



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

MAYRA LINDSLAY VIEIRA VÉRAS

**INVESTIGAÇÃO DA COMPREENSÃO DE CONCEITOS DE CINEMÁTICA POR
ESTUDANTES A PARTIR DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

CAMPINA GRANDE

2019

MAYRA LINDSLAY VIEIRA VÉRAS

**INVESTIGAÇÃO DA COMPREENSÃO DE CONCEITOS DE CINEMÁTICA POR
ESTUDANTES A PARTIR DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual da Paraíba como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientadora: Prof. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

CAMPINA GRANDE

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

V476i Véras, Mayra Lindsay Vieira.
Investigação da compreensão de conceitos de cinemática por estudantes a partir da resolução de problemas [manuscrito] / Mayra Lindsay Vieira Véras. - 2019.
131 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde, Departamento de Física - CCT."
1. Ensino de Física. 2. Resolução de problemas. 3. Campos conceituais. 4. Cinemática. I. Título
21. ed. CDD 530.7

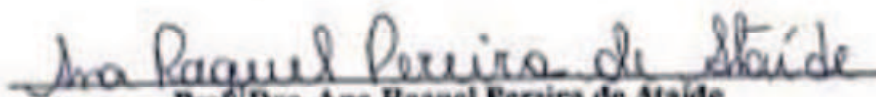
**INVESTIGAÇÃO DA COMPREENSÃO DE CONCEITOS DE CINEMÁTICA POR
ESTUDANTES A PARTIR DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

MAYRA LINDSLAY VIEIRA VÉRAS

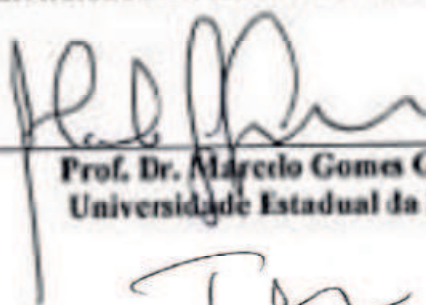
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual da Paraíba como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Dissertação aprovada em: 27/09/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Ana Raquel Ferreira de Ataíde
Universidade Estadual da Paraíba – orientadora



Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano
Universidade Estadual da Paraíba



Prof. Dra. Ileana Maria Greca
Universidade de Burgos

Campina Grande, Setembro de 2019.
PE- Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sua maravilhosa graça e paz que me permite descansar mesmo em tempos turbulentos. Sou agradecida pelo amor e cuidado destinados a mim todos os dias e por proporcionar tempos de alegria.

À Ana Raquel pela orientação nessa pesquisa, pela paciência e confiança destinadas a mim.

À minha Mãe Marilene e irmãos Lindsay, Mairla e Johayne, minha base de sustentação e encorajamento para seguir em frente e nunca desanimar. Não posso esquecer-me do meu Labrador, Maya, sempre ao meu lado nos momentos de escrita dessa dissertação transmitindo a paz do seu sono tranquilo.

Aos professores do Curso de mestrado pela contribuição na minha formação.

Aos colegas de mestrado Lidiana, Luciano e Ricardo pela amizade e auxílio durante todo o curso.

RESUMO

A pesquisa se fundamenta na teoria dos campos conceituais de Vergnaud que tem como base principal a conceitualização e o conceito de invariantes operatórios. Tem como objetivo investigar as estratégias que os estudantes ingressantes no curso de Licenciatura em Física utilizam na resolução de problemas em física que envolve os conceitos da cinemática, com o intuito de compreender como (ou se) essas estratégias podem contribuir para o entendimento de conceitos físicos. Na tentativa de alcançar o objetivo da pesquisa, foram elencados três objetivos específicos: analisar como os livros didáticos podem influenciar estudantes no entendimento e uso da matemática para “construir” um conceito físico; conhecer a compreensão de estudantes sobre os conceitos básicos de cinemática e categorizar os padrões de respostas; identificar e relacionar possíveis conceitos em ação e teoremas em ação utilizados pelos estudantes na resolução de problemas de cinemática. Devido aos traços que a caracteriza, a pesquisa é classificada como abordagem qualitativa e é dividida em três estudos. O primeiro estudo corresponde a uma análise dos livros didáticos mais utilizados nos cursos de Física de algumas universidades brasileiras para averiguar de que forma o livro didático pode influenciar os estudantes na construção de conceitos físicos. No estudo 2 foi realizada a aplicação de um conjunto de questões que tratavam sobre os conceitos de vetor velocidade e vetor aceleração em situações de movimento unidimensional e bidimensional. Participaram desse estudo 59 estudantes que estavam no 1º ou 2º período do curso de Licenciatura em Física/UEPB. O estudo 3 corresponde a seções de resolução de problemas pelos cinco estudantes participantes, no qual utilizamos a técnica do protocolo verbal para a coleta de dados. Percebemos no estudo 1, que o livro didático pode levar a dificuldades de compreensão dos conceitos. O estudo 2 permitiu reunir informações de como estudantes assimilam o conteúdo ensinado. Essas informações possibilitaram identificar núcleos conceituais que auxiliaram na criação de categorias permitindo determinar o grupo focal para o último estudo. As respostas aos problemas foram analisadas no estudo três e, a partir disso, foram elencados possíveis invariantes operatórios. Em uma perspectiva geral, a compreensão dos conceitos de cinemática pelos estudantes é satisfatória e apresenta invariantes operatórios muito próximos dos conceitos científicos.

Palavras-chave: Campos conceituais. Compreensão de conceitos. Estratégias de resolução de problemas. Invariantes operatórios.

ABSTRACT

The research is based on the theory of the conceptual fields of Vergnaud, which is based on the conceptualization and concept of operative invariants. It aims to investigate the strategies that students entering the undergraduate course in physics use in solving problems in physics that involves the concepts of kinematics, in order to understand how (or if) these strategies can contribute to the understanding of physical concepts. In an attempt to achieve the objective of the research, three specific objectives were listed: to analyze how textbooks can influence students in the understanding and use of mathematics to "construct" a physical concept; know the comprehension of students about the basic concepts of kinematics and categorize the patterns of answers; identify and relate possible concepts in action and theorems in action used by students to solve kinematics problems. Due to the traits that characterize it, the research is classified as a qualitative approach and is divided into three studies. The first study corresponds to an analysis of the textbooks most used in the physics courses of some Brazilian universities to ascertain how the textbook can influence students in the construction of physical concepts. In Study 2, a set of questions addressing the concepts of velocity vector and acceleration vector in one-dimensional and two-dimensional motion situations was applied. Participated in this study 59 students who were in the 1st or 2nd period of the undergraduate course in physics/UEPB. Study 3 corresponds to problem solving sections by the five participating students, in which we used the verbal protocol technique for data collection. We perceive in study 1 that the didactic book can lead to difficulties in understanding the concepts. Study 2 allowed gathering information about how students assimilate the content they taught. This information made it possible to identify conceptual nuclei that helped in the creation of categories, allowing the focus group to be determined for the last study. The answers to the problems were analyzed in study three and, from this, possible operative invariants were listed. In a general perspective, understanding the concepts of kinematics by students is satisfactory and present operative invariants very close to scientific concepts.

Keywords: Conceptual fields. Understanding of concepts. Problem-solving strategies. Invariants operative.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Teoria dos campos conceituais de Vergnaud	12
2.1.1 Teoria dos campos conceituais e o ensino	19
2.2 O livro didático de física	21
2.3 As relações entre a física e a matemática na física e no ensino de física.....	26
2.4 Resolução de problemas no ensino de física.....	32
2.5 Concepções alternativas em mecânica.....	38
3 METODOLOGIA.....	42
4 CONCEITOS DE DESLOCAMENTO, VELOCIDADE E ACELERAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO SUPERIOR: ESTUDO 1	45
4.1 Categorias de análise	45
4.2 Análise dos livros didáticos.....	47
4.2.1 Descrição e categorização dos livros didáticos analisados	48
4.2.2 Apresentação das definições dos conceitos analisados.....	52
4.2.2.1 Conceito de deslocamento	52
4.2.2.2 Conceito de velocidade.....	53
4.2.2.3 Conceito de aceleração	54
4.3 Discussão dos resultados	56
5 COMPREENSÃO DOS CONCEITOS DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO PELOS ESTUDANTES: ESTUDO 2.....	59
5.1 Validação e aplicação das questões	59
5.2 Problemas utilizados e aplicação das questões: conceitos mobilizados pelos estudantes ao resolverem as situações	61
5.2.1 Problema 1: retirado do livro <i>Física</i> (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006)	62
5.2.1.1 Respostas ao problema 1.....	62
5.2.2 Problema 2: retirado e adaptado do livro <i>Física</i> (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006).....	63
5.2.2.1 Respostas ao problema 2.....	64
5.2.3 Problema 3: adaptado do livro <i>Física em contextos</i> (PIETROCOLA, 2010).....	68
5.2.3.1 Respostas ao problema 3.....	68
5.2.4 Problema 4: retirado do livro <i>Compreendendo a Física</i> (GASPAR, 2010)	70
5.2.4.1 Respostas ao problema 4.....	70

5.2.5 Problema 5: adaptado.....	73
5.2.5.1 Respostas ao problema 5.....	74
5.2.6 Problema 6: retirado do livro <i>Física em contextos</i> (PIETROCOLA et al, 2010).....	78
5.2.6.1 Respostas ao problema 6.....	78
5.3 Discussão dos resultados	80
6 OBSERVANDO POSSÍVEIS INVARIANTES OPERATÓRIOS NAS SEÇÕES DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ESTUDO 3.....	83
6.1 Problemas utilizados nas entrevistas	83
6.2 As seções de resolução de problemas	86
6.2.1 Estudante 1.....	87
6.2.2 Estudante 2.....	91
6.2.3 Estudante 3.....	95
6.2.4 Estudante 4.....	98
6.2.5 Estudante 5.....	102
6.3 Comparação entre os resultados do estudo 2 e 3 para os estudantes entrevistados: inferindo possíveis invariantes operatórios	105
6.3.1 Estudante 1.....	105
6.3.2 Estudante 2.....	106
6.3.3 Estudante 3.....	107
6.3.4 Estudante 4.....	107
6.3.5 Estudante 5.....	108
6.4 Discussão dos resultados	108
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
REFERÊNCIAS	117
APÊNDICE	126

1 INTRODUÇÃO

Não é raro ouvirmos discursos dos estudantes relatando suas frustrações relacionadas a seu desempenho nas disciplinas de física, há um grande esforço e dedicação nos estudos, mas, às vezes, o resultado obtido é insatisfatório. Surgem então os questionamentos, indaga-se o porquê dos resultados ruins. Uma das possíveis respostas para essa pergunta é que, provavelmente, não ocorreu total compreensão dos conceitos, assim como, da relação desses com a matemática envolvida. Não houve domínio dos conceitos, das situações e das representações por parte do estudante. Num cenário oposto, o não domínio dos conhecimentos físicos pode estar sendo mascarado pelos resultados positivos, o estudante tem a sensação de que domina a física, mas na verdade isso pode não estar acontecendo.

Quando voltamos o nosso olhar para um conteúdo específico podemos observar mais detalhadamente as dificuldades de compreensão de conceitos que estudantes apresentam quando são solicitados a expor o que conhecem sobre determinado conceito. No período em que desenvolvi atividades de monitoria do componente curricular Noções Fundamentais da física¹ com estudantes iniciantes do curso de Licenciatura em Física pude constatar que estudantes universitários não estão isentos de apresentar embaraço quando são submetidos a situações que envolvem conceitos de cinemática, mais precisamente em situações que envolvem composição de movimento, onde o solucionador deve possuir uma carga considerável de conhecimento sobre vetores, componentes de vetores e o comportamento dos vetores deslocamento, velocidade e aceleração em diferentes momentos da trajetória de um corpo que possui movimento bidimensional compreendendo o significado de cada signo, de cada conceito. Se os conhecimentos não estão sendo completamente dominados, então como os estudantes estão entendendo os conceitos? De que forma estão construindo-os?

Faz-se importante conhecer como os conceitos estão sendo apreendidos, bem como, entender qual função está sendo dada à matemática que justifique sua presença na física. O ponto de partida é o pressuposto de que a visão do papel desempenhado pela matemática na física pode interferir na compreensão de conceitos físicos e que esta visão pode ser revelada a partir das estratégias que os estudantes utilizam na resolução de problemas (ATAÍDE, 2012). Sendo assim, torna-se importante saber como os estudantes percebem e usam a matemática na construção e apropriação dos conhecimentos físicos.

¹Disciplina inserida na grade curricular após reformulação do curso de Licenciatura em física. Ela é responsável por fazer introdução da física como ciência da natureza, tratar de temas relacionados à construção do conhecimento físico e abordar força e movimento, bem como cinemática da partícula.

Portanto, o objetivo da pesquisa é investigar as estratégias que os estudantes ingressantes no curso de Licenciatura em Física utilizam na resolução de problemas em física que envolve os conceitos da cinemática, com o intuito de compreender como (ou se) essas estratégias podem contribuir para o entendimento de conceitos físicos e especificamente:

- Analisar como os livros didáticos podem influenciar estudantes no entendimento e uso da matemática para “construir” um conceito físico;
- Conhecer a compreensão de estudantes sobre os conceitos básicos de cinemática e categorizar os padrões de respostas.
- Identificar e relacionar possíveis conceitos em ação e teoremas em ação utilizados pelos estudantes na resolução de problemas de cinemática;

Nesse sentido, escolhemos o conteúdo de vetores, trabalhado nas disciplinas de matemática e física no início do curso, para investigar como a compreensão desse conteúdo pelos estudantes interfere no entendimento dos conceitos básicos de cinemática: deslocamento, velocidade e aceleração. A escolha do conteúdo cinemática se deu pelo fato de ser o primeiro contato dos ingressantes no curso de física com a matemática mais elaborada e com os conceitos relacionados a ela. Isso irá definir, de certa forma, como os estudantes entenderão os conteúdos da cinemática a curto e longo prazo. É importante então, que os conceitos do campo conceitual da cinemática sejam compreendidos pelos estudantes com eficácia. Para que um conceito seja efetivamente compreendido é necessário que haja o domínio da matemática relacionada ao conceito, que se saiba expressar verbalmente o significado de tal conceito e ainda, aplicá-lo a diversas situações.

A investigação é fundamentada na teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud que tem se mostrado um aporte teórico apropriado para analisar a aprendizagem e especialmente os obstáculos que se opõem a ela (GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2008). Essa teoria divide o conhecimento em campos conceituais que envolvem vários conceitos e situações que mantêm ligação entre si. As situações são tarefas propostas e o conceito é um conjunto de três características. Tem como base principal, o conceito de invariantes operatórios que são parte constituinte dos esquemas do indivíduo e formam a base conceitual que o permite obter a informação e inferir regras de ação mais pertinentes para abordar cada situação, sendo os invariantes operatórios (conceitos em ação e teoremas em ação) o componente essencial dos esquemas (MOREIRA, 2002).

A complexidade que a física carrega coincide com a complexidade da teoria dos campos conceituais, isso porque ela permite estudar o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem de competências das ciências (MOREIRA, 2002). Logo, é uma teoria eficiente para analisar e compreender como se dá a aprendizagem de ciências sendo esse o motivo de escolha dessa teoria como aporte teórico da pesquisa.

Também é feita uma breve discussão sobre o papel que a matemática desempenha na física, apontando algumas visões que prevalecem nas ideias e falas de professores e estudantes. Com o intuito de verificar as influências do livro didático na construção dessa ideia, foi feita a análise de livros didáticos utilizados nos cursos de física observando como cada autor aborda os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração nos capítulos que tratam sobre movimento e qual a relevância dada ao conteúdo de vetores quando discutem tais conceitos. Além disso, procurou-se identificar quais as posições dos autores com relação ao papel da matemática na física, considerando que essa posição pode ser absorvida pelos estudantes e podem constituir-se obstáculos para a aprendizagem.

No ensino de física, o meio que possibilita os esquemas entrarem em ação é a resolução de problemas, permitindo a observação dos possíveis conceitos e teoremas em ação que os constituem. Porém, os problemas utilizados devem provocar uma reflexão mais profunda e a mobilização dos esquemas que o sujeito possui para que ele construa novas regras de ação que o possibilite compreender e solucionar a nova situação problema. Logo, é deixada clara em um ponto do texto a diferença entre problemas e exercício na visão de pesquisadores da área.

O objetivo da pesquisa circula em volta da identificação de invariantes operatório por isso, investigam-se as estratégias que os estudantes utilizam na resolução de problemas com a intenção de eles explicitarem seus invariantes permitindo a análise e a visualização de como estão compreendendo os conceitos físicos. Para inferir possíveis invariantes operatórios foi realizado com um grupo de estudantes momentos individual de resolução de problemas utilizando a técnica do protocolo verbal.

Portanto, identificar conceitos e teoremas em ação permite apontar e analisar dificuldades que os estudantes possuem no campo conceitual da cinemática. Conhecendo quais invariantes operatórios pertencentes aos esquemas dos estudantes estão sendo obstáculos à aprendizagem, pode-se trabalhar para que haja progresso dentro do campo conceitual. As questões que guiarão essa busca são:

- a) Como os livros didáticos influenciam na construção da visão do papel que a matemática desempenha na física?
- b) Como os estudantes compreendem os conceitos físicos do campo conceitual da cinemática?
- c) Como os estudantes de Licenciatura em Física entendem e usam a matemática relacionada a um conceito físico?

Para alcançar os objetivos e responder as perguntas da pesquisa é apresentada no segundo tópico do texto a teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud como fundamentação teórica da pesquisa, além disso, o tópico expõe a relação entre a física e a matemática na física e no ensino de física, traz uma discussão acerca da resolução de problemas no ensino de física e comentários acerca do livro didático de física. No terceiro tópico é mostrado o percurso metodológico adotado para o desenvolvimento da pesquisa.

No quarto tópico está apresentado o estudo 1 onde foi realizada uma análise dos livros didáticos de física utilizados no ensino superior, bem como, sua categorização. O tópico cinco mostra resultados do estudo 2 onde é apresentada a compreensão dos estudantes a respeito dos conceitos de velocidade e aceleração. O sexto tópico consiste na descrição das seções de resolução de problemas e, também, traz uma comparação entre os resultados do estudo dois e três para os estudantes entrevistados, nesse momento objetiva-se inferir possíveis invariantes operatórios.

No tópico sete, onde a pesquisa é finalizada, são expostas algumas considerações sobre os resultados obtidos a partir dos três estudos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Teoria dos campos conceituais de Vergnaud

A teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud tem forte influência das ideias de Piaget, de onde ele utilizou o conceito de esquema dando-lhe uma explicação mais precisa e da afirmação de que o conhecimento se dá por adaptação, envolvendo a assimilação e a acomodação nesse processo. Assim como, a ideia de que a ação e a representação executam um papel importante no desenvolvimento (VERGNAUD, 2009). Fez também uso de algumas concepções de Vygotsky com relação à importância da linguagem e dos símbolos no desenvolvimento cognitivo e do papel da mediação.

Para a teoria de campos conceituais a conceitualização realiza um papel importante no desenvolvimento cognitivo. A identificação de objetos, de suas propriedades e relações são premissas determinantes para que um indivíduo progrida intelectualmente (VERGNAUD, 2013). O processo de conceitualização do real é uma atividade mental interna ao sujeito, não é um processo simples. Por isso, a conceitualização não pode ser reduzida a um processo capaz de ser cumprido utilizando-se apenas das operações lógicas nem ao uso singular de propriedades linguísticas.

A teoria dos campos conceituais é uma teoria psicológica do processo de conceitualização que estuda continuidades e rupturas do modo como o indivíduo se relaciona com o conhecimento (VERGNAUD, 2009). Observa e analisa os avanços na compreensão de um campo conceitual buscando entender como o indivíduo progride no entendimento da situação. Ela permite examinar se o indivíduo, para dominar uma situação, rompeu com teoremas e conceitos que não eram suficientes para solucionar o problema, ou se ele complementou os conceitos e teoremas já existentes nos esquemas de forma que permitisse entender e solucionar a situação. Constitui-se uma teoria complexa porque concede um referencial mais rico que permite estudar o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem de competências complexas (MOREIRA, 2002). Logo, é eficiente para analisar e compreender como se dá a aprendizagem de ciências, mais especificamente, da física, por esta possuir conteúdos de conhecimento com complexidade considerável.

Para Vergnaud (1982) o conhecimento está dividido em campos conceituais definido por ele como um conjunto informal e heterogêneo de situações, problemas, relações,

conceitos, estrutura, conteúdos e operações do pensamento ligados uns aos outros e entrelaçados durante o processo de aquisição. Ou ainda, um conjunto de situações que para dominá-las é necessário o conhecimento de conceitos, procedimentos e representações de naturezas distintas relacionadas entre si (VERGNAUD, 1982). Podemos tomar como exemplo o campo conceitual da cinemática que abrange conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração, bem como a relação entre eles. Além disso, é constituído por situações de movimento envolvendo os conceitos e uma estruturação matemática para descrevê-lo. Portanto, um campo conceitual é ao mesmo tempo um conjunto de situações e um conjunto de conceitos que estão amarrados um ao outro (VERGNAUD, 2009).

Apesar da íntima relação entre conceitos e situações, a compreensão de apenas um conceito não garante o entendimento de uma situação, da mesma forma que o significado de um conceito não é construído a partir de uma situação apenas (VERGNAUD, 2009). Esse fato demonstra a complexidade que estudantes têm de enfrentar para dominar um campo conceitual. Diante de uma situação tem que lançar mão de uma diversidade de conceitos para conseguir a compreensão integral do problema. É importante destacar que os conceitos não são únicos e exclusivos de uma situação, a análise de uma situação pede a utilização de mais de um conceito e a compreensão total de um conceito é um processo demorado.

Há uma relação de dependência entre situação e conceitos, um precisa do outro para que sejam compreendidos. Diante desse cenário Vergnaud (1990) conceitua situação com o sentido de uma tarefa ou problema a resolver e considera que situações que abarcam complexidade podem ser tidas como associação de diversas tarefas onde se conhece a natureza de cada uma e dificuldades próprias. Situações complicadas que demandam um grande esforço de compreensão podem ser fragmentadas em situações elementares, as quais o sujeito já teve contato e conhece sua estrutura podendo agir sobre elas. As situações dão sentido ao conceito, sendo os esquemas evocados no sujeito por uma situação, ou significante, que constituem o sentido desta situação, ou do significante, para o sujeito em questão. Os processos cognitivos e as respostas do indivíduo são função das situações com que ele se depara. Disso tiram-se dois pontos: a variedade de situações existentes em um campo conceitual e o segundo, os conhecimentos do estudante são construídos por situações que ele enfrentou e dominou gradativamente (VERGNAUD, 1990).

Para ilustrar uma situação, tomemos um exemplo utilizado por Grings, Cabellero e Moreira (2008) em uma pesquisa cujo objetivo era analisar como os estudantes progridem no campo conceitual da Termodinâmica. A situação consiste em quatro conjuntos de corpos a

certa temperatura, a forma que os corpos foram apresentados está mostrada na Figura 1. Foi perguntado aos estudantes se ocorre transferência de energia (calor) nos casos mostrados e pedia-se a explicação.

Figura 1: Conjunto de corpos a temperaturas específicas

-10°C	20°C	-40°C	-10°C
10 °C	40 °C	-20 °C 30 °C	

Fonte: Avanços e retrocessos dos alunos no campo conceitual da Termodinâmica. (GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2008).

Diante dessa situação os estudantes se deparam com conceitos pertencentes ao campo conceitual da Termodinâmica. Para solucionar essa situação os diversos conceitos que devem ser retomados e que são implícitos na compreensão dessa situação são os de temperatura, equilíbrio térmico, calor e processos de transferência de calor e ainda, compreender as representações e relações entre os conceitos. Os estudantes precisam saber que a temperatura está relacionada com o grau de agitação das moléculas do corpo e que o equilíbrio térmico ocorre quando os corpos atingem a mesma temperatura. Devem conhecer que o calor é uma energia em trânsito entre o sistema e sua vizinhança devido, unicamente, a diferenças de temperaturas entre eles e há três processos pelos quais a transferência pode ocorrer, são eles: condução, convecção e radiação. Pôde ser observado na pesquisa que a maioria dos estudantes tende a concluir a não existência da transferência de energia (calor) nos três primeiros casos, por acreditarem existir transferência de calor apenas se os corpos estiverem em contato, desconsiderando o processo de transferência por meio de ondas eletromagnéticas (GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2008).

Frente à relação existente entre conceito e situação Vergnaud propõe o significado de conceito que é outro ponto importante da teoria dos campos conceituais. Sendo assim, Vergnaud (1990, p. 140) define conceito como sendo o conjunto de três características:

- um conjunto de situações que dão sentido ao conceito (referente do conceito);
- um conjunto de invariantes (objetos, propriedades e relações) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas (significado do conceito);
- um conjunto das formas linguísticas e não linguísticas que permitem representar simbolicamente o conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento (significante) (VERGNAUD, 1990, p. 140).

Isso resulta na necessidade de considerar os três conjuntos de características no estudo da aprendizagem de um conceito e não reduzi-lo à declaração verbal, a uma frase. Essa definição também nos permite observar o caráter indispensável da representação simbólica não só para a comunicação, mas também, para as operações do pensamento, pois os símbolos são necessários no processo de conceitualização. Mostra também a distinção entre significado e significante do conceito que muitas vezes são confundidos ou utilizados como se fossem sinônimos por não ter havido uma compreensão clara do conceito. Podemos usar como exemplo o conceito de força. Quando é perguntado a um estudante que não teve uma construção sólida do conceito de força, “o que é força?” ele responderá com base no significante desse conceito, ou seja, $F = m.a$, sem compreender de fato essa relação, as causas e implicações dessa expressão.

Dentro da definição de conceito Vergnaud apresenta o termo esquema. O conceito de esquema foi empregado por Piaget ao analisar a atividade do sujeito desde o período sensório-motor e definido por ele como “[...] o que, em uma ação, é assim transponível, generalizável ou diferenciável de uma situação à seguinte, dito de outro modo, aquilo que há de comum a diversas repetições ou aplicações da mesma ação” (PIAGET, 1973, p. 23 apud MACHADO, 2017). O esquema mantém relação complexa com a situação, tanto que Vergnaud sugere falar de interação esquema-situação no lugar de sujeito-objeto. Vergnaud (2007, p. 291) o define como “uma totalidade dinâmica funcional; uma organização invariante da atividade para uma classe definida de situações”. Para complementar essa definição, são elencadas quatro categorias englobadas no esquema: “um ou mais objetivos e antecipações; regras de ação, de busca de informação e controle; invariantes operatórios (conceitos em ação e teoremas em ação) e possibilidades de inferência” (VERGNAUD, 2007, p. 291-292). Portanto, a atividade não se resume apenas na ação, mas também relaciona operações que precedem a ação como a

indicação de objetivos, a busca de informações e a atitude de tomar o controle, gerados durante o desenvolvimento da atividade.

Destaca-se que a forma de organização da atividade que é invariante não a atividade em si (VERGNAUD, 2007). Ou seja, a ordem de operações mentais a serem realizadas na resolução do problema é determinada e não muda diante das situações. Já as situações devem ser variadas para proporcionar avanço no campo conceitual. Os esquemas desempenham função dupla na aprendizagem. Por um lado, contêm os modos de proceder que foram formados nas situações já dominadas pelo sujeito; por outro, devem oferecer conceitos abertos, adaptáveis, assegurando que existam possibilidades de inferência quando o sujeito enfrenta situações novas (MACHADO, 2017).

Por terem um vínculo, esquema e situação, há uma distinção entre classes de situações (VERGNAUD, 1993, p. 2):

- 1- Classes de situações em que o sujeito dispõe, no seu repertório, em dado momento de seu desenvolvimento e, sob certas circunstâncias, das competências necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação;
- 2- Classes de situações em que o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que obriga a um tempo de reflexão e exploração, a hesitações, a tentativas frustradas, levando-o eventualmente ao sucesso ou ao fracasso (VERGNAUD, 1993, p. 2).

Na primeira classe de situações o comportamento do sujeito é automático devido sua experiência com situações anteriores que o proporcionaram uma bagagem de conhecimento, sendo sua ação imediata frente a situações semelhantes. Nesse caso, quando a utilização de um esquema se torna automática ela passa a ser um hábito. A segunda classe de situações constitui, a nosso ver, as situações a serem propostas pelo professor. Situações que proporcionem a busca, reflexão, investigação e a descoberta e que obriguem o indivíduo utilizar outros esquemas. Um esquema tem a função de descrever formas comuns de realizar algo a uma situação conhecida pelo sujeito e de fornecer indicações de como fazer em situações desconhecidas (VERGNAUD, 2009). Assim, desenvolvimento cognitivo implica em aquisição de uma vasta quantidade de esquemas para agir em situações distintas. Para ilustrar um esquema, vamos utilizar o exemplo da adição de números inteiros que permite entender o que foi dito anteriormente (VERGNAUD, 1993, p. 3-4):

- Começar pela coluna das unidades, primeira à direita;
- Continuar pela coluna das dezenas, depois a das centenas, etc.;
- Calcular a soma dos números em cada coluna. Se a soma dos números de uma coluna é inferior a dez, inscrever esta soma na linha do total (linha de baixo). Se for igual ou superior a dez, escrever apenas o algarismo das unidades desta soma

- e reservar o das dezenas, levando-o ao alto da coluna situada mediamente à esquerda. Para soma-la aos demais dessa coluna;
- E assim sucessivamente, caminhando da direita para a esquerda, até acabarem as colunas (VERGNAUD, 1993, p. 3-4).

Os invariantes operatórios constituem o componente essencial dos esquemas por abarcarem a operacionalidade dos conhecimentos envolvidos em uma ação, possibilitando reconhecer e identificar os objetos, suas propriedades, relações e transformações. Vergnaud diferencia dois tipos de invariantes operatórios: conceitos em ação e teoremas em ação. Os teoremas em ação são as proposições tidas como verdadeiras e os conceitos em ação são objetos ou predicados tidos como relevante ou não (VERGNAUD, 2007). Conceitos e teoremas em ação possuem uma estreita relação, tendo em vista que os teoremas só são possíveis de serem construídos se o indivíduo tiver compreensão dos conceitos envolvidos em dada situação. Portanto, não há teorema sem conceito e não há conceito sem teorema, são indispensáveis um ao outro.

Os teoremas e conceitos que fazem parte dos esquemas do indivíduo não são considerados verdadeiros teoremas e conceitos (VERGNAUD, 2007) pelo fato de não serem explicitados e, por isso, não ser possível verificar sua veracidade. São conhecimentos que fazem parte da cognição, são internos ao indivíduo, mas isso não significa que estes conceitos e teoremas estão impossibilitados de transformar-se em conceitos e teoremas científicos. Apesar de, ainda, não ser considerado um conhecimento científico, esse conhecimento em ação permite o sujeito agir em dada situação. Um exemplo de uma ação sem consciência dos elementos científicos envolvidos na situação é

[...] quando movemos a antena da nossa televisão para ‘sintonizar’ melhor, dificilmente o fazemos baseados em um conhecimento sobre o eletromagnetismo; ‘sabemos’ que dessa forma conseguimos muitas vezes estabilizar a imagem, sendo muito difícil que consigamos explicar, do ponto de vista científico ou técnico, a razão pela qual, fazendo-o, conseguimos esse resultado (GRECA; MOREIRA, 2003, p. 55).

Campos (2014) exemplifica uma situação que apresenta um teorema em ação evidenciado por alguns estudantes. Ele diz que em exercícios de mecânica, os quais há atrito, os estudantes percebem a não conservação da energia mecânica já que é parcialmente convertida em energia interna nas superfícies de contato. Este conhecimento pode ser expresso como: $E_{\text{mec inic}} = W + \Delta U$.

Voltando ao exemplo citado anteriormente onde Grings, Cabellero e Moreira (2008) utilizam situações com o intuito de analisar como os estudantes progridem no campo conceitual da Termodinâmica, destacamos o teorema em ação que foi inferido das respostas dos estudantes a partir da situação em questão. Os autores perceberam que a maioria dos indivíduos pesquisados apresenta o teorema em ação "ocorre transferência de energia (calor) quando os corpos estão encostados" e os conceitos necessários para a construção do teorema é o de calor e transferência de calor. Apesar do teorema não estar cientificamente correto, Vergnaud argumenta que os conceitos utilizados nos esquemas, quando o sujeito está frente a uma situação, nem sempre são verdadeiros conceitos científicos, como também, os teoremas utilizados podem não ser. E ainda mais, os conceitos e teoremas que constituem os esquemas dos indivíduos dificilmente são explicitados devido a grande dificuldade, apresentada por todos, de evidenciar o quê e como estão pensando. É nesse ponto onde se concentra a dificuldade em analisar invariantes operatórios.

Cada situação possui uma diversidade de características que permitem extrair informações para a realização da tarefa. A identificação de objetos, suas propriedades e relações, assim como, palavras frases e gestos do mediador da situação, são essenciais para o desenvolvimento do esquema. Assim, a linguagem, seja falada, escrita ou gestual, desempenha um papel importante no progresso dos esquemas. Outro papel importante que a linguagem e os símbolos desempenham é a possibilidade de mencionar e representar objetos não acessíveis à percepção (VERGNAUD, 2013). A linguagem e os significantes exercem função tripla na teoria dos campos conceituais (VERGNAUD, 1990, p. 148):

- Auxilia a nomeação e identificação dos invariantes: objetos, propriedades, relações e teoremas;
- Auxilia no raciocínio e na inferência;
- Auxilia na antecipação dos efeitos e metas e no controle da ação (VERGNAUD, 1990, p. 148).

Pode ser observada a interação entre linguagem e símbolos nas equações da física. Os signos que representam as variáveis, as constantes e as operações carregam significados e permitem a leitura e modelagem do fenômeno real. Um exemplo são os signos s , s_0 , v e t que representam os significados de posição, posição inicial, velocidade e tempo. A combinação desses signos pode resultar em: $s = s_0 + vt$. A operacionalização dos signos indica a posição de um corpo com o passar do tempo. O signo “=” indica que a posição é igual à

operação de multiplicação entre a velocidade e o tempo seguida da adição com a posição inicial (CAMPOS, 2014).

Vergnaud (2013) ressalta que não é aconselhável identificar invariantes operatórios apenas pelo uso de palavras do sujeito devido ao fato de uma palavra poder abranger dois sentidos distintos, o usual e o científico, como o caso da palavra calor e trabalho que possuem significados diferentes dependendo do meio em que são citadas. Além da dificuldade que algumas pessoas possuem de construir uma explicação e conseguir expressá-la em palavras. Portanto, deve-se considerar a relação existente entre significado e significante que conduz a compreensão do conceito. Campos (2014, p. 53-54) dá exemplos dessa relação dentro da física:

- Signos matemáticos: Δz (variação da posição) e v (velocidade), por exemplo, são símbolos sobre a forma de signos matemáticos que designam uma realidade física.
- Relações matemáticas: leis de conservação representadas através da operacionalização matemática. A relação $\oint F \cdot dl = 0$, por exemplo, informa que o trabalho realizado num caminho fechado é nulo e que, portanto, a energia mecânica é conservada.
- Gráficos: Num plano a área abaixo de uma curva representada por uma realidade física pode representar outra realidade com algum tipo de vínculo com a primeira.
- Modelos: os modelos podem representar algum tipo de realidade investigada. Seu uso possibilita a aproximação com o real. Por exemplo, o modelo atômico Campos (2014, p. 53-54).

2.1.1 Teoria dos campos conceituais e o ensino

A Teoria dos Campos Conceituais liga o conhecimento, o estudante e o professor sendo caracterizada como uma teoria didática. A teoria permite estudar as ações de estudantes e as condições de construção, registro e exteriorização do conhecimento durante situações de aprendizagem, o foco da teoria é o sujeito em ação. As ações dos estudantes frente a situações estão carregadas de conhecimentos implícitos. A teoria dos campos conceituais estuda o funcionamento cognitivo do sujeito quando ele está em ação. Porém, há grande dificuldade do indivíduo em explicitar seus conhecimentos devido ao fato de não conseguir transformar em palavras os procedimentos mentais que utilizou na resolução de um problema (VERGNAUD, 1993). Sem a explicitação dos invariantes operatórios os conceitos e teoremas em ação não podem tornar-se conceitos e teoremas científicos.

O papel que o professor desempenha na aprendizagem é o de mediador, ele está incumbido de trazer situações, dentro da zona de desenvolvimento proximal do estudante, que

permitirão a progressão de esquemas e de representações que serão acomodados. A linguagem e os símbolos exercem uma função importante nesse processo, tendo em vista que o professor se utiliza deles na sua ação mediadora, tanto na comunicação como na conceitualização.

O conhecimento prévio do estudante é determinante no processo de domínio de um campo conceitual, mas também pode exercer função de obstáculo à progressão e compreensão do campo (MOREIRA, 2002). Na zona de desenvolvimento proximal há associações e rupturas, porém os dois acontecimentos não são necessariamente excludentes. O professor pode promover situações que possibilite a associação, fazendo com que ele passe de uma classe de situações para outra ou pode promover a ruptura causando desequilíbrio entre a situação em questão e os conhecimentos que o estudante possui (VERGNAUD, 2013).

Há três pontos que caracterizam o ensino de física e apresentam ligação formando uma base para a prática e, conseqüentemente, para a aprendizagem. São eles a teorização do conhecimento, a experimentação e a resolução de problemas. Os três pontos possibilitam a construção e aprimoramento do conhecimento dentro das especificidades características de cada um. Nos momentos de resolução de problemas os conceitos se desenvolvem e se aprimoram em um processo lento e não linear (VERGNAUD, 2013). Pode, então, ser dito que a resolução de problemas é essencial para a conceitualização e a teoria dos campos conceituais um bom referencial para analisar as dificuldades dos estudantes na resolução de problemas. As dificuldades podem ser observadas através dos invariantes operatórios que os estudantes utilizam nas situações de resolução verificando a distância que estariam dos conceitos e teoremas científicos (MOREIRA, 2002).

O primeiro passo a ser dado no estudo do domínio de campos conceituais através de invariantes operatórios utilizados pelos estudantes é a identificação e classificação de situações levando em consideração a variedade de situações em um campo conceitual, já que um conceito não se forma a partir de apenas um tipo de situação, e dando relevância a história dos estudantes com o domínio de situações já encaradas. Diversificar as situações no trabalho com estudantes em progresso num dado campo conceitual, permite aplicação de um conceito em situações distintas e a visualização da parte e do todo propiciando que a integração consciente seja feita. Outra etapa importante é a análise dos diversos procedimentos e representações simbólicas que o estudante usa em momentos de resolução de problemas (MOREIRA, 2002).

Uma situação não é compreendida utilizando-se apenas um conceito (VERGNAUD, 2013), por isso, no processo de ensino e aprendizagem devem ser trabalhadas situações que possibilitem o resgate e a integração de outros conceitos para analisa-las de forma que o estudante terá uma maior compreensão do conceito e de sua aplicabilidade. É bom ter em mente que o domínio de um campo conceitual é um processo longo e demorado, quando falamos de conceitos físicos pode-se considerar que seu domínio é um pouco mais complexo e demorado.

Para que ocorra a aprendizagem o sujeito deve ser colocado frente a situações problemáticas que pedirão dele uma operação. Dependendo da situação posta, o sujeito fará uso dos esquemas que já possui ou precisará de um tempo para refletir, explorar e agir no problema utilizando-se de vários esquemas que devem ser acomodados para alcançar o objetivo.

2.2 O livro didático de física

O livro didático é um artefato fundamental no processo de escolarização e se constitui um dos materiais utilizado por professores e estudantes, nele se apoiam o ensino e a aprendizagem. Isso porque durante muito tempo ele foi a única ferramenta disponível para ser utilizada no ensino e aprendizagem. Desde o período imperial se têm registros do uso de livros didáticos no processo de escolarização da elite brasileira tendo como referência o modelo europeu, devido a isso os primeiros livros utilizados eram importados de países europeus (ZACHEU; CASTRO, s.d). Ainda durante este período surge a necessidade de produção de livros nacionais que fossem mais adequados à realidade do Brasil e que contribuíssem para a construção da identidade brasileira.

A importância do livro didático para a formação de professores já era reconhecida durante o século XIX, segundo Bittencourt (1993, p. 21), “permaneceu a crença na força do livro didático escolar como peça importante na viabilização dos projetos educacionais”, logo, sua elaboração deveria “suprir as necessidades de professores mal formados”. (BITTENCOURT, 1993, p. 22). Segundo Zacheu e Castro, com a criação das Escolas Normais o livro foi visto com atribuições mais além do que a utilização exclusiva em sala de aula. Foram elaboradas obras para formação de professores e livros sobre leis e regulamentos da instrução pública.

A partir do século XX o incentivo para a produção de obras nacionais foi intensificado pelo governo, a partir daí, os livros didáticos começaram a ser produzidos em grande quantidade por autores brasileiros seguindo um programa criado pelo governo. A legislação específica dos livros didáticos que permitiu a distribuição para os estudantes foi criada nesse período e visava padronizar a seleção do material que seria utilizado em todo o país (ZACHEU; CASTRO, s.d.). Ela se mantém até hoje e é responsável por avaliar e disponibilizar obras didáticas de apoio à prática educativa.

Por muitos anos o livro foi a única fonte disponível, por isso seu uso foi, e ainda é considerado importante para o processo de ensino e aprendizagem e não pode, nem deve, ser descartado do processo. Diante do papel desempenhado pelo livro didático, Santos e Carneiro (2005) apontam três funções básicas assumidas por ele, tanto para estudantes quanto para professores. São elas: “função de informação, de estruturação e organização da aprendizagem e a função de guia do estudante no processo de apreensão do mundo exterior” (SANTOS; CARNEIRO, p. 105). Para professores, o livro didático “se constitui em um dos materiais didáticos e, como tal, passa a ser um recurso facilitador da aprendizagem e instrumento de apoio à prática pedagógica” (FRISON, 2009, p. 5), norteando “o planejamento, a atualização do professor, a seleção dos conteúdos a se trabalhar junto aos estudantes e os modelos de avaliação reproduzidos em sala de aula” (NASCIMENTO; MARTINS, 2009). O professor utiliza o livro didático não apenas para guiar a sua prática, mas o vê, também, como fonte de reflexão e aprofundamento de seu conhecimento, ele contribui com a própria formação do professor. Para estudantes “o livro didático é um instrumento muito importante no processo de ensino. É uma maneira mais acessível de adquirir conhecimento e em muitos aspectos facilita o acompanhamento dos conteúdos” (FRISON, 2009, p. 6).

Em contra partida, algumas preocupações também surgem quanto à utilização do livro didático. Uma delas consiste em como o livro didático trata a ciência, passando, às vezes, uma visão que não retrata a realidade, imbuído de fantasia, ou ainda quando tende a passar a ideia de que o conhecimento ali exposto é indiscutível e livre de erros, “criando-se a tendência à crença de que uma afirmação está em um livro por tratar-se de um fato” (SOUZA; MATE; PORTO, 2011, p.874). Ainda sobre isto, Megid Neto e Fracalanza (2003) afirmam:

Apesar de todos os esforços empreendidos até o momento, ainda não se alterou o tratamento dado ao conteúdo presente no livro que configura erroneamente o conhecimento científico como um produto acabado, elaborado por mentes privilegiadas, desprovidas de interesses político-econômicos e ideológicos, ou seja, que apresenta o conhecimento sempre como verdade absoluta, desvinculado do contexto histórico e sociocultural (MEGID NETO e FRACALANZA 2003, p.151).

Outra preocupação é demonstrada por Rosa (2013) ao falar que o uso do livro didático pode se constituir um problema quando “o professor está amparado em materiais didáticos de qualidade duvidosa e/ou quando o professor não utiliza este tipo de recurso de forma crítica, repensando e reformulando sua prática relacionada a este instrumento” (p. 49). E ainda, a má formação do professor pode ser um risco, pois, o profissional pode não se ver confiante em sua prática e torna-se dependente do livro, ele “acaba por adotar o índice do livro didático como programa de curso para o período letivo” (MOHR, 1994, pág. 7). Por outro lado existe a realidade em que o livro didático não é utilizado por ser considerado insuficiente ou inadequado por não apresentar ligação com a realidade do estudante, ou até mesmo por não saber destiná-lo a desempenhar um papel eficiente no processo utilizando-o apenas como um caderno de atividades um material auxiliar (FRISON, 2009). Somando o uso de materiais selecionados sem rigorosidade científica à formação com dificuldades, temos como resultado o ensino defeituoso e carente de conhecimentos, baseado em apenas um recurso, já que o professor não sente segurança em se apartar por um momento do livro didático.

Um problema maior surge quando é transferida para o livro didático toda a responsabilidade pelo ensino, admitindo que a leitura do livro seja suficiente para provocar no estudante a aprendizagem, o que na realidade não acontece (salvo os casos de pessoas autodidatas que constituem uma exceção), principalmente quando se trata de um componente curricular como a física.

O livro didático está carregado de influências externas à sala de aula. A influência mais marcante é a do próprio autor. O livro é produzido tendo como base a abordagem metodológica consistente com a concepção de ensino do autor e a visão do que é mais importante de ser mobilizado no estudante para que ele desenvolva competências que desencadeiam a aprendizagem. Porém, não há como o livro provocar o mesmo efeito em todos os estudantes, tendo em vista suas individualidades e diferenças cognitivas. Logo, cabe ao professor tomar consciência das fragilidades do livro e fazer complementações e adaptações do livro para as condições de seu contexto específico e desenvolver ações que forneçam a possibilidade de desenvolvimento cognitivo para todos os estudantes. O Programa Nacional do Livro didático disponibiliza aos professores um guia com algumas obras para serem escolhidas e utilizadas nas escolas.

Devido à distribuição intensificada e utilização do livro didático nas escolas brasileiras, surgiram muitas pesquisas que investigam esse material. Com relação aos livros de física, as pesquisas se concentram em analisar como os autores trabalham a questão histórica da produção do conhecimento científico e a contribuição da história da ciência para o ensino de física; analisar a presença dos livros nas salas de aula; analisar o papel e a relação dos livros didáticos de Física a partir de investigação com estudantes e professores. Também é possível encontrar estudos que analisam a abordagem do conteúdo físico ou as incoerências conceituais.

Segundo Artuso (2012), no caso de professores de física, o livro didático é mais utilizado na preparação de aulas. Garcia (2009) mostra resultados convergentes com as observações de Artuso (2012), percebendo que os professores buscam no livro didático referências, exercícios e experimentos para o trabalho com os estudantes. Eles também afirmaram que as orientações metodológicas no manual do professor são necessárias, pois “aproveitam as sugestões em seu trabalho, ressaltando que essas orientações podem melhorar a qualidade das aulas para muitos professores” (GARCIA, 2009). Com relação às atividades realizadas com o livro didático a maioria dos professores o utiliza para resolução de exercícios em sala e passar atividades para casa (ARTUSO, 2012). Professores em formação também apontam a necessidade dos livros na prática docente, “ele serve de apoio ou direcionamento, e também como fonte de estudo para o estudante” (GARCIA, 2009, p. 8).

A pesquisa de Mendes (2017) buscava investigar em que momento do estudo os estudantes utilizavam o livro didático de física e como era feito esse uso. Foi possível perceber que “os exercícios ou problemas contidos nos livros constituem o recurso mais utilizado pelos estudantes nos LD de Física” (MENDES, 2017, p. 30). Essa percepção é mais corroborada quando estudantes afirmam que para o livro didático constituir-se um bom livro é necessário que os exercícios sejam diversificados (quanto ao nível, fonte e à qualidade). Apesar de alguns estudantes fazerem considerações sobre as explicações do livro e a linguagem utilizada, a maioria atribui ao livro o papel de fonte de exercícios. Além disso, a maioria dos estudantes não utiliza o livro didático de física como primeira opção para estudar física. Quando o livro é utilizado para estudar a parte que é mais utilizada são os exercícios, podendo ser inferido que “a resolução de exercícios constitui a principal estratégia de estudo dos estudantes e, como tal, o principal tipo de uso do LD de Física” (MENDES, 2017, p. 42). Esse resultado com os estudantes não poderia ser diferente já que a pesquisa com professores

mostrou que o livro é mais utilizado para a resolução de exercícios que são indicados pelos professores.

Independente do nível de ensino, o livro didático desempenha papel importante, porém, no ensino superior a pouca diversidade dos livros didáticos de física básica restringe a escolha do livro didático aos poucos disponíveis, na maioria dos cursos são utilizados os mesmos livros todos os anos, que sofrem poucas adaptações ao longo do tempo sem que a essência original seja comprometida, ou seja, o discurso científico carregado de concepções e convicções permanece inalterado. Isso se caracteriza uma preocupação, os livros que eram usados nos cursos de física há dez anos são os mesmos utilizados hoje com poucas alterações que levam em conta a evolução e o desenvolvimento científico-tecnológico e social. A maneira que é utilizada o livro didático de física no processo de formação docente pode afetar a compreensão de conceitos e a forma como os professores de física compreendem esta ferramenta, bem como influenciar na sua futura prática.

A preocupação com a forma a qual é utilizada o livro didático nos cursos de física nas disciplinas específicas de física é apontada por alguns professores formadores. Eles afirmam que apesar do tempo destinado às discussões sobre escolha e uso do livro didático nas disciplinas pedagógicas, pouco efeito surtirá na forma que os futuros professores farão uso desse material em sala de aula. Isso porque as disciplinas específicas parecem exercer maior influência na construção da profissão (LEITE; GARCIA, 2018). Os estudantes universitários tenderão a reproduzir as formas que seus professores usam os livros, como relatado por um professor formador: “*os professores das outras disciplinas, pelo seu contraexemplo cotidiano, põem a perder todo trabalho realizado nas instrumentações*” (LEITE, GARCIA, 2018, p. 424). Carvalho (2018) explica que os livros didáticos do ensino superior “são direcionados ao conteúdo específico e desvinculados do conteúdo pedagógico, contribuindo para a manutenção de práticas docentes tradicionais e mecânicas” (CARVALHO, 2018, p. 8). Se não houver um trabalho conjunto de todas as disciplinas com relação ao uso adequado do livro didático, ele continuará a ser apenas um suporte material para as listas de exercícios.

A forma como professores utilizarão os livros didáticos na sala de aula recebe influência de sua formação, desde o ensino básico até o ensino superior. Tendo em vista as exigências e a sobrecarga de estudos das disciplinas específicas que ocupam maior parte do tempo de formação, o que é trabalhado e como é feito fica fixado na mente dos estudantes e

utilizado como espelho para sua prática, segundo Leite e Garcia (2018) “sua formação é predominantemente voltada para a aquisição de técnicas” (LEITE, GARCIA, 2018. p. 425).

A pesquisa feita por Carvalho (2018) faz comparações entre os livros didáticos utilizados no ensino médio e no ensino superior. Ele pôde constatar que o professor recém-formado tende a escolher livros didáticos que se assemelham com os utilizados durante a graduação, isso porque a concepção construída acerca do livro didático durante a graduação de certa forma o direciona na sua prática. Esses livros são caracterizados por Carvalho (2018) como “[...] livros tradicionais, que valorizam a linguagem técnica e formal e os aspectos quantitativos com muitos exercícios” (CARVALHO, 2018, p. 8).

2.3 As relações entre a física e a matemática na física e no ensino de física

A física e a matemática estão intimamente ligadas, não se pode separá-las, por isso, torna-se quase impossível o estudo da primeira sem a presença da segunda. Paty (2006, p. 7) vai um pouco mais longe afirmando que a “física seria impensável hoje sem o uso da matemática como uma forma e como o pensamento”. A relação entre a física e a matemática foi construída ao longo de anos, em cada período da história a visão do papel da matemática se modificava.

Um olhar na história mostra que em alguns períodos, a construção do conhecimento matemático era feita a partir de problemas físicos, como é o caso do cálculo diferencial que surge da necessidade de descrever quantitativamente os fenômenos físicos relacionados ao movimento e a previsão de outros com maior certeza, a partir de teorias e leis que abrangiam todos os aspectos do movimento (PATY, 1994 apud ATAÍDE, 2012). Por outro lado, o inverso também acontece quando conhecimentos matemáticos já construídos são utilizados pelos físicos para estruturar uma teoria física como mostra Paty (2006), falando sobre o papel que Einstein dava a matemática na formulação de teorias físicas:

Einstein percebeu a importância muito maior do pensamento matemático, não somente na formulação da teoria física, mas na possibilidade da sua elaboração, a qual precisava das teorias matemáticas mais complexas de seu tempo, tais como o cálculo diferencial absoluto ou tensorial e as geometrias não euclidianas (precisava criar novas matemáticas, como é o caso da teoria de campo unificado) (PATY, 2006, p. 8).

Portanto, não é uma condição para a construção de uma teoria física a existência prévia de elementos matemáticos que serão utilizados como ferramenta emprestada à física. A construção do conhecimento matemático nem sempre precede à física. A forma de pensar a relação entre a física e a matemática sofre modificações durante a história, a necessidade de formas ideais para representar fatos reais é abandonada dando lugar ao uso de procedimentos analógicos para representar a realidade. Uma nova postura é adotada, a de usar o ferramental matemático para definir grandezas, tratando a matemática como estruturante do conhecimento físico (PIETROCOLA, 2002).

Para Galileu (1623) a matemática não era apenas um simples instrumento de trabalho dos físicos, mas ela seria a linguagem com a qual a natureza está escrita:

A filosofia [física] encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências e outras figuras geométricas, sem cujos meios é impossível entender humanamente as palavras; sem eles nós vagamos perdidos dentro de um obscuro labirinto (GALILEI, 1623, s.p.).

Apesar de ainda existir a ideia de que a matemática é uma ferramenta a serviço da física, logo a física serviria como amplo campo de aplicação da matemática, cada vez mais a comunidade física dar-se conta de uma função diferente para matemática, para além de ferramenta, sendo ela uma forma de linguagem e de expressão de ideias, que no caso, são ideias de fenômenos físicos. Dessa forma ela torna-se um fator estruturante do conhecimento físico que possibilita uma base para proceder na construção do conhecimento físico.

Segundo Pietrocola (2002, p. 99), a “linguagem humana vai além da comunicação direta e da descrição de coisas, servindo para dar forma às nossas ideias e permitindo-nos lidar com elas”. Portanto, sendo a matemática a linguagem da física deduz-se que ela é uma expressão do nosso pensamento. A matemática é, além da linguagem que representa a física, o suporte para os conceitos científicos que obtêm sentido ao se associarem com as estruturas matemáticas (PIETROCOLA, 2002). Neste sentido, a matemática concede sua estruturação à física para constituir os modelos da realidade.

Frequentemente usa-se como justificativa para os insucessos que ocorrem na disciplina de física a falta de conhecimentos em matemática. Essa afirmativa não é de toda verdadeira pelo fato de que ter domínio das operações e das técnicas matemáticas não é garantia de domínio dos conceitos físicos, ou pelo menos, de entendê-los. Para isso é

necessário utilizar as técnicas matemáticas para estruturar um pensamento pertencente a outras esferas do conhecimento (KARAM; PIETROCOLA, 2009), o ensino da ciência deve ser capaz de promover essa habilidade de estruturar um pensamento para assimilar o mundo (PIETROCOLA, 2002).

Além disso, Redish (2005), Karam e Pietrocola (2009) concordam ao dizer que a matemática da física é diferenciada daquela lecionada nas aulas de matemática. Esta diferença está na maneira em que físicos e matemáticos rotulam constantes e variáveis, na interpretação de equações devido aos diferentes significados que são dados aos símbolos, ao fato de que quando um significado físico é dado a um símbolo a identificação dessa significação é universal, ou seja, para os físicos os símbolos carregam significados. Bem como, a mistura de significados físicos com a matemática muda a forma como os físicos olham as equações (REDISH, 2005). Logo, esperar que os conhecimentos dos estudantes sobre matemática, aprendidos na aula de matemática, seja suficiente para que o estudante compreenda os conceitos da física e domine esta ciência é exigir da matemática que realize uma tarefa dupla, a qual não tem obrigação de cumprir.

Não se quer dizer aqui que o estudante com nenhum domínio matemático dominará a física, pois se tem a consciência de que os conhecimentos básicos e fundamentais da matemática são, sem sombra de dúvidas, importantes para o domínio da física, até porque para conseguir o domínio de um conhecimento físico é necessário que tenha compreensão, não só dos conceitos, mas também, da forma de representação desse conceito, não só equações, mas todo tipo de representação matemática. Com relação a isso, Pietrocola (2002) afirma que “não se trata apenas de saber matemática para poder operar as teorias físicas que representam a realidade, mas de saber apreender teoricamente o real através de uma estruturação matemática” (PIETROCOLA, 2002, p. 106).

Associando o fato da matemática se constituir a linguagem da física e de que é possível entender teoricamente o mundo que estamos inseridos e as manifestações da natureza por meio de uma estruturação matemática, ao fato de que a matemática das aulas de matemática é diferente da matemática das aulas de física, Karam e Pietrocola (2009) e Pietrocola (2010) sugerem diferenciar habilidades técnicas e habilidades estruturantes no tratamento da relação física-matemática. As habilidades técnicas correspondem à afinidade e domínio operacional que alguns estudantes apresentam com “fórmulas”, regras e equações matemáticas, sendo essas habilidades não suficientes para o sucesso na aprendizagem de física, como já exposto anteriormente. As habilidades estruturantes dizem respeito à

capacidade de entender o real e expressá-lo matematicamente, de modelar matematicamente o mundo físico. Quando as habilidades técnicas não se convertem em habilidades estruturantes elas tornam-se obstáculos à apropriação do conhecimento físico. Logo, o objetivo do ensino de física deve ser preparar os estudantes para fazer uso da linguagem matemática como estrutura do conhecimento físico e destacar a importância da matemática na estruturação da física para que seja possível que o conhecimento produzido recentemente seja ensinado nas escolas (PIETROCOLA, 2010).

O conhecimento físico é constituído de modelos do real, ainda assim, o processo de construção de modelos, chamado de modelização, não é abordado no ensino de física. Buteler e Coleoni (2012) Pietrocola (2010) concordam a respeito do objetivo a ser alcançado no ensino de física, contudo, admitem que esse seja um dos objetivos mais difíceis de ser atingido, por ser a modelização um processo que não é fácil de ensinar e por exigir uma compreensão da matematização do fenômeno físico.

Compreender a formalização matemática é uma das dificuldades ao estudar física. Devido a isso, é transferida para a linguagem matemática a “culpa” do não aprendizado de física (Pietrocola, 2002). Essa atitude acaba por reforçar a concepção simplória de que a matemática é um instrumento das ciências. Ricardo e Freire (2007) tinham o objetivo de identificar as concepções de estudantes do ensino médio acerca do ensino da física. Além de outras coisas, mostraram que as incertezas quanto ao estudo da física e da matemática já rodeiam os pensamentos de estudantes no ensino médio. Quando perguntados sobre a diferença entre física e matemática, apenas 35,5% declararam haver diferença entre elas. Observa-se que os alunos atribuem à matemática apenas o papel de instrumento da física e consideram-na ausente de significado.

Karam (2007) investiga as opiniões dos estudantes do terceiro ano do ensino médio sobre as inter-relações das disciplinas de matemática e física e apresenta algumas situações particulares com o objetivo de averiguar se os estudantes fazem ligações entre os objetos estudados na disciplina de matemática e os fenômenos físicos que os utilizam como modelo. Quando são perguntados sobre qual é a importância da matemática para a física e se é possível estudar física sem utilizar a matemática, a maioria dos estudantes responde dizendo que é preciso dominar os fundamentos da matemática primeiramente para depois poder estudar Física, mostrando uma noção de matemática como pré-requisito para a física. As respostas de outros estudantes se encaixaram na categoria – As duas disciplinas se complementam sem que haja um nível de hierarquia de uma em relação à outra, esses

estudantes reconhecem a dependência entre as duas ciências, eliminando a hierarquia ou a premissa de uma sobre a outra. Alguns poucos estudantes manifestaram a concepção – É possível fazer física sem matemática porque a física também tem uma parte teórica, a eliminação total da linguagem matemática ocasionaria a descaracterização do conhecimento físico. Já outros estudantes manifestaram a concepção – A matemática é estruturante do conhecimento físico: é impossível fazer física sem matemática porque é ela que sustenta este conhecimento, que o estrutura. Essa última categoria revela um nível avançado de compreensão por parte desses estudantes acerca das funções das duas ciências, sendo essa concepção de matemática como estruturante do conhecimento físico que deve ser almejada na prática docente. Quando o inverso é questionado, ou seja, a importância da física para a matemática, apenas uma pequena minoria consegue perceber que a física desempenha papel de motivação para a criação de novas teorias matemáticas.

Quando mudamos o cenário para o ensino superior ainda é frequente a concepção de matemática como ferramenta e ela é vista nas atitudes de estudantes, como na pesquisa realizada por Greca e Ataíde (2019) que permite observar quais relações existentes entre a física e a matemática são consideradas pelos estudantes de física. Pôde ser constatado que 25% dos estudantes participantes da pesquisa veem a matemática apenas como uma ferramenta para a física e a usam apenas como uma técnica de solução de problemas, na maioria das vezes resolvendo problemas por tentativa e erro. Essa ideia dos estudantes pode influenciar na forma que compreendem os conceitos físicos, constituindo obstáculos para a aprendizagem.

Com o objetivo de conhecer como licenciandos em física refletem sobre o papel da linguagem matemática no Ensino de Física, Mannrich e Silva (2017) perceberam que alguns licenciandos tiveram dificuldades para justificar a presença da matemática na física e em seu ensino, muitas vezes a reduzindo a um instrumento quantificador. Mas houve também aqueles que apresentaram um entendimento a respeito do papel da matemática na física na direção de linguagem estruturante, no sentido de que a matemática seria como um instrumento de pensamento, de construção e análise do fenômeno.

A concepção de ferramenta também é vista na conduta dos professores. A pesquisa desenvolvida por Mendes (2014) teve o objetivo de conhecer as noções dos professores de física a respeito do ensino de física. Pôde ser observado, em diversas falas, que alguns professores possuem a percepção de que a matemática é uma ferramenta para descrever fenômenos físicos, mostrando que os professores ainda têm a concepção de que a matemática

é apenas uma ferramenta utilizada pelo método empírico. A visão que os professores têm do papel que a matemática desempenha na física é passada para os seus estudantes no momento em que estão ensinando, disseminando, consciente ou inconscientemente, uma ideia equivocada que possivelmente afetará a compreensão dos conteúdos físicos.

Anjos, Cabellero e Moreira (2011) em pesquisa realizada na tentativa de saber quais as concepções dos professores sobre as equações matemáticas no ensino da física, identificaram que os professores consideram as expressões matemática como algo importante para o ensino e dizem que elas são “fundamentais para o aprendizado”; “representam ou quantificam a teoria”; “ferramentas matemáticas necessárias”. Os autores argumentam que as falas que expressam as ideias dos professores induz o estudante a construir uma visão equivocada do papel das expressões na aprendizagem de física e contribuem com elementos que constituirão em obstáculos para o entendimento de conceitos físicos. Segundo Ataíde (2012) a postura dos professores traz consequência para o ensino de física. Os estudantes absorvem a ideia de que se conhecer a expressão matemática e como resolvê-la, obterá resultado satisfatório em física.

Diante dessas concepções de professores e estudantes dentro do universo acadêmico, Pietrocola (2002) aponta que uma possível solução para trabalhar outra visão da matemática no ensino de física, seria fazer uma análise mais detalhada das relações existentes entre a matemática e a física. Conforme Karam (2012) é necessário que haja um investimento na formação de professores de forma que discussões sobre o tema estejam presentes em disciplinas do curso de física, bem como na busca de estratégias didáticas para tratá-lo em contextos de ensino. Leodoro (2007) propõe que a formação de professores reavalie e problematize a concepção que aponta a construção do conhecimento matemático como sendo primordial ao conhecimento físico e unicamente para suprir suas necessidades, resultando na ideia unidirecional da matemática como linguagem da física, desconsiderando a contribuição histórica que a física teve no desenvolvimento da matemática.

Para que haja uma reavaliação do ensino de física e matemática alguns temas devem ser investigados e discutidos como propõe Leodoro (2007) ao relacionar alguns pontos de investigação que colaborarão na construção de uma nova visão do ensino de ciências e matemática. Em primeiro lugar ele propõe uma abordagem dos aspectos estéticos da física e da matemática no ensino visando realçar e enfatizar a beleza existente por trás do conhecimento construído dentro das ciências. A forma a qual os conhecimentos científicos e matemáticos são apresentados não retratam todas as estratégias utilizadas em suas

construções, esses procedimentos não são apenas dedutivos. Nesse sentido, outro tema a ser investigado é a possibilidade do uso do pensamento intuitivo e da analogia na resolução de problemas e dessa forma poder resultar em uma modificação da ideia, segundo a qual, os problemas físicos são apenas aplicações da matemática. Propõe também, que o ensino de física e matemática deve incorporar a discussão dos contextos históricos nos quais as ideias e conceitos foram desenvolvidos contribuindo com a criação de estratégias didáticas que favorecem o aprendizado de ambas as áreas do conhecimento. Por fim, aponta a experimentação e a modelização dos fenômenos como outro tema a ser investigado no ensino de física e matemática que colabore com uma interação mais produtiva e eficiente entre a matemática e a física.

Diante das dificuldades de aprendizagem em física, a falta de compreensão das relações entre a física e a matemática pode ser fator determinante dessas dificuldades. Isso porque quando o estudante não assimila a associação da física com a matemática muito provavelmente apresentará dificuldades de entender e manusear a formalização matemática. Além disso, prejudica na capacidade de criar conexão entre o conceito e as situações, visto que ele não consegue fazer ligação da física com a matemática, portanto, não enxerga um sentido nessa relação o que resulta na incapacidade de vincular esse conhecimento com situações cotidianas.

2.4 Resolução de problemas no ensino de física

A resolução de problemas ocupa um lugar nas aulas de física, ela é considerada como atividade primordial e indispensável ao aprendizado. É por meio dela (não exclusivamente) que o professor pode constatar o desenvolvimento do estudante no conhecimento físico. É na resolução de problemas que o estudante vai explicitar o que aprendeu, como também, o que não foi completamente compreendido. A resolução de problemas pode desempenhar diferentes funções dentro do ensino, além de prestar-se como uma forma de avaliação da aprendizagem, pode servir de meio de aprofundamento da aprendizagem, bem como, servir de ponto de partida para a aprendizagem (LEITE; ESTEVES, 2005). “A resolução de problemas em sala de aula é uma habilidade pela qual o indivíduo externaliza o processo construtivo de aprender, de converter em ações, conceitos, proposições e exemplos construídos através da

interação com professores, pares e materiais instrucionais” (COSTA; MOREIRA, 2001, p. 263).

Os problemas podem apresentar diferentes formatações e possuir diferentes exigências e dessa forma serem classificados baseados em seus aspectos. Para Cardoso (2007), quando um problema exige que o solucionador faça uso de raciocínio teórico sem que seja necessário o uso de cálculos numéricos tendo como propósito, a partir da apresentação do problema, fazer relação da ciência em questão com o cotidiano, caracteriza-se como qualitativa. Já quando a situação exige manipulação de dados e cálculos numéricos objetivando chegar a uma solução pré-determinada, o problema é caracterizado como quantitativo e constitui o tipo mais utilizado nas aulas de física de todos os níveis de ensino. Esse tipo de problema ajuda na consolidação do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades e técnicas, porém, seu uso abusivo pode distorcer o sentido dessa prática. Os problemas também podem solicitar uma maior mobilização por parte do estudante para que possa solucioná-lo. Esse tipo de situação permite a criação de hipóteses, de conclusões e a construção de estratégias para chegar à solução do fenômeno observado (CARDOSO, 2007).

As situações de resolução de problemas, sejam os tradicionais exemplares ou abertos, são espaços de aprendizagem que se complementam e tornam-se necessários ao ensino de física, pois ambos possibilitam a aprendizagem conceitual do conhecimento físico (GRECA; MOREIRA, 2003). A palavra central da teoria de Vergnaud é a conceitualização sendo ela a responsável por hipóteses e analogias que guiam a conduta de estudantes frente a situações problemas. As dificuldades enfrentadas na resolução de problemas dão-se em parte pelas atividades mentais que as situações requererem do estudante (GRECA; MOREIRA, 2003). Tais ações mentais elucidam suas competência, habilidades ou técnicas para lidar com situações e os objetos envolvidos, a capacidade de observação de relações, a organização de dados a construção de hipóteses, o julgamento e a conclusão.

Greca e Moreira (2003) consideram que “os problemas tradicionais têm um papel fundamental para o processo de conceitualização, pois, ao deparar-se com diferentes situações presentes nesses problemas, os estudantes vão adquirindo implicitamente os invariantes operatórios necessários e indispensáveis para o processo de conceitualização” (GRECA; MOREIRA, 2003, p. 62). Já os “problemas abertos como estratégias de modelização podem ser entendidos como um dos possíveis mecanismos de explicitação dos conceitos e teoremas em ação, estágio indispensável para a aquisição dos verdadeiros enunciados e conceitos científicos”. (GRECA; MOREIRA, 2003, p. 63). Nessas situações os estudantes terão que

explicitar seus invariantes operatórios para que dessa forma ocorra a investigação de tais invariantes, medindo até que ponto podem se caracterizar verdadeiros teoremas e conceitos científicos. Portanto, os problemas tradicionais podem se caracterizar como sendo uma etapa inicial da formação de conceitos onde há aquisição de invariantes e os problemas abertos como segunda etapa desse processo, onde os estudantes externam seus teoremas e conceitos em ação. Sendo assim as duas estratégias podem ser associadas e utilizadas no ensino de física de modo a potencializar a aprendizagem de conceitos (GRECA; MOREIRA, 2003).

A resolução de problemas não evidencia apenas novas regras e técnicas de ação sobre determinada situação a partir de conhecimentos já construídos, nem o processo de formação de conceitos não é apenas uma eventualidade para novas formas de conceitualizar o mundo, esses dois elementos fazem parte de uma mesma realidade e exercem influência mútua (GRECA; MOREIRA, 2003). O conhecimento que o indivíduo possui pode ser considerado como competências, essas competências tendem a serem associadas com a resolução de problemas, onde o saber fazer é colocado à amostra, as concepções podem ser vinculadas às explicações e expressões verbais ou escritas do sujeito (VERGNAUD, 1885 apud GRECA; MOREIRA, 2003).

A compreensão da resolução de problema está vinculada à compreensão da aprendizagem das tarefas envolvidas na resolução de problemas. Vergnaud defende que o conhecimento é construído a partir de problemas a resolver, então, é essencial a investigação de situações problema úteis à elaboração de conceitos, o que sugere o uso de problemas variados. Essa investigação psicológica permite revelar as conceitualizações implícitas nos esquemas dos estudantes, os procedimentos e os erros que manifestam. As concepções dos estudantes serão alteradas quando entrarem em conflito com situações as quais não se aplicam as informações que dominam, então, o professor deve oferecer-lhes situações de ativação de esquemas já disponíveis, mas, sobretudo, as que os levem à integração daqueles esquemas prévios, reconstruindo-os diante de novas relações (FÁVERO, 2001).

É importante que os problemas propostos sejam capazes de propiciar a percepção da compreensão dos conceitos por parte dos estudantes, para isso, é preciso estar claro o significado de problema e a diferença entre ele e o exercício. Pozo et al. (1995) entendem que um problema é uma situação aberta que admite vários caminhos de solução, já o exercício é uma situação rotineira que não produz inquietação e curiosidade. Distinguem problema de exercício afirmando que os exercícios requerem o uso de técnicas enquanto que os problemas são resolvidos através de estratégias, do planejamento consciente das ações a serem

executadas e das consequências delas. As estratégias são produto de uma reflexão, não descartando o fato de que a aplicação de estratégias se apoia no uso das técnicas. Costa e Moreira (2001) identificam como problema as situações problemáticas de papel e lápis encontradas nos textos de física que são trabalhadas em sala de aula e que se diferenciam de um exercício na medida em que exigem muito mais do que memorização e aplicação mecânicas de equações.

Vale ressaltar que os exercícios são importantes uma vez que são utilizados com o intento de consolidar determinadas habilidades que serão exigidas em tarefas de resolução de problemas. Além disso, o conceito de problema ou a diferenciação da situação que é nomeada como um problema ou como um exercício é algo relativo que depende do solucionador, como afirma Peduzzi (1997):

A distinção entre problema e exercício é bastante sutil, não devendo ser especificada em termos absolutos. Ela é função do indivíduo (de seus conhecimentos, da sua experiência etc.) e da tarefa que a ele se apresenta. Assim, enquanto uma determinada situação pode representar um problema genuíno para uma pessoa, para outra ela pode se constituir em um mero exercício (PEDUZZI, 1997, p. 230).

Portanto, pode-se dizer que uma dada situação é caracterizada como um problema para um indivíduo quando, buscando resolvê-la, ele não é levado à solução de uma forma imediata ou automática, e mais, a determinação de que uma situação caracteriza-se como problema ou exercício parte do sujeito que a encara, depende da extensão dos conhecimentos e habilidades que possui. Ou seja, uma situação é caracterizada como um problema quando o solucionador se envolve em um processo de reflexão e tomada de decisões sobre etapas a seguir.

Porém, quando os estudantes se deparam com problemas tentam solucioná-los da mesma forma que responderiam a um exercício. Essa e outras evidências a respeito do processo de ensino aprendizagem foram observadas por Lucero, Concari e Pozzo (2006) nas turmas de física de cursos de graduação, que podem ser estendidas para outras turmas: Os estudantes resolvem problemas buscando “fórmulas” que levem ao resultado correto e trabalham no laboratório de forma automática, manuseando corretamente os dispositivos, mas falham quando tentam analisar os fenômenos envolvidos. Os autores ainda listam uma série de dificuldades presentes nas ações dos estudantes, as mais relevantes são: Descrever em palavras um fenômeno em questão, interpretar fisicamente um resultado numérico, explicar

conceitualmente uma situação problemática colocada, justificar uma resposta à luz dos conceitos teóricos envolvidos e analisar os fenômenos envolvidos em uma situação.

Peduzzi (1997) também apresenta algumas dificuldades e as possíveis causas que os professores enxergam para a presença delas nas ações dos estudantes. Um ponto que aparece nas pesquisas de Peduzzi (1997) e Lucero, Concari e Pozzo (2006) é o operativismo mecânico, os professores afirmam que os estudantes são condicionados, desde o ensino médio, a verem os problemas como uma aplicação de “fórmula correta”, previamente decorada pelo estudante, e essa atitude é reforçada nos cursos de graduação. Com relação à dificuldade de analisar os fenômenos envolvidos em uma situação, os professores alegam que os estudantes fazem a leitura do problema com pouca atenção impedindo-os de compreenderem o problema e, conseqüentemente, analisá-lo.

Diante das dificuldades apresentadas pelos estudantes no ato de resolução de problema vários pesquisadores empenharam-se em desenvolver técnicas ou métodos de resolução de problemas. Em Peduzzi (1997) e outros pesquisadores são encontrados alguns modelos de resolução de problemas. Não cabe descrevê-los aqui porque não é o objetivo discutir etapas ou passos a serem seguidos na resolução de problemas, mas sim utilizar esses para investigar as estratégias que estudantes usam na resolução, com foco nos invariantes operatórios que são evidenciados no processo e o papel que é atribuído à matemática. Não existe uma forma excelente ou uma receita padrão a seguir na resolução de todos os problemas, mas é um fato que para resolver problemas é necessário ler, interpretar e analisar o problema, levantar hipóteses e delinear estratégias de solução.

Por outro lado os métodos de resolução de problemas não são vistos com bons olhos por todos. Karam e Pietrocola (2009) demonstram preocupação com os modelos de resolução a respeito do papel que conferem à matemática. Concentram-se em analisar o trabalho de Pozo e Crespo (1995) e para fortalecer seus argumentos utilizam trechos em que os autores explicitam a visão que possuem a respeito da matemática na resolução de problemas. Chegam à conclusão de que os autores evidenciam em seu modelo a matemática como uma ferramenta e/ou um instrumento para a resolução de problemas físicos. Isso preocupa os autores por passar uma visão distorcida do papel da matemática, que deve ser vista como estruturante do conhecimento físico, visão compartilhada por Poincaré (1995) “[...] sem essa linguagem [matemática], a maior parte das analogias íntimas das coisas permaneceria para sempre fora de nosso conhecimento; e teríamos sempre ignorado a harmonia interna do mundo, que é a única verdadeira realidade objetiva” (apud KARAM; PIETROCOLA, 2009, p. 190).

Sousa e Fávero (2003) em pesquisa realizada acerca das concepções de professores perceberam que a maioria deles interpreta a resolução de problemas como uma aplicação do conteúdo conceitual, isto é, aplicação e transferência de conhecimento adquirido ou veem a resolução de problemas como estratégias para desenvolver o raciocínio. Alguns professores equacionaram a resolução de problemas com o método científico, ou com a transformação de dados qualitativos em quantitativos. Nenhum dos professores apresentou a concepção da resolução de problemas como um componente integrante do conhecimento e como atividade facilitadora da aprendizagem de conceitos físicos. Em relação à função do professor no processo de resolução de problemas a grande maioria dos sujeitos veem o professor como mediador, tutor, auxiliar no processo de resolução em sala de aula, acreditando que cabe aos próprios estudantes levar a fim essa tarefa. Ainda outros professores parecem atribuir a si mesmos a tarefa de resolução, servindo então como um modelo para os estudantes e fornecendo-lhes modelos de resolução.

A resolução de problemas não é um momento onde o estudante colocará à prova o que entendeu do conteúdo, muito menos testar seus conhecimentos, mas é uma nova oportunidade de aprendizagem e construção de conhecimento. O professor precisa ver a resolução de problemas como uma “atividade que mereça, por si mesma, uma discussão mais específica de sua parte ao invés de designar o sucesso na resolução de problemas como condição para a aprovação de estudantes” (PEDUZZI, 1997, p. 235). Peduzzi (1997) acrescenta ainda que a “resolução de problemas de lápis e papel, em física, não deve ser considerada pelo professor como uma atividade na qual o estudante, por esforço próprio, sem qualquer orientação específica, tenha necessariamente êxito” (PEDUZZI, 1997, p. 231).

No momento de resolução de problemas o indivíduo invoca seus esquemas, esses entram em ação através de proposições, conceitos, determinando regras de ação e fazendo deduções e conclusões acerca da situação. Surge aí, então, a possibilidade de melhoramento dos esquemas que o estudante possui e/ou construção de novos esquemas que o permita encarar a situação proposta, assegurando que o sujeito avance dentro do campo conceitual.

2.5 Concepções alternativas em mecânica

Os estudantes vêm para a sala de aula com concepções alternativas construídas espontaneamente durante toda a sua vida e explicam os fenômenos que acontecem ao seu redor baseadas nas experiências vividas por eles. Essas concepções fazem parte da estrutura cognitiva do indivíduo e, muitas vezes, estão muito distante das concepções aceitas pelo meio científico. Quando esses indivíduos participam de um processo de ensino formal as concepções alternativas entram em conflito com as concepções científicas e acabam tornando-se um obstáculo para a aprendizagem de conceitos de ciências. Mesmo após o contato formal com o conceito científico as concepções alternativas podem permanecer na estrutura cognitiva do indivíduo e ele continua fazendo uso dessas ideias para explicar fenômenos.

Leite (1993) define concepções alternativas como sendo as “explicações e ideias dos indivíduos que, não consistindo em erros esporádicos, não coincidem com as aceitas pela comunidade científica, mas fazem sentido para aqueles que as possuem, na medida em que são adequadas à resolução das suas tarefas”. (LEITE, 1993, p. 18-19). Essas concepções podem ser caracterizadas a partir de algumas propriedades (LEITE, 1993):

- As concepções alternativas são pessoais. O modo como são integradas na estrutura cognitiva varia de indivíduo para indivíduo e depende das experiências e conhecimentos que possuem e como as utiliza em frente uma nova situação.
- Apresentam coerência diferente. Os indivíduos tendem a apresentar explicações diferentes para situações parecidas, entrando em contradição com a própria explicação.
- São estáveis. Mesmo quando os indivíduos enfrentam situação em que as concepções são colocadas em dúvida, não conseguem abandoná-las tentando interpretar a nova situação usando as mesmas ideias.
- Os indivíduos tendem a basear suas explicações a partir do que pode ser observado. E ignoram o acontecimento como um todo se centrando apenas nas partes.

Segundo Moreira (2002) as concepções alternativas dos estudantes podem conter teoremas e conceitos em ação, que não são verdadeiros conceitos científicos, mas que podem evoluir para eles. “Pode ocorrer que certos conceitos possam ser construídos somente se certas concepções alternativas forem abandonadas” (MOREIRA, 2002, p. 20). “Teoremas em ação podem, em alguns casos, parecerem concepções alternativas, mas indo-se à definição -

regras que o sujeito acredita que são válidas sobre a realidade – vê-se que as concepções alternativas podem conter teoremas em ação. Ou seja, teoremas em ação são mais elementares do que concepções alternativas” (GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2006, p. 470-471). “Os invariantes operatórios, diferentemente das concepções alternativas, não são tão evidentes e podem de uma maneira sutil, mas muito potente, entrar o domínio de um campo conceitual” (GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2006, p. 470).

A pesquisa sobre concepções alternativas em ciências é extensa e de longa data. Essas investigações foram feitas em várias áreas da física permitindo perceber algumas concepções alternativas muito frequentes nas explicações dadas a diferentes fenômenos físicos por estudantes de várias partes do mundo. Com relação à área de mecânica a pesquisa é bastante vasta e traz muitas contribuições para o ensino de Física (VIENNOT, 1979; TROWBRIDGE; MCDERMOTT, 1981; CARAMAZZA; MCCLOSKEY; GREEN, 1981; CLEMENT, 1982; LABURU, 1993; LEITE, 1993; CORDEIRO, 2003; KRAUSE; SCHEID, 2018).

Carvalho (1985) apud Cordeiro (2003) aplicou um questionário com estudantes do ensino superior buscando identificar concepções alternativas sobre conceitos físicos, dentre eles aceleração. Dentre as concepções observadas: aceleração é igual à velocidade; se há velocidade há aceleração e a aceleração é a razão entre variação de velocidade e variação de tempo (CORDEIRO, 2003). Alguns desses resultados também foram observados em Laburu (1993), onde foram investigadas as concepções de estudantes sobre o conceito de aceleração realizou-se três tarefas experimentais que permitiram observar algumas ideias sobre aceleração, dentre elas, aceleração como sendo a razão entre as grandezas velocidade e tempo; variação da velocidade, aumento de velocidade, ou ainda, sinônimo de velocidade (LABURU, 1993).

Com o mesmo objetivo de investigação, Trowbridge e Mcdermott (1981) concluíram que para os estudantes falta a compreensão do conceito de aceleração como a razão da variação da velocidade em um intervalo de tempo, para alguns estudantes o conceito de aceleração se resumia à variação de velocidade, sem relacioná-la com o intervalo de tempo; constataram a ideia de que se dois objetos atingissem a mesma posição, eles possuíam a mesma aceleração; confundem velocidade e aceleração. Em um estudo anterior, sobre concepções de velocidade, Trowbridge e Mcdermott (1980) concluíram que os estudantes

acreditam que quando dois corpos alcançam a mesma posição possuem a mesma velocidade e associam estar à frente com ser mais rápido.

Aguirre (1988) apud Leite (1993) verificou a existência das seguintes concepções alternativa sobre composição de movimento:

Uma componente da velocidade atua depois da outra, ou seja, elas atuam sequencialmente;

O tempo, ao longo de uma trajetória curva, é mais curto do que o tempo que levaria sob a ação exclusiva da componente vertical;

O tempo, ao longo de uma trajetória curva, é mais longo do que o tempo que levaria sob a ação exclusiva da componente vertical;

A grandeza de uma componente da velocidade diminui devido à interação com a outra componente;

A grandeza de uma componente da velocidade aumenta devido à interação com a outra componente;

A grandeza de uma componente da velocidade varia devido à interação com a outra componente. (AGUIRRE, 1988 apud LEITE, 1993, p. 57).

Caramazza, McCloskey e Green (1981) investigaram as concepções sobre movimento de projéteis em uma situação onde os estudantes deveriam traçar a trajetória que seria seguida por uma bola que estava presa a um fio se este fosse cortado quando a bola estivesse em quatro posições diferentes da oscilação. Observaram que os indivíduos acreditam que quando um objeto está suspenso na vertical, ele cai sempre na vertical, independente de estar ou não em movimento; ou um objeto sempre cai na vertical independente da sua posição e/ou velocidade inicial; ou o objeto que possui velocidade horizontal desloca-se na horizontal depois passa a cair na vertical.

Vários estudos citados por Leite (1993) corroboram concluindo concepções alternativas onde os estudantes expressam a ideia de que objetos inicialmente em movimento horizontal caem na vertical, pois o movimento natural da queda é na vertical ou porque a velocidade horizontal se anula no instante que começa a queda, ou caem com movimentos sucessivos, primeiro na horizontal depois na vertical. Outros pensam que a trajetória é diagonal, resultante da combinação do movimento horizontal com o vertical (LEITE, 1993).

Viennot (1979) realizou estudos com franceses, belgas e ingleses investigando as concepções relacionadas à força e movimento. Observou que os estudantes tendem a relacionar força e velocidade e acreditam que “se a velocidade é nula a força também é nula, se a velocidade não for nula a força também não é nula e se as velocidades são diferentes, as forças são diferentes (mesmo que as acelerações sejam iguais)” (VIENNOT, 1979, p. 207). As

pesquisas de Champagne, Klopfer e Anderson (1980); Mohapatra e Bhattacharyya (1989); Thjs (1992); Kruger e Summers (1988); Kruger, Summers e Palacio (1990); Vasconcelos (1987) apud Leite (1993) mostram que os indivíduos acreditam que é necessária uma força na direção do movimento.

Ainda sobre a relação força e movimento Clement (1982) observou que os estudantes inventam forças quando o movimento continua em oposição a uma força que é óbvia (lançamento vertical), neste caso a força inventada é maior que a força oposta; e que as forças inventadas podem aumentar ou diminuir conforme a variação da velocidade do movimento (no lançamento vertical a velocidade vai diminuindo e, então, imagina-se que a força inventada deve diminuir).

3 METODOLOGIA

A pesquisa tem o propósito de aprofundar o estudo em um grupo de estudantes cursando o primeiro e segundo períodos do curso de Licenciatura em Física da UEPB, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações deles com o conhecimento físico, logo, apresenta características que a classifica como abordagem qualitativa. Esse tipo de abordagem se preocupa com o aprofundamento da compreensão de um grupo, buscando explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). “Preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32).

Como o estudo visa conhecer em profundidade como um grupo restrito de estudantes se mobiliza frente a problemas físicos e quais estratégias utilizam para resolvê-los, procurando descobrir o que há nelas de mais essencial e característico, descrevendo suas atitudes frente às situações e inferindo possíveis invariantes operatórios, classifica-se quanto ao procedimento em um estudo de caso. O estudo de caso é definido como um estudo profundo de um ou alguns objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para que os objetivos da pesquisa fossem alcançados, a dividimos em três estudos resultando em uma composição de resultados. O primeiro estudo consistiu em realizar uma investigação nos livros didáticos utilizados no ensino superior nos cursos de física básica para examinar como os autores desses livros abordam o conteúdo de movimento bidimensional e como exploram os conceitos de deslocamento, velocidade, aceleração e vetores. Além disso, buscamos analisar como essa abordagem pode influenciar estudantes na construção da ideia do papel que a matemática desempenha na física. Foram observados cinco livros de física do nível superior, escolhidos por serem os mais populares nos cursos de física das universidades do Brasil, fato constatado após uma busca nas ementas dos componentes curriculares de física básica das universidades que possuem curso de física e que as disponibilizam on-line. Neste estudo foi realizada a análise dos capítulos sobre movimento unidimensional, bidimensional e vetores. Criamos algumas categorias para fazermos a classificação de cada livro. Buscamos

caracterizar a ordem sequencial que os livros abordam os conteúdos revelando como deve ser a continuidade do ensino dos mesmos para cada autor. Também observamos como os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração foram definidos nos capítulos sobre movimento, nos concentrando em verificar em qual momento os autores tratavam as grandezas vetoriais e as expressavam através de linguagem vetorial. Por fim, buscamos conhecer a concepção dos autores a respeito do papel da matemática na física, muitas delas explicitadas em comentários no início do livro. Esse estudo está associado à meta de analisar como os estudantes entendem e usam a matemática para construir um conceito físico. As informações obtidas neste estudo servem de subsídio para os resultados que nos deparamos nos estudos posteriores.

No segundo estudo, buscamos conhecer como os conceitos de vetor velocidade e aceleração são compreendidos pelos estudantes. Para isso, foi elaborado um conjunto de questões composto por seis problemas, os quais tratam sobre o conhecimento de movimento bidimensional e vetores, para ser aplicado em turmas do primeiro e segundo semestres do curso de Licenciatura em Física da UEPB. Os problemas foram retirados de livros didáticos e alguns sofreram adaptações. Cada situação foi selecionada com a intenção de que os estudantes explicitassem os conhecimentos que possuíam sobre o assunto. O grau de confiabilidade dos problemas foi inferido a partir de uma característica do instrumento (problemas utilizados) que é a validação de conteúdo, que indica à medida que uma amostra é representativa do conteúdo (MOREIRA, 2003). Esta característica “não é determinada estatisticamente, mas sim a partir da avaliação de diferentes examinadores que analisam a representatividade dos itens em relação às áreas de conteúdo e à relevância dos objetivos a medir” (VIANNA, 1985, pp.172- 173, apud MOREIRA, 2003). O questionário passou por um processo de validação e por uma etapa de pré-teste, num universo reduzido, “para que se pudessem corrigir eventuais erros de formulação” (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS. 2010. p. 58).

Inicialmente, o processo foi realizado por um grupo de examinadores especialistas composto por professores da educação básica e por um professor do ensino superior. O grupo analisou e deu suas opiniões acerca da eficiência das questões para a finalidade que desejávamos. Posteriormente, um teste foi aplicado a um grupo de estudantes do curso de Licenciatura plena em física/UEPB do terceiro, quarto e quinto semestre. O questionário foi respondido e verificamos se as questões estavam compreensíveis e se obteríamos as respostas que esperávamos. Após a validação fizemos as adequações das questões e demos

prossequimento à pesquisa aplicando o questionário ao público alvo que são estudantes de primeiro e segundo semestres e a partir disso definimos o grupo focal que participaria do terceiro estudo da investigação. A escolha dos estudantes participantes do grupo focal do terceiro estudo foi feita baseada na análise das respostas dadas ao questionário do estudo dois. Foram escolhidos cinco estudantes que podem ser classificados como aqueles que deram um número maior respostas satisfatórias aparentando ter boa compreensão dos conceitos ou que aparentam apresentar pouca compreensão dos conceitos ou que aparentam ter compreensão razoável dos conceitos.

O terceiro estudo corresponde a seções de resolução de problemas pelos estudantes, na qual utilizamos para a coleta de dados a técnica do protocolo verbal. A técnica do protocolo verbal tem sido usada como instrumento de pesquisa para coletar dados que fornecem informações acerca dos processos mentais empregados pelo indivíduo na realização de uma tarefa (FUJITA, 2009). A técnica consiste em analisar o processo de verbalização do indivíduo no momento em que ele realiza a atividade sem que haja interação do pesquisador. Protocolos verbais é justamente a fala do participante que foi gravada e transcrita, são relatos verbais dos processos mentais conscientes do participante (FUJITA, 2009). Como se trata de uma pesquisa com viés cognitivo essa técnica se mostra eficiente pelo fato de que os estudantes, na medida em que forem resolvendo o problema, expressam verbalmente as estratégias que estão usando. Esses momentos foram gravados para posterior análise das falas sendo possível inferir os possíveis conceitos em ação e teoremas em ação. Sendo assim, foram selecionados alguns problemas para compor essa fase da pesquisa para os quais era necessária a elaboração e utilização de estratégias e que para a sua resolução fosse necessário a junção das definições verbais, das estruturas matemáticas, aliadas a aplicação em uma situação representada pelo problema proposto.

Os estudos dois e três estão associados aos objetivos de identificar e relacionar possíveis invariantes operatórios utilizados pelos estudantes na resolução de problemas de cinemática e verificar a influência desses na aprendizagem dos conceitos básicos de cinemática: deslocamento, velocidade e aceleração. A combinação dos três estudos nos permite refletir sobre as ideias de estudantes quanto à função desempenhada pela matemática no contexto físico.

4 CONCEITOS DE DESLOCAMENTO, VELOCIDADE E ACELERAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO SUPERIOR: ESTUDO 1

Quando um indivíduo se submete a um processo de aprendizagem, tudo que faz parte do ambiente ao qual ele está inserido influencia nesse processo. O indivíduo precisa se apoiar em ideias, tanto as dele como a de outros sujeitos participantes, para que consiga progredir na construção e aquisição de determinado conhecimento. Em um ambiente formal de aprendizagem os sujeitos são estudantes, professores, as estratégias e metodologias e os materiais didáticos, entre estes destacamos o livro didático. O livro didático faz parte de um conjunto de materiais e instrumentos utilizados pelos estudantes no processo de aprendizagem, por isso, pode exercer influência na compreensão dos conteúdos e torna-se, muitas vezes, o agente selecionador, organizador e sequenciador dos elementos para a sua formação (SAVIANI, 2009).

Portanto, temos como objetivo analisar os capítulos dos livros de física utilizados no ensino superior que abordam os conteúdos vetores e movimento e conhecer como o tipo de abordagem desses conteúdos pode estar influenciando no entendimento dos conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração e na construção da visão dos estudantes acerca da relação entre a física e a matemática.

Partimos do pressuposto de que a maneira como os livros didáticos utilizados nos cursos de física trazem a discussão do movimento, e a relação com vetores, pode ser um dos fatores que levam a construção incompleta, ou incorreta, do papel da matemática na física e a não compreensão dos conceitos. Isso tem como consequência as dificuldades em compreender movimento de projéteis e o movimento circular, onde é necessário o entendimento de deslocamento, velocidade e aceleração como grandezas vetoriais, logo representadas por vetores, e que na situação desses movimentos, as três grandezas possuem componentes em mais de uma direção sendo preciso trabalhá-las separadamente. Por isso, a análise dos capítulos que abordam esses conteúdos se mostra necessária na identificação dos possíveis colaboradores para o surgimento das dificuldades dos estudantes.

4.1 Categorias de análise

Após uma busca nas ementas dos componentes curriculares de física básica das universidades brasileiras selecionamos os cinco livros mais utilizados no componente

curricular física 1 e elegemos algumas categorias e critérios (Quadro 1) a serem analisados. As categorias e os critérios foram selecionados de forma que corroborassem com a execução do nosso objetivo.

Quadro 1: critérios para análise dos livros do ensino superior

Categoria	Critérios	
1- Organização sequencial	1- Conteúdos trabalhados no mesmo capítulo	
	2- Conteúdos separados em capítulos distintos	i. Vetor trabalhado antes de movimento unidimensional
		ii. Vetor trabalhado depois de movimento unidimensional
2- Notação vetorial	3- Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais tanto no movimento uni como no bidimensional	
	4- Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional	
3-Papel da matemática	5- Matemática como linguagem	
	6- Matemática como ferramenta	
	7- Matemática como estrutura	

Fonte: elaborado pela autora.

A primeira categoria foi eleita por acharmos importante a organização sequencial dos capítulos, pois, dependendo da posição do conteúdo vetores, pode-se estar conduzindo os estudantes a pensarem que existe separação do que é matemática e do que é física no contexto de estudo de fenômenos físicos.

Acreditamos, também, que a forma como são tratadas as grandezas nos capítulos sobre movimento unidimensional e bidimensional é um fator que pode desencadear uma dificuldade, pelo fato de haver, quase que de repente, uma transformação na notação das grandezas deslocamento, velocidade e aceleração quando se está estudando movimento

bidimensional, tornando-se agora vetores, ocasionando confusões na compreensão dos conceitos.

O motivo pelo qual escolhemos a terceira categoria foi por considerarmos que o livro é um agente influenciador para a aprendizagem do estudante, logo, a maneira que os autores transmitem suas visões do papel da matemática é absorvida, na maioria dos casos, pelos estudantes podendo constituir-se, assim, em obstáculo à aprendizagem de alguns conceitos. Tomando como base a caracterização feita por Ataíde (2012), nomeamos as subcategorias como sendo matemática como linguagem, matemática como ferramenta e matemática como estrutura. A subcategoria matemática como linguagem está relacionada com a ideia de que a matemática é um tradutor do pensamento físico e tem a função de representá-la de forma entendível para o mundo. A classificação matemática como ferramenta dá ênfase ao domínio instrumental de algoritmos, regras, fórmulas, equações etc. sem dar sentido físico a linguagem matemática. A matemática como estrutura está relacionada ao entendimento que a matemática é base de suporte de formulação de teorias físicas.

4.2 Análise dos livros didáticos

Apresentamos os livros didáticos selecionados (Quadro 2) fazendo um breve comentário de como são organizados, dando ênfase aos capítulos que tratam dos conteúdos investigados e classificando-os nas categorias elencadas no quadro 1. Logo após, trazemos como cada autor define os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração. Por fim, fazemos algumas considerações sobre as implicações que o modo como o livro foi estruturado e as convicções transmitidas ao longo do texto podem causar na aprendizagem dos conceitos e na construção da visão do papel da matemática para a física.

Quadro 2: identificação dos livros analisados

Livro	Título	Autores	Edição
Livro A	Fundamentos de Física vol. 1	David Halliday, Robert Resnick e Jearl Walker	9ª ed.
Livro B	Curso de Física Básica vol. 1	Moisés H. Nussenzveig	4ª ed.

Livro C	Física I vol. 1	Francis Sears e Mark Zemanski	12 ^a ed.
Livro D	Física: uma abordagem estratégica vol. 1	Randall D. Knight	2 ^a ed.
Livro E	Física: para cientistas e engenheiros vol. 1	Paul A. Tipler e Gene Mosca	6 ^a ed.

Fonte: elaborado pela autora.

4.2.1 Descrição e categorização dos livros didáticos analisados

Livro A

O capítulo três aborda o conteúdo vetores, trazendo o conceito de vetores e as operações com vetores. Na explicação dos conceitos de vetor e grandeza vetorial é utilizado o deslocamento como exemplo, a discussão de soma algébrica de vetores é feita a partir do deslocamento de uma partícula. As seções seguintes abordam componentes de vetores, vetores unitários, soma de vetores a partir das componentes e multiplicação de vetores.

O capítulo quatro discute o movimento em duas e três dimensões abordando os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração, bem como, o movimento balístico e circular. Neste capítulo o deslocamento, a velocidade e a aceleração são tratados como grandezas vetoriais, nas explicações, as grandezas são escritas utilizando a notação de vetores unitários. As seções seguintes destinam-se à discussão do movimento balístico, do circular, do movimento relativo em uma dimensão e, logo após, movimento relativo em duas dimensões.

Quanto à organização sequencial, se encaixa no critério 2 – Conteúdos separados em capítulos distintos – especificação ii – Vetor trabalhado depois de movimento unidimensional. O capítulo dois trata o movimento retilíneo abordando os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração. Halliday, Resnick e Walker (2012) conceituam deslocamento, velocidade e aceleração após isso, comentam que as três grandezas são vetoriais, possuem um módulo, direção e sentido.

Com relação à notação, se enquadra no critério 4 – Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional – pois, nos capítulos iniciais há apenas menção de que as grandezas discutidas ali são vetores, mas não é utilizado a notação

vetorial, podendo passar a impressão que de repente surge um componente vetorial e que o movimento em duas (ou três) dimensões é um caso particular daquele que acontece em uma dimensão.

No que diz respeito ao papel da matemática, os autores dizem no prefácio do livro que os exemplos contidos nos capítulos “devem ser resolvidos usando o raciocínio, em vez de simplesmente introduzir números em uma equação sem nenhuma preocupação com o significado” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. x). Quando inicia a discussão do movimento balístico dizem o seguinte: “Vamos agora analisar o movimento balístico usando as ferramentas descritas nas seções 4-2 a 4-4” (p. 67). As seções as quais se referem os autores tratam da conceituação de deslocamento, velocidade e aceleração. Isso mostra que os autores veem a matemática com o papel além da ferramenta tem a função de representar a física de modo entendível.. A partir dessa fala dá-se a entender que a matemática é algo que vai nos servir para além da operacionalização, inserindo o livro no critério 5 – Matemática como linguagem.

Livro B

Nussenzveig (2002) traz no capítulo dois uma ideia inicial de deslocamento, velocidade e aceleração. O capítulo três possui seções destinadas a vetores, onde a soma vetorial é trabalhada a partir da ilustração do deslocamento do navio de Galileu; componentes de um vetor; velocidade e aceleração vetoriais, onde são escritos em termos das componentes x e y ; movimento uniformemente acelerado; movimento dos projéteis; movimento circular uniforme e movimento relativo.

Quanto à categoria “Sequência organizacional” se encaixa no critério 1 – Conteúdos trabalhados no mesmo capítulo – onde o conteúdo vetores é trabalhado alternadamente com a discussão de movimento bidimensional, na medida em que é necessário inseri-lo. Com relação à notação, observamos o critério 4 – Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional.

Na parte introdutória do capítulo um o autor afirma que a matemática é, ao mesmo tempo, uma ferramenta poderosa e uma linguagem utilizada na formulação da física. Percebe-se que o autor possui a visão de que a matemática possibilita que as teorias físicas se apoiem em sua linguagem e a partir daí, as teorias físicas sejam formuladas. Logo, “a matemática, enquanto linguagem empresta sua própria estruturação ao pensamento científico para compor

os modelos físicos sobre o mundo” (PIETROCOLA, 2002). O livro está incluído no critério 7 – Matemática como estrutura.

Livro C

Sears e Zemansky (2008) trazem no capítulo um os conteúdos: unidades, grandezas físicas e vetores. Na seção destinada a vetores e soma vetorial, os autores partem da situação de deslocamento de uma partícula para introduzir a soma vetorial. As seções seguintes tratam de componentes de vetores, vetores unitários e produto de vetores (no fim da explicação de produto escalar, os autores utilizam como exemplo o conceito de trabalho). Com relação à categoria “Organização sequencial” o livro se encaixa no critério 2 – Conteúdos separados em capítulos distintos – especificação i – Vetor trabalhado antes de movimento unidimensional – tendo em vista que os autores abordam o conteúdo vetores já no primeiro capítulo.

O capítulo dois discute os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração para uma dimensão. No capítulo três esses conceitos são escritos em termos das componentes x , y e z e abordados no movimento de projéteis, no circular e no movimento relativo em duas ou três dimensões.

No início do capítulo dois os autores afirmam que estão interessados em descrever o movimento em uma linha reta e por isso não usariam tratamento vetorial completo. Apesar disso acreditamos que em relação à categoria “Notação” o livro se encaixa no critério 3 – os conceitos são abordados como grandezas vetoriais tanto no movimento uni como no bidimensional – pelo fato de sempre citarem, no momento da conceituação das grandezas no movimento unidimensional, que elas são o componente x do deslocamento, velocidade e da aceleração.

No início do capítulo três dizem que “a linguagem que você aprenderá aqui será uma ferramenta essencial para capítulos posteriores [...]” (p. 69). A forma como os autores se expressam transmite a concepção de que a linguagem matemática não passa de uma ferramenta que pode ser apreendida e aplicada, com ausência de significado, a situações físicas. A partir dessa fala concluímos que o livro se encaixa no critério 6 – Matemática como ferramenta – dentro da categoria “Papel da matemática”.

Livro D

Knight (2009) inicia o capítulo um expondo conceitos básicos relacionados ao movimento. A seção três deste capítulo é destinada à conceituação de posição e tempo, onde o autor diferencia grandezas escalares e vetoriais e introduz o conceito de deslocamento, velocidade e aceleração. Dentro da discussão acerca do conceito de deslocamento o autor introduz dois blocos táticos que trazem uma explicação básica sobre soma e subtração de vetores.

O capítulo dois traz a definição de deslocamento, velocidade e aceleração para o movimento unidimensional. O capítulo três trabalha o conteúdo vetores e os conhecimentos associado a ele. O capítulo quatro aborda a cinemática em duas dimensões (escrevendo, agora, as grandezas vetoriais em termos de suas componentes x e y), movimento de projéteis, movimento relativo e movimento circular.

Na categoria “Sequência organizacional” classificamos o livro no critério 1 – Conteúdos trabalhados no mesmo capítulo. Apesar de o capítulo três ser destinado à discussão do conteúdo vetores acreditamos que ele se encaixa no critério 1 pelo fato de que, desde o capítulo um, os autores trazem explicações relativas à vetores, bem como, ao movimento.

Quanto à notação, o livro se encaixa no critério 4 – Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional – mesmo que no capítulo um ele tenha utilizado a notação de vetores, quando discute o movimento unidimensional ele deixa de lado e volta a utilizar no capítulo quatro, que trata do movimento bidimensional.

No prefácio do livro o autor diz o seguinte: “[...] o mais importante de tudo: *a física não é matemática!* A física é muito mais ampla [...], usaremos a matemática, mas ela será apenas uma ferramenta dentre outras” (p. xi). A partir disso, concluímos que na categoria “Papel da matemática” o livro corresponde ao critério 6 – Matemática como ferramenta – visto que o autor mostrou claramente a posição adotada na elaboração do material.

Livro E

O capítulo um, “Medidas e Vetores”, aborda os conteúdos unidades de medidas, conversão de unidades e os demais conteúdos introdutórios. Apresenta as definições básicas a partir do deslocamento de um objeto. Trabalha adição, subtração e multiplicação de vetores, componentes vetoriais e vetores unitários. Quanto à organização sequencial, corresponde ao

critério 2 – Conteúdos separados em capítulos distintos – especificação i - Vetor trabalhado antes de movimento unidimensional.

No capítulo dois definem deslocamento, velocidade e aceleração. No capítulo três definem o vetor deslocamento, vetor velocidade e vetor aceleração. Após isso, discute o que os autores chamam de “Casos especiais”, o movimento de projéteis e o movimento circular. Encaixa-se, portanto, no critério 4 – Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional. No início do capítulo sobre movimento os autores dizem que irão desenvolver os modelos e as ferramentas necessárias para descrever o movimento (TIPLER; MOSCA, 2009). Quanto à visão do papel da matemática o livro é caracterizado no critério 5 – Matemática como linguagem.

4.2.2 Apresentação das definições dos conceitos analisados

4.2.2.1 Conceito de deslocamento

Livro A: inicialmente deslocamento Δx é associado a uma mudança de uma posição x_1 para uma posição x_2 (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 14). Mais à frente é definido como a variação do vetor posição de uma partícula durante certo intervalo de tempo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 62).

Livro B: o deslocamento é apresentado como a variação do vetor posição de uma partícula.

Livro C: “O deslocamento de uma partícula é o vetor que liga os pontos P_1 ao ponto P_2 ” (SEARS; ZEMANSKY, 2008, p. 36), onde P_1 e P_2 são a posição inicial e a posição final ocupada pela partícula, respectivamente. O componente x do deslocamento da partícula é a variação da coordenada x . No movimento em duas dimensões é definido como a variação do vetor posição de uma partícula que se move de P_1 a P_2 .

Livro D: “O deslocamento é uma grandeza vetorial: ele requer tanto um comprimento quanto uma orientação para ser descrito. Especificamente, o deslocamento é um vetor desenhado a partir da posição de partida até a posição de chegada” (KNIGHT, 2009, p. 8). “Deslocamento de um objeto quando ele se move de uma posição inicial para uma posição final é $\Delta \vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i$ ” (KNIGHT, 2009, p. 9).

Livro E: deslocamento é definido como a variação de posição de um corpo. No estudo de movimentos bidimensionais e tridimensionais, ele é considerado como vetor e escrito na notação vetorial.

O Quadro 3 traz a sumarização do conceito de deslocamento nos livros didáticos observados:

Quadro 3: sumarização do conceito de deslocamento nos livros.

Livro	Definição
Livro A	Variação do vetor posição
Livro B	Variação do vetor posição
Livro C	Variação de posição/ tratado como grandeza vetorial
Livro D	Variação de posição/ tratado como grandeza vetorial
Livro E	Variação de posição/ escrito em notação vetorial

Fonte: elaborado pela autora.

4.2.2.2 Conceito de velocidade

Livro A: a velocidade média é associada à expressão com que rapidez e definida como a razão entre o deslocamento Δx e o intervalo de tempo Δt (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 15). No estudo de movimentos bidimensionais e tridimensionais, ela é considerada como vetor e escrita na notação vetorial.

Livro B: a velocidade é definida como “a razão do deslocamento ao intervalo de tempo que ele leva para se produzir” e o valor absoluto da velocidade é chamado de rapidez (NUSSENZVEIG, 2002, p. 24). No movimento bidimensional essa grandeza é escrita em duas dimensões.

Livro C: a velocidade média em um intervalo de tempo é definida como “uma grandeza vetorial cujo componente x é a variação de x dividida por esse intervalo de tempo”. [...] “A componente x da velocidade média é o componente x do deslocamento, Δx , dividido pelo intervalo de tempo Δt durante o qual o deslocamento ocorre” (SEARS; ZEMANSKY, 2008, p. 36). No movimento em duas dimensões essa grandeza é tratada como vetor.

Livro D: “A velocidade média de um objeto durante um intervalo de tempo, no qual o objeto realiza um deslocamento, é o vetor: $\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ ” (KNIGHT, 2009, p. 11).

Livro E: velocidade média é definida como a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo. No movimento em duas dimensões essa grandeza é tratada como vetor.

O Quadro 4 apresenta a sumarização do conceito de velocidade nos livros didáticos observados:

Quadro 4: sumarização do conceito de velocidade nos livros

Livro	Definição
Livro A	Razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo
Livro B	Razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo
Livro C	Razão entre cada componente do vetor deslocamento e o intervalo de tempo
Livro D	Razão entre o vetor deslocamento e o intervalo de tempo
Livro E	Razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo

Fonte: elaborado pela autora.

4.2.2.3 Conceito de aceleração

Livro A: a aceleração média é definida como a variação da velocidade de uma partícula em determinado intervalo de tempo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 19). Nos estudos dos movimentos em mais de uma dimensão, a aceleração é considerada como vetor.

Livro B: a aceleração mede a velocidade de variação da velocidade, a aceleração média é definida como a razão da variação da velocidade em um intervalo de tempo (NUSSENZVEIG, 2002, p. 30). No movimento bidimensional essa grandeza é escrita em duas dimensões.

Livro C: a aceleração média de uma partícula que se move de P_1 a P_2 é definida como uma grandeza vetorial cujo componente x é dado pela razão entre Δv_x , a variação do

componente x da velocidade e o intervalo de tempo Δt ” (SEARS; ZEMANSKY, 2008, p. 41-42). Definem o vetor aceleração média como a variação vetorial da velocidade dividida pelo intervalo de tempo (SEARS; ZEMANSKY, 2008, p.72).

Livro D: “A aceleração média de um objeto durante um intervalo de tempo, no qual a velocidade do objeto sofre uma variação, é o vetor $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$,” (KNIGHT, 2009, p. 13-14).

Livro E: a aceleração é a taxa de variação da velocidade com relação ao tempo. A aceleração média para um particular intervalo de tempo é definida como a variação da velocidade dividida pelo intervalo de tempo. No movimento em duas dimensões essa grandeza é tratada como vetor.

O Quadro 5 traz a sumarização do conceito de aceleração nos livros didáticos observados:

Quadro 5: sumarização do conceito de aceleração nos livros.

Livro	Definição
Livro A	Razão entre a variação da velocidade e o intervalo de tempo
Livro B	Razão entre a variação da velocidade e o intervalo de tempo
Livro C	Razão entre cada componente do vetor velocidade e o intervalo de tempo
Livro D	Razão entre o vetor velocidade e o intervalo de tempo
Livro E	Variação da velocidade dividida pelo intervalo de tempo

Fonte: elaborado pela autora.

Quando é dada uma ênfase maior ao formalismo matemático em detrimento da exposição mais ampla pode-se estar colocando em risco a aprendizagem do conceito em sua totalidade, favorecendo uma deficiência conceitual. Isso porque essa abordagem leva o estudante a acomodar apenas a equação associada ao conceito, sem fazer ligação com outras formas de representação daquele conceito. O estudante tende a acreditar que aquela matemática define todo conceito, tanto é que quando questionados acerca do conceito de velocidade muitos tendem a dizer que velocidade é a razão entre deslocamento e o tempo, conforme é dado o destaque nos livros. O mesmo acontece com a aceleração, o conceito é

reduzido ao seu significante deixando de lado o significado, que para o estudante são sinônimos por não ter havido uma compreensão total do conceito.

4.3 Discussão dos resultados

O objetivo do estudo era analisar os capítulos dos livros de física utilizados no ensino superior que abordam os conteúdos vetores e movimento e conhecer como o tipo de abordagem desses conteúdos pode estar influenciando no entendimento dos conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração e na construção da visão dos estudantes acerca da relação entre a física e a matemática.

Ao analisar os livros pudemos perceber algumas características que reafirmam alguns pensamentos e atitudes dos estudantes frente à aprendizagem de conceitos e a relação física e matemática. Por isso, elegemos algumas categorias e critérios que relacionam as características dos livros didáticos. A análise pode ser sumarizada através do Quadro 6, que mostra a síntese da classificação dos livros didáticos.

Quadro 6: síntese da classificação dos livros analisados.

Livro	Organização sequencial	Notação vetorial	Papel da matemática
Livro A	Conteúdos separados em capítulos distintos (ii)	Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional	Matemática como linguagem
Livro B	Conteúdos trabalhados no mesmo capítulo	Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional	Matemática como estrutura
Livro C	Conteúdos separados em capítulos distintos (i)	Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais tanto no movimento uni como no bidimensional.	Matemática como ferramenta

Livro D	Conteúdos trabalhados no mesmo capítulo	Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional	Matemática como ferramenta
Livro E	Conteúdos separados em capítulos distintos (i)	Os conceitos são abordados como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional	Matemática como linguagem

Fonte: elaborado pela autora.

Podemos observar que, no que diz respeito à organização sequencial dos capítulos destinados a discussão dos conteúdos vetores e movimentos, a maioria dos livros se enquadram no critério 2 por trabalharem vetores e movimento em capítulos distintos, sendo o conteúdo vetores abordado antes de movimento unidimensional. Acreditamos que esse possa ser um ponto positivo pelo fato do conteúdo vetor anteceder a discussão dos movimentos, em contra partida ele favorece a fragmentação da matemática que é utilizada na física, como se essa matemática não pudesse ser ensinada a partir dos conceitos físicos. O cenário mais favorável seria aquele onde os conteúdos são trabalhados concomitantemente, propiciando a integração da matemática com a física.

Percebemos também que quando analisada a notação das grandezas nos capítulos, grande parte dos livros abordaram os conceitos como grandezas vetoriais apenas no movimento bidimensional. Isso se constitui um ponto negativo por colaborar com o surgimento de confusões que se tornam obstáculos à compreensão dos conceitos, no sentido de que, dessa maneira, possa se estar transmitindo a ideia de que as grandezas (deslocamento, velocidade e aceleração) são, em um momento, vetores e em outro, não são.

Verificamos que ainda existe nos livros analisados a visão da matemática como ferramenta a serviço da física. Essa posição dos autores vem a colaborar com a construção das concepções dos estudantes e, infelizmente, corrobora para a disseminação dessa visão incompleta, pois, a matemática é, além da linguagem que representa a física, o suporte para os conceitos científicos que obtêm sentido ao se associarem com as estruturas matemáticas (PIETROCOLA, 2002). Megid Neto e Fracalanza (2003) e Souza, Mate e Porto (2011) demonstram preocupação quanto à influência da visão da ciência passada pelos livros

didáticos. Neste sentido, a matemática concede sua estruturação à física para constituir os modelos físicos da realidade.

Destacamos que o livro didático é um dos recursos mais utilizados no processo de ensino e aprendizagem (ARTUSO, 2012; GARCIA, 2009; MENDES, 2017) e diante do que foi exposto, ele pode levar a dificuldades de compreensão dos conceitos. Isso não significa que seu uso deve ser abolido, todavia, deve-se ter cautela e criticidade na escolha, de forma que ele nos auxilie a alcançarmos o fim que desejamos, já que, segundo Leite e Garcia (2018) os estudantes tenderão a reproduzir as formas que seus professores usam os livros. Para Carvalho (2018) o professor recém-formado tende a escolher livros didáticos que se assemelham com os utilizados durante a graduação “[...] livros tradicionais, que valorizam a linguagem técnica e formal e os aspectos quantitativos com muitos exercícios” (CARVALHO, 2018, p. 8).

Quando é dada uma ênfase maior ao formalismo matemático em detrimento da exposição mais ampla pode-se estar colocando em risco a aprendizagem do conceito em sua totalidade, favorecendo uma deficiência conceitual. Carvalho (2018) explica que os livros didáticos de física do ensino superior “são direcionados ao conteúdo específico e desvinculados do conteúdo pedagógico, contribuindo para a manutenção de práticas docentes tradicionais e mecânicas” (CARVALHO, 2018, p. 8). O que caracteriza uma formação “predominantemente voltada para a aquisição de técnicas” (LEITE, GARCIA, 2018. p. 425). Isso porque essa abordagem leva o estudante a acomodar apenas a equação associada ao conceito, sem fazer ligação com outras formas de representação daquele conceito. O estudante tende a acreditar que aquela matemática define todo conceito, tanto é que quando questionados acerca do conceito de velocidade muitos tendem a dizer que velocidade é a razão entre deslocamento e o tempo, conforme é dado o destaque nos livros. O mesmo acontece com a aceleração, o conceito é reduzido ao seu significante deixando de lado o significado, que para o estudante são sinônimos por não ter havido uma compreensão total do conceito.

5 COMPREENSÃO DOS CONCEITOS DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO PELOS ESTUDANTES: ESTUDO 2

Para dominar um conhecimento físico é necessário que se tenha uma boa compreensão conceitual, não só das definições, mas também, da forma de representação desse conceito, não só equações, mas todo tipo de representação matemática. Ao contrário do que se observa compreender um conceito físico não significa dominar apenas a matemática envolvida nos fenômenos físicos, mas saber integrar a matemática aos fenômenos por ela descritos ou estruturados. A não integração desses dois componentes pode ser vista quando se trabalha o conteúdo vetores de forma isolada, sem conexões com os conceitos físicos, e ao passar para o estudo de movimento, por exemplo, os estudantes não conseguem estabelecer relações entre o que foi visto anteriormente e o que se está estudando. A decomposição de vetores, a notação vetorial de grandezas como deslocamento, velocidade e aceleração não possuem significados para eles e isso resulta em operacionalização matemática por parte dos estudantes.

Entender como estudantes compreendem os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração é um dos objetivos desta pesquisa. Este estudo nos permite reunir informações de como estudantes assimilam o conteúdo ensinado. Os dados coletados nos servirão como subsídios para análises posteriores, permitirão conhecer as estratégias e inferir invariantes operatórios utilizados por estudantes. Nesta etapa objetivamos conhecer as compreensões de estudantes sobre conceitos da cinemática e, a partir disso, inferirmos alguns padrões de resposta e categorizá-las conforme as regularidades observadas, usando este momento, também, para definir o grupo focal participante do terceiro estudo.

5.1 Validação e aplicação das questões

Foi elaborado um conjunto de seis situações (problemas) retiradas de livros didáticos (alguns problemas sofreram adaptações) para serem aplicadas em turmas de primeiro e segundo semestre do curso de Licenciatura em física da UEPB com o objetivo de conhecer a compreensão de estudantes a respeito dos conceitos de vetores velocidade e aceleração. Após a elaboração do instrumento de pesquisa, procedemos para fase de averiguação do grau de confiabilidade dos problemas, realizando para isso um teste de validação de conteúdo. Para

tanto o instrumento foi encaminhando para um grupo de examinadores especialistas na área e aplicando um teste a indivíduos com características semelhantes ao público alvo da pesquisa. Esse procedimento consiste em “testar os instrumentos da pesquisa sobre uma pequena parte da amostra, antes de ser aplicado definitivamente, a fim de evitar que a pesquisa chegue a um resultado falso” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 165). Seu objetivo é verificar se o conjunto de questões elaborado tem condições de recolher dados necessários à pesquisa.

Para realizar o processo de validação, avaliando o conjunto de questões, julgando-o pertinente ou não e podendo propor melhorias na forma de abordagem do assunto, foram convidados nove peritos da área, sendo oito professores da educação básica e uma professora do ensino superior. Ao enviar o conjunto de questões à professora do ensino superior deixamos claro o objetivo da pesquisa, bem como o do instrumento em questão. Em seguida pedimos que desse sua contribuição apontando se a forma como as questões foram formuladas possibilitaria o retorno por parte dos estudantes fornecendo dados relevantes à pesquisa. Sendo assim, para a professora de ensino superior as questões atendiam à resposta esperada a serem dadas pelos estudantes, ainda, contribuiu com comentários para melhoramento de figuras e enunciados para tornar a aplicação do instrumento mais eficiente.

Já ao grupo de professores da educação básica foi pedido que fizessem uma análise e apontassem se os estudantes concluintes do ensino médio conseguiriam compreender o que se pedia nas questões, bem como resolvê-las. A análise feita pelos oito professores da educação básica considerou que estudantes concluintes do ensino médio conseguiriam compreender o que foi proposto, mas apresentariam dificuldades na resolução por falta de conhecimento dos conceitos abordados em cada questão.

Para completar o processo de validação, esse conjunto de questões foi aplicado a dez estudantes de terceiro, quarto e quinto semestre do curso de Licenciatura plena em física/UEPB como um pré-teste. Para esses estudantes foi pedido que respondessem as questões que envolviam conhecimentos físicos sobre os vetores velocidade e aceleração. O objetivo da aplicação das questões a esses estudantes era observar se compreenderiam o que se pedia em cada problema e se conseguiriam resolver o que foi proposto sem levar em consideração o acerto ou não de cada questão. Após a aplicação, percebemos que as questões 1, 3 e 6 foram compreendidas por todos eles. Nas questões 2, 4 e 5 apresentaram dificuldades na compreensão do que era para ser feito. No item 2 metade dos estudantes mostrou que não compreenderam o enunciado, o que nos levou a modificar a abordagem dessa questão. Nos itens 4 e 5 apenas um estudante mostrou-se não conseguir interpretá-las, mesmo assim, foram

feitas alterações para que o observado não se repetisse posteriormente. Os estudantes também contribuíram com comentários e sugestões para aperfeiçoamento das questões.

Diante dos comentários e sugestões feitos pelos participantes desse processo, decidimos fazer alguns melhoramentos nas questões 2, 3, 4 e 5. Essas modificações dizem respeito a melhorar a imagem que faz parte do problema (2 e 5), rearranjar o que será requerido (4 e 5) e acrescentar informações ao enunciado (3), mesmo que nenhum estudante tenha apresentado dificuldades de compreendê-lo. Ao fim do processo de análise percebemos que os comentários contribuíram para o aprimoramento das questões não havendo ocorrido nada que determinasse a invalidação do mesmo nos permitindo seguir para a próxima fase.

À vista disso, aplicamos o conjunto de questões a cinquenta e nove estudantes sendo quarenta e quatro estudantes do primeiro período dos turnos manhã e noite, quinze estudantes do segundo período, turnos manhã e noite, do curso de Licenciatura plena em física/UEPB. Foi explicado aos estudantes que se tratava de uma pesquisa de mestrado que investiga a aprendizagem de conceitos, as questões foram entregues aos estudantes que tiveram duas horas para responder. Passado o tempo, as questões foram recolhidas e seguimos para a fase de análise das respostas. Nessa fase, analisamos as questões uma a uma com o objetivo de identificar que conceitos os estudantes mobilizam para respondê-las. Esses conceitos estão ligados com a compreensão das grandezas, as relações e as representações que eles fazem dos conceitos físicos. Fomos a busca de identificar núcleos conceituais de forma que pudéssemos criar categorias que nos permitissem determinar o grupo focal para o último estudo. Núcleos conceituais são os conceitos ou grupos de conceitos que aparecem com frequência nas respostas de cada questão (MOREIRA; LAGRECA, 1998). A partir desses núcleos, tentamos identificar os atributos ou características dadas pelos estudantes aos conceitos.

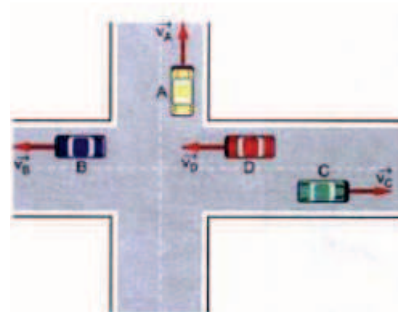
5.2 Problemas utilizados e aplicação das questões: conceitos mobilizados pelos estudantes ao resolverem as situações

Tendo em vista que as questões foram validadas é importante deixar definido o que é esperado como resposta em cada item que compõe o conjunto de questões, determinando quais os conhecimentos que os estudantes devem possuir para obterem êxito na resolução. Sendo assim, traremos cada problema utilizado, a descrição dos conhecimentos que devem ser mobilizados e em seguida, as respostas que foram dadas pelos estudantes.

5.2.1 Problema 1: retirado do livro *Física* (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006)

Observe os vetores e responda em cada situação: Têm mesma direção ou direções diferentes? Têm mesmo sentido ou sentidos contrários?

- \vec{v}_A e \vec{v}_B ,
- \vec{v}_B e \vec{v}_C ,
- \vec{v}_B e \vec{v}_D .



Fonte: Máximo e Alvarenga (2006).

O problema 1 exige que os estudantes compreendam os conceitos de direção e sentido de um vetor e saibam identificar direções e sentidos de diferentes corpos.

5.2.1.1 Respostas ao problema 1

Para responder a situação 1 os estudantes precisariam mobilizar os conceitos de direção e sentido de um vetor e saber identificar direções e sentidos de diferentes corpos. Podemos sintetizar as respostas dos estudantes no Quadro 7:

Quadro 7: síntese das respostas ao problema 1

Padrão de resposta	Número de estudantes
Indica compreender direção e sentido	38
Indica a concepção de que direção e sentido são conceitos idênticos	5
Aparenta confundir conceitos de direção e sentido (troca)	6
Indica não compreender direção e sentido	8
Não responderam	2

Fonte: elaborado pela autora.

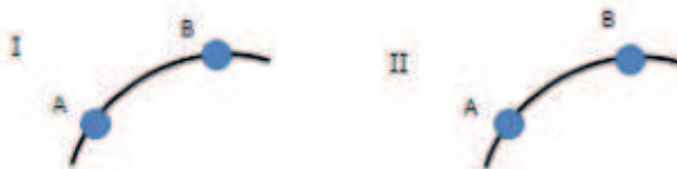
Ao analisarmos as respostas dadas para a situação 1 percebemos que trinta e oito estudantes expressam resposta que indicam a compreensão dos conceitos de direção e sentido, cinco estudantes indicam compreender que direção e sentido são conceitos idênticos, seis estudantes dão indício de confusão nos conceitos de direção e sentido, oito estudantes demonstram não compreender o conceito de direção e o conceito de sentido e dois estudantes declararam que não sabem responder.

5.2.2 Problema 2: retirado e adaptado do livro *Física* (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006)

Em cada uma das figuras temos a trajetória de uma partícula que se desloca de A para B.

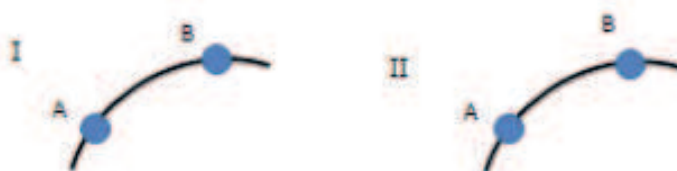
a) Suponha que na figura o movimento é uniforme, desenhe:

- na figura I o vetor velocidade da partícula nos pontos A e B
- na figura II a aceleração centrípeta e tangencial (se a partícula possuir).



b) Suponha que na figura o movimento é uniformemente acelerado, desenhe:

- na figura I o vetor velocidade da partícula nos pontos A e B
- na figura II a aceleração centrípeta e tangencial (se a partícula possuir).



O problema 2 explora conhecimentos de velocidade e aceleração nos casos em que uma partícula está em movimento uniforme e em movimento acelerado ao mesmo tempo que descreve uma curva, em movimento circular. Espera-se que os estudantes saibam como se comporta essas grandezas em cada movimento citado e que consigam representar os vetores corretamente em dois momentos distintos do deslocamento da partícula.

5.2.2.1 Respostas ao problema 2

A análise das respostas dos estudantes foi feita com o olhar sobre os conceitos que o eles utilizam e que aparecem com frequência não levando em consideração se responderam corretamente ou não. Para responder a situação era esperado que estivesse clara para o estudante a diferença entre movimento uniforme e movimento variado, a representação e o comportamento das grandezas velocidade e aceleração no movimento circular. Podemos sintetizar as respostas dos estudantes no Quadro 8:

Quadro 8a: síntese das respostas ao problema 2 item a- MU

Padrão de resposta		Número de estudantes	
Indica a concepção de que no movimento curvo a velocidade é tangente à trajetória curva	A partícula possui aceleração centrípeta	12	30
	A partícula possui aceleração tangencial	4	
	A partícula possui aceleração centrípeta e aceleração tangencial	9	
	Aparenta não saber o comportamento da aceleração	4	
	A aceleração é representada sobre a trajetória	1	
Indica a concepção de que no movimento curvo a velocidade a é representada com seta que liga um ponto a outro por dentro da curva	Aceleração é tangente	1	7
	A aceleração é tangente e centrípeta	1	
	A partícula não possui aceleração	2	
	Aparenta não saber o comportamento da aceleração	3	
Indica a concepção de que no movimento curvo a velocidade é representada sobre a trajetória e a aceleração é tangente à curva		1	

Indica a concepção de que no movimento curvo a velocidade é representada horizontalmente	A partícula possui aceleração centrípeta	3	4
	A partícula possui aceleração centrípeta e tangencial	1	
Menciona apenas a aceleração centrípeta			1
Não responderam			16

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 8b: síntese das respostas ao problema 2 item b- MUV

Padrão de resposta		Número de estudantes	
Indica a concepção de que no movimento curvo a velocidade é tangente à curva	A partícula possui apenas aceleração centrípeta	6	31
	A partícula possui aceleração centrípeta e aceleração tangencial	17	
	A partícula possui apenas aceleração tangencial	3	
	Representam a aceleração centrípeta horizontalmente	2	
	Aparenta não saber o comportamento da aceleração	3	
Indica a concepção de que no movimento curvo a velocidade é representada com seta que liga um ponto a outro por	A partícula possui aceleração centrípeta e tangencial	1	6
	Aparenta não saber como se comporta a aceleração	5	

dentro da curva			
Não mencionam a velocidade	A aceleração é representada sobre a curva	1	4
	A partícula possui aceleração centrípeta e tangencial	2	
	Partícula possui apenas aceleração tangencial	1	
Não responderam			18

Fonte: elaborado pela autora.

Com relação à segunda situação, trinta estudantes indicam a concepção de que no movimento uniforme, para a partícula que descreve trajetória curva, a velocidade é tangente. Desses, doze dão indícios de que a partícula possui aceleração centrípeta, quatro apontam que a partícula possui aceleração tangencial, nove indicam que a partícula possui aceleração centrípeta e aceleração tangencial, quatro aparentam não compreender como se comporta a aceleração e um apresenta a concepção de que a aceleração é representada sobre a trajetória da partícula. Para sete estudantes, no MU a velocidade é representada com seta que liga um ponto a outro por dentro da curva. Dos sete, um deles apresenta a ideia de que a aceleração é tangente, para outro a aceleração é tangente e centrípeta, aparentemente para dois estudantes a partícula não possui aceleração, três deles indicam não compreender o comportamento da aceleração. Um estudante demonstra a ideia de que no MU a velocidade é representada sobre a trajetória e a aceleração é tangente à curva. Quatro estudantes aparentam possuir a ideia de que no MU a velocidade é representada horizontalmente, desses, três indicam que a partícula possui aceleração centrípeta e um dá a indicação de que a partícula possui aceleração centrípeta e tangencial. Um estudante menciona apenas a aceleração centrípeta e 16 estudantes não responderam.

Ainda sobre a segunda situação, trinta e um estudantes dão a indicação da ideia de que quando a partícula descreve trajetória curva em MUV a velocidade é tangente à curva. Dos trinta e um, seis indicam que a partícula possui apenas aceleração centrípeta, dezessete dão indícios de que a partícula possui aceleração centrípeta e aceleração tangencial, três apontam que a partícula possui apenas aceleração tangencial, dois representam a aceleração centrípeta horizontalmente e três indicam não saber o comportamento da aceleração. Seis

estudantes dão indícios da concepção de que no MUV a velocidade é representada com seta que liga um ponto a outro por dentro da curva, dentre eles, um aponta que a partícula possui aceleração centrípeta e tangencial, cinco indicam não saber como se comporta a aceleração. Quatro estudantes não mencionam a velocidade, para um deles a aceleração é representada sobre a curva, dois indicam a ideia de a partícula possuir aceleração centrípeta e tangencial e um indica que a partícula possui apenas aceleração tangencial. Dezoito estudantes não responderam.

Apesar desses números, alguns dos estudantes que mencionam aceleração centrípeta e/ou aceleração tangencial dão indícios de não compreender a representação correta do vetor aceleração e de suas componentes no movimento circular. Essa indicação pode ser observada, por exemplo, ao desenhar a aceleração centrípeta de forma perpendicular à trajetória circular, ou quando a aceleração centrípeta é representada na direção horizontal, ou quando a aceleração tangencial é representada apontando para o centro da curva ou representada na direção do vetor aceleração resultante. Mesmo as resoluções apresentando essas irregularidades, fizemos a categorização levando em consideração a ideia do estudante de que existe ou não aceleração centrípeta e tangencial para a partícula que descreve trajetória curva em movimento uniforme e no movimento uniformemente variado.

Quando olhamos para a representação vetorial das grandezas velocidade e aceleração para uma partícula que descreve trajetória curva em movimento retilíneo uniforme e movimento variado, percebemos que os estudantes aparentam não conhecer as propriedades do vetor ou não saber representá-las.

No movimento uniforme, o vetor velocidade é tangente à curva, a característica básica desse movimento é a velocidade constante em módulo, mas variando o sentido já que o movimento é curvo, portanto possui aceleração centrípeta e não há aceleração tangencial já que a velocidade não varia em módulo. Apenas onze estudantes dão indícios de possuir essa compreensão, quinze demonstram, aparentemente, não saber que a aceleração tangencial está associada com a variação do módulo da velocidade e três dão a indicação de que não compreendem que a aceleração centrípeta está associada com a variação do sentido do vetor velocidade. Já no movimento uniformemente variado apenas quatro estudantes representaram o vetor velocidade com módulo variando e dezoito indicam compreender como se comporta a variação da velocidade associando corretamente as componentes centrípeta e tangencial da aceleração.

5.2.3 Problema 3: adaptado do livro *Física em contextos* (PIETROCOLA, 2010)

No desenho animado o coiote tem como missão capturar o papa-léguas, mas sempre fracassa e acaba caindo na própria armadilha. Observe a imagem onde mais uma vez o coiote fracassou. Utilizando seus conhecimentos sobre movimento desenhe como deve ser a continuação do movimento do coiote além do penhasco e identifique o vetor velocidade do mesmo durante a trajetória. Explique o porquê de sua resposta.



Fonte: Warner Bros. Animation/Reprodução

O problema 3 está relacionado ao lançamento horizontal. Espera-se do estudante que ele expresse a continuação do movimento do corpo explicitando que a trajetória terá forma parabólica. Muito provavelmente, alguns tenderão a afirmar que a trajetória será retilínea e vertical, por não se atentarem para o fato que, ao sair da colina o corpo em análise o faz com uma velocidade horizontal fazendo com que ele percorra uma distância na horizontal além da queda que sofre. Além disso, espera-se que saibam como se comporta o vetor velocidade em pontos diferentes durante a trajetória, expressando módulo, direção e sentido.

5.2.3.1 Respostas ao problema 3

Para responder à situação 3 o estudante deveria ter a percepção que o corpo em análise sai da colina com uma velocidade que faz com que ele avance na horizontal. Precisaria, ainda, mobilizar conhecimentos acerca de movimentos bidimensionais. Podemos sintetizar as respostas dos estudantes no Quadro 9:

Quadro 9: síntese das respostas ao problema 3

Padrão de resposta		Número de estudantes	
Indica a concepção do coioote deslocar-se inicialmente na horizontal associada à...	Cai em trajetória helicoidal	1	13
	Descreve trajetória parabólica	4	
	Descreve trajetória retilínea inclinada para baixo	2	
	Descreve trajetória retilínea vertical	6	
Indica a concepção de o coioote descrever trajetória parabólica		33	
Indica a concepção de o coioote descrever trajetória retilínea vertical		11	
Indica a concepção de o coioote subir até certo ponto e sua velocidade chegar à zero depois começar a cair		1	
Não respondeu		1	

Fonte: elaborado pela autora.

Com relação à terceira situação, treze estudantes indicam a concepção de que o coioote desloca-se inicialmente na horizontal, depois cai em trajetória helicoidal (1), descreve trajetória parabólica (4), descreve trajetória retilínea inclinada para baixo (2), descreve trajetória retilínea vertical (6). Trinta e três estudantes dão a indicação de que o coioote descreve trajetória parabólica. Onze estudantes aparentam compreender que o coioote descreve trajetória retilínea vertical. Um estudante respondeu que o coioote sobe até certo ponto e sua velocidade chega ao valor zero depois começa a cair e outro não respondeu o problema. Sabemos que a trajetória do coioote será parábola, logo temos uma composição de movimentos onde a velocidade do coioote na horizontal permanecerá constante e na vertical ela sofrerá variação em seu módulo aumentando a cada segundo. Apenas dezessete estudantes indicam a compreensão de que a velocidade deve ser representada em vários pontos distintos da trajetória, desses dezessete, treze dão indícios de que o vetor velocidade tem módulo constante, três indicam a concepção do módulo aumentando e um indica a ideia do módulo do

vetor velocidade diminuindo. Aparentemente os demais estudantes acham irrelevante ou não sabem representar o comportamento do vetor velocidade em uma situação de movimento.

5.2.4 Problema 4: retirado do livro *Compreendendo a Física* (GASPAR, 2010)

Considere um projétil lançado do solo numa direção inclinada em relação à horizontal. Represente essa trajetória em forma de desenho e aponte em que instante sua velocidade será mínima? E máxima? Justifique sua resposta.

No problema 4 estão envolvidos conceitos de velocidade máxima e mínima, bem como o entendimento de que no movimento oblíquo o vetor velocidade do corpo é a composição da velocidade horizontal e da velocidade vertical. Portanto, será necessário que seja explicitado conhecimentos acerca de componentes de vetor. O estudante ainda precisa saber como se comportam cada componente em diferentes instantes da trajetória. Como a componente da velocidade na horizontal é constante, a velocidade do projétil será mínima quando a componente da velocidade na vertical também o for, ou seja, no ponto mais alto da trajetória. Da mesma forma, a velocidade será máxima quando a componente da velocidade na vertical também o for, isso ocorre no instante do lançamento e no instante final do movimento, caso o corpo retorne à mesma altura que inicialmente foi lançado.

5.2.4.1 Respostas ao problema 4

A situação 4 trata de movimento em duas dimensões sendo necessário que o estudante explicita conhecimentos acerca de componentes de vetor. O estudante ainda precisa saber como se comportam cada componente em diferentes instantes da trajetória. Podemos sintetizar as respostas dos estudantes a partir de alguns indicadores das concepções de estudantes no Quadro 10:

Quadro 10: síntese das respostas ao problema 4

Padrão de resposta		Número de estudantes	
Indica que o projétil terá velocidade mínima na altura máxima e...	Velocidade máxima assim que começa a cair	2	30
	Velocidade máxima no lançamento	7	
	Velocidade máxima nas alturas mínimas, no começo e no fim do lançamento	4	
	Velocidade máxima no fim do lançamento	14	
	Velocidade máxima na queda	1	
	Velocidade máxima no início do lançamento e durante a queda	1	
	Velocidade máxima durante a subida e descida	1	
Indica que o projétil terá velocidade mínima no fim do lançamento e	Velocidade será máxima na altura máxima	4	5
	Velocidade será máxima no começo do lançamento	1	
Indica que a velocidade será mínima no começo e fim do lançamento e na altura máxima e a velocidade será máxima momentos após o lançamento e momentos depois que começa a cair			1
Indica que a velocidade será mínima no começo do lançamento e ...	A velocidade será máxima durante a queda	1	8
	A velocidade será máxima na altura máxima	6	
	A velocidade será máxima no fim do lançamento	1	
Indica compreender que a situação descrita é um lançamento vertical com velocidade mínima no lançamento e máxima quando começa a cair			1
Indica compreender que o objeto sobe o plano inclinado com velocidade máxima no início e velocidade mínima no topo do plano			3

Indica compreender que a velocidade inicial é maior do que a final	1
Indica compreender que o objeto anda na horizontal com velocidade máxima e sobe o plano, a velocidade será mínima no topo	1
Não responderam	9

Fonte: elaborado pela autora.

Com relação à quarta situação, trinta estudantes dão indícios da concepção que o projétil terá velocidade mínima na altura máxima. Desses trinta estudantes dois dão indícios de que o projétil possui velocidade máxima assim que começa a cair, velocidade máxima no lançamento (7), velocidade máxima nas alturas mínimas, no começo e no fim do lançamento (4), velocidade máxima no fim do lançamento (14), velocidade máxima na queda (1), velocidade máxima no início do lançamento e durante a queda (1), velocidade máxima durante a subida e descida (1).

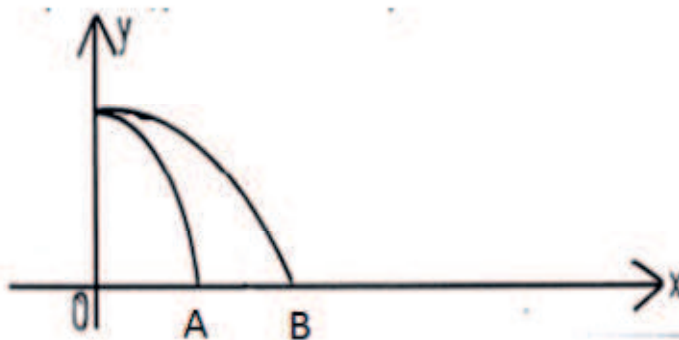
As respostas de cinco estudantes dão a entender que o projétil terá velocidade mínima no fim do lançamento. Quatro deles aparentam ter a concepção que a velocidade será máxima na altura máxima e um que a velocidade será máxima no começo do lançamento. Um estudante dá apontamentos de possuir a ideia de que a velocidade é mínima no começo e fim do lançamento e na altura máxima e a velocidade é máxima momentos após o lançamento e momentos depois que começa a cair. Oito estudantes apresentam a ideia que a velocidade será mínima no começo do lançamento, desses, um aponta que a velocidade será máxima durante a queda, seis apontam que a velocidade será máxima na altura máxima e um, que a velocidade será máxima no fim do lançamento.

Um estudante expressa resposta que indica a compreensão de que a situação descrita é um lançamento vertical com velocidade mínima no lançamento e máxima quando começa a cair. Três estudantes indicam compreender que o objeto sobe o plano inclinado com velocidade máxima no início e velocidade mínima no topo do plano. A resposta de um estudante aponta para a compreensão de que a velocidade inicial é maior do que a final. Um dá indícios de entender que o objeto anda na horizontal com velocidade máxima e sobe o plano, a velocidade será mínima no topo, nove não responderam.

Como o movimento é oblíquo a velocidade tem uma componente vertical e uma horizontal. A componente vertical varia como tempo e a horizontal permanece constante, logo, em cada instante temos um valor para o vetor velocidade, apenas sete estudantes fizeram a representação do vetor velocidade em diferentes instantes da trajetória para justificar suas respostas. Sete deles representaram o vetor com módulo constante e apenas uma representou o vetor com módulo variando.

5.2.5 Problema 5: adaptado

Duas bolas são lançadas horizontalmente do alto de um edifício e as suas trajetórias A e B são representadas na figura. Admitindo-se a resistência do ar desprezível, o que podemos afirmar sobre a velocidade horizontal, velocidade vertical e a aceleração dos dois corpos?



O problema 5 requer a compreensão das características do lançamento horizontal, tendo em mente que ele configura a composição de dois movimentos simultâneos e que cada movimento possui peculiaridades. Logo, espera-se que o público alvo tenha conhecimento sobre componentes de vetores e como se comportam os vetores nas trajetórias apresentadas. Na situação analisada, o movimento vertical das bolas é considerado uma queda livre e os corpos estão sujeitos à mesma aceleração gravitacional, logo, os dois corpos possuem a mesma aceleração. No movimento horizontal a velocidade das bolas é constante e o único fator que influencia na distância horizontal alcançada pelo corpo é o valor da velocidade.

5.2.5.1 Respostas ao problema 5

Para responder a situação cinco, os estudantes deveriam apresentar a compreensão das características do lançamento horizontal, tendo em mente que ele configura a composição de dois movimentos simultâneos e que cada movimento possui peculiaridades. Espera-se deles que tenham conhecimento sobre componentes de vetores e como se comportam os vetores nas trajetórias apresentadas. Podemos sintetizar as respostas dos estudantes no Quadro 11:

Quadro 11: síntese das respostas ao problema 5

Padrão de resposta		Número de estudantes	Padrão de resposta	Número de estudantes	
Velocidade horizontal de B é maior do que a bola A	A velocidade vertical da bola A é maior do que a velocidade da bola B	4	A aceleração da bola A é igual à aceleração da bola B	6	19
	A velocidade vertical da bola A é igual a da bola B	5	A aceleração da bola B é maior do que a da bola A	3	
	A velocidade vertical da bola B é maior do que a da bola A	3	A aceleração de A é maior do que B	1	
	A velocidade vertical aumenta com o tempo	3	A aceleração diminui na horizontal e aumenta na vertical	1	
	Não sabem dizer o comportamento da velocidade vertical	4	Não mencionam a aceleração	8	

A velocidade horizontal é constante	A velocidade vertical é variável e aumenta		8	A aceleração existe na vertical e possui valor constante	7	9
	A velocidade vertical diminui		1	A aceleração é variável	1	
				A aceleração é tangente à trajetória dos dois corpos	1	
A velocidade na horizontal é nula	A velocidade na vertical aumenta		1	A aceleração da bola A é maior do que a aceleração da bola B	2	2
	A velocidade vertical da bola B é maior do que a da bola A		1			
A velocidade horizontal aumenta	A velocidade vertical diminui		2	Não mencionam a aceleração		2
A velocidade horizontal diminui	A velocidade vertical aumenta		1			1
A velocidade da bola A é diferente da velocidade da bola B	3	A velocidade vertical aumenta	1	A aceleração das bolas é igual	3	5
A velocidade da bola A é igual a velocidade da bola B			1	A aceleração da bola B é maior do que a aceleração da bola A	2	
A velocidade da bola B é maior do que a velocidade da bola A			1			

A velocidade vertical é maior do que a velocidade horizontal	1	A aceleração é contínua	1	1
A velocidade horizontal das bolas tem seu valor máximo e que as velocidades na vertical são nulas para as duas bolas	1			1
Não mencionam as velocidades das bolas		Aceleração é constante e igual para as duas bolas	3	4
		A aceleração da bola B é maior do que a aceleração da bola A	1	
Todas as grandezas aumentam ou diminuem				1
São proporcionais				1
Não responderam				13

Fonte: elaborado pela autora.

A quinta situação foi uma das que apresentaram o maior número de ideias diferentes pelo fato de ela pedir a análise de três características: velocidade horizontal, velocidade vertical e aceleração, os estudantes concordam em dizer o comportamento de uma característica, mas, nas outras duas apresentam ideias diferentes. Dezenove estudantes expressam respostas que apontam a ideia de que a trajetória da bola B indica que foi lançada horizontalmente com velocidade maior do que a bola A, dois deles dizem que a velocidade na horizontal é constante, um diz que a velocidade horizontal diminui e outro diz que ela muda de direção. Desses dezenove, quatro estudantes respondem que a velocidade vertical da bola A é maior do que a velocidade da bola B, cinco apontam que a velocidade vertical da bola A é igual a da bola B. Três sugerem que a velocidade vertical da bola B é maior do que a da bola A. Três respondem que a velocidade vertical aumenta com o tempo. Quatro estudantes indicam não compreender o comportamento da velocidade vertical. Dos dezenove, seis estudantes dizem que a aceleração da bola A é igual à aceleração da bola B. Três apontam que a aceleração da bola B é maior do que a da bola A. Apenas um diz que a aceleração de A é

maior do que B. Um estudante indica com sua resposta que a aceleração diminui na horizontal e aumenta na vertical. Os demais estudantes não fazem menção à aceleração (8).

Nove estudantes respondem que a velocidade horizontal é constante. Desses, oito indicam que a velocidade vertical é variável e aumenta e um afirma que a velocidade vertical diminui. Dos nove, sete apontam que a aceleração existe na vertical e possui valor constante, um diz que a aceleração é variável e outro, que ela é tangente à trajetória dos dois corpos.

Dois estudantes apontam que a velocidade na horizontal é nula, um deles diz que a velocidade na vertical aumenta e o outro que a velocidade vertical da bola B é maior do que a da bola A. Os dois respondem que a aceleração da bola A é maior do que a aceleração da bola B.

Dois estudantes dizem que a velocidade horizontal aumenta um diz que ela diminui. Dois dizem que a velocidade vertical diminui e um diz que ela aumenta. Não mencionam a aceleração dos dois corpos.

Três estudantes apontam que a velocidade da bola A é diferente da velocidade da bola B, um deles diz que a velocidade vertical aumenta. Um diz que a velocidade da bola A é igual a velocidade da bola B, um diz que a velocidade da bola B é maior do que a velocidade da bola A. Dos cinco estudantes, três dizem que a aceleração das bolas é igual, dois indicam que a aceleração da bola B é maior do que a aceleração da bola A.

Um estudante diz que a velocidade vertical é maior do que a velocidade horizontal, um diz que a velocidade horizontal das bolas tem seu valor máximo e que as velocidades na vertical são nulas para as duas bolas. Apenas um menciona a aceleração e diz que ela é contínua. Quatro estudantes não mencionam as velocidades das bolas, três dizem que a aceleração é constante e igual para as duas bolas, apenas um deixa claro que na vertical é constante e na horizontal é nula. Um diz que a aceleração da bola B é maior do que a aceleração da bola A.

Um estudante diz que todas as grandezas aumentam ou diminuem, outro diz que elas são proporcionais, treze estudantes não responderam a pergunta. Apenas quatro estudantes representaram o vetor velocidade das bolas de forma que o módulo permanece constante com o tempo. Com relação a representação não verbal, alguns estudantes expressam resposta que indica não compreensão da diferença entre gráfico e a representação de uma trajetória bidimensional. Aparentemente não percebem que em um gráfico temos dois signos e um

desses signos varia seu valor em função do segundo signo, na representação da trajetória utilizamos um sistema de referência para que seja possível concluir algo sobre o comportamento das grandezas envolvidas.

5.2.6 Problema 6: retirado do livro *Física em contextos* (PIETROCOLA et al, 2010)

Seria possível, com uma forte raquetada, fazer uma bola de tênis percorrer uma trajetória em linha reta horizontal? Justifique.

O problema 6 envolve conhecimento de aceleração gravitacional e as consequências sobre um corpo que atua a força gravitacional. Os estudantes deverão saber que todos os corpos estão sob ação da gravidade e que, quando um corpo é lançado horizontalmente existe velocidade na horizontal, independente do valor dessa velocidade de lançamento da bola, ela sempre realizará um movimento de queda ao mesmo tempo que avança horizontalmente. Logo, não é possível que a bola percorra trajetória retilínea horizontal. Ela descreverá trajetória parabólica. Além disso, precisará saber que o lançamento horizontal trata-se de uma composição de movimentos e por consequência os vetores terão duas componentes, uma horizontal e outra vertical.

5.2.6.1 Respostas ao problema 6

A situação 6 envolve conhecimento de aceleração gravitacional e as consequências sobre um corpo no qual atua a força gravitacional. Os estudantes deverão saber que todos os corpos estão sob ação da gravidade e que, quando um corpo é lançado horizontalmente existe velocidade na horizontal, independente do valor dessa velocidade de lançamento da bola, ela sempre realizará um movimento de queda ao mesmo tempo em que avança horizontalmente. Podemos sintetizar as ideias dos estudantes no Quadro 12:

Quadro 12: síntese das respostas ao problema 6

Padrão de resposta	Número de estudantes
--------------------	----------------------

SIM, mas a trajetória será pequena e a bola tende a cair	3
SIM, pois a bola é leve	1
SIM, por um tempo curto que depende da força aplicada	8
SIM, por um tempo curto depois realiza um movimento curvo	5
SIM, a bola percorre com aceleração constante e vai caindo com uma desaceleração até o chão	1
SIM, desprezando a resistência do ar	2
SIM, desprezando a aceleração da gravidade	1
SIM	1
SIM, depende da resistência do ar	1
NÃO, pois a bola perde velocidade e sai da linha reta	2
NÃO, pois todo corpo lançado percorre trajetória curva	5
NÃO, porque depois de instantes ela faz uma curva	2
NÃO, Porque ele seria afetado pela aceleração da gravidade e/ou pela resistência do ar	22
Não responderam	5

Fonte: elaborado pela autora.

Com relação à sexta situação, vinte e três estudantes responderam que seria possível a bola de tênis percorrer trajetória retilínea, trinta e um estudantes responderam que não seria possível a bola percorrer trajetória retilínea, cinco estudantes não responderam a pergunta. Analisando as respostas percebemos algumas explicações que podem indicar a compreensão do fenômeno pelos estudantes. Mesmo alguns deles aparentemente apresentando ideia base em comum, as explicações que complementam essas ideias são variadas e podem apresentar contradição na própria explicação.

Os que responderam que seria possível complementam suas respostas dizendo que a bola percorreria trajetória retilínea dependendo da força com a qual a bola fosse lançada e

depois de um tempo ela tenderia a cair. Alguns apontam a ideia de que cairia em trajetória retilínea vertical, outros associam a queda com uma trajetória curva. Outras explicações se baseiam na influência do ar sobre a bola e na massa da bola. Alguns estudantes responderam que a bola cai porque a velocidade da bola vai diminuindo e a aceleração da gravidade a faz cair. Outros aparentam entender que a bola percorre a trajetória retilínea com velocidade constante e cai com desaceleração. Apenas algumas respostas mencionam a velocidade e quando é mencionada dão indicações que o estudante não está levando em consideração as componentes da velocidade já que se trata de uma composição de movimentos.

Já as explicações para a impossibilidade da trajetória retilínea apresentam indícios de fundamentação na ideia de que a aceleração da gravidade atua sobre a bola e a faz cair descrevendo trajetória curva, para alguns a ação da aceleração da gravidade faz a bola cair em trajetória retilínea vertical. Além da ação da gravidade, a resistência do ar teria influência na trajetória da bola não permitindo seguir em linha reta. A resistência do ar faria diminuir a velocidade da bola ou faz com que a bola desacelere. Novamente, quando há menção de velocidade e aceleração os estudantes não especificam se falam de componentes da velocidade ou do vetor velocidade. Três estudantes representaram a situação em forma de desenho.

5.3 Discussão dos resultados

O objetivo desse estudo era conhecer como os estudantes compreendem os conceitos da cinemática. De maneira geral, alguns estudantes aparentam compreender os conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração e o caráter vetorial dessas grandezas. Apesar disso, muitos estudantes aparentaram não compreender a relação entre essas grandezas. O Quadro 13 mostra o padrão de resposta mais frequente para cada questão.

Quadro 13: síntese da categorização dos estudantes

Problema	Padrão de resposta	
1	Indica compreender direção e sentido	
2	a- Indica a concepção de que no movimento curvo a velocidade é tangente à trajetória curva A partícula possui aceleração	b- Indica a concepção de que no movimento curvo a partícula possui aceleração centrípeta e aceleração

	centrípeta.	tangencial.
3	Indica a concepção de o coioete descrever trajetória parabólica.	
4	Indica que o projétil terá velocidade mínima na altura máxima e Velocidade máxima no fim do lançamento.	
5	Velocidade horizontal de B é maior do que a bola A. A velocidade vertical da bola A é igual a da bola B. Não mencionam a aceleração.	
6	NÃO, Porque ele seria afetado pela aceleração da gravidade e/ou pela resistência do ar.	

Fonte: elaborado pela autora

No problema 2 alguns estudantes demonstraram não compreender o comportamento da velocidade e aceleração no movimento curvo, não sabem representar essas grandezas vetorialmente e não conseguem diferenciar o movimento circular uniforme do movimento circular variado. Aparentemente os estudantes não sabem diferenciar aceleração centrípeta e aceleração tangencial e no que implica a presença dessas no movimento circular. Na situação de movimento uniforme, alguns estudantes responderam que no movimento não existe aceleração, desconsiderando o caráter vetorial da velocidade que sofre variação o que implica na existência da aceleração fazendo com que o objeto descreva trajetória curvilínea. Alguns estudantes representaram a aceleração e velocidade sobre a trajetória do objeto.

Grande número de estudantes aparenta ter concepção correta acerca da composição de movimento. Outros estudantes apresentaram ideias mostrando acreditar que o objeto que possui velocidade horizontal desloca-se na horizontal depois passa a cair na vertical ou na diagonal, ou ainda o objeto que está na vertical sempre se movimenta na vertical. Esses resultados também foram observados por Caramazza; McCloskey e Green (1981) e em alguns estudos citados por Leite (1993) onde os estudantes expressam a ideia de que objetos inicialmente em movimento horizontal caem na vertical, pois o movimento natural da queda é na vertical ou porque a velocidade horizontal se anula no instante que começa a queda, ou caem com movimentos sucessivos, primeiro na horizontal depois na vertical. Outros pensam que a trajetória é diagonal, resultante da combinação do movimento horizontal com o vertical (LEITE, 1993, p. 63).

Outro ponto que pode ser observado é que os estudantes não compreendem como é a relação entre velocidade e aceleração, principalmente na composição de movimento. Não compreendem o que faz a velocidade de um corpo aumentar ou diminuir. Essa constatação pode ser corroborada com os estudos de Carvalho (1985) apud Cordeiro (2003), Laburu

(1993), Trowbridge e Mcdermott (1981) e Trowbridge e Mcdermott (1980) onde observaram que muitos estudantes não compreendem o conceito de aceleração e de velocidade.

No problema 6 aparece novamente a ideia de que no lançamento horizontal o corpo desloca-se inicialmente na horizontal de passa para a vertical, o motivo desse movimento é o fato da velocidade na horizontal acabar ou então a força aplicada não ser muito intensa e o corpo passa a cair. A ideia de que força e velocidade têm relação direta foi observada também nos estudos de Viennot (1979); Champagne, Klopfer e Anderson (1980); Mohapatra e Bhattacharyya (1989); Thjs (1992); Kruger e Summers (1988); Kruger, Summers e Palacio (1990); Vasconcelos (1987) apud Leite (1993) onde os estudantes acreditam ser necessária a ação de uma força para que se mantenha o movimento.

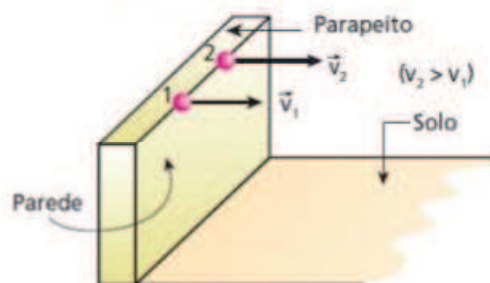
6 OBSERVANDO POSSÍVEIS INVARIANTES OPERATÓRIOS NAS SEÇÕES DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ESTUDO 3

6.1 Problemas utilizados nas entrevistas

A maioria dos problemas utilizados foi tirada de livros didáticos de física do nível médio. Um número grande dos estudantes que participaram do estudo são recém-saídos do ensino médio, portanto não possuem habilidades avançadas que são exigidas pelos problemas de nível superior. Por esse motivo não foram utilizados problemas do nível superior. É importante deixar definido o que é esperado como resposta em cada problema utilizado na entrevista, determinando quais os conhecimentos que os estudantes devem possuir para obterem êxito na resolução.

Problema 1: retirado do livro *Física* (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006)

Duas pequenas esferas idênticas, 1 e 2, são lançadas do parapeito de uma janela, perpendicularmente à parede, com velocidades horizontais v_1 e v_2 , com $v_2 > v_1$, como mostra a figura, e caem sob a ação da gravidade. A esfera 1 atinge o solo num ponto situado à distância x_1 da parede, t_1 segundos depois de abandonar o parapeito, e a esfera 2, num ponto situado à distância x_2 da parede, t_2 segundos depois de abandonar o parapeito. Desprezando a resistência oferecida pelo ar e considerando o solo plano e horizontal, o que podemos afirmar sobre:



- A trajetória da bola 1 e da bola 2;
- A posição da bola 1 e da bola 2;
- O tempo do movimento da bola 1 e da bola 2;
- Represente em forma de desenho o vetor velocidade da bola 1 e da bola 2.

O problema 1 envolve o entendimento do movimento horizontal e mais especificamente a compreensão de que a componente da velocidade na horizontal é constante. Logo, temos um movimento uniforme, sendo então o valor da velocidade o fator influenciador na distância horizontal atingida pelos corpos. Na situação analisada a bola 2 é lançada com velocidade horizontal maior do que a bola 1, portanto, a distância atingida pela bola 2 é maior do que a distância atingida pela bola 1. Outra característica importante a ser considerada é que além de avançar horizontalmente os corpos estão em queda livre, sendo assim tempo de queda para as duas bolas é o mesmo.

Problema 2: Elaborado pela autora

Na copa de 2014 David Luiz fez um gol de falta sobre o time da Colômbia que foi eleito o mais bonito da copa e foi o terceiro gol feito pela seleção brasileira em copa com a maior distância até a trave (33m) e com duração de 1,48 s. Com que ângulo de inclinação em relação ao solo David Luiz chutou a bola? Represente a situação em forma de desenho e explique o que acontece com o vetor velocidade da bola ao longo da trajetória.

O problema de lançamento de projéteis envolve o conhecimento da composição de movimentos e a compreensão de cada movimento separadamente para interpretar o problema. O estudante precisará saber que o movimento horizontal é uniforme, logo, a componente da velocidade horizontal é constante e seu valor pode ser encontrado utilizando as informações da distância da trave e o tempo gasto pela bola até atingir o gol. Além disso, precisará dominar características do movimento vertical, como o fato de que na altura máxima a componente da velocidade vertical é zero, sendo uma informação importante para auxiliar encontrar o valor da velocidade inicial na vertical. Com os valores das duas componentes em mãos, o estudante precisará demonstrar conhecimentos sobre vetores e relações trigonométricas, pois a partir da definição de tangente será possível conhecer o valor do ângulo de inclinação do lançamento da bola.

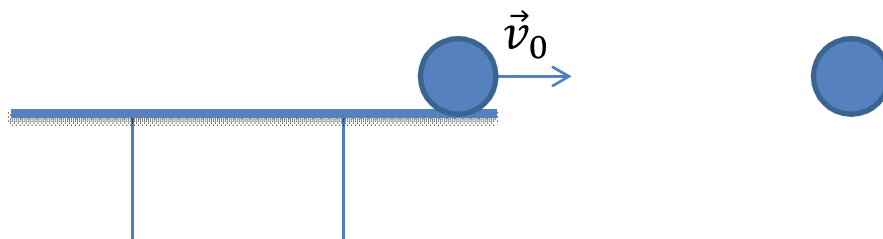
Problema 3: adaptado do livro *Física em contextos* (PIETROCOLA et al, 2010)

Para não ser arrastado pela correnteza de 6 km/h, o piloto de um barco deve orientá-lo de modo inclinado, opondo-se em parte ao movimento da água. Se o barco se desloca a uma velocidade de 8 km/h perpendicularmente em relação às margens, que velocidade o motor lhe confere? Faça um esquema da situação proposta.

O Problema envolve a compreensão de composição vetorial e operação com vetores. O estudante precisará saber que a velocidade da correnteza e a velocidade do barco perpendicular à margem são componentes do vetor velocidade de travessia do barco. Na situação, precisará interpretar a velocidade de travessia como a resultante das velocidades da correnteza e da velocidade perpendicular.

Problema 4

Duas bolas estão a uma mesma altura, uma bola é lançada horizontalmente com velocidade v_0 e a outra bola é deixada cair. Haverá colisão entre as bolas? Justifique. Desenhe a trajetória de cada bola.



O problema 4 envolve conhecimentos de composição de movimentos e das características de cada movimento separadamente. A bola que é lançada horizontalmente descreverá trajetória parabólica e seu movimento é composto de um movimento vertical, de

queda livre, e um movimento horizontal, uniforme. A bola que é deixada cair descreverá trajetória retilínea vertical configurando uma queda livre. Deve estar claro para o estudante que quando se trata de dois corpos em queda livre, o tempo gasto para atingir o solo é o mesmo, portanto as duas bolas cairão ao mesmo tempo. Além disso, deverá atentar-se para o fato de que a bola que é lançada horizontalmente além de cair avança horizontalmente, diminuindo a distância entre ela e a outra bola.

6.2 As seções de resolução de problemas

As seções de resolução de problemas foram realizadas individualmente com cada estudante participante utilizando a técnica do protocolo verbal. A partir da análise das gravações e da resolução de todos os estudantes, algumas categorias foram criadas e cada estudante foi classificado conforme suas características. A primeira categoria diz respeito à representação simbólica recorrente nas respostas dos estudantes. A todo conceito físico é associado uma representação simbólica, seja ela em linguagem natural, símbolos, diagramas ou outros. Os significantes fazem parte do conceito, segundo Vergnaud (1990), para compreender um conceito em sua totalidade é necessário que o indivíduo conheça e faça uso das formas de representação do conceito. Logo, todo tipo de linguagem é indispensável para a formação do conceito e conhecer como os estudantes fazem uso da linguagem simbólica é importante para que seja possível analisar como os estudantes compreendem um conceito.

Outra categoria pretende verificar indícios da utilização da matemática na resolução de problemas e a compreensão dos conceitos. Essa categoria foi criada baseada na classificação feita por Karam e Pietrocola (2009) que caracterizam habilidades técnicas e habilidades estruturais. A ação mecânica corresponde às habilidades técnicas. Enquadram-se nessa categoria estudantes que aparentam ter a ideia de que a matemática pode ser comparada a uma vitrine de remédios e dependendo da patologia utiliza-se uma droga pré-determinada e eficiente. A subcategoria ação refletida corresponde às habilidades estruturantes onde se enquadram os estudantes que dão indícios de utilizar a matemática como estrutura da física, de forma que não é necessário ter ‘fórmulas’ prontas para solucionar os problemas. A solução é construída a partir das informações.

A última categoria classifica os estudantes quanto à compreensão dos conceitos, identificando se há coerência conceitual com as teorias físicas. No Quadro 14 apresentamos as

categorias utilizadas para compreender as atitudes dos estudantes frente às situações, bem como as subcategorias e suas descrições.

Quadro 14: categorias para analisar a atitude dos estudantes

Categorias		Descrição
Representação simbólica	Verbal	A linguagem verbal predominante na interpretação e representação do problema.
	Pictórica	A utilização de desenhos e esquemas é predominante na interpretação e representação do problema.
	Mista	A utilização da linguagem verbal e a utilização de desenhos e esquemas são essenciais na interpretação e representação do problema.
Matemática	Ação mecânica (Ferramenta)	Saber a equação matemática é essencial para interpretar e solucionar o problema. Não consegue associar os conceitos com a representação matemática.
	Ação refletida (Estrutura)	Compreender aspectos isolados do problema é importante para interpretar e construir a solução do problema. Consegue associá-los com a representação matemática.
Compreensão dos conceitos	Coerente	Possui compreensão dos conceitos e das suas manifestações
	Incoerente	Não possui compreensão dos conceitos e das suas manifestações

Fonte: Elaborado pela autora.

6.2.1 Estudante 1

O estudante 1 tem a linguagem verbal falada predominante na representação do problema. A explicação do problema é baseada na sua fala e utiliza desenhos como conclusão do que foi falado. Resolve o problema levando em consideração a situação isolada e as informações expostas. Dá indícios de uma ação refletida apesar de apresentar alguns erros na

resposta ao problema. O estudante também apresenta compreensão dos conceitos, e do comportamento deles nas situações, coerente com as teorias físicas.

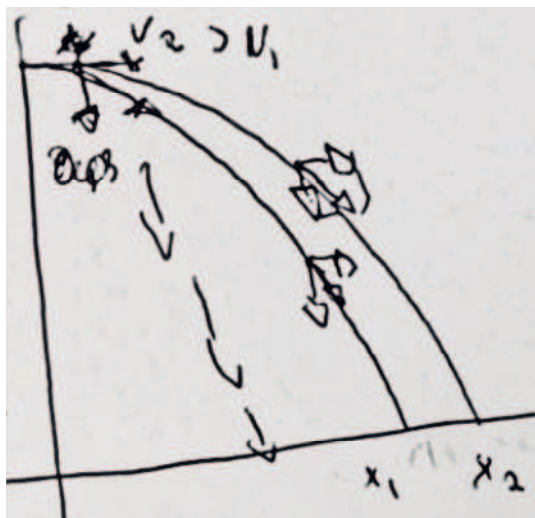
Problema 1

Inicialmente o estudante afirma que o tempo de duração dos dois lançamentos é diferente, pois as velocidades são diferentes e a bola 2 teria um tempo de duração maior pois percorreria mais espaço. Após refletir sobre o problema e sem intervenção externa, afirma que o tempo de queda é o mesmo porque as duas bolas estão sobre ação da gravidade e ainda: *“Ela passa um tempo andando na horizontal, mas como ela sofre a ação da gravidade ela tende a cair então vai fazer uma parábola. Na bola dois a parábola tem uma concavidade mais aberta e faz distância horizontal maior, mas como está sobre a ação da gravidade vão cair ao mesmo tempo”*.

Quanto à representação da situação o estudante apresentou ideias incoerentes, mas ao ser questionado faz reflexão e responde novamente. Como exemplo, no momento que ele fala: *“... existe uma componente pra baixo e uma na horizontal (componentes da velocidade), a componente para baixo significa a aceleração da gravidade que é 9,8 e a vertical (horizontal) ele não fala só diz que v_2 é maior do que v_1 ”*. Quando questionado sobre o desenho que fez e a nomeação que deu ao vetor que apontava para baixo, respondeu que era a componente do vetor velocidade, logo era a velocidade vertical que varia ao longo da trajetória. Quando questionado sobre a representação do vetor velocidade disse que ficava sempre na perpendicular, porém, desenha o vetor tangencialmente à trajetória. Representou as velocidades das duas bolas com setas de mesmo tamanho. Quando questionado a respeito disso falou que as setas deveriam ter tamanhos diferentes. Além disso, quando o estudante vai dar início a representação da situação ele se expressa dizendo que ele vai *“traçar o gráfico”*. Pode-se entender que o estudante apresenta confusão para distinguir o que seria uma representação gráfica do movimento e a representação da trajetória. Segundo Vergnaud (1982) as “representações simbólicas como diagramas, gráficos e tabelas podem ser essenciais para extrair relações relevantes, mas também podem ser mal interpretadas pelos estudantes e tornar-se motivo de confusão” (VERGNAUD, 1982, p. 36). Na Imagem 1 temos a representação da situação feita pelo estudante. Podemos observar que, apesar de estar ciente que a velocidade horizontal da bola 2 possui módulo maior do que a da bola 1, ele não faz essa diferenciação na ilustração. Para Vergnaud há lacunas entre o que o indivíduo tem em mente e a expressão desse pensamento, pois nem sempre “sistemas semióticos têm por

finalidade expressar exatamente o que cada indivíduo tem em mente quando enfrenta uma situação” (VERGNAUD, 1998 apud MOREIRA, 2002, p. 24).

Imagem 1: representação do problema 1



Fonte: extraído da entrevista

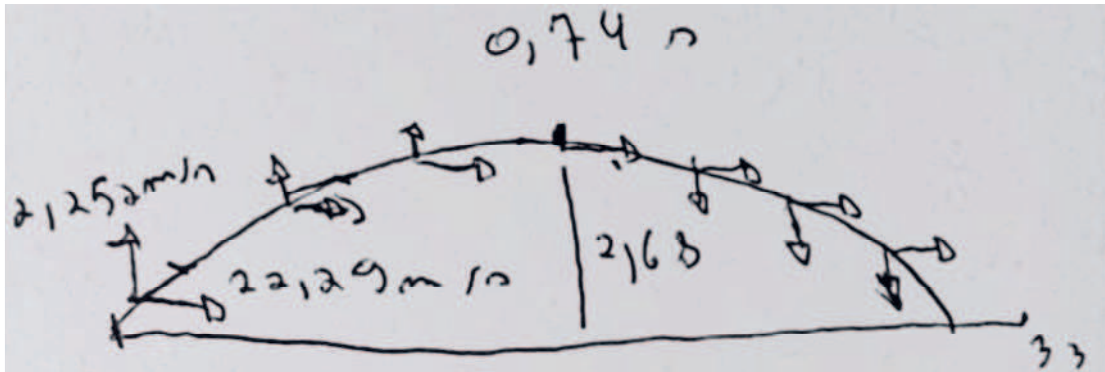
Problema 2

O estudante se adianta na informação que a questão pediria e começou calculando a altura máxima, isso porque o funcionamento cognitivo do estudante envolve operações automatizadas (VERGNAUD, 1990). Na equação usada para calcular a altura utilizou a nomenclatura da horizontal, quando questionado o estudante corrige.

Após ler o problema novamente faz algumas considerações: “*A componente vertical tende a diminuir porque a gravidade vai desacelerar até chegar o momento que ele para, a horizontal permanece constante. Na descida começa a acelerar por causa da gravidade, a horizontal é a mesma. O tempo de subida é igual ao de descida*”. Usou essas considerações para fazer a representação da situação, que é mostrada na Imagem 2, e calcular as componentes da velocidade: “*A velocidade horizontal é a distância percorrida dividido pelo tempo. A velocidade vertical é multiplicar a aceleração pelo tempo*”. Ele afirma que para calcular a resultante do vetor velocidade “*é como se fosse o teorema de Pitágoras, pega a tangente do triângulo, cateto oposto sobre cateto adjacente*”. Nesse momento ele desenha as componentes da velocidade e o vetor resultante. Apesar de mencionar o teorema de Pitágoras

ele não faz uso dele, bem como, não calcula velocidade resultante. Ele faz uso da definição de tangente e calcula o ângulo de inclinação.

Imagem 2: representação do problema 2



Fonte: extraído da entrevista

O estudante é questionado sobre qual seria o procedimento para calcular as componentes de qualquer outro vetor, ele não consegue dizer como proceder. É normal que o estudante não domine completamente o campo conceitual, pois, as situações são dominadas progressivamente ao longo de muito tempo (MOREIRA, 2002).

Problema 3

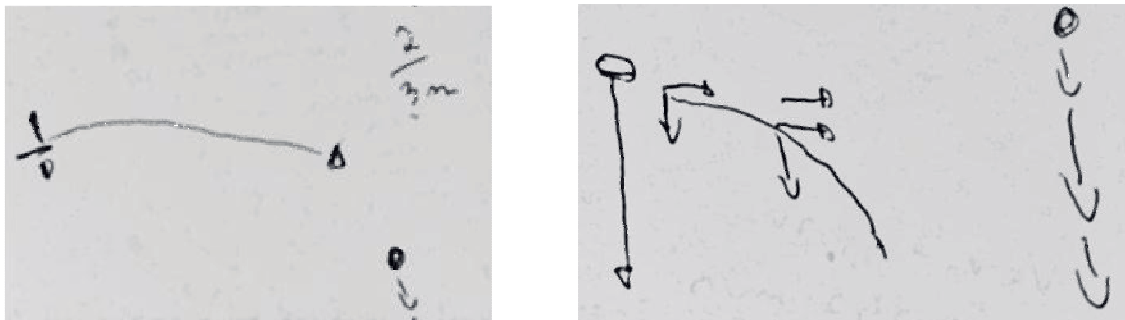
Ao fazer a primeira leitura da situação 3 o estudante afirma que: “a velocidade que o motor dá ao barco é a soma das velocidades da correnteza e da velocidade perpendicular à margem”. Após ler novamente a questão, tem uma nova interpretação da situação: “a velocidade resultante tem o valor de 2, fazendo uma subtração entre as duas velocidades.” Após uma terceira leitura do problema e intervenção externa para esclarecer o problema ele afirma que: “a velocidade que o motor dá ao barco é maior do que a velocidade perpendicular, então acredito que seja 14”. Conforme Vergnaud (1990) “quando um indivíduo usa um esquema ineficaz para uma determinada situação, a experiência o leva a mudar o esquema” (VERGNAUD, 1990, p. 3). Percebe-se que o estudante faz uso de soma algébrica em seu pensamento, porém, quando escreveu e fez os cálculos no papel ele utiliza a soma vetorial para encontrar a velocidade. Após o cálculo, desenhou as componentes do vetor e o vetor resultante. Porém, o estudante não conseguiu fazer a representação pictórica da situação problema. Esse fato coincide com o que propõe a teoria dos campos conceituais, já

que, muitas vezes, explicitar o conhecimento é difícil mesmo que o indivíduo seja capaz de realizar as operações (VERGNAUD, 1990).

Problema 4

Ao problema 4 ele faz as seguintes observações: *“Só haverá colisão se a velocidade da primeira conseguir alcançar a bola 2, se a velocidade horizontal da bola 1 for suficiente para fazer a bola percorrer a distância entre as duas bolas. O tempo de queda das duas bolas é igual porque estão a uma mesma altura”*. O estudante apresenta um esquema bem elaborado e consegue determinar a dependência entre as variáveis do problema, bem como prever e formular hipóteses. Ele explica suas afirmações fazendo o desenho da situação mostrado na Imagem 3. Após intervenção ele aponta outros fatos acerca da situação: *“Velocidade inicial é zero na vertical para as duas bolas e a bola 1 possui velocidade na horizontal constante que vai determinar a distância que vai alcançar”*.

Imagem 3: representação do problema 4



Fonte: extraído da entrevista

6.2.2 Estudante 2

A estudante 2 apresenta representação verbal falada associada com a representação pictórica. Ao iniciar a resolução do problema ela desenha o esquema da situação ao mesmo tempo explana seus pensamentos, argumentos ou justificativas. Apesar da estudante não responder nenhum problema que necessitasse de cálculos, ela dá indícios de possuir a ação mecânica, justamente por não possuir uma “fórmula”, não consegue explorar o problema e as informações dadas para alcançar uma solução. Outro ponto que pode afirmar a ação mecânica é quando as características vetoriais das grandezas físicas não são levadas em consideração na íntegra, parece ser irrelevante a representação gráfica da variação do módulo na descrição

pictórica do movimento. Além disso, apresenta compreensão dos conceitos, e do comportamento deles nas situações, bastante incoerente com as teorias físicas.

Problema 1

A estudante afirma que não sabe responder o problema. Por isso, algumas perguntas foram feitas para que ela expressasse algum pensamento.

Como será a trajetória dessas bolas? *Horizontal*. Quando eu lançar elas vão sair em linha reta? *Sim, por uma determinada distância*. E depois acontece o quê? *Depois elas vão cair*. Desenhe essa trajetória. Ela desenha duas trajetórias de meia parábola. *A distância percorrida pela bola dois será maior por que a velocidade é maior, ou seja, a força aplicada foi maior*. O que faz a esfera cair? *A gravidade faz com que a velocidade dele horizontalmente acabe e comece a cair na vertical*. No momento em que ele está se deslocando na horizontal a força da gravidade não está agindo sobre ele? *Está*. E por que ela não começa a cair assim que ele sai? *Por causa da velocidade horizontal e do impulso que ele adquire ao ser jogado do parapeito que determina uma velocidade horizontal que faz com que ele percorra uma distância antes de cair*. Então a força da gravidade atua, mas ela não é suficiente pra fazer o objeto cair, apenas quando a velocidade diminui? *É! Não faz com que ele caia de imediato*. O que faz diminuir a velocidade na horizontal para que agora a força da gravidade possa fazer a esfera cair? *A gravidade! À medida que ela vai agindo sobre o corpo a velocidade horizontal vai diminuindo até que ele caia*. Como a gravidade interfere no deslocamento horizontal? *Como a gravidade é maior do que a resistência do ar...nesse momento a estudante não consegue completar seu pensamento e fica em silêncio*.

Parto para outros questionamento acerca da situação. Pergunto sobre o tempo de queda das bolas. *O tempo da bola dois é maior porque a trajetória percorrida por ela é maior do que a um*. E na vertical é maior ou menor? *É igual*. O tempo na vertical pode ser diferente do da horizontal? *Não! o tempo de dois será maior*.

O que você pode falar sobre a velocidade das bolas? *A velocidade na vertical é igual porque a altura é a mesma e a gravidade também*. E o tempo? *São iguais*. Ela não consegue explicar porque o tempo das bolas é igual, então ela volta a afirmar que são diferentes. Para a estudante o tempo gasto na horizontal pode ser diferente do gasto na vertical para um mesmo objeto que cai em trajetória parabólica. O esquema da aluna falha porque ela não tem domínio das relações entre as grandezas que descrevem o movimento. Vergnaud (2005 apud GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2008) chama algumas situações de contra intuitivo. Não é

intuitiva para ela a ideia de uma bola que percorra uma distância maior, faça isso com o tempo igual à bola que percorre uma distância menor. A sua primeira intuição constitui-se um obstáculo e não é facilmente removido.

Problema 2

A estudante chegou à conclusão, usando a lógica, como ela afirma, de que o ângulo de inclinação do chute é de 25° . Questiono como ela sabe que o ângulo tem esse valor exato, obtenho a afirmação: *“Pela lógica, pela distância que ele está da trave e pelo tempo, ele não jogou nem muito inclinado e nem muito próximo ao solo”*. Pergunto como ela prova que é esse valor, ela diz que não sabe provar. Percebe-se que a estudante não está familiarizada com a parte operatória do conhecimento que a permita agir diante da situação. Ela não consegue fazer associação entre a conceitualização e a representação simbólica. Pergunto que tipo de lançamento trata a situação e se ela pode citar características dele: *“é um lançamento oblíquo. [...] nas duas direções o movimento é variado”*. Para a estudante as grandezas têm esse comportamento: *“a bola sobe com velocidade aumentando até certa altura aonde a velocidade chega a zero, nesse momento a bola começa a cair e a velocidade volta a aumentar e a velocidade horizontal vai variando constantemente”*. A estudante afirma que as setas que representam as componentes são todas iguais menos a componente vertical final, que seria maior. A componente horizontal não seria maior porque a distância ao solo vai diminuindo. Pergunto se existe alguma diferença entre as componentes verticais da velocidade da bola em cada instante da trajetória: *Sim, quando ela está subindo é pra cima quando está descendo é para baixo*. Essa é a única diferença? *“Não, no início a vertical é maior porque ela está subindo, é maior do que a do meio. A velocidade e a aceleração estão aumentando durante a subida por causa da força que foi aplicada a bola, até que ela chegue a uma altura, a velocidade chegue à zero, diminui e ela volta a cair”*. Se a velocidade está aumentando como é que ela chega à zero? *Porque está aumentando a distância e a velocidade vai diminuindo. Está diminuindo porque a força devido à gravidade, a força da bola vai diminuindo e chega à zero. Que força? A aplicada pelo jogador. O jogador está aplicando a força lá em cima? Não, no chute. Ele só aplica no chute, depois que ela sai qual a força que atua na bola? A força da gravidade. Qual a direção dela? Como a bola está subindo a direção da força também é subindo*. A estudante apresenta esquemas bastante fortes, mesmo que incorretos. Devido ao fato de suas previsões estarem fortemente atreladas aos esquemas torna-

se difícil para a estudante modificar os seus esquemas, pois suas convicções estão bem consolidadas. Apenas uma intervenção guiada por um mediador poderá auxiliar a estudante na modificação e construção de esquemas mais coerentes com a realidade física.

Problema 3

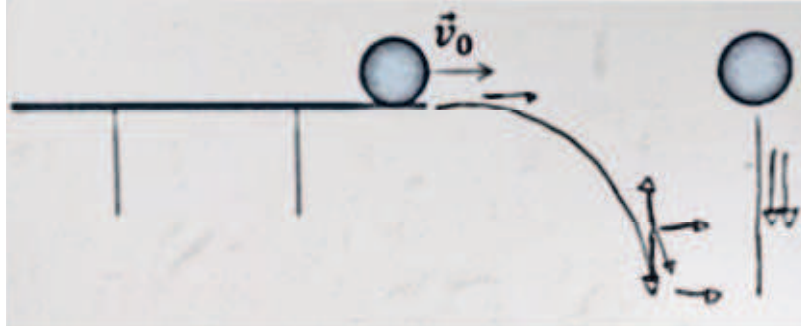
A estudante lê a situação 3 porém afirma que não teria ideia de como responder o problema. A estudante não possui esquemas que a possibilite agir frente à situação proposta.

Problema 4

Para o problema 4 ela responde que não há colisão porque os movimentos são diferentes. Sobre a trajetória das bolas: *“A bola um tem trajetória oblíqua e a outra cai reta”*. A estudante apresenta muitas inconsistências na fala, quando pergunto como se comporta a velocidade da bola 1 ela afirma, num primeiro momento, que a velocidade vai diminuindo. Depois de alguns argumentos, muda sua resposta e diz que a velocidade na horizontal é constante. Na tentativa de afirmar sua resposta faz uma explanação: *“A velocidade na horizontal é constante e atinge determinada distância ela diminui a velocidade e acaba caindo em direção ao solo e a velocidade vai diminuindo. Quando chega ao solo ela percorre uma distância com a velocidade diminuindo”*. Afirma também que a velocidade vertical é nula, logo o movimento da bola um seria influenciado apenas pela velocidade horizontal. Questiono o que causa a queda de um corpo, ela responde que a altura e a força da gravidade. Então pergunto o que a força da gravidade causa no corpo, ela diz: *“Faz com que o corpo fique parado preso ao solo”*. Qual efeito na bola que está a certa altura? *Dependendo da altura ela cai cada vez mais devagar*. Segundo ela, *“a segunda bola cai em direção ao solo e a velocidade vai aumentando”*. A estudante tem consciência de alguns conceitos e teoremas científicos, porém esses conceitos e teoremas não fazem parte dos seus esquemas, ela tenta integrá-los, mas eles não se ajustam às informações que fazem parte dos seus esquemas, que já estão fixas. Então, ela acaba sempre voltando às suas primeiras previsões, pois ela não consegue explicar, ou não faz sentido para ela, as previsões científicas do fenômeno. E ainda, afirma que as setas que representam o vetor velocidade durante toda a trajetória são idênticas, demonstrando que as representações simbólicas desse conhecimento físico também não

integram os seus esquemas (ação mecânica). A representação pictórica que ela faz da situação, mostrada na Imagem 4, não corresponde com o que ela fala.

Imagem 4: representação do problema 4



Fonte: extraído da entrevista

6.2.3 Estudante 3

A estudante apresenta representação pictórica predominante. Aparentemente ela tem a necessidade de desenhar a situação e depois fazer considerações verbais sobre o problema. Um ponto que pode ser destacado sobre essa estudante é que, apesar de expressar o comportamento das grandezas incorretamente, ela consegue fazer associação do que ela pensa com a representação vetorial. Se ela acredita que a velocidade vertical tem seu valor diminuído durante a queda, então ela desenha setas com o módulo diminuindo. Porém, apresenta compreensão dos conceitos e do comportamento deles nas situações, bastante incoerente com as teorias físicas.

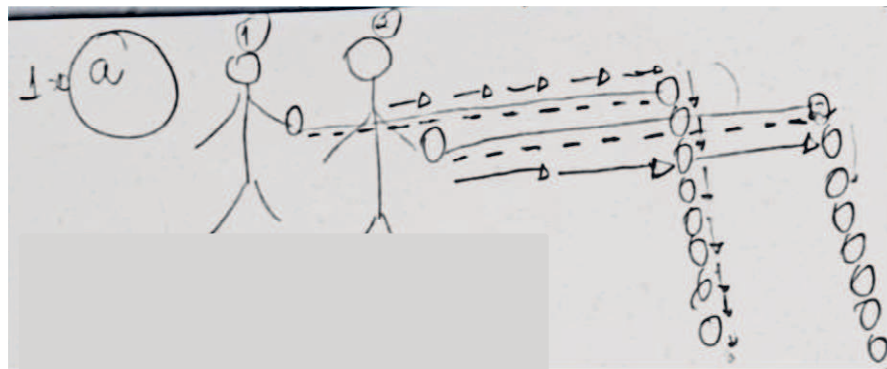
Problema 1

A estudante afirma que a bola 2 chegará primeiro porque ela foi empurrada com mais força e parando mais longe do parapeito. Ela continua seu pensamento explicando que as duas bolas irão descrever trajetória retilínea horizontal até certo ponto aonde elas irão parar (a bola 2 para mais a frente da bola 1 por causa da força maior aplicada). Ela explica que nesse ponto a força ficará nula, ocasionando a queda das bolas em trajetória retilínea vertical, pois não haverá força agindo sobre elas para fazê-las deslocarem na horizontal. Mais a frente ela evita falar sobre força que diminui e passa a falar velocidade: “A velocidade vertical vai diminuindo e a da bola 1 é menor do que a bola 2”. Ela explica que a bola cai por causa da

força da gravidade, essa força estava agindo sobre o objeto antes, porém ela não tinha intensidade suficiente para fazer as bolas caírem antes, a gravidade só tem capacidade de fazer o objeto cair quando a força na horizontal acaba. Na representação do vetor velocidade ela desenha setas maiores para a bola dois, na vertical desenha setas diminuindo como mostra a Imagem 5. Mesmo que seus teoremas e conceitos não correspondam aos científicos, a estudante faz relação entre o significado e o significante de seu conceito.

Sobre o tempo de queda ela afirma que a bola um vai levar mais tempo para chegar ao determinado ponto, pois sua velocidade foi menor que a da bola dois, ficando assim no meio do caminho. Seus esquemas são incompletos, ela não consegue unir as características do movimento na horizontal com o movimento vertical. Ela não possui visão do todo na situação, consegue visualizar e analisar apenas a parte.

Imagem 5: representação do problema 1

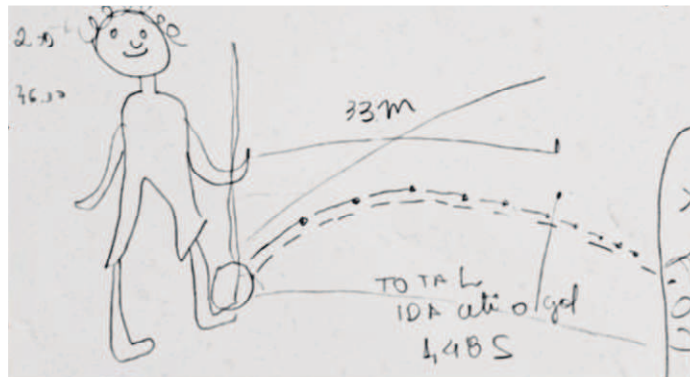


Fonte: extraído da entrevista

Problema 2

A estudante não consegue calcular o ângulo de lançamento da bola, por isso faz apenas algumas considerações sobre a situação. Ela afirma que a bola descreve trajetória parabólica e sua velocidade vai diminuindo até chegar ao gol (ela representa as setas diminuindo), como mostrado na Imagem 6. Explica que a distância percorrida pela bola é grande e o tempo é pequeno porque a força que a bola foi chutada foi muito grande. Não consegue calcular componentes nem representá-las na trajetória da bola. A estudante não possui esquemas para resolver o problema. Mais uma vez, a estudante apresenta coerência da fala com a representação vetorial, mesmo que incorretos. Além disso, mais uma vez, ela analisa o problema com a visão da parte e não do todo.

Imagem 6: representação do prolema 2

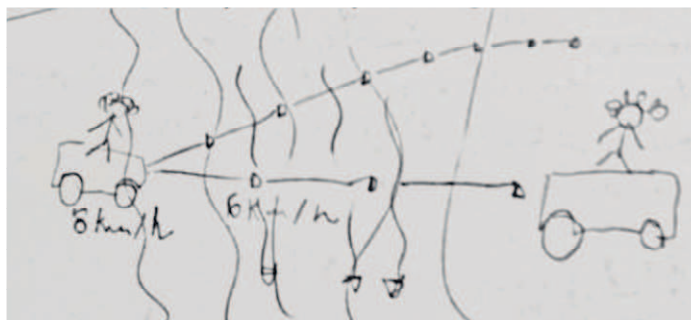


Fonte: extraído da entrevista

Problema 3

A estudante afirma que a força do motor deve ser maior do que a força exercida pela água puxando o barco. Quanto ao valor da velocidade fornecida pelo motor ao barco ela diz: “Acrecentaria duas vezes mais da velocidade obtida pelo barco, que era 8 km/h, aumentaria para 10 km/h”. Percebe-se que a estudante não consegue expressar adequadamente o seu pensamento, pois diz “acrescentaria duas vezes mais” ao invés de “aumentaria duas unidades”. Depois muda sua resposta e diz que a velocidade seria 20 km/h, mas não apresenta argumento fundamentado para justificar sua resposta. Ela não faz os cálculos da velocidade, apenas usa uma lógica própria, sem sentido. A Imagem 7 mostra a representação pictórica do problema. Podemos observar que, apesar das inconsistências apresentadas pela estudante, ela consegue fazer a interpretação do problema e representá-lo na forma de desenho.

Imagem 7: representação do problema 3

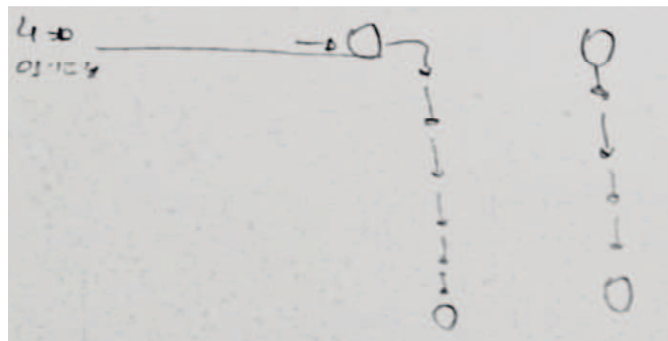


Fonte: extraído da entrevista

Problema 4

A estudante afirma que não haverá colisão entre as bolas porque elas não foram jogadas juntas. A trajetória feita pela bola 1 é retilínea vertical, como mostrado na Imagem 8. A estudante acredita que a bola que estava sobre a mesa ao ser lançada percorre uma pequena distância horizontal e começa a cair em linha reta, logo, as duas bolas possuem trajetória retilínea vertical. Por esse motivo ela diz que não tem como as bolas colidirem, pois, estão caindo lado a lado. Ela explica que: “*A velocidade vertical das duas bolas é zero, depois tem uma força e elas vão ter um valor*”. A força que surge na vertical faz com que a velocidade vertical vá diminuindo conforme as bolas caem.

Imagem 8: representação do problema 4



Fonte: extraído da entrevista

6.2.4 Estudante 4

A estudante tem a linguagem verbal falada predominante na representação do problema. A explicação do problema é baseada na sua fala e utiliza desenhos como conclusão do que foi falado. Dá indícios de ação mecânica por achar que não é possível responder o problema 2 sem fazer uso da equação do alcance que é deduzida a partir das equações do movimento. O fato de ela não lembrar essa equação a impede de resolver o problema. A estudante também apresenta compreensão dos conceitos, e do comportamento deles nas situações, coerente com as teorias físicas.

Problema 1

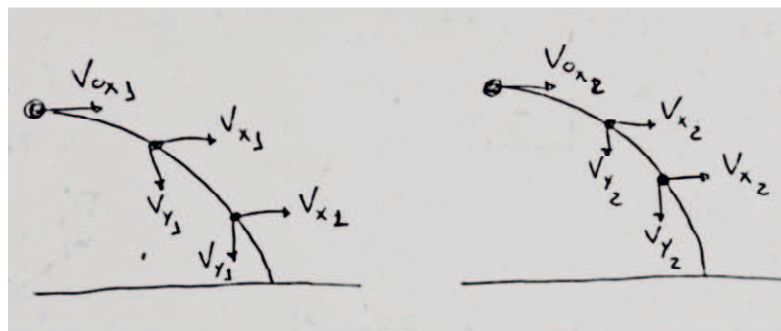
A estudante começa dizendo que a trajetória das bolas é característica de um lançamento horizontal, onde a posição varia num plano xy e o tempo de queda da bola 1 é t_1 e da bola 2 é t_2 .

Como a estudante termina sua resposta com essas considerações, pergunto: O que podemos falar sobre a posição final das bolas? *Que ela é menor do que a inicial. Não sei ... a altura... não sei explicar!* Utilizo a palavra alcance ao invés de posição e ela responde: *Depende da velocidade inicial que elas são lançadas. A bola 2 cai com alcance maior do que a bola 1.*

Qual o comportamento da velocidade vertical? *Ela vai diminuindo. A velocidade na vertical muda e a horizontal é constante.* Então, questiono sobre a velocidade vertical diminuir e se o tamanho das setas que representam os vetores importa, ela responde que sim. Pergunto se a velocidade vertical das duas bolas é igual, ela responde que são diferentes porque a aceleração da gravidade é oposta ao movimento, conseqüentemente, ele diminui a velocidade. Nesse momento pergunto qual o sentido da aceleração da gravidade, a estudante toma consciência do que está acontecendo na situação e diz que houve uma confusão: *Não!! Nesse caso a velocidade aumenta eu confundi! Ela aumenta porque a gravidade está no mesmo sentido do movimento.* Pergunto se ela consegue conceituar aceleração ela responde que seria a taxa de variação da velocidade.

Sobre o tempo de queda ela afirma que t_2 é maior por que a velocidade da bola dois é maior e o alcance também é maior, logo ela levaria mais tempo pra cair. Questiono sobre o tempo se considerar apenas a queda, então ela responde que o tempo das duas bolas era igual. Pergunto novamente sobre o tempo de queda das bolas que são lançadas obliquamente, ela responde apenas que são iguais. Na Imagem 9 temos a representação do problema feito pela estudante.

Imagem 9: representação do problema 1

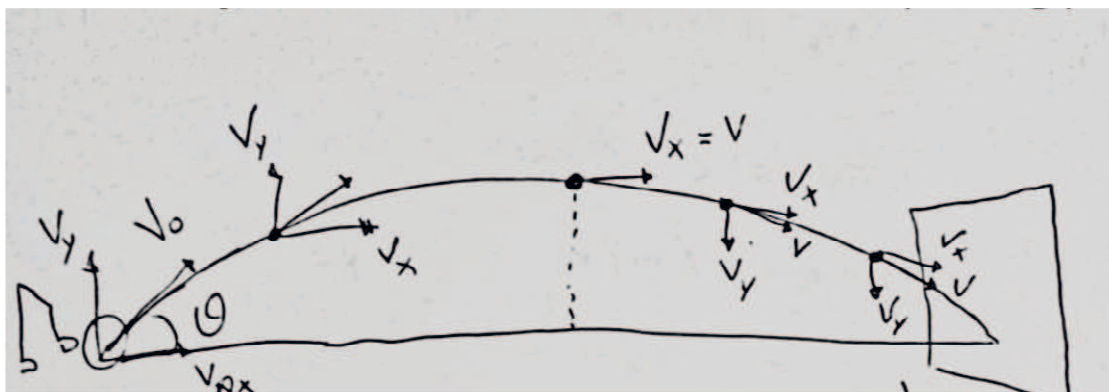


Fonte: extraído da entrevista

Problema 2

Ela faz algumas considerações sobre o problema, como por exemplo: “A bola descreve trajetória oblíqua. Ela tem velocidade inicial inclinada e pode decompor em duas velocidades, v_x e v_y . v_y vai variando até a altura máxima e v_x permanece constante. Quando chega à altura máxima a velocidade zero na vertical e a bola para, teríamos só v_x , depois ela começa a cair e a velocidade em v_y começa a aumentar”. Após fazer essas considerações a estudante afirma que não lembra a equação do alcance, por esse motivo ela não conseguiria encontrar o ângulo. Vergnaud (2007) faz distinção entre “a forma operatória, que permite atuar na situação, e a forma predicativa do conhecimento, que enuncia os objetos do pensamento, suas propriedades e suas transformações” (VERGNAUD, 2007, p. 286). Percebe-se que a estudante possui domínio sobre a forma predicativa do conhecimento, porém não expressa a forma operatória. Para Vergnaud (2007), a forma predicativa é essencial, mas não suficiente para agir sobre uma situação. Na Imagem 10 mostramos a representação do problema feita pela estudante.

Imagem 10: representação do problema 2



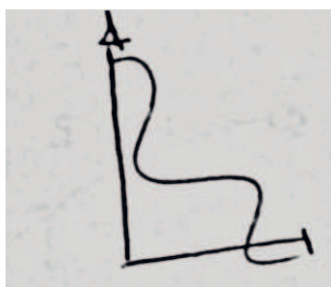
Fonte: extraído da entrevista

Problema 3

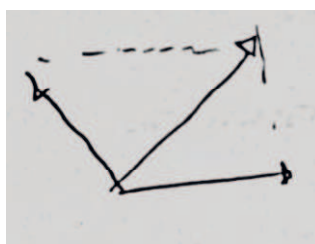
A estudante responde que a velocidade conferida pelo motor ao barco seria a soma da velocidade da correnteza e da velocidade do barco. Ela faz um desenho representando a situação, mas não consegue enxergar um sentido no desenho e uma forma de calcular o que é pedido. Ela faz a representação desses vetores em notação unitária e soma vetorialmente as

duas velocidades encontrando o vetor velocidade resultante, por fim calcula o módulo. Então, ela faz um novo desenho contendo os eixos x e y, a velocidade da correnteza sobre o eixo x, a velocidade do barco sobre o eixo y e a velocidade do motor como sendo o vetor resultante no segundo quadrante. Quando questionada sobre a localização do vetor resultante ela o desenha no primeiro quadrante. A estudante evoca inicialmente um esquema que não é eficaz para solucionar o problema, parte então na busca de outro esquema que possa ser eficaz. Muitos esquemas podem ser evocados sucessivamente ou simultaneamente em uma situação, mostrando que o funcionamento cognitivo do indivíduo é baseado no repertório de esquemas disponíveis. (VERNAUD, 1993). Segundo Vergnaud (1997 apud GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2008, p. 37) “os conceitos explícitos e teoremas capacitam os estudantes a objetivar seus conhecimentos discutir sua idoneidade e validade”. Na Imagem 11 temos a representação do problema em três momentos diferentes. Num momento inicial ela faz a representação 11a, porém não consegue avançar na resolução mudando sua representação para a mostrada em 11b. Entretanto, deixa essa representação de lado, pois ela não auxilia na resolução do problema. Por fim, quando muda seu pensamento e faz o cálculo, representa a situação como mostra a figura 11c.

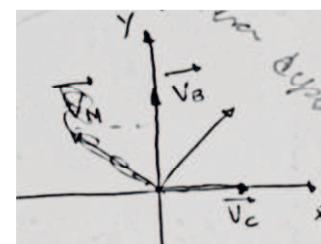
Imagem 11: representações do problema 3



a



b



c

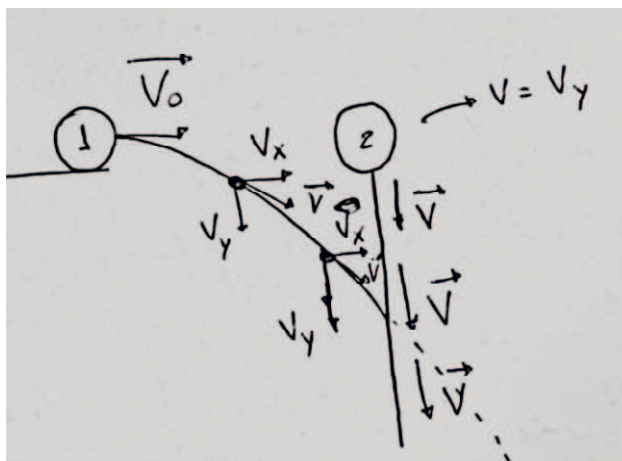
Fonte: extraído da entrevista

Problema 4

A estudante responde que sim, as bolas irão colidir porque o tempo de queda é o mesmo, as duas tem o mesmo movimento na vertical aonde a velocidade vertical vai

aumentando, em algum momento elas iriam colidir. A representação do problema é mostrada na Imagem 12.

Imagem 12: representação do problema 4



Fonte: extraído da entrevista

6.2.5 Estudante 5

A estudante 5 tem a linguagem verbal falada predominante na representação do problema. Toda a explicação dos problemas é baseada na fala, a representação pictórica aparece apenas quando solicitada pela mediadora. Tendo em vista que ela não faz os cálculos necessários na resolução de alguns problemas torna-se difícil classificá-la na categoria matemática. Por outro lado, algumas atitudes frente ao problema dão indícios de uma ação mecânica. A estudante também apresenta compreensão dos conceitos e do comportamento deles nas situações, coerente com as teorias físicas.

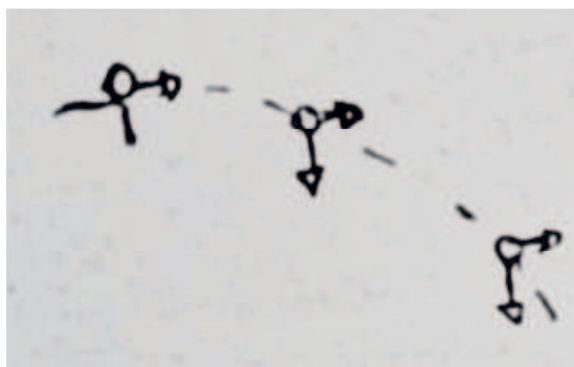
Problema 1

Inicialmente o estudante 5 afirma que a trajetória das bolas é curva e cairão a mesma distância do parapeito. Após ler novamente o problema ele fala que a bola 2 iria mais longe por conta da velocidade maior de lançamento. Diz ainda que o tempo de queda é o mesmo porque a altura é a mesma. A respeito da velocidade ele afirma: “a velocidade

horizontal é constante e as componentes vertical são iguais porque depende da gravidade e vai aumentando conforme a bola cai”.

Quando questionada a respeito da representação da velocidade da bola dois ela diz: *“a única diferença da bola 1 é a velocidade maior, pode mostrar essa diferença desenhando a bola 2 mais longe do parapeito”.* É perguntado se essa diferença pode ser mostrada na própria componente e depois de algum tempo ele diz: *“...da segunda bola o vetor seria maior”.* Para representar o problema 1 ela desenha a trajetória de uma bola mostrada na Imagem 13.

Imagem 13: representação do problema 1



Fonte: extraído da entrevista

Problema 2

Ao ler o problema 2 a estudante diz que não lembra como calcular o ângulo. Pede-se, então, que ela faça uma representação pictórica da situação. Ela desenha o movimento na forma de parábola depois faz algumas considerações sobre o lançamento: *“A bola possui uma velocidade para cima que vai diminuindo até a altura máxima e uma constante na horizontal, depois começa a cair e a velocidade vertical vai aumentando”.* Quando questionada sobre o procedimento para calcular as componentes do vetor ela diz: *“ela teria uma componente para x e outra para y dada por: $v_x = v \cdot \cos \alpha$ e $v_y = v \cdot \sin \alpha$ ”.* Mesmo com essas informações ela não consegue calcular o valor do ângulo. O esquema da estudante não está completo, pois ele não dá informações suficientes para a operacionalização na situação.

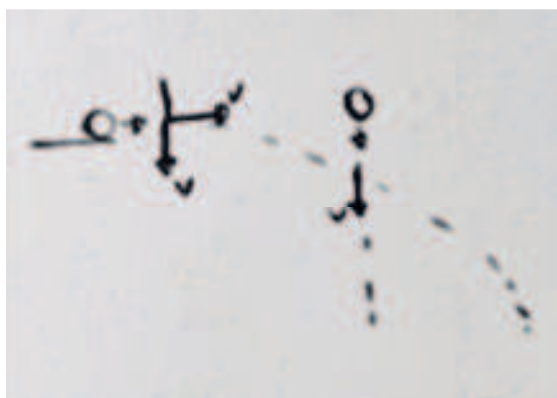
Problema 3

A estudante sente dificuldade de compreender a situação 3. Após intervenção, ela afirma que: “... *eu acho como a velocidade se anula então ia ocorrer uma subtração entre as duas velocidades*”. Quando perguntada se a velocidade que o motor dá ao barco seria menor do que a velocidade que o barco atravessa o rio ela responde: “*Então seria uma soma dos dois valores*”. Como a situação não está clara para a estudante ela não consegue agir, as informações dos seus esquemas não são suficientes para auxiliá-la na operacionalização de estruturas vetoriais. Para Vergnaud (1993, p. 24) “a linguagem natural é meio essencial de representação e identificação de categorias matemáticas, mas não possui a concisão indispensável à seleção e tratamento da informação como a que os diagramas, fórmulas e equações fornecem”.

Problema 4

Para o problema 4 ela responde que é possível as bolas se chocarem, “*a bola 1 cai na horizontal e na vertical e a bola 2 só cai na vertical, em algum momento elas vão estar alinhadas e vão colidir*”. Faz algumas considerações sobre a situação: “*as duas bolas possuem velocidade inicial igual à zero; a bola 1 descreve trajetória parabólica, possui duas velocidades uma na horizontal para a direita e outra na vertical para baixo (mostrada na Imagem 14); a bola 2 descreve trajetória retilínea vertical e possui apenas uma velocidade na vertical e aponta para baixo, essa velocidade é variável*”.

Imagem 14: Representação do problema 4



Fonte: extraído da entrevista

6.3 Comparação entre os resultados do estudo 2 e 3 para os estudantes entrevistados: inferindo possíveis invariantes operatórios

O progresso em um campo conceitual envolve o domínio de situações, esquemas e ferramentas simbólicas de representação. Logo, Vergnaud enfatiza em sua teoria a importância de conhecer invariantes operatórios para “estudar a aprendizagem de Matemática e Ciência, uma vez que a ciência procura entender transformações do real, considerando sistematicamente o que varia e o que não muda, e em que condições” (VERGNAUD, 2007). Além disso, teoremas em ação são os meios de inferir os objetivos e regras apropriadas que, na maioria das vezes, são totalmente implícito.

6.3.1 Estudante 1

Durante a resolução dos problemas na entrevista, o estudante não representa o vetor velocidade levando em consideração seu módulo, porém, percebemos que ele tem consciência de que para indicar o módulo da velocidade, aumentando ou diminuindo, mudamos o tamanho da seta que representa o vetor. Essa inferência pode ser corroborada quando olhamos para a resolução do problema 3 do estudo 2. O problema consistia em representar o vetor velocidade em vários pontos da trajetória de meia parábola. Ao fazer essa representação o estudante leva em consideração o aumento da velocidade na vertical, desenhando vetores de tamanhos maiores a cada instante, e vetores de mesmo tamanho na horizontal. O mesmo acontece no problema 4, do mesmo estudo, em uma trajetória parabólica, o comportamento do módulo da velocidade foi levado em consideração na representação vetorial.

O estudante também aparenta compreender a influência da ação gravitacional nos corpos que estão próximos à superfície da Terra. Quando observamos a resposta para o problema 6 do estudo dois e seus comentários nos problemas 1 e 2 do estudo 3, podemos inferir um possível teorema em ação: **“a aceleração da gravidade é o fator causador da variação da velocidade na vertical e a força gravitacional é responsável por fazer os corpos caírem e descreverem trajetória parabólica”**. Também dá indícios de possuir o teorema: **“os corpos em movimento oblíquo possuem uma velocidade horizontal que permanece constante durante toda a trajetória e uma velocidade vertical que diminui durante a subida e aumenta durante a queda”**. Além disso, aparenta estar ciente da independência dos movimentos para os corpos que descrevem trajetória parabólica quando resolve os problemas 5 (estudo 2), 1 e 4 (estudo 3). Outro possível invariante operatório

utilizado pelo estudante durante a resolução dos problemas é que **“os corpos que caem de uma mesma altura possuem tempos de queda iguais, apesar de suas velocidades horizontais possuírem módulos diferentes”**.

A resolução dos problemas 5 (estudo 2), 1 e 4 (estudo3) dá indícios de o estudante possuir o seguinte teorema em ação: **“o deslocamento horizontal de um corpo em movimento oblíquo é determinado pela velocidade horizontal”**.

Com relação à resolução de problemas ele começa com a determinação dos fatos sobre a situação, a partir dos fatos a solução é construída e os cálculos são realizados.

6.3.2 Estudante 2

No caso da estudante 2, a comparação das respostas torna-se mais difícil pelo fato dela responder apenas duas questões de forma incompleta no estudo 2. Porém, alguns possíveis teoremas em ação podem ser indicados por serem recorrentes na resolução dos problemas do estudo 3. Como por exemplo, o possível teorema em ação apresentado no problema 6 (estudo 2) e 1 (estudo 3): **“Os corpos que são lançados horizontalmente caem devido a velocidade horizontal diminuir”**. Um fato interessante é que, quando pedimos para a estudante descrever o que acontece em um lançamento horizontal, ela diz que o objeto lançado desloca-se em linha reta na horizontal por certa distância depois começa a cair. Contudo, quando ela representa esse acontecimento em forma de desenho ela faz uma trajetória parabólica. A representação pictórica e a representação verbal da estudante são contraditórias. Aparentemente ela desenha a parábola porque foi dito a ela durante as aulas que um corpo lançado horizontalmente possui trajetória parabólica, mas a explicação que ela tem é de como ela visualiza o fenômeno e não do que realmente acontece.

A estudante aparenta não compreender bem a ação da gravidade, como ela mostra em outro possível teorema em ação. Para ela **“à medida que a gravidade vai agindo sobre o corpo a velocidade horizontal vai diminuindo até que o corpo caia”**. Quanto à representação vetorial, a estudante expõe, tanto na fala quanto no desenho, que não tem relevância o tamanho a seta para informar o módulo do vetor, logo, as setas são desenhadas sem variação de tamanho mesmo que para ela a velocidade mude seu valor.

Os teoremas em ação, que a estudante dá indícios de possuir, não são verdadeiros teoremas científicos, eles apresentam vários erros conceituais, algo que não é incomum, nem sempre os teoremas explicitados estão de acordo com as teorias científicas. Esse fato mostra

que a estudante não domina o campo conceitual da cinemática, porém ela pode vir a dominá-lo já que esse é um processo demorado (MOREIRA, 2002).

6.3.3 Estudante 3

Quando olhamos para as respostas da estudante nos dois estudos percebemos um possível teorema em ação bastante presente nas respostas: **“os corpos lançados horizontalmente deslocam-se na horizontal depois caem em uma trajetória retilínea vertical”**. Esse possível teorema em ação está associado a outro que aparentemente é semelhante ao da estudante 2: **“o corpo para de deslocar-se horizontalmente porque a força agindo sobre ele diminui”**. Observamos que a estudante faz associação de força e velocidade em todos os problemas que ela resolve, então, podemos entender que para a estudante como consequência da força diminuir a velocidade diminui e por esse motivo o corpo para e começa a deslocar-se verticalmente.

Com relação à velocidade vertical, a estudante dá indícios de possuir o possível teorema: **“a velocidade vertical diminui conforme o corpo cai”**. Apesar de a estudante indicar possuir teoremas em ação que não são cientificamente corretos, ela apresenta coerência em suas representações pictórica e verbal. Ela aparenta dar relevância à representação do módulo do vetor quando desenha a situação.

6.3.4 Estudante 4

Ao comparar as respostas da estudante aos problemas dos dois estudos vemos indicações de alguns possíveis teoremas em ação como, por exemplo, **“os corpos em movimento oblíquo possuem uma velocidade horizontal que permanece constante durante toda a trajetória e uma velocidade vertical que diminui durante a subida e aumenta durante a queda”**. A estudante também aparenta compreender a influência da ação gravitacional nos corpos que estão próximos à superfície da Terra: **“a aceleração da gravidade é o fator causador da variação da velocidade na vertical e a força gravitacional é responsável por fazer os corpos caírem e descreverem trajetória parabólica”**. Outro possível invariante operatório utilizado pela estudante durante a resolução dos problemas é que **“os corpos que caem de uma mesma altura possuem tempos de queda iguais, apesar de suas velocidades horizontais possuírem módulos diferentes”**.

Apesar de a estudante falar que o tamanho da seta é relevante para dar a informação sobre a grandeza, ela não se exprime dessa maneira na representação vetorial. A estudante dá indícios de que a resolução de problemas começa com a escrita da equação matemática que será utilizada, sem a equação é impossível solucionar o problema.

6.3.5 Estudante 5

A comparação entre os problemas dos dois estudos mostrou completa mudança nas respostas da estudante do primeiro para o segundo estudo, podemos dizer que ela avançou no campo conceitual da cinemática, não sabemos o que ocasionou o progresso, mas podemos dizer que houve de certa forma. No primeiro, as respostas não eram cientificamente corretas e apresentavam muitos erros conceituais. Porém, no segundo estudo as respostas estão coerentes com as teorias físicas. A estudante é tímida e introspectiva, isso se tornou uma dificuldade na observação de teoremas em ação. Nas muitas tentativas de fazer a estudante evidenciar seus invariantes operatórios não teve respostas, ela não acrescenta nenhuma informação ao que foi dito como resposta do problema. Segundo Vergnaud (1993) é algo comum de acontecer, pois explicitar teoremas em ação não é fácil. Mesmo sem verbalizar muito a estudante apresentou raciocínio correto na maioria dos problemas.

Quando olhamos para a resolução do problema 1 podemos inferir que para a estudantes: **“Os corpos que caem de uma mesma altura possuem tempos de queda iguais”**; **“O deslocamento horizontal de um corpo em movimento oblíquo é determinado pela velocidade horizontal”** e o possível invariante que aparece também na resolução dos problemas 2 e 4: **“A aceleração influencia no aumento ou diminuição da velocidade”**. Além disso, ela indica nos problemas 1,2 e 4 a presença do invariante: **“os corpos em movimento oblíquo possuem uma velocidade horizontal que permanece constante durante toda a trajetória e uma velocidade vertical que diminui durante a subida e aumenta durante a queda”**.

6.4 Discussão dos resultados

O objetivo do estudo era tentar inferir invariantes operatórios a partir das respostas de quatro problemas dadas por cinco estudantes do curso de física. Para isso foi realizada seções de resolução de problemas com cada estudante individualmente, após a transcrição e

análise das respostas dadas foi realizada a categorização dos estudantes com relação ao seu comportamento na resolução de problemas e, posteriormente, a comparação entre as respostas dos cinco estudantes para os problemas do estudo dois e do estudo três.

A observação do sujeito em ação permite analisar suas dúvidas e erros e conhecer seu comportamento frente a situações. Diante das atitudes e dos conhecimentos evocados pelos estudantes no momento de resolução de problemas e baseado em algumas características comportamentais, classificamos os estudantes em categorias. O Quadro 15 mostra a síntese da categorização dos estudantes. Lembra-se que essa não é uma classificação taxativa, pois segundo Vergnaud (1993) analisar comportamento e esquemas de um indivíduo em ação requer o uso de diversos tipos de situação para compreender em que consiste o conceito para o indivíduo.

Quadro 15: síntese da categorização dos estudantes

Categorias		Estudantes
Representação simbólica	Verbal	1, 4 e 5
	Pictórica	3
	Mista	2
Matemática	Ação mecânica (Ferramenta)	2, 3, 4 e 5
	Ação refletida (Estrutura)	1
Compreensão da forma predicativa dos conceitos	Coerente	1, 4 e 5
	Incoerente	2, 3

Fonte: elaborado pela autora

Quanto à representação simbólica predomina a representação verbal, o que não exclui a presença da representação pictórica nas atitudes desses estudantes. Vergnaud (1990) realça o caráter indispensável da representação simbólica não só para a comunicação, mas também, para as operações do pensamento, pois os símbolos são necessários no processo de conceitualização. Os significantes fazem parte do conceito, segundo Vergnaud (1990), para compreender um conceito em sua totalidade é necessário que o indivíduo conheça e faça uso das formas de representação do conceito. Apenas o estudante 1 aparenta compreender a

relação entre o significado, significante e a representação dos conceitos do campo conceitual da cinemática.

Com relação à categoria matemática a maioria dos estudantes mostra, a partir de sua atitude caracterizada por ser uma ação mecânica frente à resolução de problemas, ter a ideia de que a matemática é uma ferramenta da física. A existência da ação mecânica é reforçada quando os estudantes deixaram de solucionar os problemas que envolviam cálculos por não saberem a “fórmula” de resolução do problema. Lucero, Concari e Pozzo (2006) afirmam que os estudantes são condicionados, desde o ensino médio, a verem os problemas como uma aplicação de “fórmula correta”, previamente decorada. A presença da concepção da matemática como ferramenta também foi observada no estudo um, os livros analisados podem ser um dos fatores que estão contribuindo para a construção dessa ideia pelos estudantes. A persistência dessa ideia entre os estudantes do curso de física usando a matemática apenas como uma técnica de solução de problemas também foi observada por Greca e Ataíde (2019) e como um instrumento quantificador por Mannrich e Silva (2017). Concepção que perdura desde o ensino médio (KARAM, 2007) e existe também nas ideias de professores (ANJOS; CABELLERO; MOREIRA; 2011; MENDES, 2014).

Apenas um estudante apresenta características da percepção da matemática como estrutura da física. A matemática ainda pode ser vista como uma linguagem associada à ideia de que a matemática é um tradutor do pensamento físico e tem a função de representá-la de forma entendível para o mundo. Porém não se conseguiu neste estudo identificar características que indicassem essa posição durante a resolução dos problemas, diferentemente do que foi observado por Greca e Ataíde (2019) onde 28% dos estudantes investigados apresentavam a concepção da matemática como linguagem durante a resolução de problemas.

Um ponto importante é o fato de a maioria dos estudantes apresentarem compreensão da forma predicativa dos conceitos coerente com as teorias físicas, apesar de que, segundo Vergnaud (2013), compreender um conceito significa entender as definições e todo tipo de representação matemática. Esse resultado mostra que os estudantes ainda têm um longo caminho pela frente para dominar o campo conceitual da cinemática (MOREIRA, 2002; VERGNAUD, 2013), já que a maioria entende o comportamento das grandezas deslocamento, velocidade e aceleração nas situações de movimento bidimensional, porém a representação matemática desses conhecimentos ainda não está consolidada na estrutura

cognitiva dos estudantes. Como por exemplo, quando a estudante 2 expressa a ideia de que a velocidade aumenta, chega a zero em determinada altura e volta a aumentar novamente quando um corpo descreve um movimento oblíquo. Para ela a representação vetorial da velocidade seria com setas do mesmo tamanho em toda a trajetória exceto a componente vertical final que seria maior do que todas as outras. Ou ainda, a estudante 3, que aparenta compreender a representação vetorial da variação da velocidade, desenhando setas levando em consideração se a velocidade está aumentando ou diminuindo, porém não compreende o comportamento da velocidade nas situações de movimento bidimensional.

Após a comparação das respostas dos cinco estudantes para o estudo 2 e o estudo 3 tentou-se inferir invariantes operatórios que fazem parte da estrutura cognitiva do estudante para o campo conceitual da cinemática. O Quadro 16 mostra a sumarização dos possíveis teoremas em ação indicados pelos estudantes, três deles são indicados por mais de um estudante.

Quadro 16: sumarização dos possíveis teoremas em ação

Conceito	Possível teorema em ação	Estudante
Deslocamento	Os corpos que caem de uma mesma altura possuem tempos de queda iguais	1, 4 e 5
	O deslocamento horizontal de um corpo em movimento oblíquo é determinado pela velocidade horizontal	1, 2, 3, 4 e 5
	Os corpos lançados horizontalmente deslocam-se na horizontal depois caem em uma trajetória retilínea vertical	3
	O corpo para de deslocar-se horizontalmente porque a força agindo sobre ele diminui	2 e 3
	O corpo em movimento oblíquo que possuir deslocamento horizontal maior terá tempo de queda maior do que outro corpo lançado da mesma altura.	2,3
Velocidade	Os corpos em movimento oblíquo possuem uma velocidade horizontal que permanece constante durante toda a trajetória e uma velocidade vertical que diminui durante a subida e	1, 4 e 5

	aumenta durante a queda	
	Os corpos que são lançados horizontalmente caem devido a velocidade horizontal diminuir	2
	A velocidade vertical diminui conforme o corpo cai	3
Aceleração	A aceleração influencia no aumento ou diminuição da velocidade	1, 4 e 5
	A gravidade é responsável por fazer os corpos caírem e descreverem trajetória parabólica	1, 4
	À medida que a gravidade vai agindo sobre o corpo a velocidade horizontal vai diminuindo até que o corpo caia	2

Fonte: elaborado pela autora

Alguns possíveis teoremas em ação inferidos se assemelham com concepções alternativas observadas por McCloskey e Green (1981), Leite (1993), Viennot (1979) e Clement (1982), porém não o são. Isso porque, são ideias que deram conta de resolver problemas, já estão consolidadas e foram construídas a partir dos problemas e situações as quais o estudante foi exposto durante a instrução. Segundo Moreira (2002) algumas concepções alternativas dos estudantes podem conter teoremas em ação que podem evoluir para teoremas científicos. E ainda, como afirmam Grings, Cabellero e Moreira (2006), se olharmos para a definição de invariantes operatórios como sendo as regras que o sujeito acredita que são úteis, percebe-se que concepções alternativas podem conter teoremas em ação. Os teoremas em ação são mais elementares e menos evidentes podendo atrapalhar o domínio do campo conceitual (GRINGS; CABELLERO; MOREIRA, 2006).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conduzimos nossos estudos fundamentados na teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud que trata do processo de desenvolvimento cognitivo de um indivíduo a partir da conceitualização. Procuramos entender como alguns conceitos do campo conceitual da cinemática são assimilados pelos estudantes e as relações que eles estabelecem e, com isso, inferir possíveis invariantes operatórios que os sujeitos participantes da pesquisa apresentam e buscamos verificar como os livros didáticos podem influenciar nesse processo.

Diante da necessidade de conhecer como os conceitos físicos são compreendidos pelos estudantes, como entendem e relacionam os aspectos da física e qual sentido dão às estruturas matemáticas e as situações e, assim, poder conduzi-los no progresso de construção de um campo conceitual, delimitamos três objetivos para a pesquisa: analisar como os livros didáticos podem influenciar estudantes no entendimento e uso da matemática para “construir” um conceito físico; conhecer a compreensão de estudantes sobre os conceitos básicos de cinemática e categorizar os padrões de respostas; identificar e relacionar possíveis conceitos em ação e teoremas em ação utilizados pelos estudantes na resolução de problemas de cinemática. A pesquisa possui três questões de investigação que foram respondidas a partir da realização dos três estudos aqui apresentados: Como os livros didáticos influenciam na construção da visão do papel que a matemática desempenha na física? Como os estudantes compreendem os conceitos físicos do campo conceitual da cinemática? Como os estudantes de Licenciatura em física entendem e usam a matemática relacionada a um conceito físico?

A análise dos livros didáticos realizada para responder à primeira pergunta da pesquisa resultou em algumas observações acerca de suas possíveis influências sobre os estudantes, no que diz respeito a compreensão dos conceitos físicos. A primeira observação é que a maioria favorece a fragmentação da matemática que é utilizada na física por abordarem o conteúdo de vetores e movimento separadamente. Além disso, podem tornar-se obstáculos à compreensão dos conceitos devido à forma como tratam as grandezas vetoriais no movimento unidimensional e bidimensional, no sentido de que, podem estar transmitindo a ideia de que as grandezas (deslocamento, velocidade e aceleração) são, em um momento, vetores e em outro, não são. Essa influência pode ser observada nos estudos 2 e 3 quando pedimos para os estudantes representarem o vetor velocidade de um corpo em lançamento horizontal e a maioria não consegue incorporar o conhecimento de vetores ao conhecimento de velocidade e

aceleração ou quando no movimento circular não conseguem representar o comportamento e a relação dessas grandezas corretamente.

Quando se trata de uma pesquisa de cognição é perigoso declarar com total e absoluta certeza que um indivíduo se apropriou ou não de um conceito. O conceito está ligado a diversas situações, dominá-lo significa compreender a sua função, comportamento e relação dentro das várias situações onde ele pode ser explorado. O que podemos trazer são inferências daquilo que percebemos durante a realização do estudo 2 realizado com o intuito de responder a segunda pergunta de pesquisa.

Ao trabalharmos com grandezas vetoriais é importante que as três características que definem um vetor estejam claras, bem como o fato de que essas características não se separam da grandeza física em momento algum. A maioria dos estudantes que participaram do estudo 2 aparentaram compreender a diferença entre direção e sentido, para os outros estudantes a diferenciação dessas características não está clara. Um dos motivos dessa confusão pode dever-se ao fato de esses conceitos serem usados no cotidiano como fossem sinônimos, configurando-se em obstáculo à aprendizagem. Ao estudar o campo conceitual da cinemática são explicitados, porém não se configuram verdadeiros conceitos científicos.

A ideia de que um corpo pode descrever dois movimentos simultâneos e independente é algo complexo, difícil de compreender ou aceitar. Apesar disso, grande número de estudantes apresentaram ideias que estão de acordo com a teoria física, demonstrando compreender o comportamento da velocidade em cada direção e a resultante dela no movimento bidimensional. Contudo, o número de estudantes que não apresentaram ideias coerentes com as teorias científicas foi elevado. Em uma situação onde o contexto era um desenho animado conhecido pela maioria das pessoas e pedia-se a análise do movimento bidimensional descrito pelo personagem principal, conclusões baseadas na experiência visual foram feitas em detrimento do uso do conhecimento científico. Por ser uma situação conhecida, a queda do coio do penhasco, os estudantes não fizeram uso do conhecimento físico a respeito da situação e explicitaram teoremas que correspondem ao que acontece no desenho animado (o personagem cai em trajetória reta e vertical após se deslocar na horizontal durante um intervalo de tempo). Não fizeram associação da situação com o lançamento horizontal, demonstrando não ter domínio das situações que envolvem movimento bidimensional no campo conceitual da cinemática. Essa inferência é reforçada ao observarmos as respostas ao problema 5 do estudo 2, onde os estudantes demonstraram não compreender quais grandezas influenciam no valor da velocidade vertical de dois corpos que

são lançados horizontalmente de uma mesma altura, bem como a aceleração a qual os corpos estão submetidos na vertical.

Ainda se tratando de movimento bidimensional, só que em uma situação de movimento balístico, foi surpreendente o número de estudantes que aparentemente não conseguem fazer uma análise desse movimento descrevendo o comportamento da velocidade, a influência da aceleração no aumento ou diminuição da velocidade vertical e construir conclusões a respeito da interferência da variação da velocidade vertical no vetor velocidade resultante do objeto. Conforme afirma Vergnaud, a identificação de propriedades do objeto em estudo e suas relações são determinantes para o progresso intelectual do indivíduo dentro do campo conceitual. Quando concepções básicas acerca de um conceito não estão totalmente consolidadas na mente do indivíduo torna-se difícil para ele construir e manter relações entre o conceito e a situação, não conseguindo romper com relações não científicas construídas antes do contato com o conceito, isso o impede de progredir no domínio do campo conceitual.

Encontramos dificuldade em analisar como os estudantes de Licenciatura em física entendem e usam a matemática relacionada a um conceito físico devido ao fato de a maioria não solucionar os problemas de natureza quantitativa. Porém, esse fato pode mostrar o quão frágil é, ou até inexistente, a conexão entre os conceitos e suas estruturas matemáticas para esses estudantes. Isso se constitui em uma preocupação, já que, esses estudantes estão em um curso de formação de professores, e faz-nos refletir sobre os rumos do ensino da física. Se analisarmos a história escolar dos estudantes veremos que passaram pelo ensino médio, onde tiveram o primeiro contato com os conceitos da cinemática e, posteriormente decidiram entrar no curso de física, onde, novamente, estudaram o campo conceitual da cinemática. No entanto, correlações entre os conceitos e a matemática que os estruturam não foram consolidadas. Aparentemente, a vivência deles com a física não foi suficiente para que os conceitos referentes ao campo conceitual da cinemática fossem construídos, pois, conforme a teoria dos campos conceituais, para que haja verdadeira apropriação do conceito é necessário estar consciente das formas de representá-lo, não apenas verbalmente, mas também simbolicamente, estando atento a suas propriedades, as situações e os procedimentos de tratamento que integram o conceito.

De certo modo, essa realidade mostra que a visão do papel que a matemática desempenha na física é o de ferramenta e que habilidades técnicas são mais requeridas do que habilidades estruturais. Isso pode ser dito, pois, apesar da maioria dos estudantes não solucionar os problemas que envolviam cálculos, não conseguindo aplicar as técnicas, eles

avançaram do ensino médio para o superior e continuam avançando dentro do curso de física. Em algum momento foi necessário colocar em prática as habilidades técnicas que, posteriormente, foram esquecidas pelos estudantes por não se depararem com situações que exigissem o uso dessas técnicas. Segundo Vergnaud, dominar um campo conceitual é um processo demorado e o progresso dentro do campo será diferente para cada indivíduo. As experiências de cada um fornecem informações e suporte para a estruturação dos esquemas e a compreensão do conceito em sua totalidade. Para que isso seja possível, situações as quais o indivíduo enfrenta devem permitir e exigir que propriedades, relações e formas de representação do conceito sejam construídas e estabelecidas nos esquemas. Quanto aos possíveis invariantes operatórios inferidos no estudo 3 podemos perceber que a maioria dos teoremas em ação inferidos se assemelham aos teoremas científicos.

Acreditamos que essa pesquisa traz importante contribuição para o ensino de física, no que diz respeito à análise da compreensão de conceitos físicos. Abre, também, caminhos para novas pesquisas, como por exemplo, o estudo da compreensão de outros campos conceituais da física ou a construção de uma intervenção didática para o campo conceitual da cinemática com o intuito de sanar algumas dificuldades apresentadas pelos estudantes participantes deste estudo de forma que os auxiliem a progredir dentro do campo.

REFERÊNCIAS

ANJOS, A. J. S.; CABELLERO, C.; MOREIRA, M. A. As equações matemáticas no ensino de Física: o que pensam os professores. In: **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)**, 13, 2011, Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/~fisica2011/index22cb.html?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=13>. Acessado em: 09 ago. 2017.

ARTUSO, A. R. O uso dos livros didáticos de física segundo professores. **Int. Association for Research on Textbooks and Educational Media- IARTEM**. Curitiba, 2012. Disponível em: <https://www.academia.edu/6751081/Usos_do_livro_did%C3%A1tico_de_F%C3%ADsica_segundo_professores?auto=download>. Acesso em 15 jan. 2019.

ATAÍDE, A. R. P. O papel da matemática na Compreensão de conceitos e Resolução de problemas de Termodinâmica. **Tese**. Salvador, 2012.

BITTENCOURT, C. M. F. Livro didático e conhecimento histórico: uma história do saber escolar. **Tese**. São Paulo, 1993.

BUTELER, L.; COLEONI, E. El Conocimiento Físico Intuitivo, la resolución de problemas em física y el lugar de las ecuaciones matemáticas. **Investigações em ensino de ciências**, v. 17, n. 2, p. 435-452, 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID299/v17_n2_a2012.pdf>. Acessado em: 15 mai. 2017.

CAMPOS, A. A Conceitualização do Princípio de Conservação da Energia Mecânica: os processos de aprendizagem e a Teoria dos Campos Conceituais. **Tese**. São Paulo, 2014.

CARAMAZZA, A.; MCCLOSKEY, M.; GREEN, B. Naive beliefs in “sophisticated” subjects: Misconceptions about trajectories of objects. **Cognition**. v. 9, n. 2, p. 117-123, mai. 1981. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/16001920_Naive_beliefs_in_sophisticated_subjects_Misconceptions_about_trajectories_of_objects>. Acessado em 13 out. 2019.

CARDOSO, D. C. **A técnica de resolução de problemas aplicada ao ensino de física**. Uberlândia, 2007.

CARVALHO, C. Do livro didático de física do ensino superior ao do ensino médio: influências, aproximações e afastamentos. **VI Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia- SINECT**. Ponta Grossa, 2018.

CLEMENTE, J. Students' preconceptions in introductory mechanics. **American Association of Physics Teachers**. v. 50, n. 1, p. 66-71, jan. 1982. Disponível em: <https://edci670in2015.files.wordpress.com/2015/01/clement_1982.pdf>. Acessado em 11 out. 2019.

CORDEIRO, L. F. É significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio? **Dissertação**. Curitiba, 2003. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/27688/D%20-%20CORDEIRO,%20LUIS%20FERNANDO.pdf?sequence=1>>. Acessado em: 13 out. 2019.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. A. Resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 3; p. 263-277, 2001. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6663/19039>>. Acessado em: 31 mar. 2018.

DIAS, M. S. L.; KAFROUNI, R.; BALTAZAR, C. S.; STOCKI, J. A formação dos conceitos em Vigotski. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 493-500, Set./Dez. 2014.

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C.M.S.G. A resolução de problemas em física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. **Investigações em ensino de ciências**. v. 6, n. 2, p. 143-196, 2001.

FRISON, M. D.; VIANNA, J.; CHAVES, J. M.; BERNARDI, F. N. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de Ciências naturais. **Anais Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências- ENPEC**. Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/425.pdf>>. Acessado em 10 jan. 2019.

FUJITA, M.S.L. org., *et al.* *A indexação de livros: a percepção de catalogadores e usuários de bibliotecas universitárias. A técnica introspectiva e interativa do Protocolo Verbal para observação do contexto sociocognitivo da indexação na catalogação de livros em bibliotecas universitárias: aplicação e análise* [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 149 p. ISBN 978- 85-7983-015-0. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

GALILEI, G. **O ensaiador**. São Paulo: Abril cultural. (Coleção Os pensadores), v. 12; 1973 [1623].

GARCIA, T. M. F. B. Relações de professores e alunos com os livros didáticos de física. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**. Vitória, 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0724-2.pdf>>. Acesso em: 15 jan 2019.

GASPAR; A. **Compreendendo a física**. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2013.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acessado em: 25 mai. 2018.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 52-67, mar. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v5n1/1983-2117-epec-5-01-00052.pdf>>. Acessado em: 28 jun. 2018.

GRECA, I. M.; ATAÍDE, A.R.P. Theorems-in-action for problem-solving and epistemic view on the relationship between physics and mathematics among pre-service physics teachers. In: POSPIECH, G.; MICHELINI, M.; EYLON, B. (org). **Mathematics in Physics Education**. Switzerland: Springer Nature, p. 153-173, 2019.

GRINGS, E. T. O.; CEBELLERO, C.; MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v28n4/a09v28n4.pdf>> Acessado em 13 out. 2019.

GRINGS, E. T. O.; CABELLERO, C.; MOREIRA, M. A. Avanços e retrocessos dos alunos no campo conceitual da Termodinâmica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n.1, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: mecânica**, v. 1, 9ª ed. Editora LTC, 2012.

KARAM, R. A. S. M. **Estruturação matemática do pensamento físico no ensino: uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas**. São Paulo, 2012. Disponível em <file:///C:/Users/user/Downloads/RICARDO_AVELAR_SOTOMAIOR_KARAM.pdf>. Acessado em: 12 ago. 2018.

KARAM, R. A. S. Matemática como estruturante e física como motivação: uma análise de concepções sobre as relações entre matemática e física. **Anais do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p730.pdf>>. Acessado em: 12 ago. 2018.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Habilidades Técnicas *Versus* Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.2, p. 181-205, jul. 2009.

KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Itabuna: Via litterarum, 2010. Disponível em: <<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/713/1/Metodologia%20da%20Pesquisa.pdf>>. Acessado em: 25 mai. 2018

KNIGHT, R. D. **Física: uma abordagem estratégica: Mecânica Newtoniana, Gravitação, Oscilações e Ondas**, v. 1. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

KRAUSE, J. C.; SCHEID, N.M. J. Concepções alternativas sobre conceitos básicos de física de estudantes ingressantes em curso superior da área tecnológica: um estudo comparativo. **Espaço pedagógico**. v. 25, n. 2, p. 227-240, maio/ago. 2018. Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/rep>>. Acessado em: 12 out. 2019.

LABURÚ, C. E. ; CARVALHO, A. M. P. Noções de aceleração em adolescentes: uma classificação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1-4, p. 61-73. 1993. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol15a09.pdf>>. Acessado em: 13 out. 2019.

LEITE, A. E.; GARCIA, N. M. D. A formação inicial de professores e o livro didático de Física: passos e descompassos. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 24, n. 2, p. 411-430, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v24n2/1516-7313-ciedu-24-02-0411.pdf>>. Acessado em 15 jan. 2019.

LEITE, L.; ESTEVES, E. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em ensino de física e química. In. **VIII Congresso Galaico Português Psicopedagogia**, set. 2005. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/5537/1/Laurinda%20e%20Esmeralda%20GALAICO.PDF>>. Acessado em: 29 jun. 2018.

LEITE, L. S. F. Concepções alternativas em mecânica: um contributo para a compreensão do seu conteúdo e persistência. **Tese**. 1993.

LEODORO, M. P.; Relações entre a física e a matemática e suas implicações para a reformulação da educação Científica. **Caderno de física da UEFS**, v. 6, p. 93-125, 2007.

LUCERO, I.; CONCARI, S.; POZZO, R. El análisis cualitativo en la resolución de problemas de física y su influencia en el aprendizaje significativo. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 11, n. 1, p. 85-96, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID146/v11_n1_a2006.pdf>. Acessado em: 06 jun. 2017.

MACHADO, J. **A construção de modelos no ensino de física: da realidade à conceitualização**. Rio de Janeiro, 2017.

MANNRICH, J. P.; SILVA, H. C. Linguagem Matemática e Ensino de Física: uma Análise da Reflexão de Licenciandos. **Anais XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**. Florianópolis, 2017. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0384-1.pdf>>. Acessado em 12 ago. 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india>. Acessado em: 25 mai. 2018.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: ensino médio**, v. 1, 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2006.

MEGID NETO, J; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/01.pdf>>. Acessado em 17 jan. 2019.

MENDES, C. E. Como os alunos estudam física: um estudo a partir do uso do livro didático. **Dissertação**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www1.pucminas.br/imagdb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20170419112850.pdf>. Acessado em 14 jan. 2019.

MENDES, G. H. G. I. **Matematização e ensino de física: uma discussão de noções docentes**. Londrina, 2014. Disponível em :

<<http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000189569>>. Acessado em: 09 ago. 2017.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID80/v7_n1_a2002.pdf>. Acessado em: 06 abr. 2017.

MOREIRA, M. A.; LAGRECA, M. C. B. Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: três casos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 3, n. 2, p. 83-106. 1998. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/619/408>> . Acessado em 04 ago. 2018.

MOREIRA, M.A. Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. **Actas del PIDEAC**. 2003.

MORH, A. A saúde na escola: análise de livros didáticos de 1ª a 4ª séries. **Dissertação**. Rio de Janeiro, 1994.

NASCIMENTO, T. G.; MARTINS, I. Elementos Compositivos do Texto sobre Genética no Livro Didático de Ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.1, p.3-25, mar. 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**, v. 1, 4ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

PATY, M. Einstein y el rol de las matemáticas en la física. **Praxis Filosófica**, São Paulo, Nova serie, n. 22, p. 5-27, jan. - jun. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-46882006000100001>. Acessado em: 26 mai. 2017.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 14, n. 3, p. 229-253, dez. 1997. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6982/6464>>. Acessado em: 06 jun. 2017.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.1, p. 93-114, ago. 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9297/8588>>. Acessado em: 31 mai. 2017.

PIETROCOLA, M. Mathematics structural language of physics thought. In: M. Vicentini e E. Sassi. (Eds), **Connecting Research in Physics Education with Teacher Education**. New Delhi: Agus e Grapher Publishers, 2010.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R; ROMERO, T. R. **Física em contextos**, v. 1, 1ª ed. FTD, 2010.

POZO, J. I. ; POSTIGO, Y.; CRESPO, M. A. G. Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas em ciências. **Alambique**, 1995. Disponível em: < <https://repositorio.uam.es/handle/10486/662153>>. Acessado em: 06 jun. 2017.

REDISH, E., **Problem Solving And The Use Of Math In Physics Courses**. Invited Talk Presented At The Conference, **World View On Physics Education in 2005: Focusing on Change**. Nova Delhi, 2005. Disponível em < <http://arxiv.org/pdf/physics/0608268.pdf> >. Acessado em: 31 mai. 2017.

RICARDO E. C; FREIRE, J. C.A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n2/a10v29n2.pdf>>. Acessado em: 11 ago. 2018.

ROSA, M. A. Seleção e uso do livro didático na visão de professores de ciências: um estudo na rede municipal de ensino de Florianópolis. **Dissertação**. Florianópolis, 2013.

SANTOS, M. H. S.; CARNEIRO, W. L. P.; MÓL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Revista Ensaio**, v. 7, n.2, p.101-113, maio-ago, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v7n2/1983-2117-epec-7-02-00101.pdf>>. Acessado em: 11 jan. 2019.

SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14, n. 40, jan./abr. 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v14n40/v14n40a12> >. Acessado em: 29 ago. 2017.

SEARS E ZEMANSKI. **Física I**; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, ROGER A., v. 1, 12ª ed. São Paulo: Pearson, 2008.

SOUSA, C. M. S. G.; FÁVERO, M. H. Concepções de professores de física sobre resolução de problemas e o ensino da física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol.3, n. 1, p. 58-69, 2003. Disponível em: < http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/artigos/concepcoes_professores.pdf>. Acessado em: 06 jun. 2017.

SOUZA, K. A. F. D.; MATE, C. H.; PORTO, P. A. História do uso do livro didático universitário: o caso do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. **Ciência e Educação**. v. 17, n.4. Bauru, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000400007>. Acessado em: 11 jan. 2019.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física: para cientistas e engenheiros**, v. 1, 6ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009.

TROWBRIDGE, D. E MCDERMOTT, L., "Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension". **American Journal of Physics**, v. 48, p. 1020- 1028. 1980.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. **American Journal of Physics**, St. Louis, v. 49, n. 3, p. 242-253, mar. 1981.

VERGNAUD, G. ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede Ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p.285-302, 2007. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID172/v12_n2_a2007.pdf>. Acessado em: 06 abr. 2017.

VERGNAUD, G. Cognitive and Developmental Psychology and Research in Mathematics Education: some theoretical and methodological issues. **For the Learning of Mathematics**, Montreal, v. 3, n. 2, nov. 1982.

VERGNAUD, G. Conceptual development and learning. **Curriculum**, n. 26, p. 39-59, mar. 2013. Disponível em: <[http://publica.webs.ull.es/upload/REV%20CURRICULUM/26%20-%202013/Quirriculum%2026-2013\(1\).pdf#page=40](http://publica.webs.ull.es/upload/REV%20CURRICULUM/26%20-%202013/Quirriculum%2026-2013(1).pdf#page=40)>. Acessado em: 13 abr. 2017.

VERGNAUD, G. La teoría de los campos conceptuales. **Recherches en Didáctique des Mathématiques**, v. 10, n. 2, 3, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. *In*: **Seminário internacional de educação matemática do rio de janeiro**, 1, Rio de Janeiro, 1993. *Anais...* Rio de Janeiro: UFRJ Projeto Fundação, Instituto de Matemática, 1993. p. 1-26.

VERGNAUD, G. The Theory of Conceptual Fields. **Human Development**, n.52, p. 83-94, 2009. Disponível em:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/bae2/70e4e92ffcd4862414145d0bf1cf65d82a50.pdf>>.
Acessado em: 05 abr. 2017.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**. v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3403283/mod_resource/content/0/Viennot-elementary-Dynamics.pdf 12/10/19>. Acessado em: 10 out. 2019.

ZACHEU, A. A. P.; CASTRO, L. L. O. Dos tempos imperiais ao PNLD: a problemática do livro didático no Brasil. **Anais 14ª jornada do núcleo de ensino de Marília. Marília, 2015**. Disponível em: <<http://www.marilia.unesp.br/Home/Eventos/2015/jornadadonucleo/dos-tempos-imperiais-ao-pnld--a-problematICA1.pdf>>. Acessado em: 10 jan. 2019.

APÊNDICE A- QUESTÕES PARA VALIDAÇÃO

Universidade Estadual da Paraíba- UEPB

Centro de Ciências e Tecnologias- CCT

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática

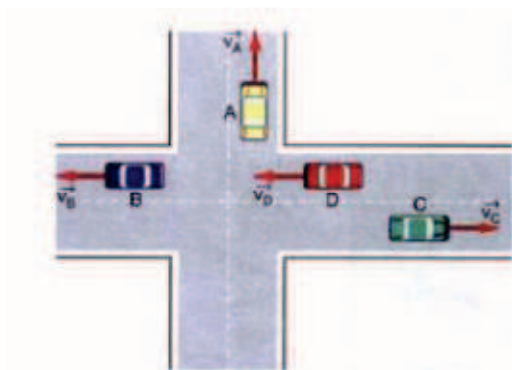
Pesquisa de Mestrado

Mestranda: Mayra Lindsly

Orientadora: Ana Raquel

Problemas

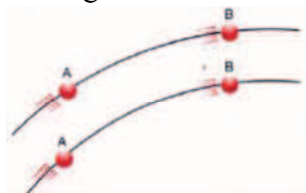
- 1- Os vetores \vec{v}_A e \vec{v}_B , \vec{v}_B e \vec{v}_C , \vec{v}_B e \vec{v}_D têm mesma direção ou direções diferentes? Têm mesmo sentido ou sentidos contrários?



- 2- Em cada uma das figuras temos a trajetória de uma partícula que se desloca de A para B. Desenhe vetor velocidade da partícula nos pontos A e B, supondo que:

- Na figura o movimento é uniforme;
- Na figura o movimento é uniformemente acelerado.

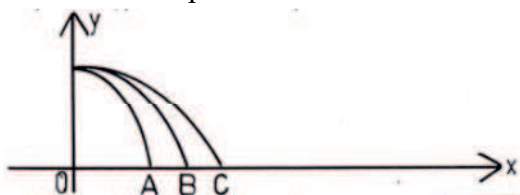
Para cada uma das figuras dizer se a partícula possui aceleração centrípeta e aceleração tangencial



- 3- Desenhe como deve ser a continuação do movimento e identifique o vetor velocidade durante a trajetória. Explique o porquê de sua resposta.



- 4- Considere um projétil é lançado do solo numa direção inclinada em relação à horizontal. Em que instante sua velocidade será mínima? E máxima? Faça o desenho da situação apontando o vetor velocidade. Justifique sua resposta.
- 5- Três bolas são lançadas horizontalmente do alto de um edifício e as suas trajetórias A, B e C são representadas na figura. Admitindo-se a resistência do ar desprezível, o que podemos afirmar sobre a velocidade horizontal, velocidade vertical, aceleração e o tempo de queda dos três corpos?



- 6- Seria possível, com uma forte raquetada, fazer uma bola de tênis percorrer uma trajetória em linha reta horizontal? Justifique.

APÊNDICE B- QUESTIONÁRIO APLICADO COM ESTUDANTES

Universidade Estadual da Paraíba- UEPB

Centro de Ciências e Tecnologias- CCT

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática

Pesquisa de Mestrado

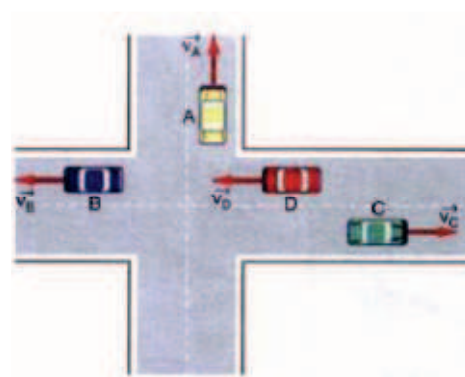
Mestranda: Mayra Lindsly

Orientadora: Ana Raquel

Problemas

- 1- Observe os vetores e responda em cada situação:
Têm mesma direção ou direções diferentes? Têm mesmo sentido ou sentidos contrários?

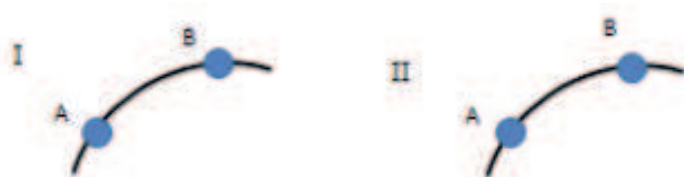
- d) \vec{v}_A e \vec{v}_B ,
e) \vec{v}_B e \vec{v}_C ,
f) \vec{v}_B e \vec{v}_D .



- 2- Em cada uma das figuras temos a trajetória de uma partícula que se desloca de A para B.

- a) Suponha que na figura o movimento é uniforme, desenhe:

- na figura I o vetor velocidade da partícula nos pontos A e B
- na figura II a aceleração centrípeta e tangencial (se a partícula possuir).



- c) Suponha que na figura o movimento é uniformemente acelerado, desenhe:

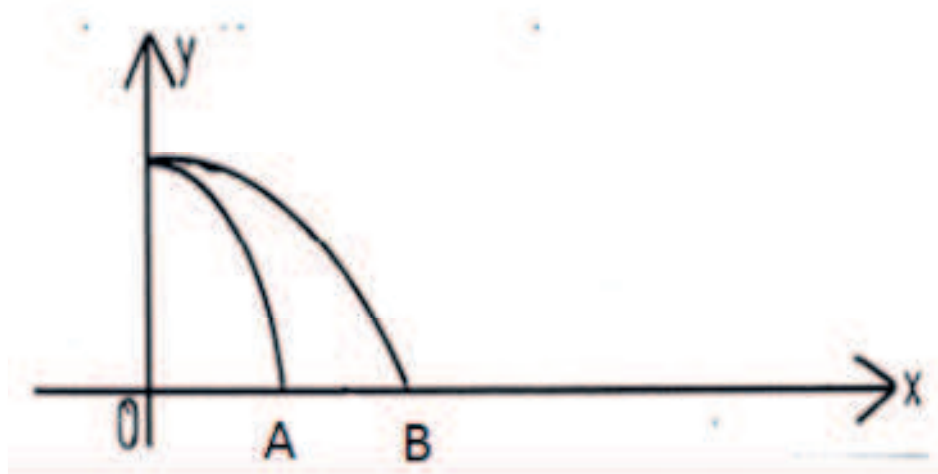
- na figura I o vetor velocidade da partícula nos pontos A e B
- na figura II a aceleração centrípeta e tangencial (se a partícula possuir).



- 5- No desenho animado o coioote tem como missão capturar o papa-léguas, mas sempre fracassa e acaba caindo na própria armadilha. Observe a imagem onde mais uma vez o coioote fracassou. Utilizando seus conhecimentos sobre movimento desenhe como deve ser a continuação do movimento do coioote além do penhasco e identifique o vetor velocidade do mesmo durante a trajetória. Explique o porquê de sua resposta.



- 6- Considere um projétil lançado do solo numa direção inclinada em relação à horizontal. Represente essa trajetória em forma de desenho e aponte em que instante sua velocidade será mínima? E máxima? Justifique sua resposta.
- 7- Três bolas são lançadas horizontalmente do alto de um edifício e as suas trajetórias A, B e C são representadas na figura. Admitindo-se a resistência do ar desprezível, o que podemos afirmar sobre a velocidade horizontal, velocidade vertical e a aceleração dos dois corpos?



- 8- Seria possível, com uma forte raquetada, fazer uma bola de tênis percorrer uma trajetória em linha reta horizontal? Justifique.

APÊNDICE C- CONJUNTO DE PROBLEMAS APLICADO NA ENTREVISTA CLÍNICA

Universidade estadual da Paraíba- UEPB

Centro de Ciências e Tecnologias- CCT

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática

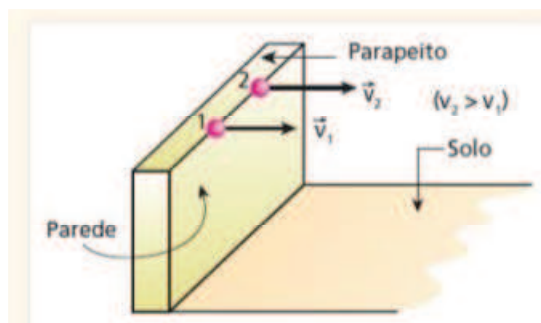
Pesquisa de Mestrado

Mestranda: Mayra Lindsly

Orientadora: Ana Raquel

ENTREVISTA CLÍNICA

1-Duas pequenas esferas idênticas, 1 e 2, são lançadas do parapeito de uma janela, perpendicularmente à parede, com velocidades horizontais v_1 e v_2 , com $v_2 > v_1$, como mostra a figura, e caem sob a ação da gravidade. A esfera 1 atinge o solo num ponto situado à distância x_1 da parede, t_1 segundos depois de abandonar o parapeito, e a esfera 2, num ponto situado à distância x_2 da parede, t_2 segundos depois de abandonar o parapeito. Desprezando a resistência oferecida pelo ar e considerando



o solo plano e horizontal, o que podemos afirmar sobre:

- a) A trajetória da bola 1 e da bola 2;
 - b) A posição da bola 1 e da bola 2;
 - c) O tempo do movimento da bola 1 e da bola 2;
 - d) Represente em forma de desenho o vetor velocidade da bola 1 e da bola dois.
- 2- Na copa de 2014 David Luiz fez um gol de falta sobre o time da Colômbia que foi eleito o mais bonito da copa e foi o terceiro gol feito pela seleção brasileira em copa com a maior distância até a trave, 33m e com duração de 1,48 s. Com que ângulo de inclinação em relação ao solo David Luiz chutou a bola? Represente a situação em forma de desenho e explique o que acontece com o vetor velocidade da bola ao longo da trajetória.
 - 3- Para não ser arrastado pela correnteza de 6 km/h, o piloto de um barco deve orientá-lo de modo inclinado, opondo-se em parte ao movimento da água. Se o barco se desloca a uma velocidade de 8 km/h perpendicularmente em relação às margens, que velocidade o motor lhe confere? Faça um esquema da situação proposta.

- 4- Duas bolas estão a uma mesma altura, uma bola é lançada horizontalmente com velocidade v_0 e a outra bola é deixada cair. Haverá colisão entre as bolas? Justifique. Desenhe a trajetória de cada bola.

