



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

**A Resolução de Problemas como Estratégia Didática
para a Compreensão de Conceitos de Física no
Ensino Médio**

Renally Gonçalves da Silva

Campina Grande - PB

Brasil, 2016

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

**A Resolução de Problemas como Estratégia Didática
para a Compreensão de Conceitos de Física no
Ensino Médio**

Autor: Renally Gonçalves da Silva

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

Área de Concentração: Ensino de Física

Texto apresentado ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Campina Grande, -PB

Brasil, 2016

É expressamente proibida 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 da dissertação.

S586a Silva, Renally Gonçalves da
A resolução de problemas como estratégia didática para a compreensão de conceitos de Física no Ensino Médio [manuscrito] / Renally Gonçalves da Silva. - 2016.
104 p. : il.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Profa. Dr^a. Ana Raquel Pereira de Ataíde, Departamento de Ciências e Tecnologia".

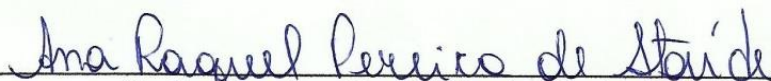
1.Ensino da Física. 2. Teorias Gerais. 3.Estratégia para Didática. 4.Compreensão de conceitos. I. Título.

21. ed. CDD 530.07

A Resolução de Problemas como Estratégia Didática para a Compreensão de Conceitos de Física no Ensino Médio

Aluna: Renally Gonçalves da Silva

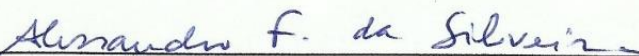
Aprovado em: 22/03/2016



Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde - Orientadora



Profa. Dra. Katemari Diogo da Rosa - Examinador Externo



Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira - Examinador Interno

Campina Grande – PB

Brasil, 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente **A DEUS**, por me permitir chegar até aqui, com força de vontade, paciência e fé, me fortalecendo nos momentos mais difíceis, não me deixando desistir.

Agradeço a toda minha família, meus pais, meu esposo Jardel e meus irmãos, por me apoiarem sempre, estando ao meu lado em todos os momentos da minha caminhada.

Agradeço a professora Ana Raquel por ter me orientado em todos os meus projetos e ajudado tanto na minha formação. Aos professores Doutores Alessandro Frederico da Silveira e Katemari Diogo da Rosa por aceitarem compor a banca de avaliação da minha dissertação de Mestrado. A todos os meus colegas que caminharam junto comigo todo esse tempo, por seu companheirismo e amizade.

Aos meus professores, e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para essa conquista.

A todos, muito obrigada!

RESUMO

Comumente as aulas de Física no ensino básico são vistas pelos estudantes como chatas e sem relação com seu cotidiano, diante da maneira convencional, de abordagem tradicional, que ainda permeia o ensino atual e os planos de ensino preparados pelo professor. Na maioria das vezes, esses planos mesclam seus horários entre aulas de discussão do conteúdo e aulas de Resolução de Problemas, no entanto, essas últimas são compreendidas, pela maioria dos professores, como a resolução de meros exercícios mecânicos e que tem como objetivo exemplificação do conteúdo ou como verificação da aprendizagem dos estudantes, dessa maneira, nem sempre essa estratégia mostra-se efetiva para o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos trabalhados. Essas atividades devem permitir a integração e a participação total do estudante no processo de resolução, permitindo que este seja o autor de suas ações e lhe apoiando na elaboração de hipóteses. Nesse contexto, o nosso trabalho apresenta como objetivo verificar a potencialidade de utilizar a atividade de Resolução de Problemas como estratégia para a construção dos conceitos de mecânica, mais especificamente, os relacionados às Leis de Newton, por uma abordagem problematizadora. Subsidiados pela teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud pretendemos nos apoiar na ideia de conceito advindo desta teoria, onde são componentes a teorização do conceito, a formulação matemática e a sua aplicação. O processo acontecerá a partir da resolução de três problemas, sendo um utilizando uma situação problema experimental, o segundo utilizando uma situação problema estruturada a partir de uma imagem e o outro com problemas conhecidos como de “problemas tipo” de “lápiz e papel”. Dessa maneira, pretendemos, então, oferecer ao professor de Física do Ensino Médio, uma proposta de intervenção que aborda conceitos a partir de atividades de Resolução de Problemas, permitindo a criatividade do professor em adaptar e reelaborar problemas, bem como descartar a compreensão da resolução puramente matemática e sem sentido para grande parte dos estudantes.

PALAVRAS CHAVE: Resolução de Problemas, Leis de Newton, Teoria dos Campos Conceituais de G. Vergnaud.

ABSTRACT

Commonly Physics classes in high education are seen by students as boring and unrelated to their daily lives, given the conventional methodology, the traditional approach, which still pervades the current teaching and lesson plans prepared by the teacher. Most of the time, teaching plans merge their schedules between discussion classes of content and problem-solving classes, however, Troubleshooting is understood by most teachers, as the resolution of mere mechanical exercise and it has the objective of exemplification of the content or as student learning tests, this way, it is not always that kind of activities shows up an effective strategy for teaching and learning concepts worked. These activities should enable the integration and full participation of the student in the resolution process, allowing the students to be the authors of their actions and the generating hypotheses. In this context, our research has as objective to verify the capability of using the Troubleshooting Activity as a strategy for building the mechanical concepts, more specifically, those related to Newton's laws, for a problem-based approach. Supported by the theory of Conceptual Fields of Gerard Vergnaud we intend to support the concept by arising idea of this theory, which are components of the theory of the concept, the mathematical formulation and its implementation. The process will take place from solving three problems, one using an experimental problem situation, the second using a trouble situation structured from an image, and other problem known as "trouble type" of "paper and pencil". In this way, we intend to offer to the physics teacher of high education, a proposal for intervention that addresses concepts from Troubleshooting Activities, allowing the creativity of the teacher to adapt and rework problems and eliminate the understanding of resolutions purely mathematical and meaningless by the students.

KEYWORDS: Troubleshooting, Newton's Laws, Theory of Conceptual Fields of G. Vergnaud.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Respostas dos professores a questão: Com que frequência você usa a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula?	43
Tabela 2: Respostas dos professores a questão: Como você utiliza a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula de Física?	44
Tabela 3: Respostas dos professores a questão: Em que momento, durante o desenvolvimento do conteúdo, você utiliza a atividade de Resolução de Problemas?	45
Tabela 4: Respostas dos professores a questão: Você acredita na possibilidade de utilizar a atividade de Resolução de Problemas para auxiliar na construção conceitual no momento de introdução do conteúdo?	45
Tabela 5: Dificuldades apresentadas pelos estudantes na atividade de Resolução de problemas.	46

SUMÁRIO

1. Introdução	08
1.1. Estrutura de Apresentação do Texto	10
2. Referenciais Teóricos	11
2.1. Referenciais Teóricos em Ensino de Física	11
2.1.1. A Resolução de Problemas e o Ensino de Física	11
2.1.2. A Problematização e o Uso de Situações Problemas em Atividades de Ciências	17
2.1.3. Dificuldades no Processo de Ensino e Aprendizagem de Conceitos de Física	24
2.2. Referenciais Teóricos em Psicologia Cognitiva	29
2.2.1. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud	29
3. Percurso Metodológico	39
3.1. Visão dos professores de Física sobre o papel da atividade de Resolução de Problemas no Ensino	40
3.2. Elaboração da Proposta de Intervenção	40
3.3. A Intervenção	41
3.3.1. Avaliação da Proposta	41
4. Resultados e Discussão	42
4.1. Visão dos professores de Física sobre o papel da atividade de Resolução de Problemas no Ensino	42
4.2. Elaboração da Proposta de Intervenção	48
4.3. Análise e Avaliação da Aprendizagem e das Mudanças de Atitudes Referentes a Resolução de Problemas Durante a Intervenção	49
5. Considerações Finais	74
Referências Bibliográficas	78
Apêndice A	82
Apêndice B	83

1. Introdução

São muitas as pesquisas realizadas que versam sobre o Ensino de Física, propondo tanto identificar dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de conceitos quanto abordando propostas e estratégias para amenizá-las.

Apesar das orientações gerais para a educação básica no Brasil, que discutem e propõem maneiras de alcançar a melhoria para esse nível de formação, as dificuldades apresentadas nas pesquisas são compartilhadas pela maior parte das salas de aula de Ciências no país, especialmente de Física. Ainda não percebemos de maneira efetiva atitudes que confirmem essas propostas, bem como os resultados das poucas realizações também se constroem de forma muito lenta e isolada. De acordo com os autores Gatti, Nardi e Silva (2010), facilmente percebemos que existe um grande distanciamento entre as propostas que visam à melhoria da educação básica, e o que verdadeiramente se realiza em sala de aula.

É preciso, no entanto, destacar que além de propostas inovadoras, dentro do processo de ensino e aprendizagem de conceitos, dois personagens são fundamentais: o estudante e o professor. Assim, para que se tenha êxito nas atividades que realizam, é necessário que as relações entre estudantes e professores sejam bem estabelecidas dentro do processo. O que na realidade vivenciamos é que essas relações ainda são distorcidas, desconectas da situação atual do ensino de Física, ou seja, as práticas estão ultrapassadas e já não colaboram mais com a demanda atual.

Em relação aos estudantes, encontramos na maioria das vezes, aqueles que ainda entendem que o ensino inicial se dá a partir do conhecimento que o professor tem e repassa para ele, considerando que as discussões e a trocas de informações não cabem nesse momento, caracterizando um processo de recepção de informações, o que não implica necessariamente em aprendizagem de conceitos. Além disso, já está arraigado na sociedade que aprender Física é um processo muito difícil ou entediante, fazendo com que os estudantes antes mesmo de conhecerem a disciplina, já apresentem aversão a ela, o que compromete bastante a aprendizagem.

O professor, por sua vez, deve estabelecer com o estudante uma relação de confiança, na qual agirá como um mediador para a construção do conhecimento, ademais, o professor deverá estar preparado para discutir os conteúdos que ministra, para que possa elaborar da melhor forma suas aulas e atividades a serem trabalhadas em sala de aula. No entanto, ainda

são poucos os professores que atuam com esse propósito, muitos, talvez por despreparo ou desmotivação, ainda fazem suas aulas aos moldes do que era realizado há muitos anos atrás. O fato é que os propósitos atuais são outros, o público é outro e as metodologias continuam as mesmas, isso causa uma distância imensa entre o que se pretende alcançar e o que se faz para isso.

Na tentativa de amenizar as atitudes convencionais e tradicionalistas, os professores utilizam estratégias de ensino que já são comuns às aulas de Física, entre elas atividades de Resolução de Problemas e atividades de laboratório, no entanto, nem sempre essas atividades são planejadas com o objetivo de construir ou fortalecer um conceito, muitas vezes, servem como demonstração, ou um exemplo, sem significado para o estudante. Na verdade essas estratégias de ensino podem ter uma enorme importância para o Ensino de Física, pois são capazes de proporcionar ao estudante diálogos enriquecedores, além da construção de conceitos mais concretamente. É necessário apenas que o professor saiba identificar os objetivos, buscando as melhores alternativas e estratégias para alcançá-los.

Devemos, no entanto, destacar que qualquer que seja a atividade escolhida pelo professor para abordar conceitos de Física, essa deve ter um caráter problematizador, ao invés de se caracterizar como uma atividade de aplicação direta de conceitos e fórmulas, que não contribui efetivamente para a aprendizagem. A problematização, ao contrário, promove a criação de atitudes com caráter investigativo e reflexivo, o que fomenta uma melhor compreensão de conceitos, bem como a construção de suas próprias conclusões.

Outro fator que é bastante perceptível dentro das propostas de inovação para o ensino de Física é o fato de que boa parte das atividades propostas é vinculada a algum tipo de tecnologia digital, principalmente o uso de computadores, tablets e data shows, todavia, nem sempre a escola, especialmente na rede pública de ensino, dispõe desses materiais ou o acesso por parte dos professores é dificultado, prejudicando a realização de atividades desse tipo.

Diante do exposto, elaboramos uma proposta que tem sua construção baseada em materiais que estão ao alcance do professor, como o livro didático, tendo como objetivo principal verificar as potencialidades utilitárias de atividades de Resolução de Problemas relacionados à Física, tanto em atividades experimentais quanto de lápis e papel, como estratégia para a construção de conceitos de Física, mais especificamente conceitos relacionados às Leis de Newton. Optamos por utilizar como referencial teórico da elaboração da proposta e análise dos dados da nossa pesquisa, a Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud, por se tratar de uma teoria que discute a construção do conceito dentro de

um campo conceitual de maneira a promover o alcance dos nossos objetivos em relação à proposta. Além disso, utilizamos temas relevantes na pesquisa em Ensino de Física, tais como: A Resolução de Problemas no Ensino de Física e A Problematização e o Uso de Situações Problemas no Ensino de Ciências.

1.1. Estrutura de Apresentação do Texto

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, esse primeiro capítulo apresenta a introdução sobre o tema e o objetivo da nossa proposta. No segundo capítulo, é apresentado o referencial teórico que aborda os referenciais utilizados em duas temáticas gerais: Ensino de Física e a Psicologia Cognitiva.

O percurso metodológico escolhido para a pesquisa é apresentado no terceiro capítulo, em que são descritas as opções metodológicas adotadas para a realização do nosso trabalho.

No quarto capítulo, a partir de um estudo de caráter exploratório, apresentamos o corpo do trabalho empírico com a proposta de intervenção, a análise da intervenção e avaliação da proposta.

Finalizamos a exposição da presente pesquisa, com um capítulo, no qual apresentamos algumas conclusões e considerações pertinentes, bem como possíveis implicações para o Ensino de Ciências.

2. Referenciais Teóricos

2.1. Referenciais Teóricos em Ensino de Física

2.1.1. A Resolução de Problemas e o Ensino de Física

O termo Resolução de Problemas (RP) tem seu uso consolidado no âmbito da área de Ensino de Ciências e Matemática. A atividade que envolve a Resolução de Problemas interessa tanto a estudos ligados a Psicologia quanto a estudos voltados ao ensino, como afirma Sousa et. al. (2004):

O interesse no estudo da resolução de problemas de Física: por um lado a questão diz respeito ao aspecto psicológico, não apenas no que se refere às elaborações e regulações cognitivas do indivíduo, como também no que concerne ao próprio conceito de problema e como este se relaciona com um campo conceitual específico. Por outro lado, o tema responde a uma demanda dos próprios professores de Física e, portanto, trata-se de um tópico que tem um significado particular no que se refere a prática de sala de aula (SOUSA et. al. 2004, p. 2).

Percebemos que muitas das aulas de Física são destinadas à atividade de Resolução de Problemas e essa estratégia é vista como parte fundamental da aprendizagem dos conteúdos, no entanto, no contexto da sala de aula, a Resolução de Problemas, segundo Lopes (2004), não é um termo isento de equívocos, ele é muitas vezes utilizado como sinônimo de exercício.

Grande parte dos autores nesta área “parece concordar que a diferença entre um problema e um exercício é que o último requer mecanismos que conduzem de forma imediata a sua solução” (COSTA; MOREIRA, 1997, p. 7). Um problema, então, é apresentado como uma situação nova para a qual ainda não se tem resposta, nem mesmo uma solução que seja obtida de forma imediata. Como afirma Costa e Moreira (1996):

Um problema é um estado subjetivo da mente, pessoal para cada indivíduo, um desafio, uma situação não resolvida, cuja resposta não é imediata, que resulta em reflexão e uso de estratégias conceituais e procedimentais, provocando uma mudança nas estruturas mentais (COSTA; MOREIRA, 1996, p. 177).

No entanto, enquanto uma determinada situação pode apresentar-se como um problema para uma pessoa, para outra ela pode representar apenas um simples exercício à medida que as habilidades e procedimentos do solucionador o permitam resolver o problema

de maneira direta, sem maiores dificuldades, resumindo-o a um exercício. De modo geral, “tanto os exercícios como os problemas requerem dos estudantes a ativação de diversos tipos de conhecimento, de procedimentos, de atitudes e motivações” (COSTA; MOREIRA, 1997, p. 7).

Gil et. al (1992) apontam que muitas vezes as situações planejadas para uma atividade de Resolução de Problemas, “em vez de serem ocasião privilegiada para construir e aprofundar os conhecimentos, se convertem em reforço de erros conceituais e metodológicos” (GIL et. al., 1992, p. 9), e isso se destaca quando, durante a realização atividade, os estudantes são direcionados a determinados procedimentos e priorizam a formalização matemática, assim, o operacionalismo da resolução se sobressai em detrimento de uma análise inicial mais profunda e geradora de hipóteses.

Esse é um fato bastante comum nas aulas de Física, e, em parte, isso se deve a forma com que são trabalhados os conceitos científicos em sala de aula, que são, de modo geral, apresentados distantes do cotidiano dos estudantes, levando-os a não compreenderem as relações existentes entre a Resolução de Problemas físicos e a realidade. De modo geral, os problemas, assim estruturados, não trazem o estímulo necessário para que o estudante queira resolver o problema e encontrar respostas. De acordo com Lima e Carvalho (2002):

Para assumir uma postura de investigação, antes de qualquer coisa, o sujeito deve assenhorear-se do problema a ser solucionado, de maneira que este se torne seu problema, instigando sua curiosidade, estimulando-o à elaboração de hipóteses e ao desenvolvimento de estratégias, visando colocá-las à prova, na procura da resposta adequada ao problema (LIMA; CARVALHO, 2002, p. 2).

Lucero et. al. (2006) destacam que os estudantes, até mesmo os dos cursos universitários, trabalham diretamente para encontrar fórmulas que lhes dêem um resultado correto, manipulam experimentos corretamente, mas encontram problemas em justificar uma decisão, explicar qualitativamente o problema tratado ou analisar um resultado obtido, entre outros pontos, que habitualmente não são percebidos nas seções de Resolução de Problemas comuns. Isso se justifica pelo tratamento e as orientações dadas a RP em sala de aula, o que é consequência da compreensão que se tem desse tipo de atividade. Defende-se atualmente que a compreensão sobre a Resolução de Problemas está ligada a compreensão de procedimentos e atitudes frente à resolução de uma determinada situação duvidosa.

Para Polya (1995), baseado em sua experiência como professor, existe uma série de passos a serem seguidos na resolução de um problema. Ele afirma que a solução exige a

compreensão do problema, o delineamento de um plano de execução, a execução do plano e a análise da solução obtida.

Gil et. al. (1992) em um estudo que busca questionar como os problemas estão sendo planejados e trabalhados em sala de aula, apontam algumas atividades que devem ser observadas na resolução deles:

- Considerar qual o interesse que a situação problemática pode gerar no estudante, pois, aponta que o sujeito apenas poderá resolver da melhor forma um problema quando este desperta uma motivação para sua resolução;
- Inicialmente, realizar um estudo qualitativo da situação, buscando compreender as condições e as limitações do problema;
- Elaborar as hipóteses levando em consideração as condições e os limites do problema;
- Elaborar procedimentos de resolução evitando o método de tentativa e erro no tratamento com problemas;
- Verbalizar na escrita e oralmente os passos de resolução, demonstrando assim fundamentação em cada ação realizada;
- Analisar os resultados, observando as hipóteses e as condições impostas;
- Considerar os possíveis problemas que possam surgir dessa resolução, de modo mais complexo ou que tome outro direcionamento;
- E, por fim, criar uma memória de resolução, destacando os pontos mais importantes e de maior interesse na situação abordada.

Pensando dessa forma, é possível que o fracasso apresentado pelos estudantes, durante a realização da atividade de RP, esteja mais relacionado aos professores - mais do que eles admitem ou percebem – pois, a atividade talvez não tenha sido tão bem elaborada e conseqüentemente não executada corretamente, deixando de promover uma aprendizagem efetiva de conceitos e procedimentos de Resolução de Problemas.

É possível destacar, como elemento facilitador da apreensão, por parte do estudante, destes passos, a importância do “solucionador de problemas veterano”, ou seja, do especialista, que no ensino de Física tanto pode ser o professor como um estudante mais experiente. Este especialista conduzirá o “solucionador de problemas novato” no delineamento de estratégias para a Resolução dos Problemas. Dessa forma, pesquisas desenvolvidas mostram a existência de diferenças significativas em relação à forma como especialistas e novatos resolvem problemas de Física, podemos destacar que:

La representación es construída en el contexto de conocimiento disponible para problemas “tipo”, y que ese conocimiento es “indicado” (en el sentido de ser localizado o ubicado en un índice de entrada) cada vez que un problema de física es colocado en una categoría. Así, las diferencias entre expertos y novatos en las categorizaciones de los problemas de física, estarían relacionadas con la estructura y el contenido de sus representaciones de diferentes problemas “tipo” (BUTELER; GANGOZO, 2008, p. 3).

Karan e Pietrocolla (2009) consideram que, o especialista se sobressai ao novato na Resolução de Problemas, já que estes têm mais facilidade de identificar os pontos relevantes do problema e são efetivos na elaboração de estratégias de resolução, enquanto que o solucionador de problemas novato terá maior dificuldade em se desenvolver frente a uma situação que para ele é totalmente nova, no entanto, os autores apontam também que, por apresentarem essa desenvoltura com alguns tipos de problemas, os especialistas tendem a evitar novas situações, mas que quando confrontados com elas, conseguem realizar esquemas e analogias com situações anteriormente conhecidas para elaborar estratégias de resolução de um novo problema proposto.

Dessa forma, conforme Pozo et al. (1994), ensinar ao aluno a resolver problemas consiste não apenas em ensinar-lhe estratégias eficazes, mas em criar-lhe o hábito e a atitude de encarar a aprendizagem como um problema para o qual se tem que encontrar respostas.

Segundo Gagné apud Costa e Moreira (1996), para a RP o aprendiz utiliza uma combinação de regras, que já foram aprendidas anteriormente por ele, e que pode ser utilizada para resolver uma situação nova. “Este processo deve favorecer a aprendizagem significativa na medida em que propicia uma reorganização da informação e do conhecimento armazenado na estrutura cognitiva do sujeito” (NOVAK, 1997 apud COSTA; MOREIRA, 1996, p. 177).

Assim, podemos destacar também que para resolver um problema, o estudante deve conhecer elementos do campo de conhecimento no qual o problema está inserido, não se trata de conhecer os procedimentos e a solução, mas de elementos que lhe dêem subsídios para buscar estratégias de resolução eficazes. Nesse sentido, Karan e Pietrocolla (2009) apontam que o estudante, ao resolver problemas de Física, deve desenvolver habilidades que o leve a usar os conhecimentos comuns do campo da Matemática não apenas como técnica, mas para estruturação de situações físicas.

Dois pontos merecem destaque dentro do estudo da atividade de Resolução de Problemas:

A Compreensão do Tipo de Problema

Podem ser muitas as classificações dadas a problemas trabalhados em sala, iremos nos deter em esclarecer os conceitos de dois tipos dados por Pozo e Crespo (1998, apud Karan e Pietrocolla, 2009):

- Problemas qualitativos são aqueles problemas que não necessariamente se utilizam de formulação matemática, e exigem uma análise teórica mais elaborada, o que não significa que esse tipo de problema não peça do estudante um raciocínio matemático para sua resolução. São situações que se apresentam comuns ao cotidiano dos estudantes.
- Problemas quantitativos são aqueles que exigem uma resolução que utilize a manipulação de dados e a formulação matemática para se chegar à determinada resposta. Esses problemas podem apresentar-se de maneira que o estudante consiga compreender relações entre conceitos e variáveis, estruturando os problemas com formulação matemática adequada.

Geralmente os problemas/exercícios encontrados nos livros didáticos da escola básica, são de cunho quantitativo, no entanto, com características que levam a uma resolução imediata, que não exigem do estudante uma análise em profundidade de argumentos teóricos. Por outro lado, o professor pode utilizar esses mesmos problemas e adequá-los, de maneira que permita ao estudante a possibilidade de criar soluções e buscar a resposta para um problema que lhe seja significativo.

A Relação Existente Entre a Matemática e a Física

É notável que o papel da Matemática seja ainda uma ideia confusa quando se trata de Resolução de Problemas de Física, “existe uma concepção ingênua/ferramental no que diz respeito às relações entre o conhecimento matemático e o físico” (KARAN; PIETROCOLLA, 2009, p. 187). Os autores ainda esclarecem que quando a bibliografia trata de problemas quantitativos, evidencia-se mais fortemente a concepção da Matemática com uma mera ferramenta para a Física, ou mesmo que a Física só pode ser compreendida através da Matemática.

No entanto, quando se passa a compreender a Matemática como parte estruturante dos conceitos físicos, forma-se uma imagem mais adequada da mesma em relação à Física,

entendendo o uso de modelos matemáticos para a representação de uma situação Física. Nesse mesmo sentido, Roque aponta que:

Uma análise que considere separadamente os aspectos físico e matemático de um problema pressupõe, mesmo que implicitamente, que a Física trabalha com a realidade, ao passo que a Matemática deve fornecer as condições formais para a descrição física desta realidade. O preço dessa suposição é o de relegar, ao mesmo tempo, a Física a um saber incapaz de se legitimar a si mesmo e a Matemática a uma abstração, a uma mera formalização sem mundo. Este preço é alto, pois tem por consequência um enfraquecimento de ambas, tanto da Matemática como da Física (ROQUE, 2005, p. 292, apud KARAN; PIETROCOLLA, 2009, p. 189).

Apesar de ser um tema bastante relevante para o Ensino de Ciências, especialmente de Física, no que concernem as ideias confusas sobre a relação entre a Matemática e a Física, segundo Ataíde e Greca (2012), percebe-se que o tema tem sido poucas vezes alvo de pesquisa no Brasil, e mais ainda quando a pesquisa é voltada ao âmbito da sala de aula em situações de ensino e aprendizagem.

Sobre as potencialidades da atividade de Resolução de Problemas Silva e Del Pino (2010) afirmam,

A possibilidade de que os alunos desenvolvam habilidades e competências, tornando-se capazes de utilizar os seus conhecimentos para a construção de novos conhecimentos, indica a resolução de problemas como uma estratégia que vai além da memorização de conceitos, mas que permite a participação da escola na construção de cidadãos mais capazes de expor suas idéias e respeitar as idéias dos demais com quem convivem, participando, assim, de discussões onde o respeito para com o outro está presente (SILVA e DEL PINO, 2010, p. 33).

Neste sentido, no Ensino de Física, a Resolução de Problemas deveria apresentar-se potencialmente, para muitos alunos, como um “modelo” a ser seguido. No entanto, isto não é o que ocorre na prática, uma vez que “a resolução de problema não é vista, de forma genérica, pelo professor de Física como uma atividade que mereça, por si mesma, uma discussão mais específica de sua parte” (PEDUZZI, 1997, p. 235).

Além de serem poucas as pesquisas que buscam compreender o entendimento dos professores sobre a atividade de Resolução de Problemas, quando estes são questionados sobre o fracasso dos estudantes frente à atividade, grande parte dos profissionais apontam várias dificuldades que os estudantes trazem, como, por exemplo, dificuldades com a Matemática, incapacidade de interpretar o enunciado, desmotivação, entre outros, porém, dificilmente eles admitem que possa haver problemas com o seu planejamento, com a determinação de seus objetivos, ou com as orientações transmitidas por eles aos estudantes.

Esse pensamento por parte dos professores favorece ainda mais a pouca preocupação que se tem em compreender a Resolução de Problemas e as estratégias que efetivamente levam a aprendizagem.

De acordo com a pesquisa de Sousa e Favero (2003), os professores se vêem como mediadores, que orientam, mas a execução é tarefa dos estudantes. Por outro lado, Custódio aponta que “A resolução de problemas em sala de aula não pode ser vista como ação solitária dos alunos, mas como um processo de aprendizado em que o professor deve estar atento as carências dos alunos e auxiliar na superação delas” (CUSTÓDIO et. al. 2012, p. 244). Além disso, não é apenas o aspecto cognitivo do estudante que se envolve em uma atividade, seja ela qual for, é preciso, então, considerar também os aspectos emocionais e afetivos do estudante dentro desse contexto.

Qualquer que seja a forma de aplicação da atividade de Resolução de Problemas é importante que ela se constitua em uma oportunidade que o estudante tenha de desenvolver habilidades e competências, e, mais do que isso, que tenha autonomia de buscar respostas para um problema que lhe foi apresentado, conseguindo compreender fisicamente a situação, utilizando argumentos teóricos coerentes e entendendo as relações matemáticas estruturantes do conceito físico.

2.1.2. A Problematização e o Uso de Situações Problemas em Atividades de Ciências

Os estudos relacionados ao Ensino de Ciências há bastante tempo vêm buscando elaborar e realizar propostas que solucionem as dificuldades apresentadas no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Ciências. A imagem distorcida, mas ainda muito arraigada, de que os conteúdos de Ciências, especialmente de Física, são ideias distantes do que se vive cotidianamente e construídas em laboratórios isolados da realidade, confere ao Ensino de Ciências um caráter totalmente abstrato. “O contexto escolar continua praticamente restrito a uma única concepção de ciência: a empírico-indutivista.” (KOHLEIN; PEDUZZI, 2005, p. 2).

Uma alternativa bastante viável ao processo de ensino e aprendizagem é a utilização de uma abordagem problematizadora para o tratamento de conceitos de Física, a qual retira, das aulas de Ciências, a maneira tradicional e abstrata de ensino, focada apenas na descrição de definições, bem como no formalismo matemático dos conteúdos de Física. A abordagem problematizadora é destacada por Delizoicov (2001), que a estrutura em três momentos

pedagógicos: Problematização inicial, no qual o problema é apresentado ao estudante suscitando discussões e questionamentos sobre ele, e, além disso, permite que o estudante apresente suas concepções espontâneas sobre os conceitos relacionados; Organização do conhecimento é o momento em que essas discussões vão tomando forma, desconstruindo as concepções espontâneas erradas e construindo, a partir delas, o verdadeiro conceito científico de maneira concreta e sistematizada; e, por fim, Aplicação do conhecimento, no qual a situação inicial e outras referentes ao mesmo campo de conhecimento poderão ser solucionadas a luz dos conceitos científicos construídos.

Os Três Momentos Pedagógicos oportunizam espaço para o trabalho coletivo, para o surgimento de conflitos/confrontos de ideias, bem como, para a busca de soluções dos mesmos, com vistas à (re) construção de saberes sistematizados pelos alunos (MACEDO; DICKMAM; ANDRADE, 2012, p. 577).

Além dos construtos de Delizoicov, de acordo com Silva e Penido (2013), Paulo Freire também discute que a problematização tem um papel fundamental para a construção dos conhecimentos, apontando duas vertentes fundamentais: a problematização dos conhecimentos do educando, em que o estudante é desafiado a realizar a leitura do seu mundo através de uma situação proposta, proporcionando ao professor entender as concepções alternativas dos estudantes para poder problematizá-las, e, ainda, problematizar a partir de uma investigação temática, o que permite a compreensão de ideias primeiras e a construção de problemas legítimos, proporcionando de maneira mais concreta o desdobramento do diálogo fundamental entre o professor e o estudante diante de uma atividade de natureza investigativa.

Ao utilizarmos uma metodologia problematizadora, podemos então, estimular nos estudantes um caráter investigativo e reflexivo, a partir da criação de um problema que trate de uma situação nova ou diferente, que o aluno, para resolvê-la, não encontra solução imediata, mas necessita buscar por respostas que exigem dele reflexão, além de uma tomada de decisão quanto à forma de efetuar sua resolução. Neste entendimento, a problematização é a criação de um desafio, o qual o aluno buscará resolvê-lo, indo assim, ao encontro da aprendizagem dos conceitos relacionados.

Sobre os momentos pedagógicos, Delizicov (2001) afirma que podemos planejar as atividades de sala de aula de tal modo que as explicações dos alunos, ou seja, os seus conhecimentos prévios sobre as situações envolvidas nos temas, possam ser obtidos e problematizados pelo professor.

Para que se realize uma atividade de problematização que se torne efetiva para aprendizagem, é necessário que seus objetivos e procedimentos estejam muito bem definidos pelo professor, bem assim, em todos os momentos da atividade é essencial que o professor compreenda seu papel, tanto quanto saiba o dos estudantes, para que cada um se posicione da melhor forma possível, efetivando a proposta. Além disso, o professor deve conhecer bem o que deve tratar e como se deve proceder quando da realização de cada momento pedagógico.

De acordo com alguns autores, “o papel do professor durante a problematização inicial é diagnosticar apenas o que os estudantes sabem e pensam sobre uma determinada situação” (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 5), para depois organizar uma discussão no intuito de buscar o questionamento dessas ideias para que os estudantes consigam compreender e elaborar uma interpretação mais correta cientificamente.

Inicialmente, a problematização deve ser feita sobre a situação que se deseja discutir, nesse momento, os estudantes irão formar ideias e interpretações orientadas por concepções alternativas que eles têm, advindas da experiência do dia a dia. A partir desse momento, “problematiza-se o conceito espontâneo do estudante mediante a introdução do conceito científico, para se abordar um problema que está vinculado a uma situação real do contexto do estudante” (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 6).

A função da problematização inicial é preparar o estudante para a introdução de um novo conceito, levá-lo a compreender a necessidade da obtenção de novos conhecimentos, que será discutido num outro momento pedagógico, qual seja, a organização do conhecimento.

Destaca-se que, a partir dos conhecimentos científicos mais elaborados, o estudante pode perceber a insuficiência dos conceitos espontâneos, que até agora eram gerais para eles. Para que ocorra a apreensão dos conhecimentos é preciso que haja uma separação entre o conhecimento que o estudante traz e o conhecimento científico.

Após a problematização inicial, o momento de organização do conhecimento é aquele em que serão sistematizados os conhecimentos discutidos no momento de problematização inicial, e “nesse momento da atividade pedagógica é importante enfatizar que os conhecimentos científicos são ponto de chegada” (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 8).

Sobre as concepções alternativas, o professor deve não apenas conhecer a informação que essa concepção traz, mas o processo de construção dessas ideias, suas relações com

valores e crenças da comunidade em que faz parte, para que elas possam ser problematizadas e em seguida, desconstruídas de maneira efetiva.

É no momento de aplicação do conhecimento, que os conhecimentos de que o estudante vem se apropriando serão empregados para análise de situações problematizadoras que lhes serão apresentadas, dentro do campo de conhecimentos. Nessa etapa, o professor apresenta-se como um desenvolvedor de atividades e situações que permitam que o estudante empregue os conhecimentos elaborados na organização do conhecimento em uma diversidade de situações cotidianas, que permitam a capacidade da conceituação dessas situações. Nesse momento, existe potencialmente a possibilidade de voltar o olhar para as situações apresentadas na problematização inicial, agora com o entendimento científico, além disso, outras situações são analisadas com o olhar da ciência.

Para desenvolver uma abordagem problematizadora é essencial a escolha correta das situações que farão parte da atividade. O trabalho com situações problema é um tema que vem sendo bastante discutido, nesse sentido, essa ferramenta pode ser utilizada de várias formas dentro das atividades em sala de aula, mostrando-se uma alternativa bastante viável para propostas que buscam aprimorar as aulas de Ciências.

É preciso, antes de tudo, compreender e esclarecer quais os objetivos que se desejam com a realização da atividade, para tanto se deve entender qual a função que o problema deve desempenhar dentro da atividade proposta. Gehlen e Delizoicov (2011) realizaram um estudo tentando identificar como alguns pesquisadores em Ensino de Ciências entendiam a função do problema dentro de suas pesquisas. Foram analisados 44 artigos publicados nos anais do ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), entre os anos de 1997 a 2007. Alguns problemas apresentam a função de questionar, buscando discutir o problema em sua dimensão conceitual, tendo por finalidade a interação e a apropriação dos conhecimentos. Outros problemas têm suas funções ligadas à construção conceitual dentro de atividades de Resolução de Problemas. Em alguns estudos o problema estava relacionado à vivência particular de estudantes que pretendiam a aprendizagem considerando aspectos de seu cotidiano e ainda podemos identificar problemas que tem sua função ligada à estruturação dos temas transversais propostos para o currículo do Ensino de Ciências. No entanto, a pesquisa destaca que apenas três dos artigos analisados indicam a função do problema como um aporte para a formação conceitual, a respeito disso, os autores afirmam que,

Essa compreensão, segundo à qual a seleção da conceituação fica subordinada aos problemas, relacionados a temas, que definem uma determinada programação de conteúdos, e não os problemas subordinados aos conceitos que a estruturam, embora avance em relação aos demais grupos, permeia apenas as discussões teóricas, conforme se depreende desses estudos consultados (GEHLEN e DELIZOICOV, 2011, p. 140).

Dentro do Ensino de Física, as pesquisas realizadas que envolvem atividades com uso de situações-problema no ensino superior trazem uma realidade muito próxima da apresentada na Educação Básica. Longhini e Nardi (2009) realizaram uma pesquisa com licenciandos buscando verificar sua aprendizagem em Física, segundo os autores “a experiência nos apontou que a aprendizagem parece ocorrer mais facilmente no processo de provocar os alunos na busca de soluções para situações-problema apresentadas.” (LONGHINI e NARDI, 2009, p. 22).

Outra pesquisa tenta investigar possíveis situações-problema que possam favorecer o aprendizado de conceitos matemáticos na disciplina de cálculo I, bem como a compreensão da linguagem e notações para compreensão da Física. De acordo com Santarosa e Moreira (2011), diante das dificuldades no ensino de Física, torna-se importante para o professor de Matemática a compreensão da relação que a Física e a Matemática tem, quando o seu interesse é “desenvolver estes conceitos a partir de situações que possam lhes dar significado, ou ainda, quando pretende direcionar estes conceitos para as aplicações físicas.” (SANTAROSA e MOREIRA, 2011, p. 329).

Ainda dentro dos trabalhos voltados ao ensino superior, Perrota et. al (2010) utilizam a situação-problema, como um exemplo, para um grupo de estudantes no final da disciplina de Mecânica Newtoniana e a um grupo de docentes, com o intuito que levasse a análise da aplicação das leis da mecânica envolvidas na solução do problema.

O estudo realizado por Escudero e Jaime (2007) trata do uso de situações-problema dentro de atividades de Resolução de Problemas. Eles objetivam realizar uma análise de como os estudantes de um curso de engenharia constroem modelos mentais para a Resolução de Problemas. Essas situações propostas, as quais eles classificam como problema integrativo, são caracterizadas por trazerem um enunciado que “envolve só conteúdos de Física de certa especificidade, mas que não se centram em um único tópico ou tema com exclusividade” (ESCUDEIRO; JAIME, 2007, p. 2).

Outra pesquisa, esta realizada por Clement e Terrazam (2011), teve como objetivo entender o processo de Resolução de Problemas, utilizando situações-problema, e produzir mudanças nesse processo, para tanto, realizaram uma pesquisa discutindo alguns aspectos

procedimentais dessa atividade com caráter investigativo. O tratamento de situações-problema em atividades de Resolução de Problemas é justificado, como afirmam os autores, pois:

As atividades de resolução de problemas devem propiciar aos alunos o desenvolvimento de uma aprendizagem que lhes permita não apenas resolver problemas escolares, mas também, problemas cotidianos. Porém, para que isso ocorra, é preciso ensinar aos alunos, além dos conteúdos conceituais, também os conteúdos procedimentais e atitudinais, fundamentais para a resolução de problemas (CLEMENT; TERRAZAM, 2011, p. 88).

Na Educação Básica, são várias as abordagens para a utilização de situações-problema no ensino de Física. Uma pesquisa realizada no nível básico de ensino, em que o uso das situações-problemas estão objetivamente ligadas a verificação da aprendizagem, foi o estudo realizado por Moreira e Sperling (2009), no qual o estudante depois de estudado o conteúdo proposto, bem como construído mapas conceituais acerca do mesmo conteúdo, precisaria resolver uma lista de situações-problemas que lhe foi apresentada para que ocorresse a verificação do aprendizado. Portanto, é comum que nas avaliações muitos alunos acabem reproduzindo de forma mecânica os conhecimentos que na realidade não aprenderam, porém, essa atitude é “ineficaz quando se propõe uma nova situação, onde só os que efetivamente obtiveram uma aprendizagem significativa, serão capazes de resolver relacionando seus conhecimentos” (MOREIRA; SPERLING, 2009, p. 99).

Outro estudo, este realizado por Laburú et. al (2010), traz a situação-problema como problematização inicial para uma atividade experimental, para que os estudantes pudessem na realização do experimento analisar medidas e conceitos da mecânica. Essa visão de laboratório escolar pode acarretar muitos benefícios para a aprendizagem, já que a situação-problema leva o estudante não apenas a manipular objetos e dados, mas a construir experimentos e procedimentos para resolver determinada situação.

Não é comum vermos a Física sendo tratada nas séries do ensino fundamental, possivelmente por conta desse desconhecimento da disciplina, o choque é tão grande quando deparados com ela no Ensino Médio. Pensando nisso, Campos et.al (2012) propõem a utilização de situações-problema em atividades experimentais como uma abordagem para o tratamento de conteúdos de Física nas séries iniciais do ensino fundamental. Quanto à abordagem escolhida ele afirma que:

A proposta de união das situações-problema às atividades experimentais visa tornar o aprendizado divertido e prazeroso, desenvolver nos alunos habilidades como tirar conclusões de dados experimentais, argumentar, estabelecer relações, fazer

inferências, entre outras. Além disso, acredita-se que seja uma forma de promoção da alfabetização científica, pois coloca o aluno em contato com a ciência e pode despertar seu interesse por ela (CAMPOS et. al, 2012, p. 1402-2).

Além do uso das situações-problema em uma abordagem experimental, destacamos a pesquisa de Longhini e Menezes (2010) que propõem sua utilização em uma atividade de simulação computacional. A situação levaria o estudante ao questionamento e a busca pela resolução seria através do software Stellarium, utilizado no estudo de conceitos de astronomia.

Facchinello (2008) realiza, em sua pesquisa de mestrado, estudos relacionados ao uso de situações-problema na Educação Básica. Em um dos estudos realizados, buscou-se avaliar o uso da linguagem verbal como meio de resolução, abordando conceitos de Leis de Newton. Além disso, avaliou em outro estudo, como a forma de apresentação de uma situação-problema pode interferir na forma que o estudante encara e resolve essa situação, algumas formas podem tornar-se mais difíceis para a compreensão do estudante.

Ela pôde constatar também que boa parte das situações-problema apresentadas aos alunos são de questões de vestibulares e apontou que cabe ao professor avaliar se essas questões estão adequadas a alguns grupos de estudantes para o nível em que eles se encontram, mas argumenta que o nível de dificuldade das questões deve ser aumentado gradativamente para a progressão do desenvolvimento cognitivo desses estudantes, criando novos esquemas e procedimentos para a Resolução de Problemas. A esse respeito, Facchinello (2008) aponta:

As situações problema devem ser gradativamente mais complexas e é o professor quem deve oferecê-las. No entanto, o professor não trabalha com um grupo homogêneo onde todos aprendem ao mesmo tempo e com a mesma facilidade, é necessário identificar as dificuldades dos alunos, inferindo seus esquemas de assimilação e a falta destes (FACCHINELLO, 2008, p. 79).

Em síntese, a problematização como proposta por Delizoicov precisa ser muito bem planejada, com objetivos e procedimentos bem definidos, de modo que tanto o professor quanto o estudante possam desempenhar suas funções dentro da atividade proposta da maneira mais favorável possível ao processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física. Além disso, podemos destacar que a abordagem problematizadora se mostra eficiente para o desenlace de problemas em Ensino de Ciências, uma vez que proporciona uma alternativa ao não tratamento de conteúdos de forma tradicional e direta, levando os

estudantes a construírem conceitos a partir da busca pela resolução de um problema que lhes apresenta sentido.

É notório, portanto, que o uso de situações-problema, de qualquer natureza, em atividades que tragam uma abordagem problematizadora, vem se consolidando nos estudos e intervenções realizados em sala de aula, mostrando-se uma alternativa potencialmente eficiente para a aprendizagem de conceitos de Física e disciplinas de Ciências em geral.

2.1.3. Dificuldades no Processo de Ensino e Aprendizagem de Conceitos de Física

As discussões que versam sobre as dificuldades que se apresentam no Ensino de Física no Ensino Médio estão sempre relacionadas à importância dessa ciência para a vida dos estudantes, pois, são tantos os possíveis enfoques dados a essa ciência em sala de aula, que nem sempre, permite-se que se crie uma relação significativa entre o estudante e o objeto de estudo.

O Ensino Médio, segundo os PCNs, deve ser compreendido “como a etapa conclusiva da educação básica de toda a população estudantil e não mais somente uma etapa preparatória de outra etapa escolar ou do exercício profissional” (BRASIL, 2002, p. 3). No entanto, no contexto das disciplinas de Ciências, é bastante notável que os currículos, as aulas e as atividades planejadas, em especial na Física, estão exclusivamente voltados à resolução de questões de vestibular e do ENEM, que vão garantir, em muitos casos, a carreira acadêmica e profissional do estudante.

Claro que, é também função do Ensino Médio preparar o estudante para a realização desses processos de seleção, contudo, o que se tem visto, é que essa é a prioridade estabelecida pelo sistema de ensino atual para o Ensino Médio, de modo que os conteúdos são trabalhados para serem decorados e as atividades de resolução de exercícios devem apenas treinar o estudante para os exames, o que transforma o ato de ensinar e aprender em uma atividade puramente mecânica. Diante disso, o que propõem os PCNs é que:

O novo ensino médio, nos termos da lei, de sua regulamentação e encaminhamento, deixa de ser, portanto, simplesmente preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante, para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica. Em qualquer de suas modalidades, isso significa preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho (BRASIL, 2002, p. 4).

Contudo, ainda é bastante difícil conseguir tratar todas as disciplinas do Ensino Médio, de modo que esses objetivos sejam alcançados, e isso se dá por uma série de fatores que influenciam diretamente nessa mudança. Alguns desses fatores estão relacionados ao próprio sistema, que não subsidia as condições necessárias ao trabalho, outros, que julgamos serem de maior importância, estão relacionados diretamente a compreensão de professores e estudantes sobre a finalidade do processo de ensino e aprendizagem.

Apesar das leis que regem o ensino atual e tantas discussões que vêm sendo feitas pela comunidade científica abordando o tema, ainda está arraigado no professor, embora que intuitivamente, a ideia de um ensino unilateral e transmissivo ou ainda, falta ao professor a motivação para realizar seu trabalho de maneira diferente do tradicional. Por outro lado, o estudante está tão habituado com o modelo de ensino em que ele participa apenas como ouvinte e reproduzidor de conhecimentos que, ao mínimo toque de mudança, sente que o ensino não está como deveria e que isso deve ser prejudicial a sua preparação.

Mais especificamente no Ensino de Física, alguns fatores ainda comuns ao dia a dia da sala de aula podem maquiar a verdadeira função de se ensinar Física no Ensino Médio, a forma como são preparadas as aulas, as grandes listas de exercícios com enfoque puramente mecânico, e, ainda mais, a ingênua compreensão da relação entre a Física e a Matemática, podem contribuir fortemente para a compreensão errônea sobre a Física, além da aversão que comumente é criada em relação a essa disciplina.

É comum, por exemplo, que as atividades de Resolução De Problemas, elemento fundamentalmente integrante das aulas de Física, sejam em grande parte baseadas nos livros didáticos ou materiais equivalentes, que geralmente proporcionam ao estudante uma série de questões de trato puramente matemático, que não o leva a compreensão real da situação, mas que permite o treino para resolver questões desse tipo. Essa relação distorcida entre os conceitos físicos e a Matemática não permite que o estudante encontre sentido nos problemas, nem mesmo na Física em sua vida.

Segundo Rosa e Rosa (2005), “outro problema identificado no ensino de Física, tem sido a gama imensa de conteúdos que compõe as obras didáticas” (ROSA; ROSA, 2005, p. 2) e, de fato, o professor insiste em tentar trabalhar a maior parte dos conteúdos que os livros didáticos trazem para determinada série, o que ocasiona alguns problemas para a aprendizagem dos estudantes. À medida que se pretende trabalhar muitos conteúdos em um curto tempo, esses são trabalhados de maneira muito superficial, ou seja, muito se trabalha, mas pouco conhecimento é construído, outra estratégia utilizada seria de excluir alguns

conteúdos aleatoriamente, para que todo o livro seja visitado pelo estudante, no entanto, isso faz com que este, não consiga enxergar conexões entre temas da Física, o que provoca a visão ainda mais distorcida sobre a construção da Ciência e, conseqüentemente, aumenta a aversão existente à disciplina.

A esse respeito, não existe nos documentos oficiais uma listagem obrigatória de conteúdos que devem ser especificados em cada série, quanto a isso, Rosa e Rosa (2005) afirmam:

Tais normativas editados desde a década de 1960 têm assumido a postura de não especificar conteúdos mínimos para a formação dos estudantes em nível de ensino médio, descrevendo apenas os temas que deverão ser abordados e os objetivos a serem atingidos, permitindo que os professores/escolas tenham liberdade de organizar seus programas curriculares de acordo com as necessidades de cada região e adequados a carga horária prevista (ROSA; ROSA, 2005, p.3).

Nos livros didáticos percebemos que a lista de conteúdos é bastante definida. Por outro lado, devemos compreender que o livro didático, bem como outros materiais que nos são disponíveis, são materiais de auxílio à estruturação das aulas, e não um guia que deve ser seguido fielmente. É, portanto, função do professor, selecionar quais conteúdos se devem trabalhar e planejar de forma mais eficaz, a fim de se construírem os conceitos pretendidos. De todo modo, certamente, os critérios para essa seleção não estão bem estabelecidos.

A forma com que se aborda o conteúdo e as estratégias utilizadas é de fundamental importância para o processo de ensino e aprendizagem de Física, uma vez que o estudante precisa se sentir atraído e desejar compreender o que lhe é apresentado, pois, de outra forma, o mais comum é que ele decore o conteúdo, respondendo quando necessário, o que para ele, não faz nenhum sentido.

Faschinello (2008), em sua dissertação de mestrado, realiza um estudo apontando alguns equívocos que desfavorecem o ensino e a aprendizagem de conceitos de Física na primeira série do Ensino Médio. Sobre o tratamento vetorial de conceitos, a autora aponta que, quando acontece, esse tratamento nem sempre é bem realizado, deixando várias situações confusas para os estudantes, o trabalho com gráficos também não é bem visto pelos professores, pois dizem ser uma atividade que demanda muito tempo e que não é tão efetiva. Percebemos, a partir desses pontos de vista, que a relação entre a Física e a Matemática ainda é de difícil compreensão, até mesmo para o professor, “o erro talvez esteja em pensar que a função matemática que traduz uma situação Física seja apenas uma função matemática” (FACHINELLO, 2008, p. 32).

Além de encontrarmos problemas de estratégias mais gerais para o tratamento de conceitos físicos, percebemos que quando especificados os conteúdos, os problemas metodológicos e as abordagens são próprios dos assuntos, o que necessita então, por parte do professor, buscar entender quais as maiores dificuldades dentro daquele conteúdo específico e quais as metodologias mais apropriadas para o seu tratamento. Dentro dessa perspectiva, observamos alguns pontos a se destacar sobre o conteúdo de Leis de Newton.

Os currículos elaborados para o Ensino Médio trazem as Leis de Newton como parte integrante do conteúdo programado para a primeira série desse nível, porém, geralmente, já é realizada uma espécie de introdução desses conceitos ainda na última série do Ensino Fundamental. Os conceitos de força, aceleração, repouso entre outros abordados dentro desse tema, já são bastante comuns aos estudantes, pois, foram construídos a partir de situações do dia a dia de maneira intuitiva, contudo, esses conceitos, mesmo quando construídos de forma alternativa, deveriam apresentar-se como um auxílio importante para a construção de ideias mais formais cientificamente relacionadas às Leis de Newton.

Assim, na maioria das vezes, percebe-se que os estudantes apresentam muitas deficiências na aprendizagem desses conceitos científicos, o maior problema é que essas dificuldades, nem sempre são explicitadas pelos estudantes e tão pouco percebidas pelo professor. É comum que esses obstáculos à aprendizagem sejam camuflados com a resolução correta de exercícios de verificação, de acordo com o trabalhado em sala de aula, o que não significa que esse conhecimento foi realmente construído de forma eficaz.

Quando os exercícios e problemas sobre as leis de Newton são apresentados aos estudantes, esses se caracterizam meramente pela resolução imediata e manipulação de dados, ou mesmo por resposta direta, os quais exigem do estudante apenas que ele decore definições, e formas de resolução antes vistas. Nesse sentido, as dificuldades ou concepções incorretas são ocultadas e o professor não consegue perceber sua existência, deixando também de elaborar estratégias que possam suprir essas dificuldades do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de mecânica.

Já ao questionarmos os estudantes sobre a explicação de algum fenômeno da natureza é comum que eles apresentem alguma resposta intuitiva, que é construída a partir do seu conhecimento de mundo, e essas ideias intuitivas muito comumente estão bem distantes do conceito científico. Isso se justifica pela existência de concepções alternativas que os estudantes constroem baseadas em suas experiências cotidianas e, a partir delas, geram

explicações para os fenômenos. Estas concepções alternativas, na maioria das vezes, são difíceis de serem desconstruídas, mais ainda com estratégias de ensino tradicionais.

Algumas vezes o estudante demonstra ter aprendido o conceito cientificamente aceito explorado pelo professor em sala de aula, no entanto, ainda baseia-se em suas ideias intuitivas para apresentar explicações aos fenômenos. Essas teorias espontâneas podem ser vastamente coerentes, podendo abranger um grande número de situações, assim apresentam-se como um dos motivos pelos quais os estudantes apresentam dificuldades na aprendizagem de conceitos científicos. De acordo com Talim (1999):

A persistência dessas dificuldades sugerem que o ensino formal não tem sido eficiente na mudança dos conceitos não científicos dos alunos para conceitos científicos, e que novas estratégias e abordagens de ensino devem ser aplicadas (TALIM, 1999, p. 143).

Um estudo realizado por Peduzzi e Peduzzi (1985) buscou identificar algumas ideias alternativas que os estudantes apresentam em uma atividade de Resolução de Problemas com a Primeira e a Segunda Lei de Newton. Uma das constatações é que os estudantes parecem acreditar que a força está diretamente ligada a velocidade que um corpo adquire e que, dessa forma, não pode existir um movimento com velocidade nula, ou seja, sem que alguma força aja sobre o corpo. Alguns estudantes, em suas respostas, sobre distribuição de forças, necessitam sempre incluir uma força na direção do movimento e parecem não admitir que a força resultante que atua em um corpo possa ser nula ou na direção contrária ao movimento.

Os autores apontam que ao tratar de questões que envolviam repouso, os estudantes pareciam não se fundamentar nas Leis de Newton para responder as questões. Dessa forma, percebemos que as concepções alternativas dos estudantes muitas vezes se sobressaem na hora de resolver problemas, bem como que os conceitos trabalhados pelo professor em sala ou ainda, as abordagens e estratégias utilizadas, talvez não tenham sido suficientemente efetivas para a mudança conceitual acontecer.

Um estudo realizado por Talim (1999) também objetiva estudar as concepções espontâneas existentes no conteúdo da Terceira Lei de Newton. Ele aponta que os estudantes geralmente não percebem ou não admitem existir uma força que parte de um objeto de menor massa em contato com outro de maior massa, assim, concebem que sempre o objeto que empurra é o que exerce maior força ou ainda não percebem a força que uma parede imóvel exerce sobre um corpo que colidiu com ela.

Quando o professor não considera essas concepções alternativas, pode acontecer de o estudante superpor duas concepções, a intuitiva, construída a partir de fatos da sua realidade; e a científica, trabalhada em sala de aula, e dependendo da situação optará por uma ou outra, sem compreender o real emprego das ideias. Dessa forma, Fachinello (2008) discorre que:

Mas essa mudança conceitual evolutiva, de concepções alternativas para o conhecimento científico aceito e compartilhado pelos seus pares, requer muito tempo e, por mais que o professor pense que já é o suficiente, que os alunos já trabalharam situações-problema variadas o bastante para ampliar seu repertório de esquemas e tornar seus conceitos e teoremas em ação explícitos e cientificamente aceitos, verá que sempre poderão haver situações-problema em que o aluno retornará fazer uso das suas concepções prévias e alternativas evidenciando o quão resistentes são elas” (FACHINELLO, 2008, p. 34).

Outro fator que pode dificultar o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos relativos às Leis de Newton está imbricado na relação que o professor tem com o conteúdo que vai ministrar, muitas vezes, essa relação não é tão sólida e prejudica a aprendizagem dos estudantes. Silva et. al (2006) realizaram uma pesquisa sobre uso de objetos de aprendizagem com o conteúdo das Leis de Newton e concluíram que alguns professores admitem não conhecer concretamente o conteúdo, e em alguns casos, quando questionados, dizem ainda não ter decorado o assunto para passar para os estudantes, ou que não encontram relação entre os conteúdos, apenas ensinam um, depois outro, sem que percebam nenhuma relação entre eles.

Essas atitudes, além de gerar uma aversão aos conteúdos pelos estudantes, uma vez que eles não percebem nenhuma utilidade para aqueles estudos, provocam nesses discentes o afã de apenas decorar definições e fórmulas para a Resolução dos Problemas propostos em detrimento de uma análise mais aprofundada da situação conteudística da Física.

2.2. Referenciais Teóricos em Psicologia Cognitiva

2.2.1. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud

Gerald Vergnaud, francês, discípulo de Piaget, estruturou sua teoria psicológica dos campos conceituais baseando-se na teoria das operações lógicas e nas estruturas gerais do pensamento da teoria Piagetiana, mas ao contrário de Piaget, que apenas abordou seus conceitos no campo teórico, Vergnaud propôs estudar o desenvolvimento cognitivo do sujeito em sua ação.

O estudioso toma como referência para seus estudos o conteúdo do conhecimento e análise do domínio desse conhecimento, pois, entende que o trabalho realizado por Piaget, mesmo sendo muito importante no âmbito da educação, não teve base estrutural prática com trabalho realizado em situações de sala de aula, e acredita que é apenas nesse ambiente, em que o sujeito desenvolve suas ações.

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud teve também influência de aspectos da teoria de Vygotsky, no que se refere ao processo de domínio de um campo conceitual através da linguagem, da interação social e da simbolização. De acordo com Grings et al. (2006), tais teorias são complementares e dão evidência à conceitualização como fundamento ao processo do desenvolvimento cognitivo.

No campo conceitual, o conhecimento encontra-se organizado, formado por um conjunto de situações e problemas, conceitos, relações, operações entre outros aspectos que são relacionados entre si, inclusive no processo de aquisição dos conhecimentos. O domínio de um campo conceitual não é um processo imediato, nem tão pouco rápido, pois, à medida que dificuldades e propriedades vão sendo encontradas ao longo do percurso de desenvolvimento cognitivo, estas vão sendo apreendidas pelo sujeito, precisando ser estruturadas e relacionadas aos conhecimentos já pertencentes ao campo conceitual, e esse processo requer muito tempo. Isso sugere que, o campo conceitual está sempre em construção, logo, novas situações e ideias vão fazendo parte do seu domínio. O sujeito se apropria destes campos conceituais ao longo de muito tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem (GRINGS et.al., 2006).

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud é uma teoria psicológica que define como essência do desenvolvimento cognitivo o processo de conceitualização do real. Entende-se o campo conceitual como uma unidade de estudo que dará sentido a essa essência, ou seja, ao processo de conceitualização. Desse modo, é necessária uma grande atenção aos aspectos conceituais tanto nos esquemas elaborados pelos alunos quanto na análise das situações enfrentadas por eles, para que seja possível ao professor tentar compreender como o estudante desenvolve suas ideias e seus conceitos.

Por isso, não é entendida como uma teoria de ensino de conceitos, mas que busca a compreensão de como acontece a conceitualização do real. Também por esse motivo, deve-se tomar cuidado ao tratar um conceito em sala de aula, para que ele não seja reduzido apenas a um dos vários aspectos, elencados pela teoria de Vergnaud, que constituem um conceito, pois a compreensão do conceito e a compreensão de sua natureza podem ser comprometidas.

O conceito de campo conceitual advém, segundo a teoria, a partir de três argumentos:

1. Um conceito não se forma em um só tipo de situação;
2. Uma situação não se analisa com um só conceito;
3. A construção de um conceito e os aspectos de uma situação só se dá por muito trabalho, e isso, requer vários anos de dedicação, tendo erros e acertos nos processos e representações.

O domínio das situações que fazem parte da construção de um campo conceitual requer o domínio de outros conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados, ou seja, a compreensão de relações de várias naturezas distintas, e é preciso concordar que em várias situações é necessária a interação não apenas de conceitos do campo conceitual específico, mas também de outros campos conceituais, pois, mesmo que sejam adequadamente definidos separadamente eles se relacionam entre si, podendo, então, serem unidades potenciais para o desenvolvimento cognitivo do sujeito que os relaciona corretamente.

Desse modo, a teoria dos campos conceituais se torna muito complexa, porque tenta agrupar em única perspectiva teórica o desenvolvimento de uma cadeia de operações que caracterizam situações que devem ser progressivamente dominadas. Assim, de acordo com Moreira (2002), a teoria dos campos conceituais pretende fornecer um melhor referencial para o estudo do desenvolvimento cognitivo do que a teoria Piagetiana, para tanto, elege como conceitos importantes os postulados de esquemas e situação, o conceito de invariante operatório e a sua concepção de conceito.

A construção de um conceito, segundo Vergnaud *apud* Moreira (2002, p. 10), pode ser dado por três conjuntos, sendo eles:

- 1º) S - Um conjunto de situações que dão significado ao objeto. É o referente do conceito.
- 2º) I - Um conjunto de invariantes que operam sobre os conceitos e que podem ser usados para analisar e dominar as situações que dão significado ao objeto em questão. É o significado do conceito.
- 3º) R - É um conjunto de representações simbólicas que podem representar esses invariantes, bem como as situações e os métodos de como tratar com elas. O significante do conceito.

Para o estudo de um conceito, seu desenvolvimento ou sua utilização em meio a uma situação de ensino e aprendizagem é necessário que se considere esses três conjuntos

simultaneamente, pois apenas um desses aspectos não pode significar a concepção em sua totalidade. Por esse motivo, utilizamos o campo conceitual, atribuindo sentido aos conceitos através das situações.

A teoria de Vergnaud define situação como tarefa, ou conjunto de tarefas quando se trata de uma situação mais complexa que o sujeito tem de resolver, além disso, é possível destacar que os processos cognitivos e os conhecimentos construídos são desenvolvidos a partir dos estados com os quais são confrontados.

Dessa forma, o sentido do conceito é conseguido das situações, mas esse sentido não está propriamente na situação, logo está na relação entre ela, o sujeito e seus significantes. São os esquemas, ou seja, a organização do comportamento e procedimentos, evocados no sujeito, frente a uma situação que lhe dê sentido. Portanto, são os esquemas que nos levarão ao sentido de um estado de coisas que por sua vez nos dará o sentido de um conceito. Entenderemos melhor agora como lidar com esses esquemas.

Entende-se por esquema o conjunto de organizações de comportamentos invariantes para uma classe de situações. São nos esquemas que se devem pesquisar os desenvolvimentos cognitivos que levam às ações do sujeito a serem operadas. Esse conceito de esquema foi introduzido por Piaget, o que relaciona tanto o desenvolvimento das habilidades motoras quanto intelectuais para a resolução de uma situação. Um esquema deve conter regras para as ações do sujeito, porém a sequência dessas ações dependerá das características de cada estado em particular.

A teoria de Vergnaud sugere que tratemos da relação esquema-situação, e que o desenvolvimento cognitivo consiste no desenvolvimento de uma grande quantidade de esquemas, evitando principalmente que esses esquemas se tornem estereótipos. Precisamente, são os esquemas, ou seja, as ações e sua organização, evocados pelo sujeito por uma situação ou por um significante, que constituem o sentido dessa situação ou deste significante para este sujeito (GRECA e MOREIRA, 2003, p. 45).

Segundo Moreira (2002), Vergnaud apresenta também duas classes de situações sobre as quais se referem os esquemas, aquelas em que o sujeito dispõe das habilidades e competências para tratamento imediato dos fenômenos. A outra classe de situações é aquela em que o sujeito se encontra obrigado a refletir, a tomar decisões, correndo o risco do sucesso ou do fracasso. Ou seja, qualquer conduta adotada admite uma atitude automática e outra

consciente. O esquema nem sempre funciona eficazmente para certo tipo de situação, sendo preciso ajustá-lo, relacionando-o as características das situações as quais se aplicam.

O conceito de esquema proporciona um vínculo entre a conduta e a representação. A relação entre as situações e os esquemas representa então a fonte da conceitualização, mas são os invariantes operatórios que fazem a articulação essencial entre a teoria e a prática, ou seja, são componentes essenciais dos esquemas. De acordo com Moreira (2002), Vergnaud define invariantes operatórios a partir de duas expressões: conceito-em-ação e teorema-em-ação. Teorema-em-ação é uma proposição considerada verdadeira sobre a realidade. Conceito-em-ação é uma categoria de pensamento relevante.

Segundo Grings et. al (2008), a maior parte dos conhecimentos contidos nos invariantes operatórios são implícitos, na maioria dos casos, os sujeitos conseguem utilizar os invariantes operatórios nos esquemas, sem que consigam explicitá-los, e esses podem se revelar ferramentas potentes para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos, porém, apresentam-se implícitos.

Por esse motivo, conceitos-em-ação e teoremas-em-ação não são verdadeiros conceitos e teoremas científicos, pois precisariam, para tanto, serem explicitados, mas são componentes essenciais dos esquemas, e estes são à base do desenvolvimento cognitivo. Além disso, à medida que se transformem em conhecimentos explícitos, podem evoluir para verdadeiros conceitos e teoremas científicos, e essa tarefa é papel do ensino: fazer revelar esses invariantes e desenvolvê-los cientificamente, considerando que isso poderá levar muito tempo.

De acordo com alguns autores no início dos anos 2000, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud servia como referência para estudos e pesquisas matemáticas (MOREIRA, 2002; SOUSA e FÁVERO, 2002), o que não é incomum tratando-se de uma teoria que foi construída focalizando os conteúdos matemáticos, principalmente as estruturas aditivas e multiplicativas. No entanto, a teoria não é aplicável apenas como referencial para a Educação Matemática, e vem servindo de referencial para muitos estudos relacionados ao ensino e educação de muitas outras áreas.

Atualmente, já é possível encontrar várias pesquisas que utilizam como referencial a teoria dos Campos Conceituais dentro do Ensino de Ciências, analisando assim, a maneira que o estudante conduz a compreensão de uma situação que lhe foi apresentada. É possível destacar também que, relativamente ao ensino de Física, a teoria vem se firmando como

referencial promissor para estudos que auxiliem os processos de ensino e aprendizagem, ademais o número de pesquisas que o utilizam com esse propósito vem crescendo.

Moreira (2002) aponta algumas importantes implicações da teoria dos campos conceituais para o Ensino de Ciências. A primeira delas esclarece que, de acordo com o campo conceitual, a aquisição de conceitos se dá através das situações que o sujeito progressivamente domina, dessa forma, é possível que alguns conceitos sejam construídos através das primeiras situações enfrentadas pelo sujeito em sua realidade, no entanto, é possível que os invariantes construídos pelo sujeito estejam a uma determinada distância dos invariantes que constituem o conceito científico, ou, dito de outra forma, essas ideias formadas pelos sujeitos são as chamadas concepções alternativas e que, muitas vezes, são vistas como obstáculo epistemológico à aprendizagem de conceitos científicos pelos estudantes, assim, estes, por seu turno, são determinados como sujeitos incompletos.

De acordo com as ideias de Vergnaud, o sujeito deve ser considerado como um sistema dinâmico e que está em constante transformação, nos dizendo que:

É normal que os alunos apresentem tais concepções e que elas devem ser consideradas como precursoras de conceitos científicos a serem adquiridos. A ativação desses precursores é necessária e deve ser guiada pelo professor (MOREIRA, 2002, p. 20).

Portanto, as concepções prévias que os estudantes apresentam podem se caracterizar como teoremas e conceitos-em-ação que progressivamente podem evoluir para conceitos e teoremas científicos, todavia, em alguns casos elas podem também apresentar-se como empecilhos a aprendizagem dos conceitos, sendo necessária a desconstrução dessas concepções para que a aprendizagem seja efetiva, em todo caso, é função do ensino realizar essa transição e a construção do conceito científico. Para tanto, é necessário muito trabalho, trata-se de um processo complexo e demorado, que deve ser mediado pelo professor.

Moreira (2002) trata também sobre a relação que deve existir entre o desenvolvimento cognitivo dentro de um campo conceitual pelo estudante e a mediação do professor no processo. Para elaborar novos esquemas, o estudante precisa de novos invariantes operatórios, assim, o professor que comumente usa palavras, símbolos e sentenças para suas explicações e questionamentos, tem o dever de prover o estudante de situações que o levem a uma aprendizagem efetiva.

O papel do professor como mediador, provedor de situações problemáticas frutíferas, estimuladoras da interação sujeito-situação que leva à ampliação e à diversificação de seus esquemas de ação, ou seja, ao desenvolvimento cognitivo, deixa ainda mais evidente que a teoria de Vergnaud tem também forte influência vigotskyana (MOREIRA, 2002, p. 22).

Outro ponto destacado pela teoria é que são as situações que dão sentido ao conceito quando vão sendo progressivamente enfrentadas e dominadas pelo sujeito. Dentro do Ensino de Ciências podemos considerar situações como problemas, de modo que, o domínio dessas situações e a construção de um conceito se dão através de atividades de Resolução de Problemas, entendendo que “a resolução de problemas ou as situações de resolução de problemas são essenciais para a conceitualização” (MOREIRA, 2002, p. 23).

Além disso, ao passo em que os problemas vão sendo resolvidos, o caráter problemático dessa classe vai desaparecendo, por outro lado, cria-se a capacidade de identificar novos problemas de natureza diferente a serem resolvidos.

Dentro dessa perspectiva, o estudo realizado por Sousa e Fávero (2002) utiliza a teoria dos campos conceituais como referencial para analisar atividades de Resolução de Problemas de Física, sua proposta baseia-se em proporcionar uma situação de interação social e de verbalização entre um especialista e um novato com vistas em compreender e interferir nos procedimentos para o desenvolvimento cognitivo do sujeito dentro de um campo conceitual específico, o da eletricidade.

A atividade consistiu em realização de sessões de Resolução de Problemas, as quais eram analisadas, tanto por meio de transcrição de dados, quanto pelos registros da própria resolução, a partir da teoria de Vergnaud, de modo que foi possível destacar algumas implicações: A interação é de grande importância para a apreensão de conhecimentos dentro de um campo conceitual, e assim, o papel do professor como mediador é imprescindível para o estudante nesse processo. Ademais, é necessário destacar que o especialista, o professor, deve ter domínio sobre o campo conceitual em questão, do contrário, não poderá mediar o processo de aquisição de conceitos e domínio das situações encaradas pelo estudante. As autoras apontam que a teoria dos campos conceituais é bastante promissora como referencial para pesquisas relacionadas ao ensino e aprendizagem de conteúdos de Física.

O estudo realizado por Carvalho Junior (2010) também utiliza a teoria dos Campos Conceituais para a análise e planejamento de atividades de intervenção didática com sessões de Resolução de Problemas de Física para estudantes das disciplinas de Física aplicada e Mecânica aplicada de um curso técnico do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG). O autor

acredita que o ponto mais forte da teoria de Vergnaud é a preocupação que ele tem com o sujeito em sua ação, o que permite que o seu uso seja pertinente aos processos de ensino e aprendizagem.

Além disso, o trabalho traz uma discussão sobre a relação entre a teoria dos Campos Conceituais e a teoria de Piaget, mostrando seus pontos concordantes e suas distinções dentro de processos de aprendizagem. Em um dos pontos esclarece que, “Vergnaud, ao contrário de Piaget, não procura construir uma teoria geral para o desenvolvimento; ao contrário, procura relacionar o desenvolvimento do sujeito com as tarefas que este é levado a resolver” (CARVALHO JÚNIOR, 2010, p. 109).

Brandão et. al (2010) busca identificar dificuldades e concepções que os professores apresentam sobre aspectos conceituais dentro do campo conceitual da modelagem no ensino de Física. A atividade é baseada em sessões de Resolução de Problemas e de atividades com o uso de simulações computacionais. A teoria dos campos conceituais é usada para análise dos aspectos conceituais relativos aos problemas trabalhados.

O estudo afirma que os professores apresentaram dificuldades em compreender o conceito de modelagem e apresentam concepções, invariantes operatórios, que podem, segundo a teoria dos Campos Conceituais, apresentarem-se como precursoras para a aquisição de conhecimentos ou ainda apresentarem-se como obstáculo para a apreensão do conceito. Dessa maneira, para que o professor atue como mediador do processo de construção conceitual relativo a atividades de modelagem de situações dentro do d é necessário que ele compreenda e domine o campo conceitual que pretende que o estudante também seja capaz de contemplar.

No que concerne aos estudos de Resolução de Problemas em atividades experimentais, Sousa, Moreira e Matheus (2004) realizaram um estudo buscando compreender as representações mentais para resolução dos problemas propostos, buscando identificar modelos e invariantes operatórios. Os autores propõem que são os invariantes operatórios que guiam a modelização das situações enfrentadas, afirmando que poderão ocorrer mudanças ou não nos invariantes operatórios à medida que são feitas relações e operações entre os modelos mentais e a realidade.

Para tanto, foram realizadas dez sessões de atividades experimentais seguidas de questões para Resolução de Problemas realizada por estudantes de um curso de Engenharia da Universidade de Brasília (UnB). Foi possível perceber que as atividades não tiveram

resultados muito satisfatórios, levando assim os autores a discutirem se possivelmente a atividade e os problemas não tenham sido estruturados da maneira correta, mas que puderam favorecer a aprendizagem mecânica de fórmulas e definições. É preciso lembrar que a partir da teoria proposta por Vergnaud são as situações problemáticas que, progressivamente dominadas, dão sentido ao conceito, no entanto, para que o processo aconteça é necessário que a situação se apresente problemática para o sujeito, do contrário, elas não passariam de meros exercícios talvez de resolução puramente mecânica.

Uma das dificuldades apresentadas pelos estudantes para se aprender os conteúdos de Física está relacionada à Matemática presente nos conceitos, diante disso, pode-se argumentar que a compreensão de conceitos pertencentes a um campo conceitual da Física apresenta-se como um dos obstáculos, a Matemática. O trabalho realizado por Ataíde e Greca (2012) tem como objetivo investigar a relação entre a Matemática e a construção de conceitos físicos. As autoras utilizam como um dos referenciais escolhidos a teoria dos campos conceituais, buscando compreender como os estudantes de um curso de licenciatura em Física constroem conceitos de termodinâmica e qual o papel da Matemática nesse processo de construção.

Além do mais, utilizaram atividades de Resolução de Problemas para analisar a construção de conceitos e a compreensão da Matemática como estruturante do conceito Físico. De maneira geral, as autoras apontam que a Matemática apresenta-se como uma das maiores dificuldades dos estudantes em relação à Física, principalmente quando solicitados a resolver problemas, pois os estudantes dominam, em certa medida, as técnicas, mas não o pensamento matemático e sua relação com a estruturação dos conceitos físicos. Por fim, apontam que, de acordo com os próprios estudantes, as dificuldades com a compreensão conceitual e as relações matemáticas apresentam-se como um fator determinante para aprendizagem dos conceitos de Física.

Ainda dentro das propostas para o ensino de Física, Rezende Júnior e Custódio (2003) apresentam a possibilidade de discutir conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, estruturando as propostas didáticas a partir da teoria dos Campos conceituais, discutindo que, no que concerne à apreensão de conceitos pelos estudantes em sala de aula, é necessário considerar que existem dificuldades que diferem e especificidades no tratamento de um campo conceitual. Os autores esclarecem que a proposta de inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio deve ser bastante elaborada, principalmente focada na aquisição de conceitos, para que a profundidade dos temas seja adequada, já que existem há muito tempo discussões nesse sentido. Outro ponto discutido é de que maneira

trabalhar conteúdos de Física de forma a proporcionar ao estudante a formação não apenas escolar, mas a formação social-cidadã, o que se torna ainda mais difícil quando se tratam de conteúdos de FMC. Nesse sentido, salienta Custódio (2003):

Uma possibilidade, que convergiria para as reflexões de Vergnaud, seria encontrar e analisar quais são os conceitos de FMC que permitiram dar ao cidadão instrumentos que lhe possibilitassem lidar com o seu mundo natural e social, incluindo os aspectos tecnológicos e culturais (REZENDE JÚNIOR e CUSTÓDIO, 2003, p. 3).

Ainda sobre esse ponto de vista:

Assim, tomando Vergnaud como referência, não é possível pensar em um ensino de física com o objetivo da formação do homem-cidadão nos moldes que ele atualmente se apresenta, visto que o volume de informações ao qual os alunos são submetidos e avaliados e as metodologias adotadas, entre outras coisas, carecem de um profundo trabalho de investigação e adaptação, considerando suas particularidades e nuances teóricas, filosóficas, históricas e epistemológicas (REZENDE JÚNIOR e CUSTÓDIO, 2003, p. 3).

A crítica apresentada pelos autores se confirma com o tratamento comumente dado aos conteúdos de Física na Educação Básica, e, por vezes, no ensino superior. A atenção a conceitualização fica em último plano, o que segundo a teoria de Vergnaud deveria ser o ponto forte da construção de um conceito.

Outro ponto destacado pela teoria é que dentro dos Campos Conceituais, os conceitos são construídos a partir de muitas situações admitindo avanços e retrocessos durante o processo. Uma pesquisa realizada por Grings, Caballero e Moreira (2008) busca identificar dificuldades e os possíveis invariantes operatórios, para que seja possível analisar avanços e retrocessos em conteúdos de Termodinâmica. Os estudantes analisados responderam a problemas propostos e também precisaram explicar suas ações frente aos problemas, sendo assim possível compreender os esquemas evocados para resolução.

É possível pôr em relevo que o processo de aquisição de conceitos não é uma trajetória linear e que cada sujeito se desenvolve dentro de um campo conceitual de forma diferente, em ritmo diferente. Outro destaque do estudo é que mesmo que o sujeito seja rodeado por significados cientificamente aceitos, nem sempre são esses conceitos que eles utilizam como invariantes operatórios, mas sim concepções alternativas, por vezes, distantes da concepção científica, o que indica que é necessário que o professor, como mediador perceba a necessidade de uma maior negociação de significados.

Diante do exposto, podemos salientar que a teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud vem se constituindo como um referencial em potencial para estudos relacionados não apenas ao Ensino de Ciências, mas a pesquisas de temas variados. A busca pela identificação de invariantes operatórios pode contribuir grandemente, em atividades de sala de aula, para o delineamento de estratégias que auxiliem o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos de Física, bem como fortalecer a função do professor como mediador, que é de grande importância dentro desse processo.

É perceptível também que boa parte das atividades didáticas, que tem como tema a Teoria dos Campos Conceituais, é estruturada a partir de atividades de Resolução de Problema, o que sugere que esta atividade fornece bons resultados para estudos que relacionem a Teoria citada ao ensino de Física.

3. Percurso Metodológico

Nesse capítulo, descreveremos a/ metodologia utilizada na pesquisa, a qual teve como objetivo principal verificar as potencialidades de utilizar atividades de Resolução de Problemas de Física, tanto em atividades experimentais quanto escritas, como estratégia para construção de conceitos de Física, mais especificamente conceitos relacionados às Leis de Newton, bem como desenvolver estratégias pedagógicas, utilizando o aporte da teoria dos campos conceituais (G. Vergnaud), no que concerne a compreensão de conceitos de Física.

Para atender ao objetivo, escolhemos caminhar dentro da chamada “pesquisa qualitativa”, tal como é caracterizada por vários autores (LÜDKE; ANDRÉ, 1986; TRIVIÑOS, 1987). Pelas especificidades de nossos objetivos, entendemos o estudo de caso como procedimento metodológico que melhor atende a nossas necessidades. Os estudos de caso, segundo André (2005), apresentam fases bem definidas que são: A fase exploratória, a coleta de dados e a análise dos dados. Pensando em atender as especificidades de cada uma delas, usamos técnicas de pesquisas diferenciadas, as quais são expostas na descrição das etapas da pesquisa.

A apresentação do capítulo será feita em três seções, cada uma delas abordando o percurso metodológico seguido nas respectivas etapas da pesquisa, quais sejam, etapas 1º, 2º e 3º.

3.1. Visão dos Professores de Física Sobre o Papel da Atividade de Resolução de Problemas no Ensino

Nossa inspiração inicial foi compreender como professores e professoras de Física entendem e utilizam a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula, essa curiosidade se justifica pelas seguintes razões, expostas, didaticamente, em tópicos:

1- A Resolução de Problemas se apresenta como a atividade por excelência no Ensino de Ciências e mais fortemente no ensino de Física;

2- A utilização da atividade de Resolução de Problemas como um instrumento avaliativo e no sentido de finalização;

3- Os professores de Física apresentam uma falta de clareza quanto ao tipo de problema e quando utilizá-lo para que seus objetivos sejam alcançados;

4- Os estudantes, de todos os níveis de ensino, apresentam sérias dificuldades quando solicitados a resolverem problemas.

O estudo tem um caráter descritivo e exploratório e foi realizado com 15 professores de Física atuantes na região da cidade de Campina Grande – PB, através de um questionário com questões objetivas e dissertativas, as quais são apresentadas no Apêndice A. O objetivo é identificar o que os professores compreendem por Resolução de Problemas e de que maneira essa atividade é utilizada em sala de aula. O envio dos questionários e a coleta dos dados, ou seja, as respostas dos professores ao questionário, foram feitos através do correio eletrônico e ocorreu entre os meses de março e junho de 2013. A análise se deu através da leitura, quantificação e categorização das respostas obtidas.

3.2. Elaboração da Proposta de Intervenção

Tendo como lastro o aporte teórico da pesquisa, iniciamos a elaboração da proposta a ser utilizada na intervenção baseada nos seguintes pontos:

- Escolha dos integrantes da pesquisa e a turma a participar da intervenção: A turma escolhida é constituída por estudantes moradores de uma região periférica da cidade de Campina Grande-PB, pertencentes a uma escola da rede pública de ensino, cursando o nível médio de ensino na modalidade regular.

- Escolha do tema a ser abordado: A escolha do tema Leis de Newton se deu, em primeiro momento, por ser um conteúdo que apresenta um grande número de conceitos físicos envolvidos, bem como um grande número de situações vivenciadas pelos alunos no cotidiano. Além disso, pela importância que o conteúdo assume dentro do currículo de Física para a turma objeto do estudo, 1º ano do Ensino Médio.

- Definição dos tipos de problemas a serem utilizados: Os tipos de problemas foram escolhidos pensando em apresentar mais de uma possibilidade de trabalhar a abordagem problematizadora na Resolução de Problemas, utilizando-se do convencional, bem assim, do livro didático, todavia, encarando os exercícios sob uma nova perspectiva, uma nova roupagem. Essa opção foi feita pensando em apresentar ao professor a possibilidade, de mesmo aquele que não tem a oportunidade de elaborar problemas para utilizar em suas aulas, com pequenas adaptações nos problemas propostos pelo livro didático, atrelado a uma abordagem diferenciada, consiga trabalhar a proposta de forma eficaz.

- Estruturação da proposta de intervenção: A proposta foi elaborada no formato de sequências didáticas, tendo cada uma das sequências um tema central e uma situação problema que tem o papel de conduzir para uma construção dos conceitos envolvidos na situação.

3.3. A Intervenção

Essa etapa foi desenvolvida em uma escola da rede estadual de ensino situada na cidade de Campina Grande, com estudantes cursistas do nível médio de ensino, na modalidade regular, durante o mês de outubro de 2014.

A proposta de intervenção foi desenvolvida em 12 (doze) aulas.

3.3.1. Avaliação da Proposta

A avaliação da proposta foi feita através da comparação das atitudes e comportamentos de um grupo de estudantes, previamente escolhidos e acompanhados desde fevereiro de 2014, através das duas situações vivenciadas por eles, que são: aulas “convencionais” durante o ano letivo comum e as aulas com abordagem diferenciada (aplicação da proposta).

Da turma participante, os estudantes que foram escolhidos, em um total de 8 (oito), integram uma amostra mista que apresenta um ponto comum, que é a frequência e assiduidade durante o ano letivo. Dois deles podem ser classificados como estudantes com desempenho “de bom a ótimo” na disciplina Física, por apresentarem efetiva participação e caráter questionador em relação aos conceitos trabalhados, além do desempenho em relação às notas e a aprendizagem dos conceitos.

Três dos estudantes possuindo desempenho “mediano”, caracterizando-se por serem pouco participativos em relação a questionamentos, no entanto, demonstrando esforço, porém obtendo média evolução nas aulas. Finalmente, os três últimos enquadraram-se em um desempenho “não satisfatório”, por serem pouco motivados e conseqüentemente apresentaram baixo desempenho em relação às notas e a aprendizagem dos conceitos. Optamos por uma escolha desse tipo para podermos verificar e comparar mais claramente as possíveis modificações de atitudes e comportamentos apresentadas por eles.

Os dados para essa análise comparativa foram obtidos a partir de dois momentos: o primeiro, relativo às observações das aulas durante o ano letivo regular, o que gerou um material escrito fomentado anteriormente a aplicação da proposta, descrevendo as características, a participação e desempenho dos estudantes durante as aulas de Física; o segundo momento, constitui-se a partir do material produzido durante a utilização da proposta diferenciada, nessa fase, foi utilizada a gravação de voz, para facilitar as análises posteriores.

4. Resultados e Discussão

Como indicado no capítulo introdutório, esse trabalho consta de três etapas, destinadas a responder a nossa questão norteadora da pesquisa. Neste capítulo, apresentamos os resultados obtidos em cada uma dessas etapas.

4.1. Visão dos Professores de Física Sobre o Papel da Atividade de Resolução de Problemas no Ensino

O primeiro estudo teve um caráter exploratório, tentando, por uma parte, compreender qual a visão que professores de Física, que atuam no Ensino Médio, apresentam acerca do

papel da Resolução de Problemas no ensino de Física e, por outra, responder à pergunta: Como esses professores utilizam a atividade de Resolução de Problemas em suas aulas?

Lembramos que o estudo foi realizado com 15 professores de Física, que atuam no Ensino Médio, na região polarizada pela cidade de Campina Grande - PB, usando como material de análise as respostas, dadas pelos profissionais, ao questionário de perguntas objetivas, utilizado na coleta dos dados.

A Resolução de Problemas e a Atividade em Sala de Aula: A Visão dos Professores

Diante dos estudos realizados, é notória a presença de atividades envolvendo Resolução de Problemas nas aulas de Física em todos os níveis de ensino, especialmente no Ensino Médio. Nesse viés, realizamos o seguinte questionamento, aos professores: Com que frequência você usa a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula? As respostas dadas por eles são apresentadas, de forma sumarizada, na Tabela 1.

Procuramos saber a partir dessa questão, com que frequência a atividade de Resolução de Problemas geralmente é utilizada nas aulas de Física. Assim, dos 15 professores que responderam o questionário, a maioria deles, 53,3%, afirmam utilizar a atividade de Resolução de Problemas com frequência em sua sala de aula. O restante dos professores dividiu-se entre os que a usam sempre, 20%, e os que a usam eventualmente, 26,7%. Desse modo, concluímos que entre os professores entrevistados, a atividade de Resolução de Problemas é parte integrante das aulas de Física. Sobre esse tema Delizoicov (2001), afirma que:

É consenso entre os professores de Física, tanto no ensino universitário como do médio, a importância que a atividade de resolução de problemas representa para o processo de aprendizagem. Parte considerável do planejamento e da execução das aulas é destinada a ela (DELIZOICOV, 2001, p. 125).

Tabela 1: Respostas dos professores a questão: Com que frequência você usa a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula?

Frequência	Quant. de professores	Porcentagem
Sempre	3	20%
Com frequência	8	53,3%
Eventualmente	4	26,7%
Nunca	0	0%

Fonte: Elaborada pela autora.

A RP pode apresentar-se, em muitos trabalhos, das mais variadas formas, objetivando conhecer de que forma é realizada em sala de aula, fizemos o seguinte questionamento: Como você utiliza a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula de Física?

Alguns professores afirmaram usar a RP com mais de uma maneira diferente, por esse motivo a soma numérica da quantidade de professores é maior que 15, da mesma forma que a soma dos valores em porcentagem é maior que 100%. A partir das respostas apresentadas na Tabela 2, entendemos que, muitas vezes, a atividade de RP é utilizada pelos professores como uma atividade comprobatória da teoria, 40%, e também em listas de exercícios, 40%. Uma porcentagem um pouco menor, 33,3 % afirma utilizá-la apenas como exemplos ilustrativos. E o menor grupo, 20%, diz utilizá-la também como fazendo parte de uma atividade avaliativa. Percebemos uma falta de clareza quanto ao real papel da RP dentro do processo de ensino e aprendizagem de Física. Podemos destacar ainda um ponto que gera maior preocupação, que é o de 40% dos professores utilizarem a RP como instrumento para comprovar a teoria, o que fortalece as deficiências apresentadas por esses professores em relação à natureza da ciência com a qual trabalham.

Tabela 2: Respostas dos professores a questão: Como você utiliza a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula de Física?

Utilização	Quantidade de professores	Porcentagem
Como um exemplo	5	33,3%
Como uma atividade que auxilie a comprovar o conteúdo	6	40%
Como uma atividade avaliativa	3	20%
Em listas de exercício	6	40%

Fonte: Elaborada pela autora.

O nível de atividade do estudante frente à resolução de um problema, muitas vezes, depende em que momento da aula esse problema é lançado. Pretendendo conhecer como a RP está distribuída durante o desenvolvimento do conteúdo, realizamos o seguinte questionamento: Em que momento, durante o desenvolvimento do conteúdo, você utiliza a atividade de Resolução de Problemas?

Mais uma vez alguns professores assinalaram mais de uma alternativa respondendo ao questionamento, como podemos observar a partir dos dados expostos na Tabela 3. Atentamos que a maioria dos professores, 66,7%, afirma utilizar a RP durante a explicação do conteúdo, no entanto, de acordo com as respostas ao segundo questionamento, a minoria afirma utilizar a RP como exemplos demonstrativos que geralmente acontecem justamente durante a explicação do conteúdo.

Em segundo lugar, as respostas apontam que a RP é utilizada ao final do conteúdo e como atividade de verificação de aprendizagem, com 33,3%.

Tabela 3: Respostas dos professores a questão: Em que momento, durante o desenvolvimento do conteúdo, você utiliza a atividade de Resolução de Problemas?

Momento da utilização	Quantidade de professores	Porcentagem
No início	2	13,3%
Durante a explicação	10	66,7%
Ao final do conteúdo	5	33,3%
Como atividades extraescolares	2	13,3%
Como atividades de verificação de aprendizagem	5	33,3%

Fonte: Elaborada pela autora.

Voltadas ao propósito da nossa pesquisa, objetivamos saber a opinião dos professores entrevistados sobre a possibilidade de utilizar a Resolução de Problemas como introdução de conteúdo para construção conceitual, para isso, indagamos: Você acredita na possibilidade de utilizar a atividade de Resolução de Problemas para auxiliar na construção conceitual no momento de introdução do conteúdo?

As respostas dadas pelos professores ao questionamento apresentam-se de forma resumida na Tabela 4.

Tabela 4: Respostas dos professores a questão: Você acredita na possibilidade de utilizar a atividade de Resolução de Problemas para auxiliar na construção conceitual no momento de introdução do conteúdo?

	Quantidade de professores	Porcentagem
Acredito plenamente	1	6,6%
Acredito (mas com algumas dificuldades)	13	86,7%
Não acredito	1	6,6%

Fonte: Elaborada pela autora.

A grande maioria dos professores acredita que a atividade de RP poderá ser utilizada como introdução do conteúdo, contudo, apontam que alguns problemas podem ocorrer com a utilização dessa abordagem. Acreditamos que algumas possíveis soluções aos problemas apontados pelos professores podem ser identificadas se observarmos as atitudes e dificuldades apresentadas pelos estudantes diante da RP.

Com a intenção de identificarmos quais as atitudes e dificuldades manifestadas pelos estudantes frente à atividade de Resolução de Problemas, realizamos as seguintes perguntas aos professores: Qual a atitude dos seus estudantes mediante a Resolução de Problemas? Quais as dificuldades apresentadas por eles durante essa atividade?

Quanto às atitudes dos estudantes, os professores afirmaram variar, dependendo da forma que a atividade de Resolução de Problemas é utilizada. Um dos professores afirma que, quando trabalhados como exemplos, a receptividade é boa por parte dos estudantes. Porém, quando eles precisam resolvê-los sozinhos, reclamam bastante e, por vezes, se recusam a resolver.

Alguns estudantes, de acordo com os professores, recusaram-se inicialmente, mas depois se dispuseram a resolver, envolvendo-se no processo de resolução e esforçando-se em busca do êxito, no entanto, recorrendo sempre ao auxílio dos professores. Ademais desses fatores, a falta de atenção e o desinteresse são bastante comuns entre os estudantes. Um dos professores aponta que talvez a metodologia utilizada não favoreça o bom envolvimento e o desempenho dos estudantes.

Quanto às dificuldades, as respostas apresentadas pelos professores estão dispostas na Tabela 5.

Tabela 5: Dificuldades apresentadas pelos estudantes na atividade de Resolução de problemas.

Dificuldades	Quantidade de professores	Porcentagem
Leitura e Interpretação dos problemas	6	40%
Conhecimentos matemáticos	12	80%
Compreensão dos conceitos físicos	3	20%
Relação entre a teoria e a pratica	2	13,3%

Fonte: Elaborada pela autora.

Em relação às dificuldades mais comuns apresentadas pelos alunos durante a atividade de Resolução de Problemas, os professores afirmam a interpretação dos problemas e os conhecimentos matemáticos necessários, os mais influentes obstáculos para o mau desempenho dos estudantes na realização da atividade.

A dificuldade com a leitura e a interpretação envolve a identificação das grandezas que estão relacionadas ao problema, bem como a interpretação dos resultados matemáticos obtidos. Dois professores, 13,3%, afirmam que os estudantes estão mais preocupados em resolver a questão matemática, mas não percebem a necessidade de uma discussão conceitual dos resultados, estando acostumados com respostas objetivas e diretas.

As dificuldades com a Matemática são mais agravantes, já que 80% dos professores apontam a Matemática envolvida nos problemas como um ponto chave para o desempenho dos estudantes. Os próprios estudantes reclamam e acham difícil a parte da resolução matemática dos problemas, o que, de certa forma, impossibilita o entendimento da relação entre a Matemática e os aspectos físicos da situação.

Dificuldade com a compreensão dos conceitos físicos envolvidos no problema, apontada por 20% dos professores.

Ainda, a dificuldade em relacionar a teoria aprendida em sala de aula com as situações do cotidiano, indicada por 13,3%. A utilização de problemas descontextualizados e distantes do cotidiano do estudante favorece para criar a concepção de que os conceitos das teorias físicas estão apartados da nossa realidade.

Diante dessas respostas, podemos perceber que na realidade as dificuldades dos estudantes estão diretamente ligadas à incompreensão dos conceitos, de maneira que eles são incapazes de perceber suas dimensões, não podendo compreender a situação física representada nem as relações matemáticas estabelecidas. Acreditamos, então, que abordar conceitos físicos em toda sua dimensão utilizando atividades de Resolução de Problemas, com uma abordagem diferenciada, que possibilite a construção conceitual, pode levar a elaboração, pelos estudantes, de um sentido prático aos exercícios, auxiliando de maneira efetiva a aprendizagem de conceitos e os processos de Resolução de Problemas.

4.2. Elaboração da Proposta de Intervenção

Apresentação

Os estudos relacionados ao Ensino de Física indicam, na maioria das vezes, que os problemas utilizados não têm relevância para o estudante e apresentam pouco envolvimento com o processo de ensino e aprendizagem de conceitos. Diante disso, muitas são as propostas que trazem metodologias e abordagens diversificadas que objetivam a melhoria no ensino de conceitos de Física. Essas atividades, no entanto, precisam ser executadas e ajustadas para que sejam alcançados esses objetivos.

A proposta, aqui apresentada, teve como objetivo avaliar a utilização de situações-problema em atividades de Resolução de Problemas como elemento facilitador para a construção de conceitos de Física. O tema escolhido para a realização da atividade trata de concepções sobre mecânica, mais especificamente, das leis de Newton, pretendendo que seja possível a construção de conceitos, a partir das situações propostas relacionadas ao tema. Dessa maneira, elaboramos uma intervenção que foi realizada em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio regular, no ano de 2014, composta por trinta e três estudantes, os quais participaram da atividade.

A professora pesquisadora ministra a disciplina de Física para a referida turma, e, dessa forma, a proposta foi elaborada para acontecer em doze aulas, de quarenta e cinco minutos, somando aproximadamente nove horas, acontecendo dentro das aulas regulares da turma.

A proposta baseia sua metodologia no uso de situações-problema em atividades de Resolução de Problemas, conforme uma abordagem investigativa e problematizadora, para que o estudante seja estimulado a elaborar procedimentos e hipóteses, gerar discussões e propor novas situações quando confrontados com uma situação-problema que precisam resolver. De acordo com Clement e Terrazam (2012), as atividades elaboradas com um caráter investigativo podem ser realizadas de várias formas, sendo teóricas, de lápis e papel, e usando artifícios como textos de divulgação científica, simulações, experimentos, entre outros. Diante dessas possibilidades, trabalharemos com atividades de lápis e papel, com dois problemas teóricos e de resolução matemática, bem como a utilização de um experimento para resolução de uma situação-problema.

Para a análise da intervenção e da proposta, usaremos como referencial teórico, a teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud, que direcionada para a Física, busca a compreensão da construção e da estruturação de conceitos pelo estudante dentro de um campo conceitual, no nosso caso, no campo conceitual da mecânica.

As situações-problema escolhidas para a realização da atividade são compostas por um experimento e duas questões propostas de resolução a lápis e papel, abordados de modo a proporcionar a apreensão das ideias espontâneas dos estudantes e, a partir daí, problematizá-las, buscando a construção de conceitos científicos. Os problemas sugerem vários questionamentos que têm como objetivo a construção dos conceitos relacionados às Leis de Newton.

Deve-se salientar que a proposta foi elaborada para alcançar os objetivos descritos em cada atividade, no entanto, essa pode ser modificada e adaptada para outras situações que apresentem propósitos diferentes, bem como os problemas e as discussões poderão apresentar modificações diante de cada realidade escolar. As sequências didáticas que constituem a proposta encontram-se no apêndice B.

4.3. Análise e Avaliação da Aprendizagem e das Mudanças de Atitudes Referentes a Resolução de Problemas Durante a Intervenção

4.3.1. Análise da Intervenção

4.3.1.1. Descrição da Intervenção I

Inicialmente, os estudantes foram apresentados ao aparato experimental que foi utilizado para realizar as discussões.

O experimento estava composto pela superfície lisa, considerada sem atrito, e os dois blocos, ainda em situação de repouso. Pedimos aos estudantes que observassem o experimento e realizamos a seguinte indagação: **Da maneira que está o bloco se moverá em algum momento?** Nesse momento, as respostas foram unânimes em afirmar que não, ou seja, que o bloco apoiado a superfície não poderia iniciar um movimento, apresentando justificativas diferentes para a não ocorrência do movimento.

“Porque não tem carga aí, pra ele descer.” (E1).

“Porque não tem nada que faz ele se mexer.” (E33).

“Porque não tá fazendo nenhuma pressão.” (E3).

Diante das respostas, perguntamos: **O que poderíamos fazer para que ele saísse do repouso?** Nesse momento, tínhamos a intenção de observar quais as possíveis ideias que os estudantes possuíam acerca de como se inicia um movimento, além disso, pretendíamos que essas ideias nos servissem de problematização para a construção dos conceitos de força e movimento. Como já esperado, os estudantes afirmaram que, dentre outras ideias, para que o bloco apoiado entrasse em movimento, precisaríamos que o outro bloco suspenso o puxasse, e que isso poderia acontecer se aumentássemos a massa do bloco suspenso, ou se puxássemos com as mãos.

“Colocar peso”(E1).

“Mexer nele”(E3).

“Puxar esse bloquinho que tá pendurado” (E6).

Foi possível também nesse momento, construir o conceito de peso como um tipo de força.

Em seguida, iniciamos o depósito das bolinhas, colocando uma por vez, para verificarmos o início do movimento. Percebemos que, com a superfície lisa, duas bolinhas foram suficientes para o bloco sair do repouso. Esse fato nos deu a oportunidade de indagar: **Por que então, se não tivesse nenhuma bolinha, ele não sairia do lugar?** Esse questionamento permitiu construir a ideia de que existe um valor mínimo de força para que se inicie um movimento, de modo que, uma força menor do que a necessária, faria o bloco permanecer em repouso.

Depois desse momento, em que já construímos os conceitos de peso e a ideia da necessidade de uma força mínima para iniciar o movimento, partimos para as discussões no intuito de construir as relações entre força e aceleração, definida pela Lei de Newton. Para tanto, indagamos: **À medida que eu vou colocando as bolinhas aqui, o que acontece?** Os estudantes, até mesmo, de uma forma intuitiva, afirmaram que quanto mais massa colocada, mais rápido o bloco se moveria, o que nos levou as discussões que nos permitiram formalizar as relações entre massa e aceleração.

“Ele vai descer mais rápido.” (E17).

“Aumenta a velocidade do bloco.” (E6).

Em seguida, indagamos: **Se a massa do bloco que está apoiado fosse maior, precisaríamos de mais ou menos força para que ele saísse do repouso?** Ou seja, a quantidade de bolinhas depositadas seria suficiente? Novamente, os estudantes, em geral, responderam que não, que se a massa fosse maior, precisaria de mais bolinhas, ou seja, de um peso maior. Nesse momento, foi possível manter uma discussão no intuito de construir a relação existente entre massa e força descrita segundo a lei de Newton.

“Colocar mais massa no bloquinho pendurado.” (E6).

“Aumentar o peso.” (E3).

Formalizadas as ideias principais, realizamos, em seguida, a modificação na superfície do experimento, retirando a superfície lisa e colocando em seu lugar uma superfície mais áspera. Os blocos foram posicionados no experimento como estavam anteriormente.

Inicialmente, indagamos: **Se eu não mexer nesse bloco, em algum momento, ele entrará em movimento?** As respostas foram unânimes afirmando que não, o que nos levou a discutir e concretizar a ideia da necessidade de uma força atuando na direção do possível movimento, assim, o conceito de Inércia. A partir desse momento, iniciamos o depósito das bolinhas no bloquinho suspenso, uma por uma, como feito anteriormente com a outra superfície.

Todavia, não foi possível iniciar o movimento com a massa que foi suficiente na situação anterior, então, indagamos: **O que tem de diferente no experimento?** Pudemos perceber que, os estudantes foram sensíveis à existência de algo, relacionado à superfície, que dificultaria o movimento, mas ainda não identificaram como uma possível força.

“A superfície, no outro, era antiderrapante.” (E6).

“Porque no outro, a superfície não impedia.” (E33).

“Então a superfície não permite o bloco aí descer.” (E17).

Ato contínuo, diante da nova situação, questionamos: **O que precisamos fazer para que o bloco entrasse em movimento?** Os estudantes afirmaram, como esperado, que seria necessário aumentar a massa no bloco suspenso, para que o peso fosse maior e, conseqüentemente, conseguisse puxar o bloco que está apoiado.

“Precisa aumentar a massa.” (E3).

“Colocar mais bolinhas no bloco pendurado.” (E28).

Diante das falas dos estudantes, indagamos, **qual seria então, no experimento, a relação existente entre as características da superfície e o peso exercido pelo bloco pendurado**, as discussões nos permitiram construir a ideia de que, quanto mais a superfície for áspera, ou seja, a força de atrito maior, maior também precisará ser a força na direção do movimento, no caso do experimento, o peso do bloco que está suspenso ou mesmo puxá-lo. Então, no intuito de concretizar as ideias, discutimos sobre os efeitos, no movimento, da utilização do experimento com os dois tipos de superfícies usadas.

Para a discussão final e a formalização dos conceitos, sintetizamos alguns pontos discutidos durante a aula:

1º - O bloquinho só irá se mover com a atuação de uma força resultante na direção do possível movimento, e que podemos estabelecer essa força, quando aumentamos a massa do bloco suspenso do experimento.

Conforme essa discussão, pudemos questionar aspectos da Lei da Inércia e identificar as forças atuantes no experimento.

2º - Discutimos que, quanto maior a força exercida sobre o bloco mais rápido ele se movimenta, ou seja, concretizamos a relação direta entre força e a mudança de velocidade do corpo, ou seja, a existência de uma aceleração e sua relação com a força atuante.

3º Consideramos que, na superfície lisa, o bloco se movimentou com maior facilidade, bem assim, é possível destacar que a superfície áspera tem algo que dificulta o movimento. A partir do debate, foi possível perceber a presença da força de atrito, sua direção e sentido de atuação.

Com o intuito de realizarmos a avaliação da aprendizagem, pedimos, por fim, que os estudantes respondessem, a partir de uma atividade escrita, aos seguintes questionamentos relacionados ao experimento:

1. O que é preciso fazer para o bloco entrar em movimento?
2. Quando colocamos mais bolinhas, o que acontece com o movimento?
3. Qual a relação entre a quantidade de massa colocada no bloco suspenso e a aceleração do bloco apoiado?
4. Quando trocamos a superfície por uma mais áspera, o que acontece? Por quê?
5. Se aumentássemos a massa do bloco apoiado, a mesma quantidade de bolinhas seria suficiente? Por quê?

As respostas dadas aos questionamentos serão analisadas e discutidas posteriormente.

4.3.1.2. Descrição da Intervenção II

O segundo problema trabalhado era composto por uma figura representativa de um jogador de futebol frente ao gol e o enunciado principal do problema. Para sua discussão, utilizamos o auxílio do aparelho de data show e uma apresentação em slides.

Inicialmente, os estudantes foram apresentados ao problema e indagados com a pergunta principal: **Para que a bola se movimente até o gol é preciso que o jogador aplique uma força através do chute, mas, nesse momento, ele sente também no seu pé a ação de uma força. O que pode ter acontecido?** Os estudantes se mantiveram resistentes a apresentar qualquer resposta, o que nos levou a iniciar uma série de questionamentos secundários para conseguirmos construir as ideias pretendidas.

Nas aulas anteriores, os conceitos de força e movimento já haviam sido formalizados, o que nos permitiu partir dessa ideia para a construção das concepções acerca da terceira lei de Newton.

Para iniciar nossas discussões, questionamos: **No momento do chute, a força está direcionada em que sentido?** Percebemos, assim, existir ainda certa confusão sobre as disposições das forças e suas características vetoriais por parte dos estudantes, no entanto, estes puderam apontar que a força estaria direcionada do jogador para a bola.

“A força está na bola.” (E1).

“A força sai do pé para a bola.” (E28).

A resposta já era esperada, pois, pode ser uma ideia construída intuitivamente. Ademais, nessa ocasião, alguns estudantes apontaram a presença da força de atrito como

responsável pelo incômodo no pé do jogador, como resposta ao primeiro questionamento do problema.

“Tem a força de atrito, por isso que o pé sente” (E1).

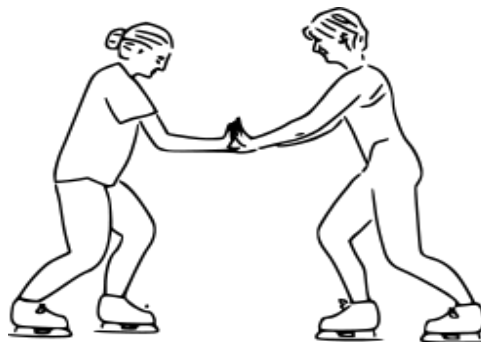
Diante disso, indagamos: **Então, o desconforto sentido no pé seria a força de atrito? E onde estaria atuando essa força?** Foi possível perceber que, embora identifiquem a presença de uma força de atrito, não compreendem sua atuação e suas características vetoriais na situação.

“Na grama, que impede de se mover.” (E6).

“Na bola.” (E17).

Diante das discussões, decidimos utilizar, nessa oportunidade, a figura de apoio com o intuito de favorecer a construção da ideia das forças de ação e reação.

A figura utilizada foi a seguinte:



Depois de apresentados à figura, questionamos aos estudantes: qual das duas pessoas presentes na figura se moverá se a primeira aplicar a força, empurrando-a? Nesse momento, os estudantes apontaram que as duas iriam se mover, apesar de apenas uma aplicar a força, o que nos levou a discutir em que sentido estaria a força e por qual motivo a outra também se move.

O seguinte questionamento foi apresentado: **Mas, nessa situação, em que sentido está a força?** Os estudantes, por unanimidade, responderam que a força estaria da pessoa que empurrou em sentido a outra:

“Da que empurrou para a outra.” (E1).

“A pessoa um que aplica a força na outra.” (E3).

Diante disso, tivemos a oportunidade de indagar: **E por que a outra pessoa também se move?** Dentre as explicações expostas, três chamaram atenção, representadas nas seguintes falas:

“Por causa do impulso, quando ela empurra, a outra pega impulso e vai pra trás.” (E24).

“O piso não tem atrito, e ela escorrega pra trás, quando empurra a outra.” (E33).

“Por causa da ação e reação. Quando ela empurra e aplica a força recebe uma reação.” (E2).

No caso da primeira resposta, podemos entender que o estudante pensa em uma espécie de reação, conectada à ação de empurrar, a qual ele chama de impulso. Diante da segunda resposta, percebemos também que o estudante compreende a presença de uma força de reação, mesmo que não a conheça assim, e, além disso, aponta ser a falta de uma força de atrito que ajuda o movimento acontecer. A última resposta refere-se à Lei de Newton, o que sugere que o estudante possa ter conhecido a lei, mas através da fala não podemos ainda identificar o quanto conhece acerca dela.

De maneira geral, diante dos três enunciados, percebemos que, embora usem nomes e referências diferentes, os estudantes conseguem compreender que, ao aplicar uma força, outra força irá agir em sentido oposto, que no caso da figura, fará o agente da força ser também atingido por algo que o faz movimentar-se em sentido contrário.

Para consolidar a ideia exemplificamos com outra situação: **Em uma luta de artes marciais, quando apenas um lutador aplica a força através de um chute, apenas o oponente sente?** Os estudantes perceberam que havia sim uma força de reação também nessa situação, o que nos permitiu explorar melhor a ideia da presença de uma força de reação a toda ação existente.

A partir dessas ocorrências, foi possível também aproximar as discussões no sentido de estabelecer as direções e sentidos das forças de ação e reação, bem ainda discutirmos sobre a igualdade das intensidades das forças.

Nesse momento, um dos estudantes realizou o seguinte questionamento:

“Professora, as forças são diferentes? Por que quando um carro bate em uma moto, a moto fica mais destruída?” (E24).

Alguns dos estudantes responderam a causa é o fato de a moto ser menor do que o carro, e outros apontaram também que as forças poderiam ser de diferentes intensidades.

“A força, então, é maior na moto do que no carro.” (E2).

A partir disso, foi possível direcionar as discussões no sentido de construir o entendimento de que as forças têm a mesma intensidade, no entanto, cada corpo sofre o seu impacto diferente por conta da estrutura física de cada um.

Logo após, pedimos que os estudantes identificassem quais forças estariam atuando na bola na hora do chute. Para tanto, fizemos uma figura no quadro para nos auxiliar. Percebemos que, no geral, os estudantes conseguem identificar as forças atuantes, e ainda, suas direções e sentidos. Outro fato que foi possível perceber é que a velocidade, para muitos deles, é força de ação. Vejamos:

“Tem a velocidade.” (E33).

“Então, tem a força que sai do pé do jogador.” (E6).

“O atrito.” (E1).

“Tem também a força da gravidade.” (E1).

“É o peso.” (E3).

“Professora, tem a força de reação.” (E7).

Nesse momento, formalizamos as forças existentes, suas direções e sentidos em relação à bola.

Tendo já discutido e consolidado a ideia do par de forças ação e reação, assim como, identificadas as forças atuantes na bola, seguimos, direcionando nossas discussões no sentido de consolidar relações já discutidas anteriormente.

O seguinte questionamento nos leva a discutir sobre a relação entre força e aceleração direcionada ao problema: **Então, para a bola se movimentar, precisa ser uma força muito grande?** Os estudantes apresentaram respostas divergentes apontando que não, por conta da massa da bola, e outros, apontando que sim, por conta da existência da força de atrito. Todavia, indagamos: **Porque os jogadores chutam com força maior que o suficiente se a bola é tão leve?**

“Para ela ir mais rápido.” (E29).

“É, quanto maior for o chute maior vai ser a velocidade da bola pra acertar o gol.” (E2).

“Teve aceleração.” (E17).

As respostas nos proporcionaram perceber que os estudantes apresentam um bom entendimento acerca da relação entre a força e a existência de uma aceleração.

Questionamos, em seguida, se o percurso da bola, permanecia o mesmo durante toda a trajetória. Foi possível compreender que, os estudantes, percebem a ação da força peso, que faz a bola cair e ainda que a resistência do ar pode tanto modificar a trajetória, como diminuir a velocidade dela. Ademais, vislumbramos que, os estudantes indicaram bem, direção e sentido da força peso e da força de resistência do ar, representados nas últimas indagações.

“Não, que o jogador chuta pra frente e pra cima, e a bola vai caindo. Acho que é por causa do peso.” (E6).

“Às vezes ela faz uma curva pro lado, mas é por causa do vento.” (E24).

“Que o ar tem uma resistência que tenta parar a bola, como o atrito.” (E18).

Por fim, retomamos o questionamento inicial, enunciado no problema, com o intuito de identificarmos a construção dos conceitos e a resolução do problema: **Se é o jogador que aplica a força na bola, porque, então, ele sente também o impacto do chute?**

“Porque tem a força de reação.” (E3).

“Quando ele chuta, tem a força de reação que vem na direção do pé dele.” (E1).

Se, por acaso, ele estivesse descalço sentiria mais intensamente esse impacto?

“Sentiria, porque o pé é mais frágil do que a bola, então, machucaria mais.” (E1)

“Sim, o pé ficaria mais machucado por causa da sua estrutura.” (E6).

Em relação aos dois últimos questionamentos, concluímos que o problema foi resolvido de maneira satisfatória, pois as respostas dadas permitiram identificar a construção correta de ideias relacionadas às Leis de Newton.

Para realizarmos a avaliação da aprendizagem dos conceitos discutidos, aplicamos uma atividade escrita composta por quatro questionamentos relacionados à aula. Os questionamentos foram:

1. No problema, por que, ao chutar a bola, o jogador sente também em seu pé certo incômodo?
2. Por que a velocidade da bola diminui no percurso?
3. Destaque as forças existentes na bola na hora do chute.
4. O impacto sofrido pelo pé é menor do que a da bola. Isso significa que as forças de ação e reação são diferentes? Justifique

As respostas dadas aos questionamentos serão analisadas e discutidas posteriormente.

4.3.1.3. Descrição da Intervenção III

O problema consistia em uma figura de um bloco apoiado sobre um plano inclinado e um questionamento principal, o qual foi apresentado aos estudantes com o auxílio de data show e uma apresentação de slides.

Após termos apresentado o problema aos estudantes realizamos o questionamento principal do problema: **qual a força necessária para que esse bloco entre em movimento?** Nessa ocasião, observando a atitude dos estudantes, foi possível perceber que ainda não

existia a dúvida de como resolveriam tal problema utilizando os conhecimentos já construídos nas aulas anteriores.

Diante dessa atitude, iniciamos os questionamentos que os levariam a construção das ideias e as disposições das forças atuantes no bloco. Indagamos, inicialmente: **é certo, que, no momento em que eu apoiar o bloco, ele vai começar a descer a rampa?** Logo, a turma no geral respondeu que sim. No entanto, para podermos construir as ideias pretendidas indagamos: **Sim, em qualquer condição?**

Os estudantes se mostraram bastante intrigados com a nova pergunta, e mudaram suas respostas, apontando algumas possibilidades em relação à situação.

“Não, vai depender do piso.” (E24).

“Depende da área.” (E33).

“Se for um piso antiderrapante ele demora a descer.”(E6).

“Depende também do ângulo.”(E1).

“Depende do ângulo e se for um piso áspero.” (E24).

Diante das respostas, entendemos que os estudantes constatarem a influência da superfície, ou seja, das forças de resistência que podem apresentar-se de acordo com a superfície, e ainda, a influência do ângulo do plano inclinado para o possível movimento do bloco.

Em seguida, pedimos aos estudantes que identificassem quais as forças que estariam atuando no bloco quando este ainda se encontra em repouso, além disso, que indicassem, de acordo com a figura, suas direções e sentidos. Os estudantes indicaram a atuação da força de atrito, da força normal e do peso, e como força responsável por um possível movimento, indicaram como força, a velocidade. Percebemos que, apesar de identificarem bem as forças que estão atuando, ainda existe, para alguns estudantes, uma confusão em relação ao conceito de velocidade, e assim, ela é entendida como uma força atuando na direção do movimento.

Em relação às direções e sentidos, os estudantes apontaram que a força de atrito, em relação ao plano inclinado está subindo, ou seja, na direção e sentido contrários ao possível movimento.

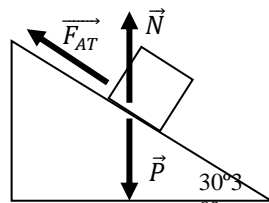
“Tá subindo.” (E6).

“Pra trás.”(E2).

Enquanto que o peso está apontado para baixo:

“Pra baixo.”(E8).

Em relação à força normal, apesar de indicarem com suficiência como seria a sua atuação, houve certa confusão em relação à direção e sentido. Diante da figura, os estudantes apontaram a força normal na mesma direção e em sentido contrário à força peso, no entanto, como o bloco está apoiado sobre uma superfície inclinada, a força normal deveria ser também inclinada, o que não foi percebido pelos estudantes. A distribuição das forças apontada pelos estudantes está representada na figura a seguir.



De maneira geral, os estudantes conseguem compreender a atuação as forças, suas direções e sentido de atuação, apresentando, porém, pouca clareza em distinguir direção e sentido das forças. Aproveitamos o ensejo para consolidar os conhecimentos a respeito de cada uma das forças atuantes e suas características vetoriais, além de encontrarmos as forças resultantes atuantes no bloco em todos os sentidos.

Para compreender a atuação das forças, foi preciso retomar aspectos da decomposição de vetores. Desse modo, iniciamos a disposição de cada vetor em suas direções e sentidos.

Ao realizarmos o diagrama de forças, os estudantes perceberam que, ainda em repouso, o vetor da força peso estava em direção e sentido diferentes da força normal, diferente do que haviam pensado antes. Diante disso, indagamos o que poderíamos fazer para entender como o peso estaria atuando naquela situação. Os estudantes se mostraram confusos e resistiam em apresentar qualquer resposta, resolvemos, então, perguntar se o peso poderia atuar em duas direções. Alguns estudantes apontaram que sim, lembrando-se da decomposição de vetores, o que nos deu oportunidade de realizarmos a decomposição da força peso, para, dessa maneira, indicar todas as forças atuando em cada direção e sentido.

Diante disso, nossas discussões foram estabelecidas com o fito de encontrarmos o valor da força peso atuante na direção e na iminência do possível movimento. Através das

observações realizadas, podemos perceber que os estudantes foram bastante atentos e muito participativos quando questionados.

Ao retomarmos a pergunta inicial: **qual a força necessária para que esse bloco entre em movimento?** Os estudantes foram capazes de respondê-la, apontando que, se houvesse a existência de uma força de atrito, a força causadora do movimento, precisaria ser maior do que ela para que o movimento acontecesse. Nesse viés, foi possível encontrar um valor numérico para a força de atrito, utilizando os dados trazidos pelo problema. Vejamos:

“Devia ser maior que o atrito.” (E1).

“A força é maior do que $100\sqrt{2}$, o valor da força de atrito” (E2).

Para meios de avaliação, pedimos aos estudantes que respondessem, em uma atividade escrita, algumas reflexões relacionadas ao problema, as quais são apresentadas a seguir:

1. No caso de o bloco apoiado sobre o plano inclinado não iniciar o movimento, quais poderiam ser as causas?
2. Indique, em uma figura, quais as forças estão atuando no bloco em repouso.
3. Em que situações o bloco poderia entrar em movimento?
4. Qual deve ser a força que provocaria o movimento?

4.3.2. Caracterização da Mudança de Atitude dos Estudantes Mediante da Realização da Proposta

Para melhor compreendermos o perfil dos oito estudantes selecionados para a avaliação, apresentaremos a caracterização em relação às atitudes nas aulas, rendimento escolar no bimestre anterior a execução da proposta, e ainda, as dificuldades apresentadas ligadas à Resolução de Problemas de Física.

Estudante E1

Características: A característica principal do estudante é a participação e o questionamento durante as aulas. Sempre apontando situações do cotidiano que estariam envolvidas com o conteúdo trabalhado. Além disso, apresenta bom desempenho na resolução

dos problemas propostos em sala, compreendendo bem, tanto a discussão teórica dos conceitos, quanto suas relações matemáticas.

Dificuldades: Não apresenta dificuldades relevantes.

Estudante E2

Características: O estudante se caracteriza por buscar sempre a compreensão do conceito em sua forma completa, tendo bom entendimento acerca de suas aplicações cotidianas. Apresenta caráter questionador e é sempre bastante atento às aulas, compreende bem as discussões teóricas e as relações matemáticas envolvidas.

Dificuldades: Não apresenta dificuldades relevantes.

Estudante E3

Características: Apesar de ser bastante interessado e estudioso, sua participação em relação às discussões e questionamentos é pouca, caracterizando um comportamento passivo em relação às aulas.

Dificuldades: Apresenta dificuldades na compreensão das definições teóricas do conceito e de suas aplicações em diversas situações.

Estudante E4

Características: Estudante envolvido e interessado à aula, de pouca participação, mas algumas vezes, realiza questionamentos relevantes, no entanto, mostra-se bastante confuso em relação aos conceitos quando está diante da Resolução de Problemas de Física.

Dificuldades: Apesar de compreender o conceito, apresenta dificuldades em resolver problemas relacionados.

Estudante E5

Características: Apesar de apresentar desempenho relativamente satisfatório em atividades escritas, mostra-se bastante retraído e não participativo em relação às discussões e

questionamentos, podendo, por esse comportamento, não concretizar os conceitos trabalhados de maneira correta.

Dificuldades: Por seu caráter pouco participativo, não conseguimos identificar dificuldades expressivas.

Estudante E6

Características: O estudante apresenta baixo desempenho em relação às notas. Esse fato decorre da falta de compreensão dos conceitos discutidos em aula. Outro ponto que o caracteriza é o fato de ser muito disperso e não prestar atenção na aula.

Dificuldades: Apresenta dificuldades com a Resolução de Problemas, tanto em relação às definições teóricas e as suas relações matemáticas, quanto em relação às próprias técnicas de resolução matemática.

Estudante E7

Características: O estudante apresenta um caráter extremamente passivo e desinteressado, de maneira que, no momento da resolução das atividades propostas, apresenta dificuldades, as quais nem sempre busca esclarecer.

Dificuldades: Apresenta dificuldades tanto na compreensão do conceito, em seus termos teóricos e suas relações matemáticas, além disso, não consegue relacionar os conceitos discutidos com situações cotidianas e outras aplicações.

Estudante E8

Características: Apesar de se mostrar bastante comunicativo, não é participativo durante as aulas em relação aos conteúdos discutidos, também não busca a compreensão das questões físicas, contentando-se em apenas observar as discussões em sala.

Dificuldades: Apresenta dificuldades com a Resolução de Problemas, tanto na compreensão dos conceitos, quanto das técnicas matemáticas para sua resolução.

Diante da realização da proposta diferenciada, percebemos que os estudantes apresentaram mais envolvimento, modificando suas atitudes em relação à Resolução de

problemas de Física. Descreveremos as mudanças de atitude mais significativas e que provocaram avanços direcionados à superação das dificuldades individuais de cada estudante.

Estudante E1

Mudança de atitude

O estudante manteve o caráter questionador durante as aulas, mas com uma participação maior, a atividade lhe pareceu bastante atrativa e motivou ainda mais sua participação.

Estudante E2

Mudança de atitude

O estudante manteve suas características durante as aulas, realizando questionamentos bastante pertinentes às discussões.

Estudante E3

Mudança de atitude

O estudante apresentou uma mudança positiva, teve bastante participação durante as exposições dialogadas, não apresentando, como antes, o comportamento passivo em relação às discussões. As dificuldades com o raciocínio matemático ainda se apresentaram, mas com menos ênfase.

Estudante E4

Mudança de atitude

O estudante apresentou-se mais participativo do que de costume, mas ainda um pouco retraído. No entanto, apresentou melhoras em relação à compreensão dos conceitos, o que pode ser percebido através das falas do estudante durante a aula.

Estudante E5

Mudança de atitude

Não percebemos mudança na atitude do estudante, apesar de se manter atento as aulas, ainda permaneceu com comportamento passivo sem discussões e questionamentos relevantes sobre o conteúdo. Percebemos que embora não tenha participado das discussões, o estudante apresentou bom entendimento dos conceitos discutidos.

Estudante E6

Mudança de atitude

A mudança de atitude do estudante foi bastante proveitosa, já que passou a participar bem da aula, mantendo-se atento aos questionamentos e levantando pontos relevantes às discussões. Foi identificado, no decorrer das discussões, que sua compreensão em relação aos conceitos foi boa.

Estudante E7

Mudança de atitude

Apesar de o estudante ainda manter certa passividade em relação às aulas, mostrou-se bem mais atento e interessado nas discussões. Além disso, em relação às atividades escritas foi possível perceber um avanço nas respostas dadas aos questionamentos, o que nos permite afirmar que a atividade foi bastante efetiva em amenizar os obstáculos de aprendizagem apresentados por esse estudante em relação às aulas comuns.

Estudante E8

Mudança de atitude

Apesar de ainda se manter, em alguns momentos, um pouco disperso, conservou-se atento a aula e também foi participativo durante as discussões. Embora ainda apresente certa confusão ao tratar de ideias físicas relacionadas aos problemas, o comportamento passivo do estudante foi amenizado em relação às aulas anteriores.

4.3.3. Avaliação das Questões

4.3.3.1. Questões Referentes à Intervenção I

Com o intuito de verificar a compreensão sobre a relação entre a força e o movimento, além de tentarmos enxergar como os estudantes percebem esse processo, realizamos o seguinte questionamento:

1. O que é preciso fazer para o bloco entrar em movimento?

De acordo com a primeira lei de Newton, Inércia, conhecemos que para que um corpo modifique seu estado, seja de repouso ou de movimento, precisamos da atuação de uma força resultante que realize essa mudança. Quatro dos estudantes, 50%, utilizaram o termo força como responsável pelo movimento, os outros, 50% apesar de não utilizarem o mesmo termo, apontam que, o peso ou o aumento da massa do bloco suspenso fará o bloco apoiado se movimentar.

Diante das respostas ao questionamento, foi possível perceber que os estudantes compreenderam a necessidade da existência de uma força maior que atuasse na direção do possível movimento, para que o bloco saísse do repouso. Souberam relacionar o movimento do bloco apoiado com o aumento da massa, ou do peso, do bloco suspenso, levando-os a compreensão do peso como um tipo de força.

Podemos considerar que houve uma boa aprendizagem de aspectos relevantes do conceito de Inércia. Na maioria das repostas, podemos perceber a compreensão da relação entre a massa e o valor da força atuante. Com o questionamento a seguir, pretendemos perceber a capacidade de o estudante compreender a relação entre a força que puxa o bloco e a sua variação de velocidade, conseqüentemente, a existência de uma aceleração.

2. Quando colocamos mais bolinhas, o que acontece com o movimento?

Os estudantes afirmaram que, ao aumentar a quantidade de bolinhas no bloco suspenso, o que implica em um aumento da força que este aplica no bloco apoiado na superfície, a velocidade do bloco apoiado aumentaria, conseqüentemente, percebem a existência de uma aceleração.

Diante dessas respostas, podemos perceber que os estudantes compreenderam a relação existente, a partir da segunda lei de Newton, entre força e aceleração, quando mantemos constante a massa do bloco que se encontra apoiado. Podemos destacar que, um

dos estudantes (12,5% dos estudantes) não utiliza em suas respostas o termo aceleração, porém, considera que houve um “aumento do movimento” quando a força progride, o que nos indica que, embora o termo aceleração não tenha sido usado, a ideia do estudante está de acordo com o conceito trabalhado.

De maneira geral, a relação pretendida entre a presença de uma força e a existência da aceleração no movimento foi compreendida pelos estudantes de maneira satisfatória.

Com o intuito de percebermos a compreensão do estudante acerca da relação força *versus* aceleração na situação do experimento, indagamos:

3. Qual a relação entre a quantidade de massa colocada no bloco suspenso e a aceleração do bloco apoiado?

Diante da relação matemática estabelecida pela segunda Lei de Newton, sabemos que a força e a aceleração mantém uma relação diretamente proporcional, em relação ao experimento, o aumento da massa no bloco suspenso implica em um aumento da força que puxa o bloco apoiado.

Destacamos que, a maioria dos estudantes, 87,5%, mostrou que compreendeu a relação entre força e aceleração, pois eles afirmaram que quanto maior for a massa colocada no bloco suspenso, ou seja, quanto maior a força atuante, maior será a aceleração do bloco apoiado na superfície. Apenas um dos estudantes, 12,5%, apresentou uma colocação que não responde ao nosso questionamento.

Percebemos então que, no geral, a relação matemática entre força e aceleração foi compreendida como grandezas diretamente proporcionais, e que o aumento de uma implica no aumento da outra de maneira direta.

Nesse momento, pretendemos perceber qual o entendimento dos estudantes em relação à força de atrito e sua atuação no movimento, para tanto realizamos o seguinte questionamento:

4. Quando trocamos a superfície por uma mais áspera, o que acontece? Por quê?

A superfície áspera no experimento indica a inclusão de uma força de resistência, o que consideramos não ter quando trabalhamos com a superfície totalmente lisa. Em relação a essa situação, 75% dos estudantes, seis, conseguiram compreender essa distinção no movimento em relação as duas superfícies e afirmaram, em suas respostas, a existência de uma força que não permitiria o bloco entrar em movimento naquela situação, a qual

identificaram ser a força de atrito. Eles afirmaram que a força de atrito estaria atuando contrária a direção do movimento, o que nos permite perceber que compreenderam também aspectos vetoriais dessa força.

Dois dos estudantes parecem não perceber a existência de uma força de resistência de maneira que um deles afirmou que a superfície faria a força diminuir e, por isso, o bloco não entraria em movimento, ou seja, compreendemos que ele não destaca a presença da força contrária ao movimento, mas que algo na superfície faria a força, antes atuante, deixar de ser suficiente para realização do movimento, enquanto o outro estudante aponta apenas que seria necessária uma força maior atuando na direção do movimento.

Podemos concluir que, a compreensão da maioria dos estudantes acerca da presença de uma força de resistência que dificulta o movimento existe quando a superfície mais áspera é inserida no experimento e que a força resultante na direção do possível movimento precisaria ser maior para o bloco sair do repouso.

Com o último questionamento pretendemos perceber a compreensão do estudante acerca da relação massa e força, ou seja, se a mesma força seria capaz de puxar um bloco de massa maior, para tanto indagamos:

5. Se aumentássemos a massa do bloco apoiado, a mesma quantidade de bolinhas seria suficiente? Por quê?

Os estudantes foram unânimes em afirmar que não haveria movimento nessas condições. No geral, os estudantes apontaram que se o peso estaria maior no bloco, o movimento seria dificultado, sendo necessário, portanto, o aumento da massa no bloco suspenso através da adição de mais bolinhas. Dois estudantes, 25%, afirmaram que o movimento não ocorreria porque os dois blocos estariam com o mesmo peso, o que nos permite identificar que, apesar de não poderem afirmar sobre a igualdade entre o valor das forças, apresentam a ideia acerca da estabilidade dos corpos pelo equilíbrio das forças atuantes. De maneira geral, podemos considerar que os estudantes estabeleceram uma relação entre a massa do bloco apoiado e a força necessária para realizar o movimento, já que identificam de imediato que a força antes exercida já não é suficiente para movimentar o bloco com massa maior.

4.3.3.2. Questões Referentes à Intervenção II

Com o intuito de compreender o entendimento do estudante em relação à existência de uma força de reação a ação do chute, indagamos:

1. No problema, ao chutar a bola, porque o jogador sente também em seu pé certo incômodo?

Ao chutar a bola, o jogador está aplicando uma força de ação que, conseqüentemente tem sua reação, fazendo com que seu pé sinta também o impacto. A partir das respostas dos estudantes, percebemos que, apesar da construção da existência dos pares de força ação e reação, ao responder ao questionamento 100% dos estudantes apontaram ser a força de atrito a responsável pela reação no pé do jogador. Isso nos indica que, talvez por conhecerem direção e sentido da força de atrito atuante na situação, os estudantes ficaram confusos com a atuação de uma força de mesma direção e sentido, mas que não apresenta agente explícito, identificando então, como força de atrito.

Pretendemos com o seguinte questionamento que possamos perceber o entendimento dos estudantes em relação à presença da resistência do ar, ou seja, da força de atrito, assim, perguntamos:

2. Por que a velocidade da bola diminui no percurso?

Diante das respostas dadas ao questionamento, 75% dos estudantes afirmaram que a força de atrito fez com que o ar fizesse a bola cair no chão. Podemos destacar que, apesar de identificarem que a resistência do ar trata-se de uma força de atrito, os estudantes entendem com certa confusão a atuação dela, de maneira que compreendem que essa força modifica apenas a trajetória da bola e não sua velocidade. Os estudantes assim, não identificam a presença da força peso como atuante na modificação da direção do movimento.

Um estudante, 12,5%, afirma que seria por causa do atrito e da reação do vento, o que demonstra que ele não entende que a resistência oferecida pelo ar trata-se de uma força de atrito, mas compreende serem duas as atuações sobre a bola. Além disso, um dos estudantes, 12,5%, aponta que a causa da diminuição da velocidade seria a diminuição da força aplicada, sem apontar qual o tipo de força e de que maneira ela atuaria nessa situação. De modo geral, os estudantes compreendem a existência de uma força de atrito, no entanto, ainda de forma confusa sobre sua atuação nessa situação.

Pretendemos verificar, diante do discutido anteriormente, quais as forças presentes na situação inicial e suas distribuições, na compreensão dos estudantes, para tanto solicitamos:

3. Destaque as forças existentes na bola na hora do chute

Em relação às respostas, percebemos que os estudantes conseguem identificar forças atuantes na iminência do chute, além do peso e da força de atrito citados por todos os estudantes, desses apenas sete, 87,5% indicam a existência das forças de ação e reação. Ademais, 37,5% dos estudantes indicaram em um desenho as disposições das forças, o que nos permite verificar a compreensão daqueles em relação a direções e sentidos destas. De maneira geral, podemos considerar que, os estudantes conseguem identificar forças atuando em algumas situações, especialmente na situação proposta no problema.

A partir do exposto acerca da existência dos pares de força ação e reação na situação, pretendemos perceber a compreensão em relação às características vetoriais das forças por parte dos estudantes. Para tanto, indagamos:

4. O impacto sofrido pelo pé é menor do que o da bola. Isso significa que as forças de ação e reação são diferentes? Justifique

Diante do questionamento, cinco dos estudantes, 62,5%, responderam que não há diferença entre as forças, mas que cada corpo receberá uma reação diferente ou apenas apontando que se tratam de corpos diferentes, o que nos indica que os estudantes se confundem ao tratarem do impacto sofrido pelo corpo, chamando o mesmo de reação no corpo, o que deixa suas repostas de forma confusa. Dois, 25% dos estudantes, afirmaram que são diferentes apenas na direção e sentido, no entanto, em suas intensidades são iguais. Destacamos que esses estudantes conseguiram compreender de forma satisfatória as características tanto escalares quanto vetoriais das forças de ação e reação presentes na situação. Um dos estudantes, 12,5%, afirma que a reação será menor, demonstrando a incompreensão da atuação dos pares de força na situação. De modo geral, apesar de as repostas se apresentarem pouco claras, é possível perceber que houve a compreensão por parte dos estudantes acerca da atuação das forças de ação e reação sobre os corpos envolvidos na situação. No entanto, fica claro que preciso ainda um maior esclarecimento acerca dos termos utilizados para descrever a situação proposta.

4.3.3.3. Questões Referentes à Intervenção III

Com o intuito de identificar quais as ideias dos estudantes em relação aos possíveis aspectos da situação que fariam o movimento não ocorrer, realizamos o seguinte questionamento:

- 1. No caso de o bloco apoiado sobre o plano inclinado não iniciar o movimento, quais poderiam ser as causas?**

Sabemos que a força de atrito seria o principal fator responsável pela não ocorrência do movimento, sete dos estudantes, 87,5 %, afirmaram em suas respostas que a força de atrito influenciaria a não ocorrência do movimento, dentre esses, dois deles, apontaram que o seu valor seria superior ou igual ao da força peso, e, portanto, o atrito seria o causador do repouso.

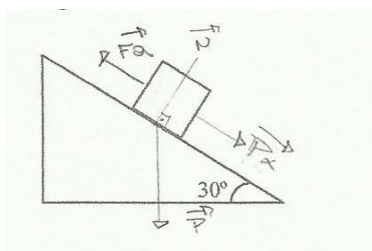
Outro fator apontado pelos estudantes foi o ângulo de inclinação da rampa, afirmando que dependendo da inclinação o movimento poderia ser dificultado. Oito dos estudantes, ainda apontaram que o peso, na maioria das vezes, entendido como a massa do bloco, poderia ser um fator que dificultaria o início do movimento.

De modo geral, podemos perceber que os estudantes têm uma boa compreensão sobre a atuação da força de atrito nessa situação específica, e ainda que outros fatores poderiam dificultar o movimento, demonstrando compreender aspectos relacionados a lei da Inércia.

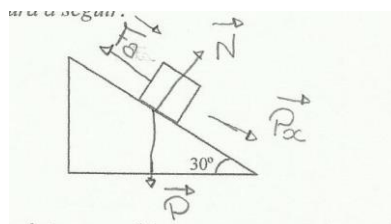
Com o intuito de entender a compreensão dos estudantes acerca das forças envolvidas na situação e sua distribuição vetorial, pedimos que:

- 2. Indique, em uma figura, quais as forças estão atuando no bloco em repouso**

Diante disso, os estudantes representaram seu entendimento através de desenhos, dois dos quais representamos a seguir:



Representação do estudante 6.



Representação do estudante 1.

A partir dos desenhos realizados pelos estudantes, podemos perceber que eles compreenderam bem a distribuição das forças atuantes no bloco. No entanto, podemos destacar que, em relação às componentes da força peso, os estudantes ficaram confusos, pois apontaram a existência de uma das componentes e não da outra.

Diante do que foi discutido, buscamos, através do seguinte questionamento, identificar as ideias dos estudantes em relação às condições que levariam ao possível movimento.

3. Em que situações o bloco poderia entrar em movimento?

Diante do questionamento, seis dos estudantes, 75%, afirmaram que o movimento iniciaria quando a força peso for maior do que a força de atrito. Em relação ao discutido durante as aulas, podemos indicar que, a citada força peso seria, na verdade, a componente da força atuando na direção do possível movimento.

Dessa forma, entendemos que os estudantes percebem a distribuição das forças na direção do movimento e as relações de intensidade quando da iminência do movimento. Outros dois estudantes afirmaram apenas que as forças precisariam estar na mesma direção, porém, não apontaram qualquer indicação sobre a intensidade das forças envolvidas, o que nos indica que, apesar de compreenderem a sua distribuição espacial, não relacionaram as intensidades das forças ao início do movimento.

Pretendendo que os estudantes pudessem argumentar sobre um possível valor ou as grandezas envolvidas que poderiam nos levar a encontrar esse valor, indagamos:

4. Qual deve ser a força que provocaria o movimento?

Ao desenvolver o problema, percebemos que essa força que provocaria o movimento, dependeria da massa do bloco e do ângulo de inclinação do plano, apesar de essas grandezas terem sido apontadas no primeiro questionamento, elas não foram associadas aqui.

Os oito estudantes, 100%, apontaram ser a força peso, a responsável pelo movimento, no entanto, não mencionaram ser uma componente da força peso e nem apontaram as grandezas que seriam relacionadas para encontrar o valor dessa força. Apesar das respostas terem sido muito restritas, os estudantes compreenderam a atuação da força peso sobre um corpo que, diferentemente das situações anteriores, estava sobre um plano inclinado.

4.3.4. Algumas Considerações Acerca da Aplicação da Proposta

Segundo a teoria Vergnaud, em um campo conceitual a construção de um conceito se dá através da aprendizagem de três constituintes, são eles: a definição teórica do conceito; as relações matemáticas e as aplicações relacionadas, e apenas a junção dos três constituirá o conceito em sua completude. Geralmente, o que percebemos acontecer nas aulas de Física tradicionais é que esses constituintes são apresentados aos estudantes separados uns dos outros como se não tivessem ligação alguma, ou ainda, que constituíssem um único conceito.

A nossa proposta apresenta como objetivo buscar a construção de conceitos de Física, de acordo com a teoria dos Campos conceituais, a partir de atividade utilizando a Resolução de problemas como estratégia didática.

A atividade desenvolvida mostrou-se bastante proveitosa em relação à participação e melhoria na atitude dos estudantes nas aulas de Física, quando comparadas às aulas tradicionais, e essas mudanças foram percebidas mais efetivamente a cada aula realizada. A atividade de Resolução de Problemas, a partir de situações-problema, permitiu que os estudantes pudessem participar mais efetivamente das discussões, apontando hipóteses de resolução, discutindo situações do dia a dia por eles vivenciadas, e traçando estratégias de resolução, o que dificilmente acontece quando solicitados a resolver problemas de maneira tradicional, já que a estrutura desses problemas não permitem essas atitudes, colocando os estudantes em posição totalmente passiva diante da atividade.

Além disso, a atividade permitiu alcançar nossos objetivos em relação à aprendizagem dos conceitos pretendidos, sob a perspectiva da teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

Observando as atividades escritas realizadas logo após as atividades de RP desenvolvidas, foi possível perceber que os estudantes conseguiram compreender os conceitos sem que dissociassem definições e relações matemáticas, o que comumente é feito durante as aulas tradicionais. As relações matemáticas, bem como as aplicações e modificações nos problemas foram entendidos como parte de um mesmo estudo, ou seja, do conceito. Por outro lado, ao discutirmos conceitos vetoriais, percebemos que os estudantes se sentem confusos em relação à direção e sentido dos vetores, o que nos permite sugerir que, antes da aplicação da proposta, o professor possa discutir os conceitos acerca de vetores, para melhor aproveitamento da aprendizagem das Leis de Newton.

Podemos destacar que, como sabemos, os estudantes apontam a Matemática como um dos principais fatores que dificultam a aprendizagem em Física, no entanto, com o desenvolvimento das atividades de RP, eles foram capazes de construir as relações matemáticas envolvidas de maneira satisfatória, sem que precisassem de uma equação direta, o que nos permite perceber que a Matemática quando utilizada pelo estudante como uma ferramenta que auxilia a resolver problemas de Física pode se tornar um empecilho à aprendizagem, contudo, quando as relações matemáticas são compreendidas como parte integrante de um conceito como aponta a teoria dos Campos Conceituais, a aprendizagem da Física se torna facilitada e mais completa.

De maneira geral, a realização da proposta foi bem sucedida e nos permitiu perceber que podemos ensinar Física de forma inovadora e distante do tradicional, sem que precisemos de materiais de apoio muito requintados e, muitas vezes, inacessíveis. A atividade de Resolução de Problemas, a partir de situações-problema como estratégia, é bastante eficaz, pois permite a participação do estudante de forma ativa, possibilitando que este seja o construtor de sua própria aprendizagem, por fim, essa abordagem torna as aulas mais atrativas e dinâmicas, fazendo com que os estudantes se sintam realmente parte do processo de ensino e aprendizagem.

5. Considerações Finais

O primeiro capítulo dessa dissertação discutiu acerca dos problemas que envolvem o ensino de Física e apontou o problema de pesquisa, bem como a estratégia proposta e os direcionamentos para a realização do trabalho.

Discutimos, no segundo capítulo, os nossos referenciais teóricos, trazendo as ideias que se mostram relevantes ao nosso estudo, abordando temas como: A Resolução de problemas e o Ensino de Física; A Problematização e o Uso de Situações-Problemas em Atividades de Ciências; e, as Dificuldades no Processo de Ensino e Aprendizagem de Conceitos de Física. Esse estudo nos permitiu perceber que apesar de a Resolução de Problemas e o uso de situações-problema serem comuns nas salas de aula de Física, nem sempre essas atividades implicam na construção efetiva de conceitos, já que a aplicação da atividade em si, não tem relação direta com a aprendizagem, mas a forma como essa atividade é aplicada, ou seja, a abordagem metodológica é de fundamental importância para o sucesso do processo.

Sobre identificar dificuldades no processo de ensino de Física, especialmente tratando de conceitos relacionados às Leis de Newton, nossas buscas nos levaram a perceber que a maioria das pesquisas trata o tema sob o olhar das concepções espontâneas, destacando que elas podem se constituir tanto em obstáculos epistemológicos, quanto em pontes que devem servir de ponto de partida para a problematização e a construção das ideias pretendidas. Ainda destacamos que as pesquisas nessa área são de grande necessidade, embora o número delas seja crescente, pois os estudos são promissores e oferecem inúmeras aplicações e possíveis soluções aos problemas relacionados ao ensino de Física e de Ciências em geral.

Ainda no segundo capítulo da dissertação, apresentamos a teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud, a qual utilizamos como norteadora para a construção da proposta de intervenção e análise dos dados para nossos resultados. Essa é uma teoria construída nas bases da Psicologia Cognitiva, sendo cada vez mais utilizada para pesquisas de investigação no Ensino de Ciências e da Educação Matemática.

A metodologia do nosso trabalho, como descrita no terceiro capítulo, é de natureza qualitativa e construída a partir de três estudos, os quais serão brevemente concluídos a seguir. Na primeira análise, esse estudo baseou-se na investigação acerca da visão dos professores sobre a Resolução de Problemas e sua utilização nas aulas de Física do ensino básico. Diante das respostas aos questionamentos realizados, pudemos perceber que a atividade de Resolução de Problemas, apesar de ser frequentemente utilizada nas aulas de Física, esta, muitas vezes, serve apenas como demonstração de um conteúdo trabalhado ou ainda como forma de avaliação de aprendizagem.

O fato é que, sendo apresentadas dessa forma nem sempre essas atividades se constituem em estratégia que promove efetivamente a aprendizagem dos conceitos. Outro ponto de destaque é que, em relação à pesquisa realizada, não encontramos casos em que a atividade de Resolução de Problemas fosse utilizada como estratégia para a construção de conceitos, que é o objetivo da nossa proposta, ou seja, o estudante só tem contato com essa estratégia, depois de conhecer o conteúdo trabalhado, o que impede, na maioria das vezes, que o problema se constitua um desafio para o estudante, que precisa resolvê-lo.

De maneira geral, entendemos, diante desse estudo, que a nossa proposta pode oferecer uma maneira potencialmente eficaz de se alcançar aprendizagem de conceitos seguindo uma estratégia bastante comum ao professor, a partir do momento em que é observada e trabalhada de maneira diferente dos “costumes didático-pedagógicos”.

A segunda etapa do estudo consubstanciou-se na proposta de intervenção que foi construída a partir de três problemas, representados por metodologias diferenciadas, que mantinham o propósito de serem discutidos para a construção de conceitos relacionados às Leis de Newton. O primeiro problema trata-se de um experimento, a partir do qual tínhamos a possibilidade de trabalhar a Primeira Lei e a Segunda Lei de Newton. A construção desse tipo de problema nos permitiu perceber as potencialidades de se discutir conceitos de Física utilizando experimentos de acesso facilitado, principalmente aqueles construídos a partir de materiais de baixo custo, viável ao professor.

O segundo e o terceiro problemas partiram de figuras retiradas dos próprios livros didáticos, acessíveis ao professor, que forneceram resultados bastante satisfatórios. Podemos destacar que para a construção dos três problemas buscamos partir de materiais comuns do dia a dia e de fácil acesso ao professor, pois conhecemos as dificuldades de se trabalhar propostas diferenciadas, decorrentes da falta de equipamentos e materiais específicos para a disciplina. No entanto, procuramos mostrar que, é possível, construir propostas que alcancem bons resultados com os materiais disponíveis, se fundadas em objetivos bem estabelecidos.

A última etapa do estudo, a Intervenção, aconteceu no decorrer de 12 aulas, assim como previsto, de acordo com cada sequência didática. Durante todas as atividades percebemos a participação dos estudantes na busca pelas respostas as questões propostas, o que geralmente não ocorre durante as aulas de abordagem tradicional. O foco e a atenção nas discussões também se mostram pontos fortes presentes na realização da proposta, bem como a proposição das ideias e opiniões diante das questões formuladas. Em relação à construção dos conceitos, podemos afirmar que a realização das intervenções nos proporcionaram resultados satisfatórios, pois percebemos a compreensão conceitual em termos de enunciados teóricos, as relações matemáticas entre as variáveis e ainda as relações nas aplicações acerca das leis de Newton.

De maneira geral, a realização da intervenção nos possibilitou identificar pontos de acesso à aprendizagem, e as dificuldades imbricadas nas metodologias correntes, a fim de se discutir temas de Física sob uma abordagem diferenciada, utilizando situações-problema em atividades de Resolução de Problemas, permitindo o aperfeiçoamento da proposta, assim como a elaboração de novas propostas para diferentes temas da Física.

Com esse trabalho buscamos investigar as potencialidades de utilizarmos atividades de Resolução de Problemas como estratégia didática para a construção de conceitos de Física. Além disso, buscamos propor a construção dos problemas a partir de materiais de fácil acesso

ao professor em vista das realidades das escolas atualmente. Com isso, pretendemos oferecer ao professor a possibilidade de conhecer e construir estratégias diferenciadas que permitam ao estudante a participação mais ativa nas aulas, bem como a construção efetiva de conceitos de Física.

Podemos destacar que, embora nosso referencial teórico seja uma teoria da Psicologia cognitiva, são muitas as possibilidades de aplicação em investigações voltadas para o ensino, especialmente o ensino de Física, permitindo oferecer indicações para atividades e propostas de sala de aula, a partir das mais variadas estratégias didáticas.

A proposta mostrou-se bastante útil, pois foi possível perceber maior envolvimento e atenção dos estudantes quando deparados com uma atividade diferenciada, destacando que não tivemos a necessidade de trabalhar com instrumentos especiais ou recursos multimídia, o que corrobora nossa ideia de que é possível realizar atividades que favoreçam a aprendizagem, a partir de metodologias diferenciadas sem, no entanto, termos a necessidade de grandes recursos.

A utilização da Resolução de Problemas como estratégia para a construção de conceitos também permitiu alcançar nossos objetivos em relação à aprendizagem por parte dos estudantes, o que pode ser percebido a partir das falas dos estudantes e das atividades realizadas após a aplicação da proposta. Dessa forma, podemos apontar a utilização da estratégia como uma ideia promissora para discussão de conceitos de Física, em todos os campos de estudo.

Vale, no entanto, ressaltar que qualquer que seja o recurso utilizado para a elaboração de uma proposta que utilize a Resolução de Problemas como facilitador para a construção de conceitos, esta deve contar com uma metodologia que permita ao estudante a participação ativa, a construção de hipóteses de resolução e questionamentos, que permitam a ele, construir seu conhecimento. Ao professor, cabe mediar, de modo a direcionar as discussões à construção das ideias corretas, sem dessa forma, colocar-se num papel omissivo/passivo ou mesmo impositivo.

A pesquisa aqui realizada nos permite vários encaminhamentos, que podem complementar a investigação e ampliar as possibilidades de atuação. Dentre essas alternativas de continuação, podemos apontar a utilização da estratégia a partir de outros recursos, como por exemplo, a utilização de simulações computacionais para a construção das situações problema, a utilização de atividades lúdicas, problemas elaborados a partir de trechos de

filmes e livros, entre outros. Outro ponto seria a ampliação do universo pesquisado, abordando tanto outros níveis de ensino, quanto outras áreas da Física para a criação das situações-problema.

Por fim, apesar de termos obtido resultados animadores e promissores, não podemos esgotar as conclusões sobre a investigação, outros trabalhos poderão ser realizados – e isso é o que esperamos - a fim de buscar contribuir, acrescentar e validar os resultados alcançados através deste.

Referências Bibliográficas

ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Liberlivros, 2005.

ATAÍDE, A. R. P.; GRECA, I. **O papel da matemática na compreensão de conceitos e resolução de problemas de termodinâmica**, 180f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2012.

BRANDÃO, R. V.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Concepções e dificuldades dos professores de Física no campo conceitual da modelagem científica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, V. 9, N. 3, p. 669-695, 2010.

BRASIL, MEC, SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2002.

BUTELER, L., GANGOSO, Z. Algunos aspectos metodológicos de la investigación en Resolución de Problemas en física: Una Revisión. **Ciência & Educação**, v.14, n.1, p. 1-14, 2008.

CAMPOS, B.S.; FERNANDES, S.A.; RAGNI, A.C.P.B.; SOUZA, N.F. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, 2012.

CARVALHO JÚNIOR, G. D. Uma abordagem piagetiana para o planejamento do ensino de Física em cursos técnicos. **Revista Brasileira de Estudos pedagógicos**. V. 91, n. 227, p. 105-121, 2010.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**. V. 6, N. 1, 2011

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de Problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**. V. 7, N. 2, 2012

COSTA, S.S.C., MOREIRA, M.A. Resolução de Problemas I: diferenças entre novatos e especialistas. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v1(2), pp. 176-192, 1996.

COSTA, S.S.C., MOREIRA, M.A. Resolução de problemas II: propostas de metodologias Didáticas. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 2, N. 1, 1997.

CUSTÓDIO, J. F.; CLEMENT, L.; FERREIRA, G. K. Crenças de professores de física do ensino médio sobre atividades didáticas de resolução de problemas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. V. 11, N. 1, 2012.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: Pietrocola, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, p. 125-150, 2001.

ESCUADERO, C.; JAIME, E. A. La comprensión de la situación física en la resolución de situaciones problemáticas. Un estudio en dinámica de las rotaciones. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. V.6, N.1, 2007.

FACCHINELLO, C. S. **Uma alternativa para o ensino da dinâmica a partir da resolução qualitativa de problemas**. 177 f. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Física)-Programa de Pós graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, V. 15, N. 1, pp. 7-59, 2010.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A função do problema na Educação em Ciências: estudos baseados na perspectiva vygotskyana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** Vol. 11,N. 3, 2011.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Ciência e Educação**, v.18, n. 1, 2012.

GIL, D.; TORREGROSA, J. M.; RAMÍREZ, L.; CARRÉE, A. D.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. Questionando a didática de resolução de problemas:elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 9,n.1, 1992.

GRECA, I.; MOREIRA, M.A. **Conceptos: naturaleza y adquisición**. Textos de Apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos/UFRGS. Actas del PIDEDEC, v.5, pp. 3-77, 2003.

GRINGS, E.T.O., CABALLERO, C., MOREIRA, M.A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, 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, p. 24 – 46, 2008.

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, 2009.

KOHLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 36-70, 2005.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; SALES, D. R. Superações conceituais de estudantes do ensino médio em medições a partir de questionamentos de uma situação experimental problemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, 2010.

LIMA, M. C. B.; CARVALHO, A. M. P. Comprovando a necessidade dos problemas. In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF, 2002, Águas de Lindóia – SP. **Anais... Águas de Lindóia: 2002**. p. 1-15.

LONGHINI, M. D.; NARDI, R. Como age a pressão atmosférica? Algumas situações-problema tendo como base a história da ciência e pesquisas na área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 26, n. 1: p. 7-23, 2009.

LONGHINI, M. D.; MENEZES, L. D. D. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de astronomia: algumas situações problema propostas a partir do software stellarium. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 27, n. 3, 2010.

LOPES, J. B. **Aprender e ensinar física**. Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para ciência e tecnologia. Lisboa, 2004.

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**. V. 11, N. 1, 2006.

LÜDKE, M. & ANDRÉ, M. E. D. A.; **Pesquisa em educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACEDO, J. A.; DICKMAM, I. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 562-613, 2012.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nessa área. **Investigações em ensino de ciências – V.7**, PP. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A.; SPERLING, C. S. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo: ¿una correlación necesaria? **Experiências em ensino de ciências**. V. 4, 2009.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. O conceito de força no movimento e as duas primeiras Leis de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 2, n.1, 1985.

PEDUZZI, L. O. O.; Sobre a resolução de problemas no Ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 14, n.3, 1997.

PERROTTA, M. T.; FOLLARI, B. R.; DIMA, G. N.; GUTIÉRREZ, E. E. La energía y su conservación. Aplicación en una situación problemática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 27, n. 3, 2010.

POLYA, G. *A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático*. Tradução Heitor Lisboa de Araujo. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

POZO, J.I. ET AL. **La solución de problemas**. Madri: Santillana, S.A. 1994.

REZENDE JÚNIOR, M. F.; CUSTÓDIO, J. F. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud: considerações para propostas de inserção da física moderna no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências - ENPEC, 4, 2003, Bauru – SP. **Anais...** Bauru, 2003, p. 1 – 5.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. V. 4, N. 1, 2005.

SANTAROSA, M. C. P.; MOREIRA, M. A. O cálculo nas aulas de física da UFRGS: um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 16, N. 2, 2011.

SILVA, J. T.; FAGUNDES, L. C.; MALAGGI, V.; SEVERO, G. B.; SILVA, V. B. Aprendendo as Leis de Newton com os carrinhos de rolimã. **Revista Novas Tecnologias na Educação**. V.4 N. 2, 2006.

SILVA, D. R.; DEL PINO, J. C. Resolução de problemas: uma estratégia pedagógica para abordagem dos conceitos de densidade e velocidade na oitava série do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**. V. 5, N. 1, 2010.

SILVA, C. S.; PENIDO, M. C. M. Problematização em aulas de Física. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, 2013, Águas de Lindóia – SP. **Anais...** Belo Horizonte: 2013. p. 1-7.

SOUSA, C. M. S. G.; FÁVERO, M. H. Análise de uma situação de resolução de problemas de física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. **Investigações em Ensino de Ciências**, V. 7, N. 1, pp. 55-75, 2002.

SOUSA, C. M. S. G.; MOREIRA, M. A.; MATHEUS, T. A. M. A resolução de situações problemáticas experimentais em campos conceituais da Física Geral. In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. 2004, Jaboticatubas - MG. **Anais...** Jaboticatubas : 2004, p. 1-13.

TALIM, S. L. Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 16, n.2, 1999.

TRIVIÑOS, A.; **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**. 1th ed. São Paulo: editora Atlas S.A, 1987.

Apêndice A – Questionário Utilizado no Estudo I

Questionário

1. Com que frequência você usa a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula?
 - () Sempre.
 - () Com frequência.
 - () Eventualmente.
 - () Nunca.

2. Como você utiliza a atividade de Resolução de Problemas em sua sala de aula de Física?
 - () Como um exemplo.
 - () Como uma atividade que auxilie a comprovar o conteúdo.
 - () Como uma atividade avaliativa.
 - () Em listas de exercício.

3. Em que momento, durante o desenvolvimento do conteúdo, você utiliza a atividade de Resolução de Problemas?
 - () No início.
 - () Durante a explicação.
 - () Ao final do conteúdo.
 - () Como atividades extraescolares.
 - () Como atividades de verificação de aprendizagem.

4. Você acredita na possibilidade de utilizar a atividade de Resolução de Problemas para auxiliar na construção conceitual no momento de introdução do conteúdo?
 - () Acredito plenamente.
 - () Acredito (mas com algumas dificuldades).

5. Qual a atitude dos seus estudantes mediante a Resolução de Problemas? Quais as dificuldades apresentadas por eles durante essa atividade?

Apêndice B – Sequências Didáticas



**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

*Resolução de Problemas como estratégia didática para
compreensão de conceitos de Física*

Leis de Newton

Sequência didática 1

Renally Gonçalves da Silva

Orientação: Ana Raquel Pereira de Ataíde

Apresentação

Os estudos relacionados ao Ensino de Física indicam, na maioria das vezes, que os problemas utilizados em atividades de Resolução de Problemas não têm relevância para o estudante e apresentam pouco envolvimento com o processo de ensino e aprendizagem de conceitos. Também é possível identificar que, muitas são as propostas que trazem metodologias e abordagens diversificadas que objetivam a melhoria no ensino de conceitos de Física, especialmente no nível da educação básica. Essas atividades, no entanto, precisam ser executadas e ajustadas para que possibilitem o alcance desses objetivos.

A proposta, aqui apresentada, pretende fornecer ao professor de Física do nível médio de ensino, uma sequência didática que promove a utilização de situações-problema em atividades de Resolução de Problemas como elemento facilitador para a construção de conceitos de Física. O tema escolhido para a realização da atividade trata de conceitos relacionados às Leis de Newton, por serem conceitos que geralmente são trabalhados na primeira série do Ensino Médio, a qual está direcionada nossa proposta, e por ser um tema de grande importância para os estudos relacionados à mecânica.

Devemos destacar o fato de que cada sequência didática foi elaborada para alcançar os objetivos descritos em cada atividade, contudo, essa pode ser modificada e adaptada para outras situações que apresentem propósitos diferentes, bem como os problemas e as discussões poderão apresentar modificações diante da realidade de cada sala de aula, nesse viés, fomentando-se a flexibilidade dos métodos didático-pedagógicos empregados em vista da eficácia do ensino da Física para o cotidiano de cada estudante suas comunidades de convivência, especialmente a escolar.

Sequência Didática 1

Tema: Leis de Newton

Número de aulas: 4 aulas (realizadas em dois dias distintos)

Objetivos:

- Compreender a ação da força para iniciar um movimento;
- Compreender o peso como um tipo de força;
- Analisar a distribuição de forças nos dois blocos tanto no repouso quanto no movimento;
- Compreender a relação entre a massa e a força e perceber a existência da força de resistência, o atrito;
- Perceber a relação entre força e aceleração;
- Compreender a relação entre a intensidade da força aplicada e a força de resistência ao movimento.

Conteúdos:

- Conceitos de força,
- Princípio da inércia
- Relação entre força, massa e aceleração.

Público-alvo: Estudantes que cursam o primeiro ano do Ensino Médio regular.

Atividade:

Inicialmente, apresentaremos um experimento de forma demonstrativa, no entanto, com abordagem investigativa, ou seja, a condução de todos os passos dentro do experimento será feita mediante questionamentos verbalmente propostos pela professora, os quais serão descritos no corpo da atividade. A situação-problema tem sua resolução direcionada para a seguinte questão norteadora: O que se deve fazer para o bloco apoiado na mesa entrar em movimento? Os estudantes devem desenvolver a investigação a fim de resolver esse problema. As discussões serão conduzidas no sentido de construir os conceitos relacionados à Lei da Inércia e a Segunda Lei de Newton, relacionando, dentre outras questões, a força e a massa para o movimento de um corpo. Durante toda a atividade, utilizaremos a gravação de áudio, uma vez que as falas expostas pelos estudantes e pela professora, no ato de Resolução

de Problemas, são a base de nossas análises, tanto para a intervenção, como para a avaliação da proposta.

É válido lembrar que esses questionamentos propostos estão sujeitos a modificações, bem como outros questionamentos podem ser realizados frente à atitude dos estudantes diante da situação proposta.

Ao final, será aplicada uma atividade escrita de cunho avaliativo compreendendo os conceitos discutidos durante a realização da proposta. (Apêndice 1)

Atividade Proposta 1

Situação-Problema: Atividade Experimental Proposta

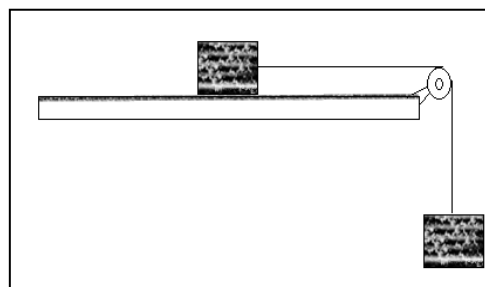
O problema proposto para essa atividade é construído a partir de um experimento simples e de fácil construção e manipulação.

Material necessário:

- Tábua de madeira com 15cm x 50 cm;
- Recortes de cerâmica lisa e crespa com 15 cm x 50 cm;
- Um cubo de madeira maciço;
- Um cubo de madeira oco;
- Uma roldana;
- Um pedaço de fio de náilon;
- Bolas de gude;
- Cola (tipo super Bond).

O esquema do experimento é apresentado na figura 1.

Figura 1: Esquema do experimento



Fonte: elaborada pela autora

A base do experimento é feita com madeira e colado a essa superfície uma rampa em cerâmica, que dará o atrito necessário para o desenvolvimento da atividade. O bloco maciço é colocado na superfície da cerâmica, enquanto que o bloco oco é pendurado por um fio de náilon que passa por uma roldana. À medida que se aumenta o peso do bloco oco, o bloco maciço começa a se movimentar.

É válido lembrar que esse experimento pode ser adaptado ou modificado dependendo dos objetivos que serão propostos.

Em um primeiro momento, a situação se configura por apresentar um pequeno atrito entre o bloco e a superfície. Diante disso, as seguintes questões podem ser apresentadas:

Da maneira que está, o bloco se moverá em algum momento? O que poderíamos fazer para que ele saísse do repouso?

Pretendemos, ao propor esse questionamento, que o estudante seja capaz de compreender que, o bloco só entraria em movimento, se alguma força resultante começasse a agir sobre ele na possível direção do movimento. Essa resposta é gerada de forma intuitiva, pois vem da experiência cotidiana dos estudantes, no entanto, nosso intuito é de que as discussões sejam direcionadas para a construção do conceito de Inércia.

Qualquer força faria ele se movimentar? E se a força fosse aumentada progressivamente, o que aconteceria?

Já iniciada a discussão acerca da ideia de inércia, acreditamos que o estudante possa, a partir desse questionamento, compreender que existe um valor mínimo de força para mudar o estado de repouso do bloco, pretendendo gerar a hipótese da existência de uma força de resistência ao movimento, o atrito. Ao segundo questionamento, os estudantes poderiam responder que ao aumentar a força, o bloco se movimentaria cada vez mais rápido, de modo que se possa construir a relação entre força e a existência da aceleração.

Se a massa do bloco que está apoiado fosse maior, precisaríamos de mais ou menos força para que ele saísse do repouso?

Pretendemos que, depois de serem construídos os conceitos de força e aceleração, seja possível a construção da relação entre a massa do bloco e a força necessária ao seu movimento.

Nosso intuito, a partir da resolução desses três primeiros questionamentos, é o de construir conceitos relativos à Primeira Lei e a Segunda Lei de Newton, entendendo o

conceito como constituído por uma parte teórica, a formulação matemática relacionada e sua aplicação. Diante disso, realizamos outros questionamentos, de modo a consolidar as ideias já formuladas anteriormente.

Em relação a esse experimento, o que precisamos fazer para provocar o movimento?

Diante do experimento, temos como objetivo que o estudante crie estratégias para que o bloco sob a superfície se movimente, afirmando o caráter investigativo da atividade de Resolução de Problemas. Mais uma vez, devido à experiência cotidiana, os estudantes perceberão que o bloco se movimentaria se o outro bloco suspenso tivesse um peso maior. O desafio, é direcionar essa discussão para que o peso seja compreendido como uma força e que há uma relação com a massa do corpo.

Então, o peso é uma força? Ela existe apenas no bloco que está pendurado?

Compreendido o conceito de peso, e afirmado que se trata de uma força, espera-se que os estudantes percebam sua existência em todos os corpos com massa.

Que forças podem existir nos blocos quando estão em repouso?

Nesse momento, temos o objetivo de que o estudante possa fazer a análise de forças atuantes no bloco, bem como criar hipóteses sobre suas intensidades ligadas ao movimento realizado.

Quantas bolas de gude são necessárias para que o bloco apoiado na mesa se mova. Porque menos bolas não o fazem sair do lugar? Algo impede?

Realizando a experiência utilizando as bolas de gude, como material para aumentar o peso do bloco suspenso, indagamos quantas bolas seriam necessárias para que o movimento aconteça. A segunda pergunta pretende consolidar a relação entre força peso e massa, já que colocar menos bolas, ou seja, menos massa, significa diminuir a força peso e consolidar também a atuação da força de atrito existente.

O que acontece se colocarmos mais bolas do que o necessário para iniciar o movimento?

Aqui concretizamos a relação direta entre força e aceleração, quando o estudante percebe que ao aumentar a massa do bloco suspenso, e conseqüentemente a força peso, a aceleração do bloco sob a superfície faz a sua velocidade aumentar.

Realizada a primeira etapa, o experimento é modificado, buscando a melhor compreensão sobre a força de atrito. Para tanto, a superfície será substituída por outra que cause maior resistência ao movimento do bloco, levando os estudantes a analisarem qual a causa da maior dificuldade do movimento nessas condições.

O que foi alterado com a modificação na superfície?

Os estudantes são levados a perceber que a nova superfície é mais áspera, e, portanto, oferece maior resistência ao movimento. Com isso, identificarão que a nova superfície aumenta a força de atrito existente entre o bloco e a mesa.

O bloco entrará em movimento nas mesmas condições? O que será preciso fazer?

Entendendo que a força de atrito é maior que na situação anterior, pretende-se que eles compreendam que para o bloco entrar em movimento, precisa-se de uma força que o puxe, maior que a anterior, consolidando a relação e a distribuição de forças que atuam sobre os dois blocos.

O que podemos afirmar sobre a mudança na superfície e a massa colocada no bloco pendurado?

Aqui, concluímos a relação entre a força peso e a massa. Já que, pretendemos que o estudante seja capaz de perceber que para que o bloco entre em movimento, a força que o puxa seja aumentada, dessa maneira, a força peso do bloco suspenso também deve ser aumentada. Através da resolução das questões anteriores, já que, é claro, que para isso acontecer, precisa-se aumentar a massa do bloco suspenso, tecendo assim essa relação.

Diante do problema resolvido, esperamos que os conceitos da Primeira Lei e da Segunda Lei de Newton sejam construídos através da atividade de Resolução de Problemas proposta, consolidando o objetivo pretendido com esse problema experimental.

Apêndice 1 – Atividade Avaliativa Referente a Atividade 1.

Atividade

1. O que é preciso fazer para o bloco entrar em movimento?
2. Quando colocamos mais bolinhas, o que acontece com o movimento?
3. Qual a relação entre a quantidade de massa colocada no bloco suspenso e a aceleração do bloco apoiado?
4. Quando trocamos a superfície por uma mais áspera, o que acontece? Por quê?
5. Se aumentássemos a massa do bloco apoiado, a mesma quantidade de bolinhas seria suficiente? Por quê?



**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

*Resolução de Problemas como estratégia didática para
compreensão de conceitos de Física*

Leis de Newton

Sequência didática 2

Renally Gonçalves da Silva

Orientação: Ana Raquel Pereira de Ataíde

Apresentação

Os estudos relacionados ao Ensino de Física indicam, na maioria das vezes, que os problemas utilizados em atividades de Resolução de Problemas não têm relevância para o estudante e apresentam pouco envolvimento com o processo de ensino e aprendizagem de conceitos. Também é possível identificar que, muitas são as propostas que trazem metodologias e abordagens diversificadas que objetivam a melhoria no ensino de conceitos de Física, especialmente no nível da educação básica. Essas atividades, no entanto, precisam ser executadas e ajustadas para que possibilitem o alcance desses objetivos.

A proposta, aqui apresentada, pretende fornecer ao professor de Física do nível médio de ensino, uma sequência didática que promove a utilização de situações-problema em atividades de Resolução de Problemas como elemento facilitador para a construção de conceitos de Física. O tema escolhido para a realização da atividade trata de conceitos relacionados às Leis de Newton, por serem conceitos que geralmente são trabalhados na primeira série do Ensino Médio, a qual está direcionada nossa proposta, e por ser um tema de grande importância para os estudos relacionados à mecânica.

Devemos destacar o fato de que cada sequência didática foi elaborada para alcançar os objetivos descritos em cada atividade, contudo, essa pode ser modificada e adaptada para outras situações que apresentem propósitos diferentes, bem como os problemas e as discussões poderão apresentar modificações diante da realidade de cada sala de aula, nesse viés, fomentando-se a flexibilidade dos métodos didático-pedagógicos empregados em vista da eficácia do ensino da Física para o cotidiano de cada aluno e suas comunidades de convivência, especialmente a escolar.

Sequência Didática 2

Tema: Leis de Newton

Número de aulas: 4 aulas (realizadas em dois dias distintos)

Objetivos:

- Compreender a mudança de trajetória por ação da força resultante, através de aspectos vetoriais.
- Compreender a existência da aceleração no movimento da bola, bem como a presença da força de resistência que diminui a velocidade da bola.
- Construir a ideia da existência das forças de ação e reação por meio da situação proposta.

Conteúdos:

- Análise vetorial de forças;
- Força de resistência;
- Conceito de aceleração;
- Terceira Lei de Newton, ação e reação.

Público-alvo: Estudantes que cursam o primeiro ano do Ensino Médio regular.

Atividade:

O professor propõe a resolução da atividade 2, que será de lápis e papel, no entanto, alguns questionamentos problematizadores devem ser verbalmente levantados, buscando uma maior interação dos estudantes com a lição. Destacamos também que mesmo nas atividades escritas, será solicitado aos estudantes que descrevam detalhadamente suas ações diante da situação proposta.

Algumas discussões poderão surgir durante a resolução do exercício, o professor deverá conduzir sua mediação para a construção dos conceitos relacionados à atividade. Para tanto, é importante que o professor conheça bem a proposta e as possíveis negociações conceituais que possam surgir.

Ao final, será aplicada uma atividade escrita de cunho avaliativo compreendendo os conceitos discutidos durante a realização da proposta. (Apêndice 1).

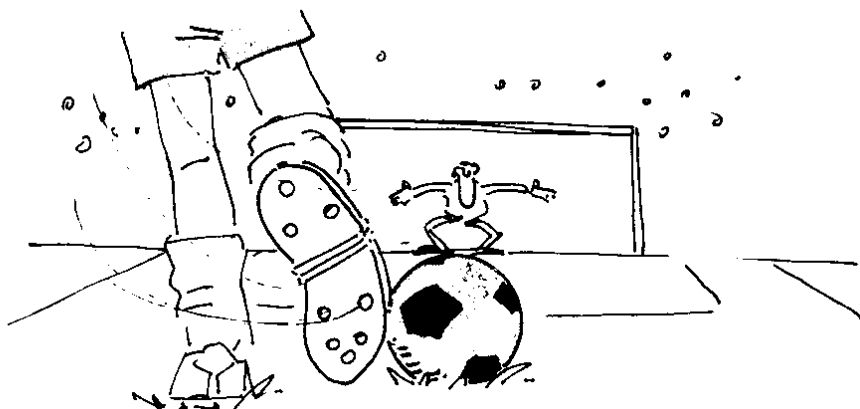
Atividade Proposta 2

A situação proposta para esse momento será de resolução de lápis e papel. Podendo surgir discussões verbais relacionadas.

Situação-problema:

Um jogador de futebol prepara-se para cobrar um pênalti. A bola encontra-se em repouso no ponto indicado, como mostra a figura 2:

Figura 2: Ilustração da situação problema



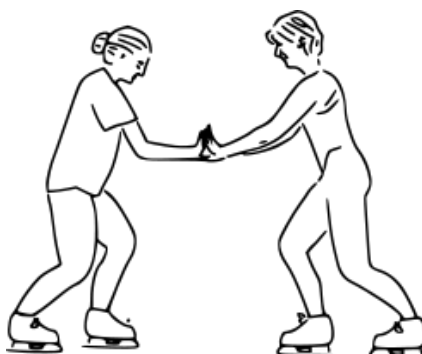
Fonte: GREF. Física 1 – Mecânica. EDUSP, 5ª Ed.

Para que a bola se movimente até o gol é preciso que o jogador aplique uma força através do chute, mas nesse momento, ele sente também no seu pé a ação de uma força. O que pode ter acontecido?

Iniciamos a resolução do problema através do questionamento norteador: No momento do chute, a força está direcionada em que sentido?

Ao realizarmos esse questionamento o estudante, intuitivamente, responderá que a força está no sentido do jogador para a bola. Porém, precisamos identificar os pares de forças ação e reação. Para tanto, usaremos uma figura complementar (figura 3) que nos permitirá discutir de uma melhor forma esses conceitos.

Figura 3: Ilustração complementar sobre Terceira Lei de Newton



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Leis_de_Newton

Na ilustração anterior, se considera duas pessoas em uma pista de gelo, sem atrito. A partir da exibição iniciaremos a discussão, buscando construir os conceitos relacionados à terceira lei de Newton. Os questionamentos, a seguir, servirão de subsídios na construção dos conceitos.

Nesse caso, em que sentido a força está sendo aplicada? Qual das duas pessoas se moverá?

Diante do questionamento, pretendemos que a dúvida sobre o sentido da força seja criada, e com isso, sejam geradas hipóteses e outros questionamentos.

Se apenas uma delas empurra a outra, porque ela mesma se movimenta para trás? De onde vem a força que a empurra para trás?

Com esse questionamento, temos o objetivo de que o estudante comece a pensar na existência de uma força contrária a força que é aplicada, como a reação.

Para consolidar a ideia do par de forças ação e reação, podemos usar outro exemplo, uma luta de artes marciais, quando apenas um lutador aplica a força em um chute, no entanto, sente uma influência do seu chute na sua própria perna. Dessa forma, podemos deixar claro que para uma ação realizada, existe sempre uma reação própria e que esse par de forças atua em corpos diferentes.

Iniciada a construção das ideias, alguns questionamentos serão realizados com o intuito de consolidar os conhecimentos discutidos.

Quais as forças que estão atuando na bola?

O estudante deverá analisar a distribuição de forças atuantes na bola, compreendendo a relação e gerando hipóteses sobre suas intensidades.

Sendo a bola, um objeto tão leve, por que geralmente é necessário um chute tão forte? O que acontece com o movimento?

A consolidação discutida aqui é a da relação entre força e aceleração, pois, mesmo intuitivamente o estudante é capaz de perceber que quanto mais forte for o chute, maior a velocidade alcançada pela bola.

O percurso da bola será o mesmo do momento do chute? Por quê? Se o chute for à longa distância, por que, então, a bola vai perdendo velocidade quando chega mais próximo do gol? Existe algo responsável por isso?

Os estudantes serão indagados com a intenção de compreender a existência da força de atrito, já construída no problema anterior, mas agora a sua atuação é percebida não em superfície, mas atuando no ar. Nesse sentido, consolidar o conceito da força de atrito e qual a sua atuação diante do movimento.

Se é o agente que aplica a força na bola, por que então ele sente também o impacto do chute? Se ele estivesse descalço sentiria mais intensamente esse impacto?

Os conceitos da Terceira Lei de Newton já foram construídos a partir da situação de apoio anterior, no entanto, pretendemos que esse questionamento direcione as discussões para a consolidação dessas ideias, partindo do ponto de que o estudante consiga entender a existência da força de reação.

É válido destacar que essas questões anteriormente propostas podem ser adaptadas, ou mesmo reelaboradas, no próprio decorrer da atividade, diante do encaminhamento da discussão.

Apêndice 1 – Atividade Avaliativa Referente a Atividade 2.

Atividade

1. No problema, porque ao chutar a bola, o jogador sente também em seu pé um certo incomodo?
2. Porque a velocidade da bola diminui no percurso?
3. Destaque as forças existentes na bola na hora do chute.
4. O impacto sofrido pelo pé é menor do que a da bola. Isso significa que as forças de ação e reação são diferentes? Justifique



**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

*Resolução de Problemas como estratégia didática para
compreensão de conceitos de Física*

Leis de Newton

Sequência didática 3

Renally Gonçalves da Silva

Orientação: Ana Raquel Pereira de Ataíde

Apresentação

Os estudos relacionados ao Ensino de Física indicam, na maioria das vezes, que os problemas utilizados em atividades de Resolução de Problemas não têm relevância para o estudante e apresentam pouco envolvimento com o processo de ensino e aprendizagem de conceitos. Também é possível identificar que, muitas são as propostas que trazem metodologias e abordagens diversificadas que objetivam a melhoria no ensino de conceitos de Física, especialmente no nível da educação básica. Essas atividades, no entanto, precisam ser executadas e ajustadas para que possibilitem o alcance desses objetivos.

A proposta, aqui apresentada, pretende fornecer ao professor de Física do nível médio de ensino, uma sequência didática que promove a utilização de situações-problema em atividades de Resolução de Problemas como elemento facilitador para a construção de conceitos de Física. O tema escolhido para a realização da atividade trata de conceitos relacionados às Leis de Newton, por serem conceitos que geralmente são trabalhados na primeira série do Ensino Médio, a qual está direcionada nossa proposta, e por ser um tema de grande importância para os estudos relacionados à mecânica.

Devemos destacar o fato de que cada sequência didática foi elaborada para alcançar os objetivos descritos em cada atividade, contudo, essa pode ser modificada e adaptada para outras situações que apresentem propósitos diferentes, bem como os problemas e as discussões poderão apresentar modificações diante da realidade de cada sala de aula, nesse viés, fomentando-se a flexibilidade dos métodos didático-pedagógicos empregados em vista da eficácia do ensino da Física para o cotidiano de cada aluno e suas comunidades de convivência, especialmente a escolar.

Sequência Didática 3

Tema: Leis de Newton

Número de aulas: 4 aulas (realizadas em dois dias distintos)

Objetivos:

- Calcular forças a partir de análise vetorial.
- Analisar a ação das forças normal e de atrito no movimento.
- Compreender as relações entre a força exercida para o movimento e as forças de atrito da superfície.

Conteúdos:

- Decomposição de forças;
- Análise vetorial de forças;
- Força peso, normal e de atrito.

Público-alvo: Estudantes que cursam o primeiro ano do Ensino Médio regular.

Atividade:

Essa Atividade 3 também será de resolução de lápis e papel, bem assim, para esse problema é necessário que o estudante resolva as questões através das relações matemáticas construídas, a partir das atividades 1 e 2. Além dos questionamentos propostos, outros poderão surgir no momento da realização da atividade, bem como algumas outras discussões. Novamente, o papel do professor nesse momento será de mediador da construção dos conceitos e da resolução dos problemas relacionados, portanto, sua participação é essencial, mas é necessário que ele esteja preparado para a realização da atividade, para que possa conduzir as discussões nesse sentido.

Ao final, será aplicada uma atividade escrita de cunho avaliativo compreendendo os conceitos discutidos durante a realização da proposta. (Apêndice 1)

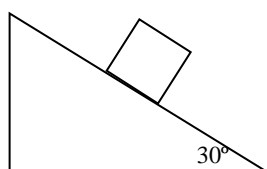
Atividade Proposta 3

A situação proposta para esse momento será de resolução de lápis e papel. Podendo surgir discussões verbais relacionadas.

Situação-problema:

Um bloco de madeira de 20 kg é colocado sobre uma rampa que está a 30° do piso, como mostra a figura 4: Qual a força necessária para o bloco entrar em movimento?

Figura 4: Ilustração da situação problema do plano inclinado



Fonte: Elaborada pela autora.

Os seguintes questionamentos são propostos para discussão e resolução do problema.

É certo que, no instante em que o bloco fosse colocado, desceria pela rampa? O que poderia impedir que o bloco entrasse em movimento?

Esses questionamentos têm como objetivo que o estudante consolide o conceito de força de atrito, compreendendo que mesmo que se trate de um bloco sobre um plano inclinado, o movimento pode ser impedido pela ação da força de atrito.

Quais forças estariam agindo sobre o bloco?

Nesse momento, pretende-se que o estudante compreenda a relação de forças que atua sobre o bloco quando ele encontra-se em repouso sobre a rampa. E ainda, que possa consolidar a compreensão vetorial da distribuição de forças sobre um corpo.

Qual é a força que atuando no bloco poderia provocar um possível movimento?

Pretendemos com esse questionamento que o estudante seja capaz de identificar a componente da força peso, bem como que ela seria responsável pelo possível movimento. Proporcionando ao estudante uma melhor estruturação do conceito de decomposição de forças.

Quanto deveria ser o valor dessa força na iminência do movimento?

A partir dos conceitos e das suas formulações matemáticas já trabalhadas nos problemas anteriores, pretendemos que o estudante seja capaz de estruturar a relação matemática e, partir disso, construir o valor que pretende obter.

Diante dos questionamentos e das discussões realizadas pretendemos que o estudante não apenas conclua a resolução do problema, encontrando através da relação matemática o valor da força, como também possa consolidar os conceitos que já foram construídos, estruturando suas relações com o problema proposto, criando hipóteses de resolução e novas possibilidades em relação a problemas de natureza semelhante.

Apêndice 1 – Atividade avaliativa referente a atividade 3.

Atividade

1. No caso de o bloco apoiado sobre o plano inclinado não iniciar o movimento, quais poderiam ser as causas?
2. Indique, em uma figura, quais as forças estão atuando no bloco em repouso.
3. Em que situações o bloco poderia entrar em movimento?
4. Qual deve ser a força que provocaria o movimento?