava por desbravá-lo. A chamada “Guerra Espacial” entre os Estados Unidos e a antiga União Soviética foi um grande marco na história do homem e impulsionou a chegada do homem à lua, conforme a figura 4.

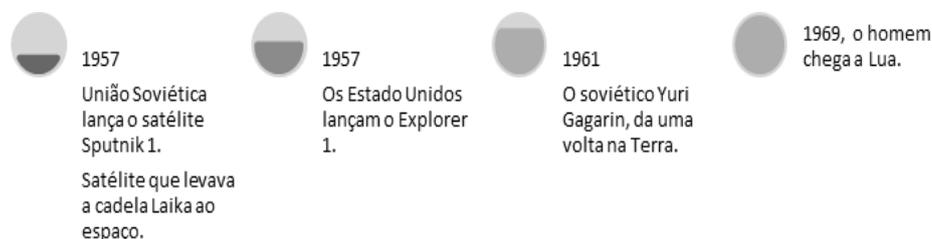


FIGURA 4: Linha do tempo dos avanços espaciais

Fonte: Produção própria da autora.

Os avanços só foram possíveis mediante ao domínio do conhecimento científico que proporcionou a construção de ferramentas capazes de levar o homem ao espaço.

1.4.2 Programas Educacionais e a Mostra Brasileira de Foguetes

A corrida espacial e, posteriormente, o lançamento do SPUTNIK marcaram mudanças estruturais no ensino brasileiro precisamente na área da pesquisa. Programas desenvolvidos pelos Estados Unidos, como por exemplo, Physical Science Study Committee (PSSC), Biological Science Curriculum Study (BSCS), Chemical Bond Approach (CBA), tinham como objetivo aumentar o número de pesquisadores e cientistas do país o que proporcionaria um ensino de Física diferenciado (formação de professores, uso da experimentação e produção de kits experimentais que seriam usados em sala de aula). Ao mencionar programas internacionais, a intenção aqui não é relatar historicamente cada um deles, mas traçar uma linha entre eles e a Introdução de Foguetes no Ensino.

Os kits produzidos por esses programas tinham como finalidade promover a experimentação no ensino de Física. Em 2003, a Agência Espacial Brasileira (AEB) criou o Programa AEB Escola. Dirigido às escolas de todo o Brasil, o

Programa desenvolveu atividades para a divulgação com foco nos temas em Satélites e plataformas espaciais; Veículos espaciais; Astronomia; Aplicações espaciais. Essas atividades tinham como objetivo a disseminação dos conhecimentos básicos na área espacial. Desta maneira, criou-se uma rede de divulgação, que era basicamente formada por instituições públicas e privada, pesquisadores, professores universitários, estudantes e técnicos interessados em popularizar as ciências do espaço no ambiente escolar e na sociedade brasileira. O Programa parte da premissa

que a temática espacial permeia todas as áreas do conhecimento e de que suas aplicações estão presentes no cotidiano dos estudantes, facilitando a contextualização dos conhecimentos a serem construídos. Entre as muitas ações do projeto vamos mencionar as que têm relevância para o projeto de pesquisa, que são elas: Formação de parcerias para elaboração e distribuição de materiais didáticos e paradidáticos orientados tanto para professores quanto para estudantes; Como exemplo dessa parceria, a AEB na escola produziu uma série de matérias didática entre mídias, textos em PDF, livros e cartilhas, com objetivo de auxiliar o professor na divulgação dos conhecimentos espaciais. Por fim, houve a criação de uma coleção de Livretos, “Mão na Massa”, com algumas oficinas e experimentos (Mão na Massa- Oficinas; Mão na Massa – Foguetes). Organização da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA!), em conjunto com a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB). Disponível: <http://aebescola.aeb.gov.br/index.php/aeb-escola/2012>.

Em consonância com o programa da AEB na Escola, as olimpíadas surgiam na perspectiva da divulgação da ciência e dos conhecimentos espaciais nas escolas. O ano de 2004 marca a parceria da Agência Espacial Brasileira (AEB) e da Olimpíada Brasileira de Astronomia – OBA. Com essa parceria a AEB passou a integrar o campo das atividades experimentais, tanto na área da Astronomia quanto na área da Astronáutica, surgindo, assim, as primeiras sugestões de confecções de foguetes.

Com expectativa de inovar a OBA, surgiu em 2012 a Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), evento aberta para as escolas públicas ou privada. De acordo com o relatório da OBA:

o evento é dividido em quatro níveis; no nível 1, corresponde aos alunos do primeiro ao terceiro ano do Ensino Fundamental; no nível 2, estão os alunos do quarto e quinto anos do Ensino Fundamental; no nível seguinte, alunos do sexto ao nono ano; no nível 4, participam os alunos do Ensino Médio. Cada nível corresponde a uma complexa forma de lançamentos, que vão desde foguetinhos de canudinhos de plástico que voam por impulso até foguetes de garrafa PET pressurizados com vinagre e bicarbonato de sódio para o nível 4 (disponível: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio.pdf. 2012).

1.4.3 A Física dos Foguetes

Com a organização dos movimentos físicos, as três leis de Newton foram aplicadas aos movimentos executados pelos foguetes. Nessa perspectiva, ao lançar os foguetes podemos analisar as leis de Newton que estão envolvidas nesse processo.

1º Lei de Newton: Também conhecida como *Lei da Inércia*, diz que: se um corpo (Foguete) estiver em repouso, ele permanecerá em seu estado de repouso ou em movimento retilíneo e uniforme, caso as forças que atuem sobre ele se anulem. O foguete sairá do estado inicial somente quando aplicar sobre ele uma força.

2º Lei de Newton: A segunda lei, ou *princípio fundamental da dinâmica*, associa a força à massa e à aceleração. Essa lei do movimento é essencialmente a afirmação de uma equação matemática que diz que a força é igual ao produto da massa pela aceleração: $F = m.a$.

Ao estabelecer a relação da equação com a massa do foguete, este por sua vez é a soma de todas as partes que incluem tanques, combustível e outros. Para facilitar o entendimento, usaremos o termo “combustível” para a reação química entre o bicarbonato e o vinagre, mesmo que não haja a queima (combustão) propriamente dita. A maior quantidade de massa do foguete se deve ao combustível na medida em que se queima ocorre diminuição da massa o que eleva a aceleração do foguete.

Portanto, quando ocorre a reação química, há liberação do dióxido de carbono que faz com que a pressão interna do foguete aumente. Dessa maneira, a pressurização proveniente do dióxido de carbono é o principal fator ligado à velocidade de ejeção de massa da cápsula de pressurização e a velocidade de ejeção é o que determina a velocidade final do foguete no processo de aceleração.

Assim, a segunda lei de Newton é especialmente útil ao se projetar foguetes, tendo em vista que, quanto maior a massa de combustível do foguete queimada e quanto maior a velocidade do gás produzido, maior será o seu empuxo.

3º Lei de Newton: A terceira lei do movimento é a da *Ação e reação*, na qual toda ação produz uma reação de mesmo módulo, mas em sentido contrário. Um foguete só poderá subir quando soltar o gás do seu motor. Isso ocorrerá da seguinte forma: o foguete exerce uma força sobre o gás e o gás exerce uma força sobre o foguete. Ou seja, a *ação* é a liberação do gás para fora do motor e a *reação* é o movimento do foguete na direção oposta. Para sair da plataforma de lançamento, a força de ação, que também pode ser chamada de empuxo, deve ser maior que o peso do foguete.

Neste sentido, o foguete exerce uma força sobre a reação química presa que exerce uma força sobre o foguete. Assim, a terceira lei ocorre na proporção que *ação* é a liberação do líquido e *reação* é o movimento do foguete em direção oposta. Portanto, para sair da plataforma de lançamento, a força de ação, que também pode ser chamada de empuxo, deve ser maior que o peso do foguete.

Lançamento oblíquo: Ao abordar o conceito de lançamento oblíquo, deve-se, primeiro, levar em consideração que estes são movimentos independentes, em função de um ângulo, conforme a figura 5, e que, geralmente, o referencial está no chão. Assim ao abordar esse assunto em sala de aula, o professor deve estar atento aos conhecimentos anteriores como o movimento uniforme (MU) e o movimento uniformemente variado (MUV).

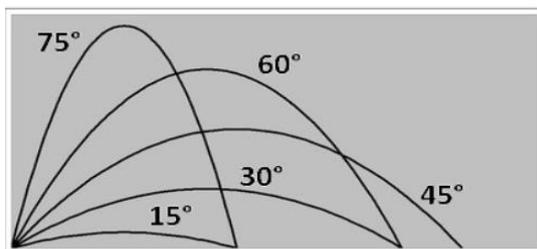


FIGURA 5: Alcance dos lançamentos conforme angulação

Fonte: Caderno de Física da UEFS 10 (01 E 02): 07-17, 2012: Considerações sobre o Alcance no Lançamento Oblíquo.

2. METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentamos a descrição da pesquisa, incluindo a natureza do trabalho, os alinhamentos das fases que a nortearam, os critérios para a escolha do objeto de pesquisa e, ainda, os instrumentos usados para obtenção e análise de dados identificados sobre os conhecimentos especializados de professores de Física.

2.1 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho é classificado como uma pesquisa de abordagem qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994; MINAYO, 2006), e de caráter exploratório (GIL, 2008), realizado em três fases para analisar a adequação, ou não, da pergunta da pesquisa.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), uma pesquisa de abordagem qualitativa deve atender a no mínimo três dos cinco critérios estabelecidos. Para essa pesquisa temos:

- a) Fase descritiva: que consiste na coleta de dados por meio de Episódios do Ensino da Física em forma de relatos e não de números. Os resultados escritos da investigação contêm citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Dessa forma, os dados são extraídos no formato de PaP-eRs¹⁰ tendo como rigor metodológico a base de dados da CAPES e estrutura metodológica a base de 2015 a 2019.
- b) Fase de classificação: os PaP-eRs selecionados foram classificados segundo os domínios e subdomínios do PTSK.
- c) Fase de Análise: para compor a análise de dados da pesquisa usou-se a técnica da análise de conteúdo (KRIPPENDORFF, 1990), em paralelo com as informações obtidas nos episódios, bem como a descrição de domínios, subdomínios e categorias, seguindo as instruções do modelo teórico da Física-PTSK. Depois, os trechos selecionados foram classificados segundo as evidências de conhecimentos especializados do professor utilizados para ensinar Lançamento de Projéteis.

2.1.1 Instrumento de Análise

Como instrumento de análise foi utilizado o MTSK de Moriel Junior e Alencar (2019), elaborado originalmente para a Matemática (quadro 3), que adaptamos para caracterizar e

¹⁰ Sigla em ingles de *Professional and Pedagogical Experience Repertoire*

descrever os conhecimentos especializados do professor de Física para Ensinar Lançamentos de Foguetes segundo o PTSK.

QUADRO 3: Quadro de análise de evidência

TRECHO DO ARTIGO		ANÁLISE DO PESQUISADOR	
Evidência	Conhecimento	associado a...	que consiste em...
[Trecho do episódio-linha ou página, artigo, ano]	[subdomínio]	[categoria]	[síntese do conhecimento]
<i>Exemplo: “eu utilizo a resolução de problemas para ensinar derivada” (Artigo, Ano, página)</i>	do ensino de Matemática (KMT)	Estratégias de ensino	<i>Uma abordagem da resolução de problemas para ensinar derivadas.</i>

FONTE: Moriel Junior e Alencar (2019).

Para a identificação dos conhecimentos foi utilizada a sequência alfanumérica, composta por algarismos em letras e números para identificação do PaP-eRs selecionado. Em seguida, pelo número de página, seguido pela letra “L” em maiúsculo que se refere ao número de linha onde foi identificado o conhecimento. Para o sequenciamento de linhas, foi utilizado um traço, fazendo referência às linhas em sequência. A codificação completa dos trechos de evidência de conhecimento especializado encontra-se no quadro 4.

QUADRO 4: Quadro completo das evidências de conhecimento

PO1. P.2 L.3-5		
PO1 Código do PaP-eRs	p.2 Página onde foi evidenciado o conhecimento	L.3-5 Linha que se refere ao conhecimento

FONTE: Produção própria da autora

A sequência de códigos elaborada facilita na compreensão e na identificação dos trechos analisados.

2.1.2 Caracterização da pesquisa

Por ser uma pesquisa qualitativa de caráter analítico-descritivo sobre conhecimento especializado de Professor para Ensinar Lançamento de Foguetes, descrevemos os episódios

de ensino de Física relativos a lançamentos de foguetes para evidenciar o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) e o Conhecimento da Física (PK), a partir do modelo teórico da Física-PTSK.

Considerando o objeto desta pesquisa a partir da prática real do professor no contexto de *Professional and Pedagogical Experience Repertoire* - PaP-eR (sigla sugerida na publicação original), o saber docente está em forma de relato da prática de ensino de Física em seus aspectos teóricos e experimentais que nos permite identificar esses episódios relativos a lançamentos de foguetes. A seleção desses relatos foi realizada entre artigos, dissertações e teses.

O requisito de seleção foram trabalhos com *Qualis* A1 e A2 e extraídos do banco de dados da CAPES, conforme está descrito no quadro 6. O uso desse recurso possibilita qualificar a produção bibliográfica conforme seu impacto ou relevância para um determinado campo científico. E, ainda, para os artigos, dissertações e tese estes deveriam datar de 2015 a 2019, com a intenção de delimitar o espaço temporal da pesquisa. O propósito foi fazer um apanhado do que foi produzido nos últimos cinco anos.

A parte exploratória da pesquisa se propõe em contribuir significativamente para o Conhecimento do professor de Física para ensinar lançamento de foguetes, podendo assim, contribuir para o modelo teórico da Física-PTSK. Dessa maneira, a finalidade da pesquisa exploratória é desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2008, p. 27).

Neste contexto, busca-se responder o problema da pesquisa alinhando-o com os objetivos específicos, a fim de atingir o objetivo geral do trabalho. Os métodos usados foram escolhidos com foco em melhor encontrar os objetivos, descrevendo a coleta de dados, assim com o instrumento de análise usados para identificar os conhecimentos.

Desta forma e com a intenção de alinhar todos esses aspectos da pesquisa, o quadro 5 esquematiza o delineamento do trabalho.

QUADRO 5: Delineamento da pesquisa através de Desenho de pesquisa

TÍTULO	Conhecimento Especializado de Professores de Física Mobilizados em Episódios de Lançamentos de Foguetes.
PROBLEMA DA PESQUISA	Quais conhecimentos especializados são mobilizados pelo professor de Física para ensinar lançamento de foguetes?
OBJETIVO GERAL	Identificar e analisar os conhecimentos especializados de professor de Física para ensinar Lançamento de Foguetes, a partir de relatos de experiência

	(PaP-eRs) sobre conteúdos que abordem essa temática.	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E OS INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS	Identificar e descrever os episódios de ensino de Física relativos a Lançamentos de Foguetes, em conformidade com os relatos de práticas evidenciados nos PaP-eRs.	A seleção procedeu entre artigos, dissertações e tese. Para os artigos optou-se por aqueles cuja Qualis eram A1 e A2, e que fossem extraídos do banco de dados da CAPES, conforme este descrito no quadro 6. O uso desse recurso possibilita qualificar a produção bibliográfica, conforme seu impacto ou relevância para um determinado campo científico. E, ainda, os artigos, dissertações e tese deveriam datar de 2015 a 2019, com a intenção de delimitar o espaço temporal da pesquisa.
	Classificar os episódios de ensino da Física segundo os domínios e subdomínios do PTKS	Para classificar os episódios de ensino da Física utilizou-se o modelo teórico da Física-PTSK.
	Identificar as conexões do conhecimento especializado de professores de Física, promovendo a caracterização das categorias segundo o modelo.	Analítico e interpretativo.
TIPO DE PESQUISA: Abordagem qualitativa Técnica: Análise de conteúdo		
CARACTERÍSTICAS: Descritiva, analítica e interpretativa.		
OBJETO DE ESTUDO: PaP-eRs		

FONTE: Adaptado de Roehrs (2013)

SILVA, D. L. M; Mostra Brasileira de Foguetes e o Uso de Mapas Mentais como Ferramenta Avaliativa: Estudo sobre o Ensino de Física em Cursos Integrados do IFMT-Campus Alta Floresta.	2018				T	Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT	PaP-eRs PO1
SILVA, A. M; Conceitos de Física por Meio do Lançamento de Foguetes de Garrafa Pet: Uma Proposta de Transposição Didática no Ensino de Física.	2015			D		Universidade de Brasília-UNB	PaP-eRs PO2
BEXIGA, S. V; Ensinando Física com Foguetes de água e utilizando TIC através de uma proposta multidisciplinar;	2015			D		Universidade Federal do Rio Grande-UFRG	PaP-eRs PO3
OLIVEIRA, S. F; Guia Para Experimentação com Foguetes de Garrafa Pet. Campus Universitário do Araguaia, Mestrado Profissional do Ensino de Física- Polo Barra do Garça.	2019			D		Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT	PaP-eRs PO4
FONSECA, M.V. S; RODRIGUES, L. M. I; FONSECA, S.B.M; Uma Abordagem Didática para a Pressão interna de Foguetes de Garrafa Pet propulsionada pela reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio.	2018	A1	A			Caderno Brasileiro de Ensino Física Vol.40 N° 3 /2018	PaP-eRs PO5
CHANG. J. D.O; COSTA F. L. Q; DUTRA L.C; NERY G. A. F; Obtenção experimental do	2019	A2	A			Caderno Brasileiro de Ensino de Física	PaP-eRs PO6

coeficiente de arrasto com o lançamento de foguetes de garrafas PET.						Vol.40 N° 2, .529-542/ 2019	
FREIRE, W. H. C; MEDEIROS, M. L. M; LEITE. D; SILVA. M. R. Lançamento oblíquo com resistência do ar: Uma análise qualitativa.	2016	A1	A			Revista Brasileira de Ensino de Física Vol.38 n° 1,1306/2016	PaP-eRs PO7

FONTE: A. Artigo; D. Dissertação; T. Tese; Produção da Própria autora.

3.2 Identificação dos Conhecimentos segundo o modelo teórico da Física-PTSK

Nos 7 PaP-eRs analisados foram identificados 96 conhecimentos distribuídos segundo os domínios do modelo teórico da Física-PTSK (figura 1).

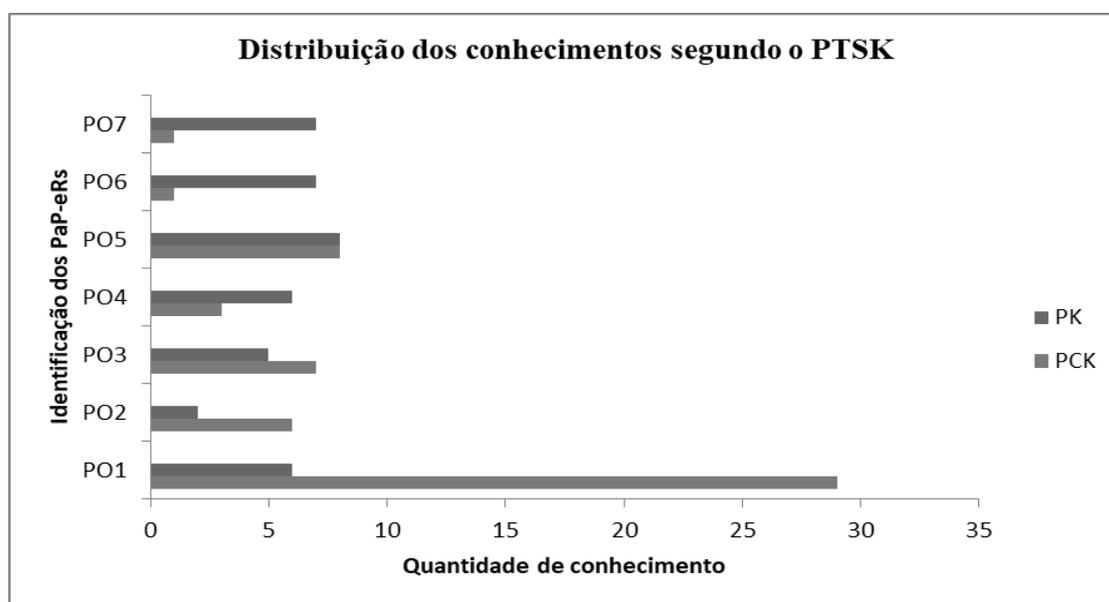


FIGURA 6: Distribuição dos conhecimentos segundo os domínios do PTSK

FONTE: Produção da própria autora.

No domínio do Conhecimento Didático do Conteúdo-PCK foi evidenciado um total de 56 conhecimentos especializados de professores de Física, enquanto no Conhecimento do Conteúdo-PK foram identificados 40.

Ao comparar a concentração de conhecimentos e a distribuição da quantidade de PaP-eRs por área da Física, notou-se que cada episódio de ensino teve uma contribuição diferente à quantidade de conhecimentos identificados. Por exemplo, a mecânica foi foco de 93% dos conhecimentos, enquanto a termodinâmica esteve presente em 7% dos conhecimentos, conforme é ilustrado na figura 6.

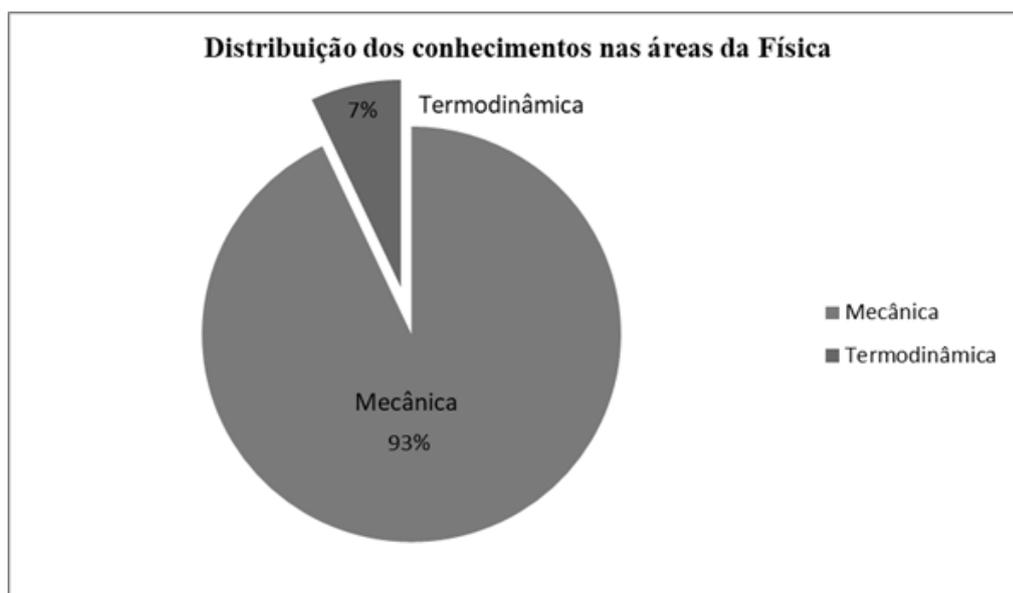


FIGURA 7: Distribuição dos conhecimentos nas áreas da Física
FONTE: Produção da própria da autora

Durante análise dos PaP-eRs, a Mecânica apresentou uma demanda maior de conteúdo relativos a lançamentos de foguetes. A Mecânica evidenciada nos PaP-eRs está relacionada a duas frentes de ensino: *Cinemática e Dinâmica* (figura7) ambas se correlacionam entre si no que se refere ao estudo e a causas dos movimentos.

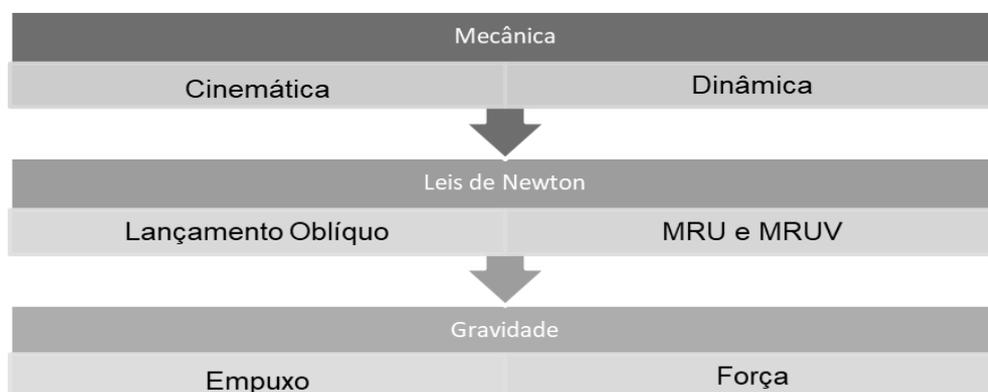


FIGURA 8: Distribuição dos conteúdos de Mecânica
FONTE: Produção da própria autora.

3.2.1 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor do PaP-eRs PO1

Os conhecimentos abordados no PaP-PO1 foram classificados segundo os domínios e subdomínios do PTSK.

QUADRO 7: Quadro de evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO1

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
Trecho	Conhecimento...	Associado a...	Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
PO1. p.42 L.25- 26 Ao final das oficinas de foguetes ocorreram os lançamentos demonstrativos, realizados pelos monitores.	do Ensino de Física -KPT	Recurso didático	Consiste em uma abordagem usada pelo docente “atividade demonstrativa” de lançamento de foguetes.
PO1. p.43 L. 31-32 Durante as oficinas foi possível identificar a presença de uma aprendizagem colaborativa entre os alunos descrita por Rezende (2014). Esse tipo de atividade exige do professor uma postura menos autoritária (postura habitual) e faz com que ele se aproxime mais dos alunos envolvidos no processo de ensino/aprendizagem. A relação de colaboração ultrapassa a relação aluno/aluno, permitindo trocas de experiência entre todos os envolvidos, na busca de uma construção coletiva do conhecimento.	das características da Aprendizagem de Física-KFLP	Benefícios das atividades experimentais	Interação entre os alunos para construir o conhecimento proporcionado pela oficina de foguetes durante os lançamentos.
PO1. p.45 L.1-2 Após a realização das duas oficinas, os alunos produziram seus primeiros mapas mentais utilizando a expressão “foguetes de garrafa PET” como ativador central.	das características de Aprendizagem de Física-KFLP	Benefícios das atividades experimentais	Utilização dos mapas mentais pelos alunos como estratégias mentais para compreensão dos conteúdos de Física utilizados para os foguetes.
	do Ensino de Física-KPT	Estratégia de ensino	Estratégia abordada pelo docente “mapas mentais”, como experimentos mentais.

<p>PO1. p. 45 L.1-3 Após as apresentações dos mapas mentais, iniciou-se a etapa de planejamento das aulas sobre dois temas específicos do conteúdo de Física do primeiro ano do Ensino Médio: as leis de Newton e o lançamento oblíquo.</p>	<p>dos Parâmetros de Aprendizagem de Física- KPLS</p>	<p>Conteúdo da Física ensinado na etapa escolar</p>	<p>Conteúdos que devem ser ensinados e aprendidos pelo aluno em cada etapa escolar, nesse caso o 1º ano do ensino médio.</p>
<p>PO1. p.45 L.8-9 As aulas começaram com a apresentação do vídeo “Ciência do absurdo – parte 1”, mostrando casos em que as leis de Newton quando ignoradas, resultaram em situações típicas de "vídeo cassetadas".</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Recursos didáticos</p>	<p>Recurso didático áudio visual específico para o ensino de Física. Que consiste na demonstração das leis de Newton de uma maneira mais cotidiana e rotineira ao aluno.</p>
<p>PO1. p.46 L.1-2 As aulas sobre as leis de Newton buscaram relacionar o movimento do foguete às variáveis externas, que contribuía para esse movimento ou atrapalhavam, é necessário já dominar os conceitos de aceleração e de MUV.</p>	<p>do Ensino de Física- KPT</p>	<p>Estratégia de ensino</p>	<p>Abordagem de recurso didático, usando uma atividade experimental em função do conteúdo de Física que foi estudado.</p>
	<p>dos Parâmetros de Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conteúdo que aluno deve aprender antes do ensino de determinado tópico</p>	<p>Nível conceitual prévio que os alunos precisariam ter aprendido para prosseguir na construção do conhecimento. Este conteúdo, por sua vez, faz parte do sequenciamento de conteúdo do 1º ano do ensino médio, que abrange aceleração e o movimento uniformemente variado.</p>
<p>PO1. p.46 L.9-10 Esses conceitos foram identificados e extraídos dos mapas mentais apresentados antes da realização da Mostra de Foguetes. Para cada um dos dois temas trabalhados (as leis de Newton e o lançamento oblíquo), foram apresentados organizadores prévios (vídeos e textos), com a finalidade de demonstrar a relação entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios dos alunos.</p>	<p>do Ensino de Física- KPT</p>	<p>Estratégia de ensino</p>	<p>Abordagem de ensino “mapas mentais” que envolveram os conteúdos de Física “leis de Newton e o Lançamento oblíquo” na realização da Mostra de Foguetes.</p>
		<p>Recurso didático</p>	<p>Abordagem docente - utilização de vídeos para exemplificar o conteúdo estudado.</p>

<p>PO1. p.46 L.9-11 Na altura do visionamento, os alunos apresentaram hipóteses de explicações científicas para incidentes semelhantes que eles mesmos já haviam vivenciado</p>	<p>das características de Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Impacto das atividades experimentais no ensino aprendizagem</p>	<p>Consiste no nível de interação do aluno com o conteúdo que foi apresentado a ele. Assim ele consegue já transpor o conceito antes empírico, agora de uma maneira mais científica.</p>
<p>PO1 p.47 L.5-7 As aulas sobre o lançamento oblíquo tinham como objetivo os seguintes aspectos: levar o aluno a entender como esse lançamento ocorre, relacionando-o a situações práticas (como o lançamento de foguetes de garrafa PET); visualizar o fenômeno; e compreender que o movimento depende de um referencial e que os movimentos que compõem o lançamento oblíquo são independentes.</p>	<p>do Ensino da Física-KPT</p>	<p>Atividades experimentais</p>	<p>Atividade experimental organizada em grupo em função do conteúdo de Física ministrado correlacionado com o conteúdo de lançamento oblíquo.</p>
<p>PO1. p.47 L.3-6 As aulas se iniciaram com a apresentação do vídeo “O lançamento do satélite brasileiro” com o intuito de estimular os estudantes a refletirem sobre o sistema de lançamento de satélites, a construção de bases de lançamento, os tipos de lançamentos e o combustível utilizado</p>	<p>do Ensino da Física-KPT</p>	<p>Recurso didático</p>	<p>Abordagem de ensino utilizando o “recurso áudio visual” sobre o conteúdo de Física.</p>
<p>PO1. p.47 L.16-19 As situações-problema propostas pela UEPS sobre as leis de Newton questionavam os alunos sobre o voo dos seus foguetes, sobre a inércia e sobre quais forças haviam atuado no lançamento e no voo. Além disso, indagava sobre a existência uma força típica do par ação-reação.</p>	<p>da Estrutura da Física-KPP</p>	<p>Não foi identificada nenhuma categoria ate o momento.</p>	<p>Conexões feitas pelos professores entre as diversas áreas da Física para auxiliar na compreensão dos alunos, questionando seus conceitos associados aos foguetes. As conexões estabelecidas emergem da similaridade de pensamentos entre os conceitos de áreas distintas da Física. Partindo da mecânica clássica newtoniana, até a gravidade e o empuxo presentes no objeto de estudo.</p>
<p>PO1. p.48 L 3-5 Esses primeiros mapas mentais serviram para descobrir quais conteúdos já eram familiares aos alunos e, também, para verificar as relações entre a parte experimental, a teórica e as expectativas dos alunos para a competição.</p>	<p>dos Parâmetros de Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conceitos que se espera que o aluno conheça em determinada etapa escolar</p>	<p>Consiste em uma abordagem de ensino que envolve “Estratégias Mentais” com a intenção de avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos durante as atividades experimentais e teóricas que envolveram a construção e lançamentos de foguetes.</p>

<p>PO1. p.59 L3-6 Os alunos receberam a tarefa de construir mapas mentais, tendo como ativador central a expressão “foguetes de garrafa PET”. A elaboração dos mapas foi designada como atividade extraclasse, e os alunos tiveram uma semana.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Estratégia de Ensino</p>	<p>Consiste numa estratégia de ensino “experimentos mentais” abordando os mapas mentais.</p>
<p>PO1. p.60 L.4-8 Quando iniciamos a interpretação desses primeiros mapas, tornou-se evidente que os alunos estavam preocupados em destacar como as suas bases e os seus protótipos foram produzidos. Eles fazem constar os materiais, os formatos e as dimensões de seus protótipos. Outro destaque, ainda mais reiterado do que a descrição da construção, foi para as tentativas de explicar qual seria o “combustível” do foguete.</p>	<p>das características da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Benefícios das atividades experimentais</p>	<p>Maneira de como os alunos interagem com as atividades experimentais.</p>
	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Estratégia de Ensino</p>	<p>Estratégia de ensino usado pelo docente “mapas mentais”.</p>
<p>PO1. p.60 L.1-5 A descrição da reação química necessária para o lançamento foi citada em 40 mapas mentais (75,4%), sendo que três equipes fizeram isso de forma muito clara durante suas apresentações. Eles mostraram que o foguete não tinha combustível, pois não estava presente o processo de combustão no lançamento (reação entre um combustível e o oxigênio do ar, com produção de gás carbônico e energia) – tratava-se, portanto, de outra reação química.</p>	<p>das características da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Impacto de atividades experimentais no processo de aprendizagem do aluno</p>	<p>A utilização do experimento impactou a aprendizagem dos alunos, os quais conseguiram relacionar o combustível usado com a reação química causada pela produção de gás carbônico.</p>
<p>PO1. p.61 L.26-28 Os conceitos de Física apareceram em 16 mapas mentais. O conceito de pressão apareceu em todos os trabalhos que faziam menção a conceitos da disciplina. Alguns outros conceitos abordados foram velocidade, aerodinâmica, força, deslocamento, gravidade, ação e reação, lançamento, movimentos e energia.</p>	<p>da Estrutura da Física-KSP</p>	<p>Similaridade de pensamentos entre temas de diferentes áreas de abrangência da Física</p>	<p>Conexões feitas pelos professores entre as diversas áreas da Física para auxiliar na compreensão dos alunos, questionando seus conceitos associados aos foguetes. As conexões estabelecidas emergem da similaridade de pensamentos entre os conceitos de áreas distintas da Física. Partindo da termodinâmica, energia, pressão até as relações da mecânica básica.</p>

<p>PO1. p.61 L.30 Já o conceito de pressão não havia sido estudado em sala e os alunos relacionaram-no</p>	<p>das características da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Interesse dos alunos em tópicos da Física</p>	<p>Conexões feitas pelos alunos em estratégias mentais, as quais eles conseguem transcender um conteúdo ainda não mencionado e que está sequenciada a próxima etapa escolar.</p>
	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conceitos que se espera que o aluno conheça em determinada etapa escolar</p>	<p>Conteúdo somente a ser visto no 2º ano do ensino médio que envolve a termodinâmica energia e pressão.</p>
<p>PO1. p.62 L.1-3 Foi possível notar também uma grande liberdade na elaboração dos mapas mentais de muitos grupos. Destacamos aqui o lado criativo dessas produções, que fizeram uso de muitas cores e desenhos, nos mais diversos tipos de papel, do sulfite à cartolina.</p>	<p>das características da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Interesse dos alunos em tópicos da Física</p>	<p>Consiste em identificar o interesse do aluno por um determinado conteúdo demonstrando toda a criatividade e interesse.</p>
<p>PO1. p.62 L.1-3 Ao todo, 27 produções foram digitais e 26 foram manuais. Nas produções digitais, houve grupos que utilizaram programas específicos (ou programas de mapas conceituais) em seus trabalhos, tais como o Bubble.us, o Freemind, o Xmind e o Coggle. Outros grupos usaram programas mais comuns, como Microsoft Word, o PowerPoint e o Paint. Mesmo em se tratando de mapas mentais produzidos digitalmente, a maioria deles também possuía figuras para relacionar os conceitos apresentados.</p>	<p>das características da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Impacto do uso de linguagem de programação no processo de aprendizagem do aluno</p>	<p>Elaborar os mapas mentais por parte dos alunos, utilizando programa de computador, tem uma descrição formal e precisa dessa resolução, apurando seu entendimento sobre a estrutura lógica de toda uma classe de problemas semelhantes ao que ele está tratando.</p>
<p>PO1. p.69 L.4-6 O processo de construção da base de lançamento foi descrito em 37 mapas mentais (69,8%) com detalhamentos sobre o processo de vedação e de utilização da válvula de segurança e sobre a importância dela.</p>	<p>da Estrutura da Física-KPP</p>	<p>Não tem categorias identificadas até o momento.</p>	<p>Conhecimento do professor sobre a Física teórica, relacionado com a prática.</p>
<p>PO1. p.69 L.6-9 Os trabalhos ressaltaram o ângulo de lançamento em 45° como sendo a melhor angulação para a obtenção do maior alcance possível. A construção do</p>	<p>das características da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Benefícios das atividades experimentais</p>	<p>Conhecimento proporcionado pela oficina de foguetes durante os lançamentos.</p>

<p>foguete e as alterações necessárias para uma melhor aerodinâmica foram detalhadas por 36 equipes (67,9%).</p>			
	<p>da Estrutura da Física-KPS</p>	<p>Similaridade de pensamentos entre temas de diferentes áreas de abrangência da Física</p>	<p>Conexões entre as áreas da Física, como é o caso da aerodinâmica, envolvida na construção dos foguetes.</p>
<p>PO1. p.70 L.6-8 As leis de Newton ganharam maior destaque nos novos mapas mentais, seguidas do conceito de lançamento oblíquo – as leis e o conceito foram diretamente relacionados aos lançamentos de foguetes de garrafa PET nas aulas de Física.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Estratégia de Ensino</p>	<p>Abordagem onde os mapas mentais foram usados como estratégia de ensino em função dos conteúdos de Física que foram relacionados com os lançamentos.</p>
<p>PO1. p.70 L.6-8 Outro conceito que ganhou destaque nos mapas mentais foi o de movimento uniformemente variado, seguido dos conceitos de aerodinâmica, pressão e velocidade, que já haviam se destacado nos mapas mentais antes da Mostra de Foguetes.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Estratégia de Ensino</p>	<p>Abordagem de ensino, na qual os mapas mentais foram usados como estratégia de ensino em função dos conteúdos de Física, que foram relacionados com os lançamentos.</p>
<p>PO1. p.79 L.1-3 A UEPS sobre as leis de Newton foi elaborada para que os alunos fossem descrevendo as três leis em questão e relacionando conceitos como os de força, aceleração, massa e peso com a experiência dos foguetes de garrafa PET.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Estratégia de Ensino</p>	<p>Estratégia de ensino abordada pelo docente em função do conteúdo a ser estudado: Leis de Newton.</p>
<p>PO1. p.79 L.1-3 A UEPS sobre o lançamento oblíquo foi elaborada para que os alunos relacionassem o melhor ângulo para o lançamento do seu foguete com o ângulo que possibilita um maior alcance em um lançamento oblíquo. Os alunos relacionavam as equações do MU e do MUV aos movimentos nos eixos X e Y, utilizando a decomposição vetorial.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Estratégia de Ensino</p>	<p>Estratégia de ensino abordada pelo docente em função do conteúdo a ser estudado, como é o caso do lançamento oblíquo.</p>

<p>PO1. p.86 L.1-5 Quanto à ordem dos conteúdos apresentados na ementa da disciplina houve uma inversão: abordamos primeiro os conceitos de dinâmica, relacionados às leis de Newton, e, depois, os conceitos de cinemática. Essa inversão está diretamente ligada ao fato de que o manual adotado na instituição apresenta os conceitos na ordem oposta, mas nada impede que o professor inverta essa organização.</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conteúdo da Física ensinado em determinada etapa escolar</p>	<p>Conhecimento dos parâmetros da Aprendizagem da Física trazendo como referência o conteúdo esperado que o aluno aprenda nos primeiros anos. No caso de Física, os conteúdos são as de mecânica clássica newtoniana.</p>
<p>PO1. p.86-87 L.1-4 A categorização dos termos presentes nesses trabalhos permitiu a percepção de que as relações entre os conceitos necessários para o lançamento de um foguete de garrafa PET ultrapassam os conteúdos de Física, envolvendo as reações químicas, a preocupação ambiental e a aprendizagem relacionada a interações sociais e à colaboração.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Atividades experimentais: sua preparação, a escolha do tipo de atividade, a seleção de conteúdos e sua viabilidade quanto a tempo de realização e recursos necessários.</p>	<p>Consiste em uma escolha da atividade experimental pelo docente em função do conteúdo a ser abordado na Física.</p>
	<p>da Estrutura da Física-KSP</p>	<p>Associação de tópicos sem similaridades de pensamento.</p>	<p>Uso de conexões que auxiliam a compreensão do conteúdo, que envolveu as reações químicas, a preocupação ambiental e relação de interações sociais.</p>
<p>PO1. p.87 L.1-5 A eficiência na utilização dos mapas mentais vai além das descobertas de subsunções. A ferramenta foi extremamente útil para se traçar uma evolução na aprendizagem dos conceitos relacionados às leis de Newton e ao lançamento oblíquo, o que nos permitiu realizar comparações dos mapas produzidos e das apresentações realizadas no início e no final do semestre.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Estratégia de ensino</p>	<p>Estratégia de ensino abordada pelo docente “mapas mentais” com a função de contribuir com os conceitos de leis de Newton e lançamento oblíquo.</p>

FONTE: SILVA, D. L. M (2018).

Os conhecimentos especializados de professores de Física identificados no PaP-eRs PO1 foram distribuídos segundo os subdomínios do modelo PTSK, conforme aparece na figura 9.

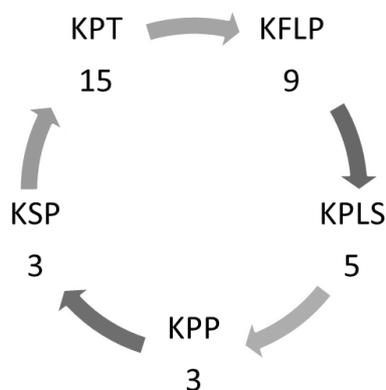


FIGURA 9: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO1 por Subdomínio do PTSK.

FONTE: Produção própria da autora.

Embora ocorra uma disseminação de conhecimentos conforme a figura 9, há um predomínio de conhecimentos do domínio pedagógico do conteúdo-PCK com 29 conhecimentos frente ao domínio da Física-PK com 6.

Em relação ao domínio da Física-PK, os conhecimentos identificados estavam distribuídos entre os subdomínios do Conhecimento da Prática da Física- KPP, o qual consistia no conhecimento do professor sobre a teoria da Física e posteriormente as técnicas que envolvem a prática de lançamento de foguetes. Já o conhecimento identificado no subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Física-KSP, abordando a similaridade de pensamentos das diferentes áreas de abrangência da Física fazendo conexões que auxiliam na compreensão do conteúdo, vão desde aerodinâmica dos foguetes até as reações químicas usadas durante os lançamentos.

Como foi mencionado anteriormente, a maior concentração de indícios de conhecimento foi identificada no domínio pedagógico de conteúdo-PCK, com vinte e nove trechos. Os conhecimentos identificados no PaP-eRs PO1 foram classificados nos respectivos subdomínios: No do ensino de Física-KPT com maior concentração de indícios de conhecimento totalizando 15, seguido pelo subdomínio do conhecimento das características da aprendizagem de Física-KFLP com 9 e por último o subdomínio do conhecimento dos parâmetros da aprendizagem de Física-KPLS com 5 conhecimento.

As estratégias de ensino evidenciadas no subdomínio do KPT permitem que o docente tenha acesso ao conhecimento prévio do aluno a respeito da ciência e das tecnologias que se correlacionam com o tema de lançamento de foguetes abordado. O conhecimento prévio mencionado permite ao professor relembrar junto aos alunos a história espacial que cerca os lançamentos de foguetes.

Um dos recursos didáticos muito utilizados pelo professor no PaP-eRs PO1, foi o áudio/visual que foi utilizado para apresentação de vídeo “O lançamento do satélite brasileiro”, com o intuito de estimular os estudantes a refletirem sobre o sistema de lançamento de satélites, a construção de bases de lançamento, os tipos de lançamentos e o combustível utilizado.

As demonstrações dos conceitos referentes às leis de Newton foram abordadas em vídeos das “cassetadas” que referiam a esses conceitos de maneira cotidiana. Além desses recursos foram utilizadas oficinas que proporcionaram a construção de foguetes e que depois culminaram com o lançamento dos protótipos construídos pelos alunos.

Todas essas estratégias de ensino abordadas pelo docente favoreceram a autonomia dos alunos em muitos aspectos, entre eles destaque:

1º: Aos nomes dados as equipes durante as oficinas de foguetes. Muitos foram os nomes relacionados a veículos espaciais como: Apollo 11, Apollo 45, entre outros.

2º: A motivação dos alunos durante a construção das bases de lançamento e a elaboração do projeto para os protótipos.

3º: As conexões feitas pelos alunos quando eles foram incentivados a fazerem os seus mapas mentais utilizando palavra-chave *Foguetes de Garrafa Pet*, com temáticas ainda não vistas e nem estudadas por eles como foi o caso da Pressão que os alunos relacionaram em função do combustível usado para lançar.

Os Mapas Mentais proporcionaram a verificação dos conhecimentos prévios desses alunos que estão inseridos no KFLP, com o objetivo de dimensionar o que os alunos sabiam sobre a temática de foguetes. As conexões promovidas pelo docente desde o momento das escolhas das abordagens de ensino culminaram na elaboração dos mapas mentais pelos alunos.

3.2.2 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO2

No PaP-eRs PO2 a maior concentração de conhecimento foi evidenciada no conhecimento do conteúdo-PCK, um total de 8 conhecimentos, conforme está no quadro 8.

QUADRO 8: Quadro de evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO2

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
Trecho	Conhecimento...	Associado a...	Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
PO2. p.36 L.1-3 Escolhemos duas turmas da 3ª série do Ensino Médio para realizarmos a pesquisa. Apesar dos conteúdos de mecânica serem abordados na 1º ano do Ensino Médio e os conteúdos relacionados aos estados físicos da matéria na 2º ano	dos Parâmetros da Aprendizagem da Física-KPLS	Conceitos que se espera que o aluno conheça em determinada etapa escolar	No conhecimento que deve ser ensinado e que se espera que o aluno aprenda em cada etapa escolar. Desta maneira espera-se que o aluno no 3º ano do ensino médio tenha o conhecimento dos conteúdos apresentados nas etapas anteriores (mecânica no 1º ano e os estados físicos da matéria no 2º ano).
PO2. p.37 L.1-4 O pré-teste aplicado às duas turmas contou com quatorze questões, sendo seis referentes às Leis de Newton, quatro referentes aos estados físicos da matéria e suas propriedades e quatro relacionadas aos conceitos de centro de pressão e centro de gravidade.	do Ensino de Física-KPT	Estratégia de ensino	Abordagem de ensino "questionário", usada como estratégia de ensino pelo professor, com o intuito de conhecer o que os alunos sabiam sobre os conteúdos de gravidade, leis de Newton, pressão e os estados físicos da matéria.
PO2. p.38 L.1-3 Iniciamos as aulas na turma experimental com o conteúdo sobre Leis de Newton. Primeiramente, buscamos os conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática por meio de perguntas e debate.	das características da Aprendizagem de Física-KFLP	Benefícios das atividades experimentais	Interação entre os alunos para construir o conhecimento proporcionado pela oficina de foguetes durante os lançamentos.
PO2. p.42 L.5-10 Para encontrar o centro de pressão pela figura, utilizamos as instruções a seguir: (a) Projete a silhueta do foguete em um papel e divida suas partes em regiões retangulares e triangulares para facilitar a obtenção do CP. (b) Projete a silhueta do foguete em um pedaço de papelão e encontre seu CM; isto fornecerá uma ideia da posição do CP do foguete, que neste caso coincide com o CM do papelão. (SOUZA, 2007).	da Prática da Física-KPP	Não foi identificada nenhuma categoria ate o momento	No conhecimento do professor sobre Física e de como produzir a mesma a partir do raciocínio teórico das forças que atual em foguete (Empuxo e Gravidade), e associá-los com a atividade experimental.

<p>P02. p.39 L.1-3 carrinho foguete (Figura 5) para mostrar como as leis de Newton explicam o movimento de um objeto.</p> 	do Ensino de Física-KPT	Atividades experimentais	Abordagem de ensino "recurso didática atividade experimental demonstrativa em função do conteúdo de Física (as leis de Newton).
<p>P02. p.40 L.1-9 Mostramos que utilizamos água e ar comprimido no lançamento dos foguetes de garrafa PET e fizemos o questionamento: por que utilizamos água e não somente ar comprimido? A partir desse questionamento, discutimos sobre as propriedades dos gases e líquidos</p>  <p>dando ênfase à incompressibilidade dos líquidos e elasticidade do ar. Para mostrar essas propriedades utilizamos uma seringa (Figura 6). Para estudar a elasticidade do ar, puxamos o êmbolo, tapamos o bico da seringa, empurramos o êmbolo e, em seguida, soltamos o mesmo, sempre mantendo o bico da seringa tapado.</p>	do Ensino de Física-KPT	Atividades experimentais	Abordagem de ensino que o professor utilizou do recurso didático "atividade experimental demonstrativa" em função do conteúdo de Física a ser ministrado. O professor conhece o experimento o conteúdo de propriedades dos gases e líquidos.
<p>PO2. p.42L.1-3Para discutirmos o conceito de centro de pressão, utilizamos uma aproximação desenhando a silhueta do foguete em um papelão e depois encontramos o centro de massa do papelão;</p> 	do Ensino de Física-KPT	Recursos didáticos	Abordagem de ensino utilizada pelo professor que utilizou do recurso didático "atividade demonstrativa" em função do conteúdo de Física, que está sendo ministrado. Com o experimento o professor procurou demonstrar o conceito do centro de pressão de um foguete através do recorte de um papelão em formato de foguete.
<p>PO2. p.43 L.4-9 Durante a confecção dos foguetes mostramos a importância do alinhamento das aletas para o foguete se manter na rota e sempre</p>	da Prática de Física-KPP		no conhecimento do professor sobre a prática da Física, envolvendo o raciocínio teórico da

com a ponta virada para a frente. Para ilustrar esse ponto, amarramos um barbante no foguete de garrafa PET (Figura 9) sem as aletas e o giramos para observarmos seu comportamento. Em seguida, fizemos o mesmo procedimento, mas, desta vez, colocamos as aletas.



estabilidade e equilíbrio dos foguetes em função da construção das aletas. O professor reconhece que ao montar esse equipamento os cálculos, eles devem estar precisos, pois a falta dele ou de cálculos errados, podem causar a perda da estabilidade do foguete durante o voo. O professor demonstra essa hipótese durante a construção do experimento (figura 9), quando os foguetes não têm as aletas e ficam sem equilíbrio e quando pede aos alunos que coloquem as aletas no foguete associando a teoria na atividade experimental.

FONTE: SILVA, A. M, 2015

Os conhecimentos especializados de professores de Física identificados nesse PaP-eRs PO2 (quadro 8) sobre Lançamento de Foguetes estão dispostos nos subdomínios do modelo PTSK da seguinte maneira:

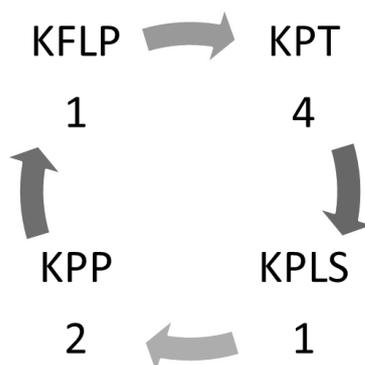


FIGURA 10: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO2 por Subdomínio do PTSK

FONTE: Produção da própria autora.

Os conhecimentos evidenciados no domínio PCK abordam o conhecimento pedagógico docente para ensinar as temáticas dos lançamentos de foguetes. Os recursos demonstrativos favorecem o ensino/aprendizagem por partes dos alunos. Toda vez que

utilizamos desses recursos a participação dos alunos é sempre motivadora, pois eles conseguem vivenciar na prática o que é abordado na teoria e acabam por relacionarem de maneira correta os assuntos abordados nos lançamentos de foguetes.

Observou-se, ainda, que no PO2 o Conhecimento da Prática da Física-KPP que envolve os raciocínios teóricos associados à experimentação, ou seja, o professor conhece da prática da Física. A Física enquanto ciência é caracterizada pela combinação do raciocínio teórico e da observação experimental (HAMBURGER, 1992). Com isso, o Conhecimento da Física deve abranger seus aspectos teóricos e experimentais, os alunos devem ser encorajados a construir os foguetes de garrafas pet pensando na aerodinâmica do foguete que envolve a construção das aletas alinhados para melhor desempenho durante o lançamento.

Esses apontamentos podem ser evidenciados no trecho PO2. p. 43 L.4-9, PO2. p. 42 L.5-10, no qual o professor demonstra a construção do foguete a partir do desenho da silhueta do foguete em um papelão cujo objetivo era demonstrar o centro de massa e o centro de pressão, nota-se que tudo deve ser realizado da maneira mais precisa para que haja o equilíbrio entre os dois centros.

3.2.3 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO3

Os conhecimentos especializados de professor de Física registrados nesse PaP-eRs foram identificados e distribuídos conforme o modelo da Física- PTKS discriminado no quadro 9.

QUADRO 9: Quadro de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO3

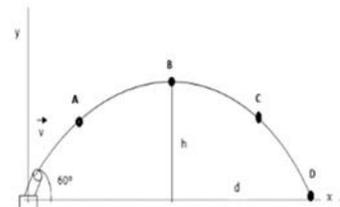
Manifestação do Sujeito		Análise do Pesquisador	
Trecho	Conhecimento...	Associado a...	Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
PO3. p.11 L.1-4 Nestes lançamentos, temos a possibilidade de explorar vários conceitos físicos importantes, como os relacionados à cinemática (lançamento de projéteis), à dinâmica newtoniana (através do estudo das leis de Newton aplicadas ao foguete) ou mesmo a termodinâmica (quando se considera a expansão do ar).	do Ensino de Física-KPT	Atividades experimentais	Abordagem de ensino utilizada pelo professor como estratégia de ensino em função do conteúdo de Física. O professor utiliza o recurso didático “atividade experimental para ensinar a Física newtoniana e lançamento oblíquo”.
PO3. p.11 L.1-3 Quando ensinamos leis de Newton muitas dificuldades	das Características	Dificuldade dos alunos no	Os conceitos trazidos pelo aluno tendem a ser

<p>surgem devidas uma série de conhecimentos prévios que acabam entrando em conflito com o assunto formalmente desenvolvido em salas de aula</p>	<p>da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>aprendizado de Física ou de tópicos da Física</p>	<p>conflitantes quando o mesmo é relacionado com conceitos da Física.</p>
<p>PO3. p.11 L.3-6 Muitas vezes estes tópicos acabam sendo tratados sem um contato com algum experimento utilizando somente aulas expositivas centradas em uma excessiva utilização da matemática sem uma exploração e desenvolvimento adequado dos temas abordados</p>	<p>das Características da Aprendizagem de Física-KFLP</p>	<p>Dificuldade dos alunos no aprendizado de Física ou de tópicos da Física</p>	<p>Nas dificuldades conceituais em ensinar as leis de Newton sem ajuda de um experimento que retrate na integra os conceitos das leis. Outro aspecto levantado é o uso excessivo da matemática para ilustrar os conceitos.</p>
<p>PO3. p.18 L.1-3 Cinemática é a parte da Mecânica que estuda os movimentos de modo que se possa determinar a posição, velocidade e aceleração de um móvel em função do tempo. Referencial: O conceito de movimento e repouso é relativo quando se analisa um móvel.</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Leis, fenômenos e conceitos.</p>	<p>Na definição do conceito de cinemática pelo docente abordando o aporte teórico da Física.</p>
<p>PO3. p.18 L.1 Tipos de grandezas: Existem dois tipos de grandezas: escalares e vetoriais. São exemplos de grandezas vetoriais, deslocamento, velocidade, aceleração e força.</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Leis, fenômenos e conceitos.</p>	<p>No aporte teórico da Física envolvendo as grandezas escalares e vetoriais.</p>
<p>PO3. p.19 L.1-3 Trajetória: Quando se analisa a posição de um objeto em função do tempo se percebe que este, caso esteja em movimento me relação a um referencial, ocupará posições sucessivas. Deslocamento (s): Dentro do estudo cinemático de um móvel, este ocupará posições específicas em função do tempo. Velocidade média (em): Dado um deslocamento descrito por um móvel (. s), velocidade é a razão entre deslocamento efetivo realizado por um objeto e o tempo.</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Leis, fenômenos e conceitos.</p>	<p>No aporte teórico da Física envolvendo os conceitos de trajetórias, deslocamento e velocidade.</p>

<p>PO3. p.20.L.1-5 Movimento uniformemente variado (MUV): São movimentos onde a velocidade varia em função do tempo, mas de maneira constante. Desta forma, a velocidade é representada através de uma função de 1º grau enquanto a função horária da posição, por uma função do 2º grau. Matematicamente, ficam assim definidas:</p> <p>Velocidade $V = v_0 + at$</p> <p>Posição $S(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$</p> $a = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Registro e Representações</p>	<p>Nas equações descritas pelo professor com a intenção de demonstrar o conteúdo em função de como se faz para calcular a velocidade, posição e aceleração. Não há uma produção de conhecimento por parte do aluno as fórmulas sugerem apenas as substituições de incógnitas em função de outras.</p>
<p>PO3. p.27-29 L.1-3 Ao fim da aplicação do projeto espera-se que os discentes possam ter desenvolvido diversas habilidades e competências previstas no PCN+ (Parâmetros Curriculares Nacionais MEC), organizados na tabela abaixo</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Leis, fenomenos e conceitos.</p> <p>Habilidades e competências que se espera que o aluno desenvolva em determinada etapa escolar</p>	<p>No aporte teórico de Física na definição de movimento uniformemente variado.</p> <p>No que deve ser ensinado e o que se espera que o aluno aprenda em cada etapa escolar de acordo com parâmetros curriculares, envolvendo as habilidade e competências do educando.</p>
<p>PO3. p.31.L.1-7 Visando motivar os discentes para as atividades relacionadas ao lançamento e análise da trajetória de foguetes de água, esta atividade foi planejada baseada na história do desenvolvimento dos foguetes enquanto dispositivos de exploração espacial. Esta atividade, além de motivadora, empreendeu abordar aspectos que relacionem o desenvolvimento da ciência à formação da sociedade moderna e seu desenvolvimento tecnológico.</p>	<p>Prática da Física-KPP</p>		<p>No conhecimento da prática da Física e a geração de novos conhecimentos, a partir do planejamento de uma atividade experimental. A fim de promover a conexão da ciência com a formação da sociedade e seu desenvolvimento tecnológico.</p>
<p>PO3. p.35 L.1-6 Com este intuito foi elaborada uma apresentação através de um programa chamado “Prezi” (recurso que permite a hospedagem na internet de apresentações de slides sobre algum tema) que conta a história do desenvolvimento dos foguetes, disponibilizada no seguinte endereço: https://prezi.com/9lw3jju5jta3/present/?auth_key=d55b5n3&follow=vwtsdbfh9kg&kw=present9lw3jju5jta3&rc=ref-87526740</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Recursos virtuais</p>	<p>Abordagem de ensino utilizada pelo professor em função do conteúdo de Física. O docente utiliza desse software para retratar a história dos foguetes</p>
<p>PO3. p.38 L.1-7 Cada grupo de lançamento foi organizado com cinco</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Recursos virtuais</p>	<p>Abordagem de ensino do professor que utilizou do</p>

alunos que no momento do lançamento preencheram uma tabela marcando o ângulo de lançamento. Após, os foguetes foram lançados de modo que os discentes cronometraram o tempo que o dispositivo permaneceu no ar. Os lançamentos foram filmados a partir de um ponto perpendicular ao plano descrito pela trajetória do projétil para o desenvolvimento de atividades futuras. A figura abaixo retrata esta filmagem:

Figura 22 – Trajetória do foguete de garrafa pet visualizada a partir filmagem:



PO3. p. 39 L.2-6 análise cinemática do lançamento de foguetes utilizando o computador, especificamente o programa “Tracker”. Este Software foi desenvolvido pela Open Source Physics, em 2011, visando disponibilizar uma ferramenta de vídeo eficiente para desenvolver experimentos em Física para alunos de ensino médio e superior.

do Ensino de Física-KPT

Recursos virtuais

recurso didático “áudio visual”, filmagem para gravar os lançamentos dos foguetes, para que os alunos analisassem em sala de aula, apontando os pontos máximos de alcance.

Abordagem de ensino utilizada pelo professor em função do conteúdo. O docente utiliza o recurso didático software, visando disponibilizar um recurso próprio para os experimentos de Física.

FONTE: BEXIGA, S. V, 2015

Embora a disposição de conhecimentos seja assimétrica, conforme a (figura 11), com prevalência do domínio pedagógico do conteúdo–PCK, com sete conhecimentos, frente ao domínio da Física-PK, com cinco, não há um problema no relato. Em relação ao conhecimento das características da aprendizagem de Física-KFLP os trechos evidenciados relatam as dificuldades dos estudantes em conceituar de maneira correta a temática das leis de Newton. Outros aspectos levantados nos trechos fazem referência a formulações e cálculos matemáticos que geram ao estudante uma série de dificuldades inerentes aos conteúdos de Física. Os docentes acabam focando nos cálculos matemáticos abstendo-se da parte teórica da Física que muitas vezes é omitida durante a exaustiva etapa de cálculo matemático.

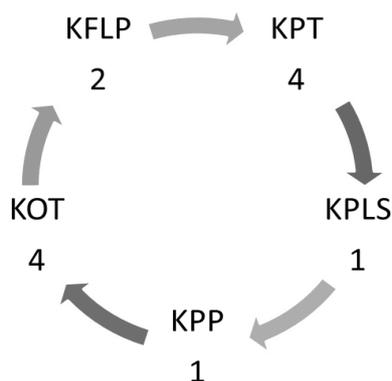


FIGURA 11: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO3 por Subdomínio do PTSK

FONTE: Produção da própria autora.

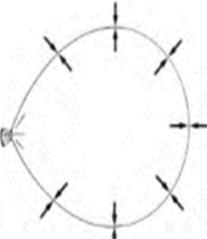
Em relação aos recursos abordados pelo docente, fica evidente que o professor conhece as práticas de ensino de Física que se apropria de tecnologias virtuais (softwares) para auxiliá-lo na temática e tudo isso contribui de maneira positiva para o ensino e aprendizagem dos alunos.

Um aspecto de relevância evidenciada nesse PaP-eRs, que ainda não tinha sido observado nos PaP-eRs anteriores, foi o aparecimento do subdomínio do Conhecimento dos Tópicos da Física-KoT (figura 11). De acordo com o modelo teórico da Física, apenas o subdomínio KOT apresenta categorias. Nesse contexto, os conhecimentos especializados de professores de Física identificados no PaP-eRs abordam duas das seis categorias identificadas no modelo. A categoria de leis, fenômenos e conceitos aparecem em 4 dos trechos evidenciados, ligados a conceitos da Física como é o caso da cinemática (trajetória, velocidade, aceleração, referencial) e das grandezas Físicas (escalares e vetoriais). Entretanto, na Física, a descrição de fenômenos, grandezas e leis é embasada em conceitos que “são ideias estabilizadas pelo uso [...], todavia esses conceitos sozinhos nada podem e só ganham sentido quando vinculados uns aos outros” (PIETROCOLA, 2002, p. 104).

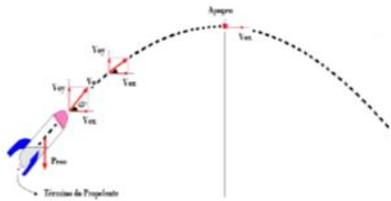
3.2.4 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO4

A maior parte do conhecimento especializado de professor de Física identificados nesse PaP-eRs está no conhecimento da Física-PK identificados nos subdomínios do conhecimento dos tópicos de Física-KoT, conforme o quadro 10.

QUADRO 10: Quadro de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO4

Manifestação do Sujeito		Análise do Pesquisador	
Trecho	Conhecimento...	Associado a...	Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
<p>P04. p.11 L.1-4 A partir daqui, iniciaremos nossa explicação sobre a Física dos foguetes com a análise de um balão de látex (bexiga) cheio com ar. Enquanto o bico do balão está fechado, o sistema mantém o equilíbrio e nenhum movimento é observado, conforme indica a figura 2.</p> 	do Ensino de Física-KPT	Recursos didáticos	Consiste em uma abordagem de ensino "usando uma usando de um desenho " para ressaltar o conteúdo de Física que demonstra o equilíbrio das forças no balão.
<p>PO4. p.12 L.1-5 A aerodinâmica é o ramo da Ciência que estuda a interação dos corpos com os fluidos, buscando entender como atuam as forças nos corpos neles emersos. De um modo mais voltado ao nosso objeto de estudo, podemos dizer que a aerodinâmica é o estudo do movimento do ar, sobretudo quando interage com objetos em movimento (o foguete). Num foguete algumas forças só existem porque ele se move através do ar. Os modelos de foguetes dependem da aerodinâmica para voar corretamente, assim como os aviões.</p>	dos tópicos da Física-KoT	Leis, fenômenos e conceitos.	Consiste em nos conceitos unificados que estão presentes nas diversas áreas da Física e que se correlacionam entre si em função do conteúdo de movimentos.
<p>PO4. p.12 L.3-7 O desempenho de voo de qualquer foguete é o resultado dos efeitos combinados das quatro forças básicas que atuam sobre ele, como veremos mais adiante, figura 4.</p> 	dos Tópicos da Física-KoT	Registro e Representações	Representação do foguete e as forças que agem sobre ele.
		Leis, Fenômenos e conceitos.	No aporte teórico da Física abordado pelo docente.

<p>PO4. p.16 L.1-6 De um modo geral podemos dizer que: no estado inicial, antes do lançamento, o foguete encontra-se em repouso, isto é, no estado de Inércia, de modo que ele só passará a se mover se uma força (Empuxo) suficientemente grande para superar a força Peso e o coloque em movimento. Depois que o gatilho é acionado e o bocal liberado, forçando (Princípio Fundamental) o foguete a se movimentar (reação) no sentido contrário ao da atuação do Empuxo (ação), conforme explicado pela Terceira Lei de Newton.</p>	<p>da Prática da Física-KPP</p>	<p>Ainda não há categorias.</p>	<p>No conhecimento teórico da Física associado prática o professor conhece do aporte teórico da Física, como é o caso da Inércia e das demais leis de Newton que será aplicado no lançamento de foguetes.</p>
<p>PO4. p.16 L.1-4 A 1ª Lei explica o movimento do foguete parado na base de lançamento. Nesta situação ele está em repouso: a gravidade o puxa para baixo e a plataforma em que está apoiado o puxa para cima (força normal). Essa é uma situação de equilíbrio em que as forças resultantes que atuam sobre um corpo são nulas.</p>	<p>do Ensino de Física-KPT</p>	<p>Atividade experimental</p>	<p>Uma abordagem de ensino que o professor usou como estratégia de ensino a atividade demonstrativa “lançamento de foguetes” fazendo referência ao foguete preso na base de lançamento em função do conteúdo de Física, utilizando a 1ª lei de Newton quando o foguete ainda fixado na base de lançamento. Explicando que foguete em repouso tende a permanecer em repouso até que haja uma força sobre ele que permitirá o deslocamento dele.</p>
<p>PO4. p.19 L.1-4 No caso de nosso foguete de garrafa PET, a propulsão se dá unicamente por meio de uma reação química entre bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e vinagre (CH₃COOH). Essa reação é dada pela seguinte equação:</p> $\text{NaHCO}_3_{\text{solido}} + \text{CH}_3\text{COOH}_{\text{liquido}} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}_{\text{Aquoso}} + \text{H}_2\text{O}_{\text{liquido}} + \text{CO}_2_{\text{Gasoso}}$	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Registro e Representações</p>	<p>Na apresentação da reação química entre bicarbonato de sódio e vinagre (interação com a química).</p>

<p>Sabemos que para os casos em que a massa é constante, a segunda lei de Newton diz que: $F = m \cdot a$</p> <p>(1)</p> <p>Onde m é a massa (constante) do corpo F_R é a resultante das forças que atuam sobre ela a é aceleração que o corpo adquire sob a influência da força resultante.</p> <p>Mas no caso dos foguetes, em que a massa é variável pela perda de combustível?</p> <p>No caso em que a massa é variável a segunda Lei é escrita como: $F = \frac{dm}{dt} \cdot v + \frac{dv}{dt} \cdot m$</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Registro e representações</p>	<p>No conhecimento do professor sobre o conteúdo de Física (2º lei de Newton). O conhecimento desenvolvido vai além do uso da formulação do princípio da Força, o aluno deve lembrar que no caso do foguete a massa é variável, pois quando o foguete está inicialmente em repouso sua massa tem um valor, mas quando o foguete começa a decolar ocorre a perda de combustível o que ocasionará uma perda de massa.</p>
<p>PO4. p.18 L.1-5 Obviamente a dependência da massa com o tempo torna impossível utilizar as equações da cinemática para descrever a trajetória dos foguetes. Mais precisamente, a cinemática poderia ser utilizada, numa primeira aproximação, a partir do momento que o combustível acabe (o que implica a força de empuxo nula), pois a partir daí o foguete teria a massa constante (figura 5).</p>  <p><small>Figura 5. Lançamento do míssil visto de lado - lançamento oblíquo. Fonte: Adaptado de p. 47)</small></p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Registro e Representações</p>	<p>Na apresentação dos conteúdos da Física relacionados com a cinemática pode ser descrita pelo lançamento de foguetes conforme a figura.</p>
<p>PO4. p.20 L.1-4 É importante considerar que o vinagre utilizado contém apenas 4% de ácido acético. Logo, para uma garrafa comum de vinagre (750 ml) existem apenas 30 ml de ácido. Sabendo que a densidade do ácido acético é de 1,05 g/ml, vemos que uma garrafa possui apenas 42 g de ácido acético. Tem-se que 1 mol ácido acético possui 60 g, enquanto 1 mol de bicarbonato de</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conceitos que se espera que o aluno conheça em determinada etapa escolar</p>	<p>No conhecimento que se espera que aluno tenha em função do conteúdo que está sendo aplicado. Havendo uma interação com química</p>

sódio possui 84 g; logo, a proporção ideal de bicarbonato a ser misturado ao vinagre seria:

$$\frac{60g(\text{ácido acético})}{42g(\text{ ácido acético})} = \frac{84g}{x}$$

X=58,8 g (bicarbonato de sódio)

FONTE: OLIVEIRA, (2019).

A maior parte de conhecimento especializado de professor de Física identificados nesse PaP-eRs está no conhecimento da Física-PK identificados nos subdomínios do conhecimento dos tópicos de Física-KoT e o conhecimento da prática da Física-KPP (figura 12). Em relação ao conhecimento dos tópicos da Física, foi possível identificar a presença de duas categorias: Registro / Representações e Leis, fenômenos e conceito.

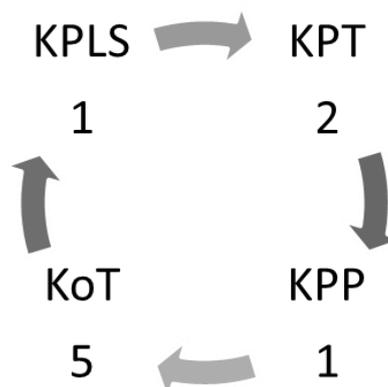


FIGURA 12: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO4 por Subdomínio do PTSK

FONTE: Produção própria da autora

Sendo esse PaP-eRs de predominância do conhecimento da própria Física, o foco está no conhecimento do professor a respeito da Física e seus conteúdos. Este domínio aborda o aporte teórico da Física e a relação da dela com outras ciências, como a Química, conforme é descrito no modelo teórico da Física. Essa interação é observada no trecho: PO4. p.19 L.1-4 “No caso de nosso foguete de garrafa PET, a propulsão se dá unicamente por meio de uma reação química entre bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e vinagre (CH₃COOH)”.



Em relação à segunda categoria mencionada, Leis, fenômenos e conceitos envolve o aporte teórico da Física observado no trecho: PO4. p.12 L.1-5 A aerodinâmica é o ramo da Ciência que estuda a interação dos corpos com os fluidos, buscando entender como atuam as forças nos corpos neles emersos. Podemos dizer que a aerodinâmica, especificamente no contexto deste trabalho, é o estudo do movimento do ar quando interage com objetos em movimento (o foguete). Num foguete algumas forças só existem porque ele se move através do ar. Os modelos de foguetes dependem da aerodinâmica para voar corretamente, assim como os aviões.

O conhecimento didático do conteúdo-PCK ficou restrito a dois subdomínios (figura 12) do conhecimento do ensino de Física-KPT: recurso didático (atividade experimental) e o conhecimento dos parâmetros da aprendizagem da Física-KPLS.

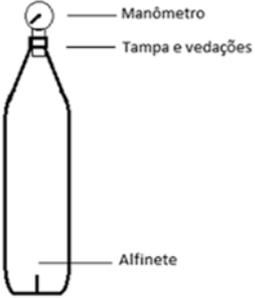
3.2.5 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO5

O PaP-eRs PO5 apresentou uma proporcionalidade entre os domínios dos conhecimentos didático de conteúdo-PCK e o conhecimento da Física-PK, conforme quadro 11.

QUADRO 11: Quadro de Evidência de Conhecimento de Professor PaP-eRs PO5

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
	Trecho	Conhecimento...	Associado a... Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
PO5. p.1 L.9-13 Os alunos do mundo conectados buscam informações sobre assuntos que despertam interesses.	das características da Aprendizagem da Física-KFLP	Interesse dos alunos em tópicos da Física	No interesse do aluno por um determinado conteúdo da Física.
PO5. p.1 L. 13-16 [...] Assunto abordado interessante. O aluno desenvolve novas conexões neurais, relacionando o que lhe foi apresentado em sala de aula com fatos de seu cotidiano.	das características da Aprendizagem da Física-KFLP	Interesse dos alunos em tópicos da Física	Na forma como os conteúdos tornam-se significantes para os alunos.

<p>PO5. p.2 L.1-5 Como a pressurização do sistema ocorre através de uma reação química é necessário que os alunos desenvolvam habilidades sobre a medida das quantidades de reagentes, concentração de reagentes, balanço e cálculo estequiométrico</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem Física-KPLS</p>	<p>Conceitos que aluno deve conhecer antes do ensino de determinado tópico</p>	<p>No conhecimento dos parâmetros da aprendizagem da Física, trazendo conteúdo programático do primeiro ano: Leis de Newton-lançamento oblíquo.</p>
<p>PO5. p.2 L.1-9 É necessário que o aluno se sinta desafiado e intrigado com o que lhe é apresentado. Desafio exigido também na atividade docente [2]. Um dos recursos que podem ser explorados com o objetivo de auxiliar o professor nesse desafio são as feiras e mostras científicas como a Mostra Brasileira de Foguetes (MoBFog).</p>	<p>do Ensino de Física -KPT</p>	<p>Estratégia de Ensino</p>	<p>Na visão do professor que transcende a sala de aula em função do ensino-aprendizagem procurando desafiar e incentivar o desenvolvimento de habilidades com atividades significativas como as feiras e mostras científicas com lançamentos de foguetes.</p>
<p>PO5. p.2 L.13-16 Na área da Física são necessários os conceitos abordados no estudo do movimento oblíquo das leis de Newton, do movimento linear e da conservação do movimento linear, da pressão, da equação da continuidade da teoria cinética dos gases.</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conteúdo da Física ensinado em determinada etapa escolar</p>	<p>No conhecimento dos parâmetros da aprendizagem da Física, trazendo conteúdo programático do primeiro ano: Leis de Newton-lançamento oblíquo.</p>
<p>PO5. p.2 L.1-5 os conceitos físicos envolvidos no estabelecimento da uma relação matemática entre o ganho de velocidade do foguete, a massa ejetada e a pressão interna do sistema são aqueles abordados regularmente durante o ensino médio.</p>	<p>dos Parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conteúdo matemático ensinado em determinada etapa escolar</p>	<p>A compreensão do cálculo da velocidade e massa do foguete com a interação dos conceitos da matemática.</p>
<p>PO5. p.2 L.6-9 São utilizados basicamente os conceitos de conservação da quantidade de movimento, centro de pressão e centro de massa, equação da continuidade e equação de Bernoulli [4].</p>	<p>da Estrutura da Física-KoT</p>	<p>Conceitos, Leis, Fenômenos.</p>	<p>No conhecimento do conceito de conservação de quantidade de movimento.</p>

<p>PO5. p.3 L.1-5 Como a pressão interna do sistema é o parâmetro fundamental na otimização do alcance horizontal, o presente estudo teve como primeiro passo a determinação experimental do comportamento do valor desta pressão em relação à quantidade de reagentes.</p>	<p>da Prática da Física-KPP</p>	<p>Ainda não categoria.</p>	<p>No conhecimento produzido pela interação entre a Física e a Química (produção do dióxido de carbono através da reação de vinagre e bicarbonato dentro do foguete).</p>
<p>PO5. p.3 L.1-5 Quando a pressurização ocorre através do dióxido de carbono gerado na mistura entre o vinagre e o bicarbonato de sódio, o estudante deve também aplicar os Conceitos trabalhados nas aulas de Química, cálculo estequiométrico, para conseguir obter a maximização do alcance horizontal do foguete construído.</p>	<p>dos parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS</p>	<p>Conteúdos que os alunos precisam ter antes do tópico.</p>	<p>No conhecimento do aporte teórico da Física em pressão.</p>
<p>PO5. p.3 L.1-5 Esse sistema consiste em um manômetro conectado à tampa de uma garrafa PET, dois anéis de borracha para a vedação e um alfinete, colado no fundo da garrafa.</p>	<p>da Estrutura da Física-KSP</p>	<p>Similaridade de pensamento</p>	<p>No Conhecimento prévio da Química: o cálculo estequiométrico.</p>
<p>PO5. p.3 L.1-5 Este sistema consiste em um manômetro conectado à tampa de uma garrafa PET, dois anéis de borracha para a vedação e um alfinete, colado no fundo da garrafa.</p>  <p>Manômetro Tampa e vedações Alfinete</p>	<p>da Prática da Física-KPP</p>	<p>Ainda não há categoria</p>	<p>No raciocínio teórico e a prática da Física, em função do experimento.</p>
<p>PO5. p.3 L.1-5 adiciona a quantidade escolhida de bicarbonato de sódio ao interior da garrafa. Coloca um balão ou bexiga de festa no interior da garrafa e a quantidade de vinagre a ser utilizada dentro do balão. Fecha o balão e veda a garrafa com a utilização da tampa na qual está instalada o manômetro. Uma leve agitação na garrafa faz o balão ser estourada pelo alfinete, permitindo o contato entre o vinagre e o bicarbonato de sódio.</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Registro e Representações</p>	<p>O docente demonstra através da apresentação como ficará o experimento.</p>
<p>PO5. p.3 L.1-5 Uma vez obtido o comportamento experimental da pressão interna do foguete, surgiu a ideia</p>	<p>da Prática da Física-KPP</p>	<p>Ainda não há categoria.</p>	<p>No conhecimento da Física aplicado para o uso da experimentação. O professor conhece e planeja toda a sequência experimental. Atenção à agitação da garrafa para que o balão estoure permitindo que a reação química ocorra.</p>
<p>PO5. p.3 L.1-5 Uma vez obtido o comportamento experimental da pressão interna do foguete, surgiu a ideia</p>			

<p>de utilizar a aproximação de gás ideal para o dióxido de carbono produzido na reação e, através da equação de Clapeyron, relacionar os valores de volume, temperatura e quantidade de reagentes com o valor da pressão do sistema. Para isso, inicialmente realizamos um estudo acerca da reação química entre o bicarbonato de sódio e o vinagre.</p>	<p>Da Prática da Física-KPP</p>	<p>No raciocínio teórico da Física associada à prática.</p>	
<p>PO5. p.4 L.3-9 [...] com base nas conclusões obtidas pelo autor, surgiu a ideia da adoção da equação de van der Waals para o valor da pressão interna do sistema concordar com os valores obtidos experimentalmente. A equação de van der Waals tem a forma geral:</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Registro e representações</p>	
$\left[P + a \frac{n}{v^2} \right] (V - nb) = nRT$			<p>No conhecimento da termodinâmica que resulta na aplicação da Equação de Van Der Waals para conhecer o valor da pressão interna do foguete, em função do volume dentro do foguete.</p>

FONTE: FONSECA, (2018)

Os conhecimentos especializados de professores de Física identificados no PaP-eRs PO5 estão dispostos nos subdomínios do modelo PTSK conforme a figura 13.

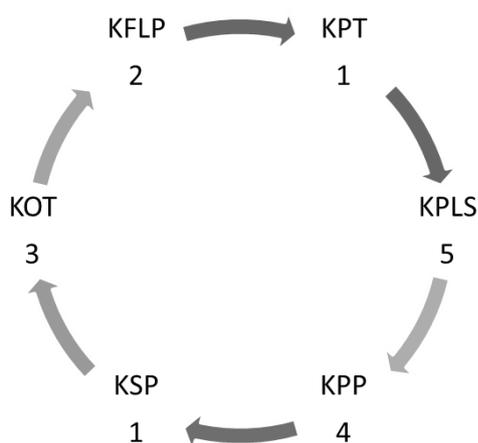


FIGURA 13: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO5 por Subdomínio do PTSK

FONTE: Produção da própria autora

A visível igualdade entre os domínios do conhecimento didático do conteúdo - PCK e domínio de Física-PK espera que o docente conheça as sequências didáticas, bem

como os conteúdos que os alunos devem aprender em cada tópico ou etapa escolar. Essa abordagem favorece o desenvolvimento conceitual e processual das habilidades e competências previstas na nova Base Nacional Comum Curricular-BNCC.

Em relação ao subdomínio do conhecimento das características da aprendizagem de Física-KFLP, o interesse do aluno pelo conteúdo ministrado pelo docente fez com que o aluno buscasse por informações sobre a temática. As buscas aconteceram por meios virtuais como está descrito no trecho PO5. p.1 L.9-13.

No subdomínio do conhecimento do ensino de Física-KPT, o docente usou como estratégia de ensino/aprendizagem as feiras e mostra de foguetes como o caso da MOBFOG para transcender os conceitos apresentados em sala de aula.

As especificidades de conteúdo implicam na complexidade do processo de aprendizagem ligados ao Conhecimento dos Tópicos da Física (KoT), Conhecimento da Prática da Física (KPP) e o Conhecimento da Estrutura da Física (KSP). Todos esses subdomínios fazem parte do domínio da Física (PK) que engloba o conhecimento da própria disciplina de Física com foco no conhecimento dos professores a respeito da Física e seus conteúdos. Este domínio aborda o aporte teórico da Física, sua estrutura, linguagem e experimentação, assim como a relação da Física com outras ciências, a Química, por exemplo, como pode ser observado no trecho PO5. p.4 L.3-9 que aparece como norteador de toda atividade prática proposta pelo professor.

3.2.6 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO6

As evidências de conhecimento especializado de professor de Física identificados nesse PaP-eRs tiveram a predominância do subdomínio dos conhecimentos dos Tópicos da Física-KoT, conforme quadro 12.

QUADRO 12: Quadro de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO6

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
Trecho	Conhecimento...	Associado a...	Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]

<p>PO6. p.1 L.1-4 Neste projeto é abordada a Física que rege os movimentos de queda e lançamento oblíquo de um foguete. Para nos aproximarmos de um modelo realístico que leva em conta a resistência do ar é inserido o termo de arrasto linear na velocidade nas equações de movimento.</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Leis, fenômenos e conceitos.</p>	<p>No aporte teórico da Física envolvendo lançamento oblíquo.</p>
<p>PO6. p.2 L.2-4 A equação de movimento com arrasto do projétil pode ser escrita de forma compacta por (MARION, 1995) 3:</p> $m \frac{dv}{dt} = -mkv + P$ <p>Sendo $V = v_x i + v_y j$ a velocidade do projétil (HALLIDAY, 2008) ,t o tempo, k o coeficiente de arrostto e $P = mgj$ é a força peso, em m é a massa e g é amagnitude de aceleração gravitacional.Nota-se que o termo de arrasto ($F_r = -kmv$) é assumido comolinear com a velocidade no regime de baixas velocidades.Esse termo é sempre negativo, pois o arrasto é contrário á tendência de movimento.</p>	<p>do Tópico da Física-KoT</p>	<p>Registro e representações</p>	<p>Uma equação descrita pelo professor para o cálculo do movimento de arrasto de um foguete. Entretanto para que aluno consiga aplicar essa fórmula é necessário conhecimento prévio de peso, massa e gravidade, força e velocidade.</p>
<p>PO6. p.3.4 L.1-5 Na construção dos foguetes, as garrafas PET foram utilizadas como estrutura principal acoplando a elas aletas de isopor, fixadas por cola quente e fitas adesivas. No bico do Foguete foi colocado um material de maior densidade (conjunto parafuso e porca) com intuito de deslocar o centro de massa em direção à ogiva do foguete aumentando a estabilidade do seu movimento.</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Experimentação</p>	<p>Ações planejadas e coordenadas para a construção e a execução da atividade experimental.</p>

<p>PO6. p.2 L.1-4 [...] escolhemos o ponto mais alto e acessível disponível no local de realização do experimento (Instituto de Ciência e Tecnologia - Poços de Caldas). Como Campus cada foguete foi usado para cerca de dez medidas, usaram-se colchonetes no local de impacto para se evitar que os choques danificassem a estrutura dos protótipos (Fig. 1(a)).</p>	<p>Dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Experimentação</p>	<p>No conhecimento para o planejamento do experimento em função do comportamento esperado.</p>
	<p>dos Tópicos da Física – KoT</p>	<p>Experimentação</p>	<p>O conhecimento do professor para planejamento da atividade experimental.</p>
<p>PO6. p.5 L.1-6 Base lançadora construída para este projeto que contava com um manômetro capaz de indicar a pressão dentro dos foguetes, uma bomba de ar manual e dois compressores automotivos portáteis de 12V acoplados à bateria de um veículo para pressurizar os foguetes. A Fig. 2 mostra a montagem foguete-base. A bomba e os compressores são acoplados a base através de bicos de pneu fixados em neles de PVC.</p>	<p>Dos Tópicos de Física-KoT</p>	<p>Leis, fenômenos e conceitos</p>	<p>A atividade selecionada pelo docente está focada no conteúdo de Física. Essa atividade promovia o lançamento dos foguetes em função de</p>
	<p>PO6. p.11 L.1-7 Neste trabalho estudamos a determinação experimental do coeficiente de arrasto de foguetes de garrafas PET em movimento no ar. Os tipos de movimento foram dois: queda</p>		

<p>(vertical) e lançamento oblíquo. Na queda os foguetes foram abandonados (com $\vartheta_0 = 0$) do alto de um prédio; medimos a altura de queda e o tempo de voo. No lançamento oblíquo, usamos uma base lançadora de tubos de PVC com um sistema de pressurização que conferia velocidade inicial $\vartheta_0 \neq 0$ em uma angulação $\theta = 45^\circ$; medimos o alcance e o tempo de voo</p>	<p>dois tipos de movimentos (vertical e oblíquo). O aluno também deve ser capaz de perceber que as velocidades se relacionam entre si. Quando preso a base de lançamento, a velocidade inicial é zero, e quando inicia o movimento sua velocidade passa a ser diferente de zero.</p>		
<p>PO6. p.7 L.1-7 A modelagem Física deste trabalho – e das Refs. (HALLIDAY, 2008) e (MARION, 1995) – exige que a altura do ponto I de impacto com o solo seja igual à altura do ponto em que o foguete tem velocidade (Fig. 3). Essa velocidade é aquela velocidade adquirida pelo foguete depois que toda água foi ejetada. Chamamos de l a altura do ponto E ocupado pelo foguete quando do término da ejeção da água. Para satisfazer a condição de validade da modelagem (ponto E e ponto I no mesmo nível), a base deve estar a uma altura l abaixo do ponto.</p>	<p>dos Tópicos da Física-KoT</p>	<p>Registro e representações</p>	<p>Diversas formas de representação da matemática usada para explicar o conceito físico, descreve a trajetória realizada pelo foguete a partir do lançamento oblíquo.</p>
<p>FONTE: CHANG. J. D.O; COSTA F. L. Q; DUTRA L.C; NERY G. A. F (2019)</p>			

Em razão da predominância do KoT podemos dizer que as especificidades, limitações intrínsecas à natureza do conteúdo que implicam na complexidade do processo de aprendizagem deram voz ao Conhecimento dos Tópicos da Física (KoT) como foi apresentado na descrição e discussão dos dados explicitados nos quadros.

Em relação às categorias, foram identificadas: Registro e representações, Leis, fenômenos e conceitos e, por último, a experimentação. Todas essas categorias reunidas contribuíram para o caráter experimental evidenciado no PaP-eRs. O docente ao abordar essa frente experimental, deve estabelecer um cuidadoso planejamento em razão do experimento e

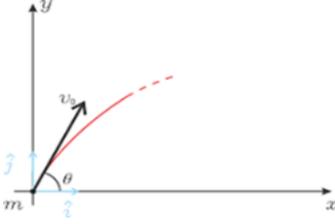
do comportamento esperado, bem como as escolhas de equipamentos e lugar para os lançamentos, dimensionam o rigor na preparação e execução de uma atividade experimental. Nesse contexto, e independente do fenômeno físico, a observação experimental, demanda cuidadosas preparações teóricas e técnicas devidamente orientadas por um planejamento com objetivos claramente estabelecidos (PRAIA; CACHAPUZ; GILPÉREZ, 2002).

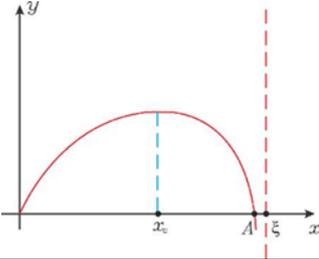
3.2.7 Análise de Evidência de Conhecimento Especializado de Professor PaP-eRs PO7

Os conhecimentos especializados de professores de Física identificados nesse PaP-eRs PO7 ficaram restritos ao domínio do Conhecimento da Física-PK, conforme o quadro 13.

QUADRO 13: Quadro de Evidência de Conhecimento de Professor PaP-eRs PO7

Manifestação do Sujeito	Análise do Pesquisador		
	Trecho	Conhecimento...	Associado a... Que consiste em...
Trecho do episódio (Artigo, ano, linha ou página)	[subdomínio]	[categoria]	[Síntese do conhecimento]
PO7. p.1 L.1-3 Uma situação da Física bastante comum envolve o lançamento vertical ou oblíquo de objetos, por exemplo, ao arremessarmos bolinhas de papel numa mesa ou num cesto.	do Ensino de Física-KPT	Atividade demonstrativa	Uma abordagem de recurso didático demonstrativo em função do conteúdo de Física
PO7. p.1 L.8-12 O estudo do lançamento oblíquo tem importância em lançamento de foguetes, em balística e na engenharia em situações em que se utilizam explosivos para desobstruir passagens.	da Estrutura da Física -KSP	Similaridade de pensamentos entre temas de diferentes áreas de abrangência da Física	Conceitos unificados presentes nas diversas áreas de abrangência da Física. O uso de conexões de pensamentos similares para a compreensão do conteúdo simples e complexos.
PO7. p.1 L. 19-21 Nossa análise tem como foco informações gerais sobre este movimento e utilizaremos conceitos e teoremas do cálculo diferencial da matemática.	dos Tópicos de Física-KoT	Linguagem Matemática	A matemática usada para estruturar o pensamento físico como o cálculo referencial foi desenvolvido a partir da álgebra e da geometria. Todavia o uso desse cálculo está presente em lançamentos de foguetes, porque há variações de movimentos em virtude

			do crescimento de forças a partir de uma aceleração devido os diferentes valores de massa.
<p>PO7. p.2 L.1-12 Vamos considerar o problema de uma partícula de massa m lançada obliquamente com velocidade (inicial) de módulo $v_0 > 0$ segundo um ângulo $\theta \in (0;\pi/2)$, em relação ao solo suposto inercial (Fig. 1). Vamos considerar que a partícula, uma vez lançada, estará sob ação da força peso:</p> $F = -mg \hat{j} \quad (g = \text{constante}), (1)$ <p>e de uma força de atrito do ar, que vamos supor ser proporcional à velocidade</p> $f = -bv, (2)$ <p>onde $b > 0$ é constante.</p> 	dos Tópicos da Física-KoT	Registro e representações	Uma descrição gráfica da trajetória do movimento de uma partícula, lançada inicialmente a zero (constante). Partindo de um eixo x e y , onde a velocidade da partícula é zero.
<p>PO7. p.2 L.6-8 Vamos considerar que a partícula, uma vez lançada, estará sob ação da força peso</p> $F = -mg \hat{j} \quad (g = \text{constante})$	dos Tópicos da Física-KoT	Linguagem matemática	Uma equação descrita pelo professor para o cálculo da força que mostra a relação da massa e gravidade. O conhecimento aqui consiste apenas como um conteúdo procedimental, que o aluno deve substituir os valores conhecidos na fórmula para encontrar a variável desconhecida, seria reduzir em muito o potencial formativo da informação.

<p>PO7. p.3 L.1-6 Das Eqs. (13) e (14) temos que a equação da trajetória da partícula é dada por</p> $y(x) = \tan \theta + \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x + \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$ <p>Podemos esboçar o perfil desta trajetória sem fazer tabelas numéricas nem aproximações. Inicialmente notemos que, pela Eq. (9),</p> $x'(t) = v_x(t) = (v_0 \cos \theta)e^{-\beta t} > 0,$	dos Tópicos da Física -KoT	Linguagem matemática.	Uma equação dada pelo professor que consiste na trajetória realizada pela partícula leva o aluno a desenvolver o conhecimento de substituição dos valores desconhecidos por valores numéricos.
<p>PO7. p.4 L.1-5 Neste contexto podemos mostrar que existe um único $A \in (x_c; \xi)$, chamado alcance horizontal, tal que $y(A) = 0$. De fato, temos que: $y(x)$ cresce no intervalo $0 \leq x < x_c$ de modo que $0 \leq y(x) < y(x_c)$</p> 	dos Tópicos da Física -KoT	Registros e Representações	Na representação gráfica da trajetória da partícula, quando a mesma alcança uma altura máxima quando desce. O aluno perceber que ao atingir altura máxima a partícula realiza uma trajetória com o formato de uma parábola em função de um eixo x e y.
<p>PO7. p.5 L.1-7 A partir da solução da equação de movimento de uma partícula lançada obliquamente, considerando atrito do ar proporcional a velocidade mostrou como esboçar a trajetória da partícula sem recorrer a tabelas ou valores numéricos ou aproximações, não obstante a notável importância de se fazer aproximações em Física (e em matemática).</p>	dos Tópicos da Física-KoT	Linguagem matemática	Nos conhecimentos matemáticos necessários para compreender a Física.

FONTE: FREIRE, W. H. C; MEDEIROS, M. L. M; LEITE, D; SILVA, M. R, (2016);

As evidências de conhecimentos especializados foram dispostas segundo o modelo da Física (PTSK), conforme a figura 14. A predominância do subdomínio do conhecimento dos Tópicos da Física KoT ocorre em função da complexidade do conteúdo que acaba dificultando a aprendizagem, em razão disso, o caráter experimental ganha maior destaque no PaP-eRs.

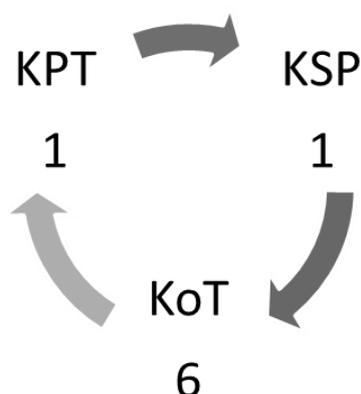


FIGURA 14: Conhecimento Especializado no PaP-eRs PO7 por Subdomínio do PTSK

FONTE: Produção Própria da autora

As categorias identificadas no PaP-eRs são as de linguagem da Matemática e registro e representações. Em relação à linguagem Matemática identificada nos trechos, ocorre o uso excessivo da Matemática e das fórmulas Físicas. “A integração entre a Física e a Matemática é observada desde “o tratamento numérico de grandezas Físicas” (BATISTA; MOZOLEVSKI, 2010, p. 16) até a inferência de leis empíricas “a partir da manipulação pura e simples de objetos matemáticos com natureza totalmente abstrata” (BATISTA; MOZOLEVSKI, 2010, p. 17). Abordar a Matemática apenas como uma mera ferramenta no âmbito da Física levaria seu entendimento como um conteúdo procedimental algorítmico, ou seja, como um conjunto de ações ordenadas em uma sequência rígida sem que haja influência das situações nas quais estas são aplicadas no ordenamento destas ações (ZABALA, 1998). O conhecimento da Matemática é muito mais amplo, de fato, a Física vale-se da estrutura do pensamento matemático, da sua precisão, universalidade e lógica dedutiva para construir suas interpretações do mundo (PIETROCOLA, 2002). Assim, a Matemática compõe o raciocínio teórico que caracteriza o estudo da natureza na Física.

A representação de segunda maior participação nos conhecimentos evidenciados foi a gráfica que incluiu conhecimentos sobre a representação gráfica da trajetória da partícula e da velocidade.

3.3 CONEXÕES DE CONHECIMENTOS ENTRE OS SUBDOMÍNIOS DO MODELO PTSK

A definição e conceito que compreende as conexões de conhecimentos especializados foram definidos por Marques (2020), que afirma que:

Conexões de conhecimentos a relação de ligação entre os subdomínios que abrangem conhecimentos especializados manifestos em um episódio de ensino, seja ele em uma manifestação de um trecho bibliográfico, documental ou advindo da transcrição de gravações audiovisuais (MARQUES, 2020 p. 92).

As conexões identificadas nos episódios de ensino foram retiradas a partir do Repertório de experiência profissional e pedagógica (PaP-eRs). Dessa maneira,

as conexões entre os conhecimentos especializados são amparadas na reflexão e construção de uma visão integradora de conceitos e propriedades a partir do raciocínio, em busca de promover a formação, desenvolvimento e mobilização dos conhecimentos que permeiam os subdomínios dos conhecimentos pedagógicos e do conteúdo, caracterizando, assim, o conhecimento especializado de professores (MARQUES, 2020, p. 92).

Com o intuito de agrupar as conexões evidenciadas durante as análises, foi necessário estabelecer critérios para os PaP-eRs já analisados, são eles:

- 1º. Relevância em conhecimentos especializados de professores de Física durante o processo educacional.
- 2º O PaP-eR não deveria abranger somente a experimentação no contexto mais amplo da atividade (planejamento, escolha de material ou equipamento).
- 3º O professor deve abordar outras ferramentas de ensino para ensinar lançamentos de foguetes.

Com os critérios estabelecidos foi possível selecionar entre os sete o PaP-eRs o que mais se encaixa com as descrições acima, foi o PaP-eRs PO1.

3.3.1 As conexões de conhecimentos identificadas nos PaP-eRs PO1

Dos cinquenta e cinco conhecimentos identificados nos PaP-eRs PO1 no domínio do conhecimento didático do conteúdo-PCK, a maior expressão está concentrada no conhecimento do ensino de Física-KPT. As estratégias abordadas pelo docente foram fundamentais para ensinar a temática de lançamentos de foguetes.

Nesse contexto, algumas das estratégias como, por exemplo, do trecho PO1. p.45 L.1-2 (quadro 7) o professor utilizou de experimentos mentais (mapas mentais) para extrair

conceitos sobre lançamentos de foguetes. Em seguida, os alunos foram incentivados a elaborar seus próprios mapas mentais, com o tema ativador *foguete de garrafa pet*, promovendo as conexões de conhecimento com o subdomínio Conhecimentos das Características da Aprendizagem da Física-KFLP. Outro aspecto foi observado nas conexões dos subdomínios identificadas no Conhecimento das Características da Aprendizagem da Física-KFLP quando o aluno apresenta conhecimentos prévios sobre as Leis de Newton e o professor utiliza de recursos didáticos, como os vídeos, para demonstrar a maneira correta de conceituar as leis, PO1. p.46 L.9-11(quadro 7).

Nota-se que o professor utiliza outras estratégias didáticas o desenvolvimento de conhecimentos não ficando restrito aos livros e ao quadro negro. Nesse momento, vale ressaltar a importância da estratégia de ensino abordada pelo docente em função da aprendizagem dos alunos. No tocante aos recursos didáticos, Ausubel considera a presença de materiais potencialmente significativos uma das duas condições necessárias para a aprendizagem significativa, pois este auxiliará na compreensão dos significados (PAULO; SOUZA, 2011).

Nesse contexto, Moreira apresenta a importância do professor fazer uso de diferentes materiais didáticos e estratégias de ensino, além do “quadro e giz”, de forma a estimular o espírito crítico do aluno, eliminando a visão do livro texto e do professor como fontes inquestionáveis do saber a ser apreendido. (MOREIRA, 2015, 2017)

Uma das estratégias de ensino abordada pelo professor foi a das oficinas de construções de foguetes e bases de lançamento, como está descrito no trecho (PO1. p.43 L. 31-32). O uso dessa estratégia promoveu a conexão com o conhecimento das características da aprendizagem da Física com a presença de uma aprendizagem colaborativa entre os alunos e o professor.

A relação de colaboração ultrapassa a relação aluno/aluno, permitindo trocas de experiência entre todos os envolvidos, na busca de uma construção coletiva do conhecimento. Com isso, o docente atua no processo de aprendizado, agindo como parceiro capaz de cooperar com o estudante durante o processo de ensino-aprendizagem, para que este internalize os significados socialmente aceitos dos conteúdos abordados (GASPAR, 2014; MOREIRA, 2015).

A respeito da forma como os alunos aprendem (Conhecimento das Características da Aprendizagem da Física-KFLP), o trecho PO1. p.43 L. 31-32, PO1. p.62 L.1-3 e PO1. p.62 L.1-3 reafirma a importância da estratégia de ensino voltadas para facilitar a aprendizagem e oportunizar novos conhecimentos científicos aos alunos.

Desta maneira, os alunos acabam por correlacionar conteúdos de outras áreas do conhecimento na atividade planejada pelo professor (PO1. p.61 L.30) como foi a relação com os conteúdos de Química, que promoveu a interdisciplinaridade entre as duas disciplinas, valorizando a inovação, a criatividade, e rompendo o paradigma da padronização, aproximando um pouco mais a educação formal das novas demandas da sociedade e do conhecimento (BAKER; LATTUCA, 2010; SAWYER, 2006).

Quando mencionamos a conexão de conhecimento entre os subdomínios, nota-se que os três subdomínios interagem entre si, conforme a figura 15. O professor, em sua prática, mobiliza diversos saberes (TARDIF 2002, 2008), habilidades (GAUTHIER, 1998) e conhecimentos (SHULMAN, 1986, 1987), o professor atua como um agente reflexivo no ensino-aprendizagem do aluno. O docente é visto como pesquisador ao refletir sobre sua prática e como ela contribuirá com o produto final do ensino: a aprendizagem (CAVALCANTI; MOITA LOPES, 1992).

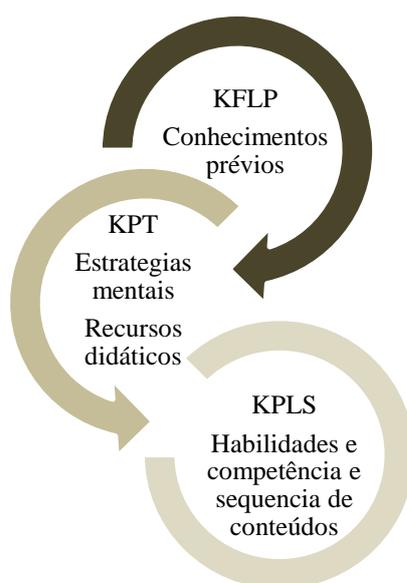


FIGURA 15: Conexões de conhecimento especializado

FONTE: Produção da própria autora.

Em comparação com as práticas disciplinares tradicionais, a interdisciplinaridade pode ser considerada uma maneira diferente de enfrentar o impacto da explosão do conhecimento científico no âmbito educacional, admitindo a organização dos conteúdos em função de temas contemporâneos, que exigem a articulação dos saberes de vários campos do conhecimento (KLEIN 1996, LATTUCA, 2001; WEINGART; STEHR, 2000).

3.4 DESCRITORES SEGUNDO O MODELO PTSK

Sendo o modelo da Física transposto diretamente da Matemática, a descrição dos domínios e dos subdomínios, assim como a caracterização das categorias do subdomínio Conhecimento dos Tópicos de Física (KoT), obedece ao modelo original da Matemática – MTSK. Entretanto, não houve a caracterização das demais categorias do modelo devido às diferenças apresentadas entre as duas disciplinas. O modelo de Conhecimento Especializado de Professores de Física-PTSK identificou descritores para os demais subdomínios.

No entanto, se fez oportuna a identificação desses descritores na pesquisa, a fim de relacioná-los com os subdomínios e foco do conhecimento de cada um deles.

3.4.1 Descritores do subdomínio do Conhecimento do Ensino de Física-KPT

Em conformidade com o modelo da Física, descrevo os descritores para o subdomínio do conhecimento do ensino de Física-KPT (Tabela 1).

TABELA 1: Descritores segundo o subdomínio do Ensino de Física-KPT

Descritores do subdomínio do Conhecimento do Ensino de Física-KPT	
Conhecimento	Quantidade
Atividades experimentais	8
Estratégia de ensino	12
Recurso didático	5
Recursos virtuais	3
Total	28

FONTE: Produção da própria autora

Os 28 descritores identificados no subdomínio KPT foram agrupados segundo o foco de conhecimento descrito pelo modelo de Física.

O foco de maior incidência de conhecimento foi o das Estratégias de Ensino, onde o docente abordava o uso de atividades mentais, como foi o caso dos mapas mentais, evidenciados no PaP-eRs PO1.

Um aspecto identificado no conhecimento e evidenciado no PaP-eRs PO3 foi uso de recursos virtuais, como softwares e programas, desenvolvidos para auxiliar nos lançamentos de foguetes.

3.4.2 Descritores do subdomínio do Conhecimento dos Parâmetros da Aprendizagem de Física- KPLS

Os descritores evidenciados no subdomínio do conhecimento dos parâmetros da aprendizagem de Física-KPLS foram agrupados conforme a tabela 2.

TABELA 2: Distribuição dos descritores segundo o subdomínio KPLS

Descritores do Subdomínio dos Parâmetros da Aprendizagem de Física-KPLS	Quantidade
Conteúdo de Física ensinado na etapa escolar	6
Conteúdo que aluno deve aprender antes do ensino de determinado tópico	3
Habilidades e competência que se espera que o aluno desenvolva em uma determinada etapa escolar	1
Conceitos que se espera que o aluno conheça em determinada etapa escolar	3
Conteúdo matemático ensinado em determinada etapa escolar	1
Total	13

FONTE: Produção da própria autora

Os descritores identificados foram agrupados conforme o foco de conhecimento do subdomínio KPLS, no que diz respeito aos conteúdos de Física ensinada em cada etapa escolar, está expresso nos trechos: PO1. p. 45 L.1-3, PO1. p.86 L.1-5 ,PO5. p.2 L.9-13, PO5. p. 2 L.13-16; os conteúdos identificados compõem o ensino de Física do primeiro ano do ensino médio (leis de Newton, Lançamentos oblíquos) e ao segundo ano do ensino médio (termodinâmica, pressão).

E, ainda, sobre a sucessão dos conteúdos, identificaram-se conhecimentos relativos ao sequenciamento destes em uma mesma etapa escolar, como por exemplo, que para o aprendizado da 2ª Lei de Newton o aluno deve ter conhecimento dos conceitos de velocidade, aceleração, força e dos diversos tipos de movimento. Ressalta-se que, este conhecimento difere daqueles abordados no subdomínio KPT por não se referirem a uma sequência didática, pois não tratam do ordenamento e articulação de ações para que as intenções de ensino sejam atingidas (ZABALA, 1998, p. 18), mas sim de uma exigência do desenvolvimento do próprio

conteúdo, pois o aprendizado do tema abordado depende de o aluno conhecer outros conceitos.

Os conteúdos matemáticos apresentados identificados nos trechos são abordados em função da explicação dos conteúdos físicos, havendo a necessidade de correlacionarem nesse contexto, portanto destaco os trechos em evidência: PO5. p.2 l.1-5.

Outro questionamento feito por LIMA (2018) é o fato da inclusão dos conteúdos da matemática nesse subdomínio, visto que ele também poderia aparecer no subdomínio KFLP. Entretanto, esse conflito não foi evidenciado, pois as dificuldades relacionadas à Matemática são distintas às da Física. Nesse sentido, os apontamentos mencionados à Matemática são referentes à sua estruturação e seus cálculos.

3.4.3 Descritores do subdomínio do Conhecimento das Características da Aprendizagem de Física-KFLP

Os descritores evidenciados nesse subdomínio têm como foco a maneira como os alunos aprendem e o modo como interagem com a temática abordada. Os descritores foram agrupados conforme está disposto na tabela 3.

TABELA 3: Distribuição dos descritores segundo o subdomínio KFLP

Descritores do Subdomínio dos Conhecimentos das Características da Aprendizagem de Física-KPLS	
	Quantidade
Conhecimento	
Interesse do aluno em tópicos da Física	4
Dificuldades do aluno no aprendizado de Física ou tópicos	2
Impacto das atividades experimentais	2
Benefícios das atividades experimentais	5
Impacto do uso de linguagem de programação no processo de aprendizagem do aluno	1
Total	14

Fonte: Produção própria da autora

Os conhecimentos identificados pelo professor relativos aos interesses do aluno em determinado tópico da Física podem ser observados nos trechos: PO1. p.61 L.30, PO1. p.62 L.1-3, PO5.p.1 L.13-16,PO5 p.1 L.9-13, reafirmando que quando há interesse por um determinado tópico o aluno aprende com mais facilidade.

As dificuldades identificadas no PaP-eRs pelo professor estão relacionadas aos conceitos da Física e nos conceitos prévios de abstração trazida pelos alunos em decorrência da etapa escolar, como pode ser evidenciado nos trechos: PO3. p.11 L.1-3, PO3.p.11L.3-6 e ambos estão relacionados à conceituação das leis de Newton em função da abstração e do conceito de inércia.

Os conhecimentos identificados aos benefícios das atividades experimentais foram evidenciados nos trechos: PO1. p.43. L.31-32, PO1. p.45 L.1-2, PO1. p.60 L.4-8, PO1. p.69 L.6-9, PO2. p.38 L.1-3. Os alunos conseguiram relacionar as temáticas da Física (aporte teórico) com a prática experimental, promovendo a troca de informação entre professor e aluno.

3.4.4. Descritores do Subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Física-KSP

As conexões feitas pelos professores entre as diferentes áreas de abrangência da Física para auxiliar a compreensão dos alunos que tiveram maior representatividade são aquelas relativas à similaridade de pensamentos entre conceitos de distintas áreas da Física (tabela 4).

TABELA 4: Distribuição dos descritores segundo o subdomínio-KSP

Descritores do subdomínio do Conhecimento da Estrutura da Física-KSP	
Conhecimento	Quantidade
Similaridade de pensamentos entre temas de diferentes áreas de abrangência da Física	5
Valer-se de conceitos trabalhados em um tema para auxiliar na compreensão de tema de outra área de abrangência da Física, sem que haja similaridade de pensamentos.	1
Total	6

FONTE: Produção própria da autora

São exemplos dessas conexões: conceitos de pressão com pressurização e o cálculo estequiométrico que as relações das massas nas reações químicas. Essas conexões foram identificadas nos trechos: PO1. p.61 L.26-28, PO7. p.1.L.8-12, PO1. p.69 L.6-9. Além da similaridade de pensamentos, os professores também se valeram de conexões auxiliares usadas para compreensão do conteúdo identificado no trecho PO1. p.86-87 L.1-4.

3.4.5 Subdomínio do Conhecimento da Prática da Física-KPP (Descritores)

Sendo o modelo transposto diretamente da Matemática, algumas adequações foram necessárias para Física e uma delas ocorreu com subdomínio do conhecimento da prática da Física (KPP), pois, diferentemente dos outros subdomínios, este não apresentou descrição de descritores até o momento da entrega da pesquisa.

Entretanto, fez-se necessário trazer os trechos de conhecimentos identificados ao longo das análises dos PaP-eRs, visto que houve a constatação e evidência desses conhecimentos.

No subdomínio do Conhecimento da Prática da Física-KPP foi identificado um total de 11 conhecimentos, nos quais o professor relata a construção de equipamento para realização de atividade experimental para ensino de lançamento de foguetes que pode ser observado nos seguintes trechos (quadro 14).

QUADRO 14: Trechos de evidência de Conhecimento da Prática da Física-KPP

PO2. p. 42 L.5-10	
Para encontrar o centro de pressão pela figura, utilizamos as instruções a seguir: (a) Projete a silhueta do foguete em um papel e divida suas partes em regiões retangulares e triangulares para facilitar a obtenção do CP. (b) Projete a silhueta do foguete em um pedaço de papelão e encontre seu CM; isto fornecerá uma ideia da posição do CP do foguete, que neste caso coincide com o CM do papelão. (SOUZA, 2007).	
PO2. p.42 L.5-10 Adicionamos a quantidade escolhida de bicarbonato de sódio ao interior da garrafa. Posteriormente, colocamos um balão ou bexiga de festa no interior da garrafa e a quantidade de vinagre a ser utilizada dentro do balão. Fechamos o balão e vedamos a garrafa com a utilização da tampa na qual está instalada o manômetro. Uma leve agitação na garrafa faz o balão ser estourada pelo alfinete, permitindo o contato entre o vinagre e o bicarbonato de sódio.	PO5. p.3 L.1-5 Esse sistema consiste em um manômetro conectado à tampa de uma garrafa PET, utilizando-se dois anéis de borracha para a vedação, e por um alfinete, colado no fundo da garrafa.

FONTE: Produção da autora

A representatividade das atividades experimentais no subdomínio mostra a importância do aspecto experimental no ensino da Física reforçando a necessidade de integrá-las ao modelo PTSK.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da dissertação foi responder à pergunta de pesquisa: *quais conhecimentos especializados são mobilizados pelos professores de Física para Ensinar Lançamentos de Foguetes?* Ao longo do trabalho pudemos notar como o modelo se apresenta e quais os conhecimentos foram mobilizados, sendo assim, podemos dizer que os objetivos foram alcançados. Em relação ao objetivo geral da pesquisa, os conhecimentos especializados de professores de Física foram identificados e analisados a partir dos relatos da prática docente de sete PaP-eRs. Os 96 conhecimentos identificados mostram evidências de conhecimento especializado de professores no domínio do conhecimento didático-PCK e no domínio do conhecimento de Física-PK.

Em conformidade com esses conhecimentos, foi identificado um número maior de Conhecimento do Ensino de Física (KPT), que envolve o conhecimento de estratégias de ensino, recursos, atividades e a maneira como esse conteúdo da Física é apresentado. Nas práticas do docente, envolvendo as estratégias de ensino, como experimentos mentais, a exemplo do caso dos mapas mentais e atividades demonstrativas, fruto da observação e reflexão da docência do professor.

Em relação à caracterização das categorias, foi possível identificar apenas as categorias do subdomínio do Conhecimento dos Tópicos da Física (KoT) que já estava identificada no modelo do PTSK. Desse modo, as identificações dessa categoria fortaleceram ainda mais o modelo da Física. Entretanto, a não identificação das demais categorias durante as análises impõe que o modelo atual da Física ainda precisa de adequações para as eventuais categorias presentes nos subdomínios.

Ainda, durante as análises dos PaP-eRs, foi possível identificar o foco dos conhecimentos do professor abordados como descritores, segundo o modelo teórico da Física-PTSK. Dessa maneira, os indícios dos descritores encontrados na pesquisa fortalecem a descrição de novas categorias.

Embora o modelo da Física seja teórico, os conhecimentos identificados sobre atividades experimentais nos PaP-eRs apresentaram certa representatividade para a temática abordada na perspectiva de associar a teoria com a prática, trazendo a Física para além das formulações matemáticas. Promovendo a interação com outras áreas do conhecimento, como foi com a Química. A interação de disciplinas parece favorecer a construção do conhecimento especializado do professor e, principalmente, o conhecimento da Física, bem como as formas

de abordar os conhecimentos pedagógicos. Em relação ao avanço presente na pesquisa, ele é marcado pela identificação dos conhecimentos especializados mobilizados pelo professor para ensinar a temática de Lançamentos de Foguetes e as conexões de conhecimento especializado evidenciadas nos PaP-eRs. Posto isso, a temática de Lançamento de Foguetes contribui para a melhoria do ensino de Física no Brasil, pois o docente, para ensinar tal temática, mobiliza os diversos conhecimentos de abrangência da área da Física.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA. P.C; BIAJONE. J; **Saberes docentes e formação inicial de professores: implicações e desafios para as propostas de formação.** Educação e Pesquisa, São Paulo, v.33, n.2, p. 281-295, maio/ago. 2007. Disponível: <https://www.scielo.br/pdf/ep/v33n2/a07v33n2.pdf>.

AGENCIA ESPACIAL BRASIELIRA-AEB. Disponível: <http://www.aebescola.aeb.gov/index>. Acesso 20 de abril de 2020 as 16h00min

ARAÚJO, R. S., VIANNA, D. M. A história da legislação dos cursos de Licenciatura em Física no Brasil: do colonial presencial ao digital à distância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v 32, n 4, 2010.

BATISTA, E; MOZOLEVSKI, I. **Métodos de Física-Matemática.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina / Consórcio Redisul, 2010. 226 p.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. A utilização da modelagem matemática como encaminhamento metodológico no ensino de Física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 86-96, 2015.

BALL, D. L.; THAMES, M. H.; PHELPS, G. **Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special?** Journal of teacher education, v. 59, n. 5, p. 389-407, 2008.

BAXTER, Juliet A.; LEDERMAN, Norman G. **Assessment and Measurement of Pedagogical Content Knowledge.** Science & Technology Education Library, [s.l.], p.147-161, 1999. Kluwer Academic Publishers.

BAKER, V. L.; LATTUCA, L. R. **Developmental networks and learning: toward an interdisciplinary perspective on identity development during doctoral study.** Studies in Higher Education, Oxfordshire, v. 35, n.7, p. 807-827, 2010.

BEATRICIL. A; BAU. A; **As metodologias de ensino: A formação de professores e o processo de aprendizagem .** EDUCERE; ISSN 2176-1396

BOGDAN, Roberto C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação Qualitativa em Educação.** Proto Codex: Porto Editora, 1994. 365 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP (Comp.). Censo escolar da educação básica 2016: Notas estatísticas. Brasília, 2019. 29 p.

BRASIL, Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. **Parecer CNE/CES nº 1304, de 06 de novembro de 2001.** Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física. Brasília, 2001.<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>.

BRASIL. MEC. **Parecer nº CNE/CES nº 1304/2001, de 03 de abril de 2001** – Diretrizes Curriculares para os Cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física.

BRASIL. MEC. **Parecer CNE/CP nº 9/2002**. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Brasília.

BRASIL. MEC. **Resolução CNE/CP nº 2/2015**: Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Brasília

CALDEIRA, A. M. **A prática docente cotidiana e o processo de apropriação e construção de seu saber: um estudo etnográfico**. Cadernos de Pesquisa. São Paulo, n. 95, p. 5-12, nov. 1995.

CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. **O saber e o saber fazer dos professores**. In: CASTRO, A. D; CARVALHO, A. M. P. (Eds.). Didática para a escola fundamental e média. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. p. 107-124.

CARVALHO et al. **Ensino de Física**. – São Paulo: Cengage Learning, 2010. (Coleção ideia sem ação/ Anna Maria Pessoa de Carvalho).

CARRILLO, J.; AVILA, D. I. E.; MORA, D. V.; MEDRANO, E. F. **Un marco teórico para el conocimiento especializado del profesor de matemáticas**, Universidad de Huelva Publicaciones, 2014.

CARRILLO YAÑEZ, J.; CLIMENT, N.; MONTES, M.; CONTRERAS, L. C.; FLORESMEDRANO, E.; ESCUDERO-ÁVILA, D.; VASCO, D.; ROJAS, N.; FLORES, P.; AGUILAR-GONZÁLEZ, Á.; RIBEIRO, M.; MUÑOZ-CATALÁN, M. C. **The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model**. *Research in Mathematics Education*, Taylor & Francis, London, UK, p. 1-18, 2018.

CAVALCANTI, M. & MOITA LOPES, L. P. **Implementação de Pesquisa na Sala de Línguas no Contexto Brasileiro**. In.: Trabalhos de linguística aplicada. Campinas, 1992

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO RESOLUÇÃO CNE/CES 9, DE 11 DE MARÇO DE 2002: Disponível: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES09-2002.pdf> acesso em 26 de outubro de 2020 as 20h00min.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO CONSELHO PLENO **RESOLUÇÃO Nº 2, DE 1º DE JULHO DE 2015**. Disponível: <http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2017-pdf/70431-res-cne-cp-002-03072015-pdf/file>. acesso em 27 de outubro de 2020 às 22h00min.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO CONSELHO PLENO **RESOLUÇÃO CNE/CP Nº 2, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019**. Disponível: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=135951-rcp002-19&category_slug=dezembro-2019-pdf&Itemid=30192. acesso em 27 de outubro de 2020 às 22h42min.

COSTA. L. G; BARROS. M. A; **O ensino da Física no Brasil: Problemas e desafios**. EDUCERE. ISSN 2176-1396

CORREIA. P.R.M. CORDEIRO. B. G. C.ŠCICUTO. A.T. JUNQUEIRA G. P. **Nova abordagem para identificar conexões disciplinares usando mapas conceituais: em busca da interdisciplinaridade no Ensino Superior**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 20, n. 2, p. 467-479, 2014DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000200013>.

DAROIT, L.; HAETINGER, C.; DULLIUS, M. M. **O ensino de fenômenos físicos através da modelagem matemática**. In: X Encontro Gaúcho de Educação Matemática, **Anais...**, Ijuí, UNIJUI, 2009, p. 1-8.

DINIZ-PEREIRA, J. E. **Paradigmas contemporâneos da formação docente**. In: Souza, J. V. A. (Org). A formação de professores para a Educação Básica: dez anos da LDB. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

GATTI, B. A. **Formação de professores: condições e problemas atuais**. Revista Brasileira de Formação de Professores, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 90-102, mai. 2009.

GASPAR, A. **Cinquenta anos de ensino de Física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor**. In: XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 1995, Natal-RN. **Anais...**, 1995. Disponível em: <http://plato.if.usp.br/22007/fep0358d/texto_5.pdf>. Acesso em: 28 de outubro de 2020.

GAUTHIER C. et al. **Por uma teoria da pedagogia**. Ijuí: Unijuí, p. 457, 1998.

GASPAR, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014. 250 p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAMBURGER, Ernst W. O que é Física. 4. ed. [s.l.]: Brasiliense, 1992. 55 p.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Resumo Técnico: Censo da Educação Básica 2018 [recurso eletrônico]**. – Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2019.66 p: il. ISBN 978-85-7863-070-6

INEP. Censo escolar 2019: notas estatísticas. Brasília, 2019 a. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2019/notas_estatisticas_Censo_Escolar_2019.pdf>.

KRIPPENDORFF, K. **Metodología de análisis de contenido. Teoría y Práctica, Ediciones Paidós**, Barcelona Spain, 1990.

KLEIN, J. T. **Crossing boundaries: knowledge, disciplinarity and interdisciplinarity**. **Charlottesville**: University Press of Virginia, 1996.

LATTUCA, L. R. **Creating interdisciplinarity: interdisciplinary research and teaching among college and university faculty**. Nashville: Vanderbilt University Press, 2001.

LIMA, Stela Silva; 2018 Mestrado, **Conhecimento Especializado De Professores De Física: Uma Proposta De Modelo Teórico**. Dissertação de Mestrado em Ensino - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso - Campus Coronel Octayde Jorge da Silva (IFMT). Cuiabá, p. 80. 2018.

LINO, C. D. S. R. **Conhecimento Especializado de Professores de Física (PTSK): Análise Documental de uma Licenciatura em Ciências da Natureza**. Dissertação de Mestrado em Ensino - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso - Campus Coronel Octayde Jorge da Silva (IFMT). Cuiabá, p.77.2020.

LUTTENEGGER, K. C. MORRISON, A. D. **Measuring Pedagogical Content Knowledge Using Multiple Points of Data**. In: The Qualitative Report 2015 Volume 20, Number 6, How To Article 1, 804-816

LOUGHRAN, J.; MILROY, P.; BERRY, A.; GUNSTONE, R.; MULHALL, P. **Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs**. Research in Science Education, v. 31, n. 2, p. 289-307, 2001.

MAGALHÃES, C. K. O. Conhecimento Especializado de Professores de Física Mobilizados em Episódio de Lançamentos de Foguetes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e XX, p. 8. 2020.

MACETTI H; LEVADA C.L; LAUTENSCHLEGUER. I. J; **Considerações sobre o alcance no lançamento oblíquo**. Centro Universitário Hermínio Ometto – UNIARARAS – 13607-339 / Araras (SP) – Brasil CADERNO DE FÍSICA DA UEFS 10 (01 E 02): 07-17, 2012.

MARQUES, M. **Conhecimento Especializado de Professores De Biologia: análise de relatos de prática do Ensino Médio**. 2020. 110 p. Dissertação de Mestrado em Ensino - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, 2020.

MORIEL, J. G. J; ALENCAR, P. A. **Conhecimento especializado para ensinar Cálculo: um panorama da produção do COBENGE 2012-2017**; DOI: 10.34117/bjdv5n7-010.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: E.P.U., 2015. 242 p.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **Foguetes - Manual do Professor com Atividades de Ciências, Matemática e Tecnologia** / NASA; Traduzido pela Universidade do Vale do Paraíba. — São José dos Campos: Univap. 2001.

NITSCHKE, F. E. CARVALHO. H.A.P. ZANATTA. S. C. Proposta de ensino na Física: o lançamento de foguete. **Revista Retratos da Escola, Brasília**, v. 13, n. 25, p. 291-304, jan./mai. 2019. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.22420/rde.v13i25.897>. acesso em 02 de novembro de 2020 as 14h00min.

NÓVOA, A. **Relação escola-sociedade: “novas respostas para um velho problema”**. In: **SERBINO, R. V. et al Formação de professores**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998, p. 19-39.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE) (Brasil). Secretária Brasileira. Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2015: Contry note. Brasília: OCDE, 1262018. 7 p. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa_2015_brazil_prt.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.

OLIMPÍADAS BRASIELIRA DE ASTRONOMIA-OBA. Relatório. Disponível: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio.pdf; acesso 25 de abril de 2020 as 17h00min.

PAULO, Iramaia Jorge Cabral de; SOUZA, Célia Maria Soares Gomes de. **A teoria da aprendizagem significativa e seus desdobramentos na dinâmica de ensinar e aprender ciências**. Cuiabá: UAB/UFMT, 2011. 68 p

PRAIA, J; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: Contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p.253-262, 2002.

PIMENTA, S. G. O estágio na formação de professores: unidade entre teoria e prática? **Cadernos de Pesquisa**, n. 94, p. 58-73, 1995.

PIMENTA, S. G. **Formação de professores: identidade e saberes da docência**. In: **_(Org.)Saberes Pedagógicos e atividade docente**. 6ª Edição. São Paulo: Cortez Editora, 2008.

PIETROCOLA, M.. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p.89-109, ago. 2002. Florianópolis.

PREDEBON, F.; DEL PINO, J. C. **Uma análise evolutiva de modelos didáticos associados às concepções didáticas de futuros professores de química envolvidos em um processo de intervenção formativa**. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 237-254, 2009.

ROEHRS, M.M. Licenciatura em Ciências Biológicas: **Uma análise dos saberes de referência e pedagógicos para os anos finais do ensino fundamental**. Dissertação de mestrado-UFMT, 2013.

SAWYER, R. K. **Educating for innovation. Thinking Skills and Creativity**, Oxford, v. 1, n. 1, p. 41-48, 2006.

SILVA, G. S.F. **A formação de professores de Física na perspectiva da teoria da atividade: análise de uma disciplina de práticas em ensino e suas implicações para a codocência**, 2013; DOI10. 11606/T.81.2013.tde-01122014-151307

SILVA, C.A; **Energias Renováveis: Como trabalhar os conteúdos de Física no ensino médio relacionado á energia.** Universidade Federal de Rondônia-UNIR. Dissertação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNEPF) Polo do Campus de Ji-Paraná da Universidade Federal de Rondônia. 2017.

SOARES, S. T. C. **Conhecimento Especializado de Professores de Química – CTSK: Proposta de Modelo Teórico.** 2019, 113f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Cuiabá, 2019.

SLONGO, I. I. P.; DELIZOICOV, N. C.; ROSSET, J. M. **A formação de professores enunciada pela área de educação em ciências.** Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia. Florianópolis, v. 3, n. 3, p. 97-121, 2010.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Education Researcher.** Feb. 1986: 4-14.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional Formação profissional.** Petrópolis: Vozes, 2002.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional.** 9. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional.** 16. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

ZABALA, A. **A prática educativa: Como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998. 224 p.