

TENSÕES CONCEITUAIS E PROCEDIMENTAIS NOS DISCURSOS DOS ALUNOS DURANTE AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE FÍSICA

CONCEPTUAL AND PROCEDURAL TENSIONS IN STUDENTS' DISCOURSES DURING THE EXPERIMENTAL PHYSICS ACTIVITIES

Luís da Silva Campos

Faculdade Paulista de Ciências da Saúde (FPCS)/proflula@ig.com.br

Mauro Sérgio Teixeira de Araújo

Universidade Cruzeiro do Sul/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/mstaraujo@uol.com.br

Resumo

O conceito de Tensão nos Discursos foi elaborado por Andréia M. P. de Oliveira com base na teoria dos códigos de Basil Bernstein e estabeleceu que as discontinuidades entre os diferentes discursos observados na prática educacional são marcadas pelas contradições, rupturas e dilemas, gerados pelos espaços que separam as categorias de discursos especializados, presentes nas diferentes disciplinas escolares. Essas Tensões tendem a se manifestar durante a realização de atividades experimentais de Física. Dessa forma, esta pesquisa objetivou identificar e caracterizar as Tensões Conceituais e Procedimentais nos Discursos dos estudantes, quando realizam essas atividades, empregando roteiro fechado e estruturado. A metodologia utilizada foi qualitativa e se constituiu em analisar as transcrições dos áudios gravados durante a realização de alguns experimentos no laboratório didático de Física.

Palavras-chave: Tensões nos discursos; Tensões conceituais; Tensões procedimentais, Laboratório didático; Experimentação em ensino de física.

Abstract

The concept of Tension in Discourses was elaborated by Andréia M. P. de Oliveira, who was based on the theory of the codes of Basil Bernstein to propose that the discontinuities between the different discourses present in the educational practice, marked by the contradictions, ruptures and dilemmas, the spaces that separate the categories of specialized discourses present in the different pedagogical disciplines generate Tensions in the students' Discourses during the accomplishment of the educational activities. Our research was carried out to answer the following question: what are the characteristics of the Conceptual and Procedural Tensions that are manifested in students' discourses, when they perform experimental activities in physics, with a structured script. The methodology used was qualitative and was constituted in analyzing the transcriptions of the audios, recorded during the accomplishment of the experiments in didactic laboratory of Physics.

Keywords: Tensions in speeches; Conceptual tensions; Procedural tensions, Didactic laboratory; Experimentation in physics teaching.

Introdução

A expressão Tensão nos Discursos foi apresentada por Oliveira (2010) para identificar nos discursos dos professores a descontinuidade entre discursos já presentes na prática pedagógica e o posicionamento de um novo discurso. Segundo essa autora: “Quando a modelagem é movida, pelo professor, para a prática pedagógica, ocorre um processo de seleção e de organização sobre o que mover e como mover em termos dos discursos já consolidados socialmente na prática pedagógica” (OLIVEIRA, 2010, p. 25).

Durante as atividades experimentais realizadas pelos estudantes, entendemos que existem diversas descontinuidades entre os discursos das disciplinas teóricas, ou seja, Física I, Cálculo I, Geometria Analítica e os discursos das atividades experimentais realizadas nos laboratórios de Química I e de Física I (CAMPOS, 2016). Admitimos que as Tensões nos Discursos manifestadas pelos professores em formação continuada (OLIVEIRA, 2010), e pelos alunos em formação inicial (CAMPOS, 2016), podem ser diferentes em suas origens, mas são geradas pelo mesmo isolamento entre as categorias de discursos especializados (BERNSTEIN, 1990), que mantém as suas especificidades.

Diferentemente da pesquisa realizada por Oliveira (2010), a pesquisa aqui relatada envolveu alunos do 1º ano dos cursos de Engenharias que realizaram atividades experimentais no laboratório didático de Física I (CAMPOS, 2016). Esses estudantes tinham contato com diversos discursos recontextualizados e especializados, com forte isolamento entre suas categorias (BERNSTEIN, 2000), e estudavam as disciplinas citadas antes no mesmo período em que realizavam as atividades experimentais de Física.

Utilizaremos a expressão Tensão nos Discursos para designar as situações em que os alunos manifestavam os dilemas, as contradições, as rupturas, os conflitos e as incertezas decorrentes das situações em que utilizam diferentes discursos recontextualizados, fortemente isolados, como o discurso da Física, do Cálculo, da Geometria Analítica, etc. (BERNSTEIN, 1990, 2000). Durante as nossas intervenções, os aprendizes tinham o intuito de resolver problemas práticos das atividades experimentais de Física, com finalidades pedagógicas. As Tensões nos Discursos surgiram em virtude do isolamento existente entre os discursos especializados, presentes na resolução de um problema experimental, utilizando conceitos provenientes das diferentes disciplinas.

Tendo em vista que as Tensões nos Discursos podem assumir um papel fundamental nos processos de ensino e aprendizagem dos alunos e que a forma com que essas Tensões são enfrentadas pelos estudantes e professores pode favorecer ou dificultar essa aprendizagem, elaboramos a seguinte questão de pesquisa: quais são as características das Tensões Conceituais e Procedimentais que se manifestam nos discursos dos estudantes, quando realizam atividades experimentais de Física com roteiro fechado e estruturado?

A Inspiração na Teoria dos Códigos de Basil Bernstein

Para elaborar o conceito de Tensão nos Discursos, Oliveira (2010) e Oliveira e Barbosa (2011) se basearam em alguns elementos dos trabalhos de Bernstein (1990, 2000). Entre eles, podemos citar a recontextualização pedagógica, que se refere ao processo em que um discurso específico é selecionado e movido de um contexto primário da produção do conhecimento para um contexto secundário, no qual ocorre a reprodução e adaptação desse discurso. Por exemplo, um discurso presente no contexto primário da produção de um conhecimento da Física, quando selecionado e deslocado para um contexto secundário de reprodução, sofre uma grande e complexa transformação, de modo a modificar um discurso original para um discurso adaptado para o contexto educacional. O sociólogo Bernstein (1996, p. 259) nos diz que “nesse processo de deslocação e relocação, o discurso original passa por uma transformação: de uma prática real para uma prática virtual ou imaginária”.

A seleção dos conteúdos, sua sequência e o ritmo com que são trabalhados no ensino não são derivados de alguma lógica interna da Física ou das pesquisas daqueles que trabalham no contexto primário da produção. O processo de ensino-aprendizagem é um fato social, caracterizado pela sua própria lógica interna e com objetivos específicos. As regras de recontextualização regula a sequência dos conteúdos, o compassamento, o ritmo de transmissão das informações e as relações com outros conteúdos pedagógicos, além de regular a teoria de instrução e as teorias de ensino e aprendizagem, das quais as regras de transmissão das informações são derivadas (BERNSTEIN, 1996).

Neste percurso ocorre um fenômeno que faz com que o discurso original seja abstraído da sua base social, posição e relação de poder. As disciplinas escolares como Física, Matemática, Química, etc. contemplam discursos especializados, que foram recontextualizados no momento em que foram deslocados do contexto primário da produção desses conhecimentos para o contexto secundário da reprodução, representando a prática pedagógica (OLIVEIRA, 2010). Os discursos presentes nos livros didáticos, em outros materiais pedagógicos, no Ensino de Física e na prática dos professores de Física, foram movidos do contexto da produção do conhecimento para o contexto da sua reprodução, através do princípio da recontextualização pedagógica.

Os espaços que separam os discursos das disciplinas escolares são chamados por Bernstein (2000) de isolamento. Esse isolamento entre as categorias de discursos especializados, por exemplo, o discurso da Física, da Química, da Matemática, etc., que se manifesta devido aos princípios da divisão social do trabalho. Segundo Bernstein (1990), uma das consequências da divisão social do trabalho é a especialização das categorias. Existe uma clara distinção entre o modo de produção e as modalidades de educação no que diz respeito à materialidade do primeiro e da não materialidade do segundo. Assim, surgem as “Tensões nos Discursos quando há descontinuidades entre os discursos sendo identificadas pelas contradições, rupturas e dilemas por causa dos espaços que separam os ‘discursos especializados’” (OLIVEIRA, 2010, p. 28).

O Papel do Experimento no Ensino de Física

Várias publicações destacam a importância das atividades experimentais para o Ensino de Física, entre elas podemos destacar: Moreira e Levandowski (1983), Ribeiro, Freitas e Miranda (1997), Araújo e Abib (2003), Borges (2002), Barolli, Laború e Guridi (2010), Campos (2010, 2016), Gaspar (2014), Campos, Araújo e Amaral (2014), Camargo Filho, Laború e Barros (2015) e Campos e Araújo (2015).

Ao analisar as funções do laboratório didático de Ciências, Barolli, Laború e Guridi (2010) nos mostram algumas controvérsias, destacando que o laboratório algumas vezes é utilizado como meio de explorar a relação entre a Física e a realidade. Em outras situações, o laboratório é visto como estratégia para desenvolver conceitos e habilidades procedimentais. Existem casos em que o laboratório é entendido como um ambiente para problematizar diferentes domínios do conhecimento, enquanto em outros casos o laboratório é visto como um lugar privilegiado para desenvolver trabalhos em equipe. Há aqueles que defendem o laboratório por ser uma estratégia motivadora para o ensino de Ciências ou como um ambiente cognitivo fértil para aprender os conceitos científicos.

Se por um lado defendemos a importância da integração das atividades pedagógicas de cunho teórico e empírico, por outro entendemos que essa integração talvez não ocorra de maneira imediata e a sua execução talvez não se mostre de forma harmônica. Estes problemas podem decorrer pelo fato de que os professores que trabalham com o ensino da Física tendem a apresentar diferentes concepções sobre o papel da dimensão teórica e experimental no ensino. Os diferentes entendimentos a respeito de como os alunos constroem seus conhecimentos podem produzir um isolamento entre os discursos presentes nas aulas experimentais e nas aulas teóricas, proporcionando o surgimento das Tensões nos Discursos dos estudantes caracterizando o isolamento interno à Física (CAMPOS, 2016), que se manifestam quando os aprendizes realizam as atividades práticas.

As atividades experimentais destinadas à coleta dos dados foram realizadas segundo a concepção de laboratório programado, com roteiros bem detalhados. Isto se justifica pelo fato da maioria dos alunos não conhecer os procedimentos adotados durante as atividades experimentais. Este encaminhamento também foi defendido por Ribeiro, Freitas e Miranda (1997). Estes autores defendem uma gradação das atividades experimentais, visando familiarizar os alunos no manuseio dos equipamentos, no conhecimento prévio e no estilo de pensamento necessário para desenvolver essas atividades. O roteiro estruturado auxiliaria os alunos no início do trabalho, de modo que a diminuição da estruturação se daria progressivamente até sua desejada extinção. Com o propósito de analisar os fenômenos relacionados com a Tensão no Discurso dos alunos durante as atividades experimentais, optamos por utilizar os dados das atividades feitas com roteiros fechados e estruturados, caracterizado como laboratório programado por Moreira e Levandowski (1983).

A Metodologia Adotada na Pesquisa

Segundo Bogdan e Biklen (1994) intervenções utilizando pesquisa qualitativa nas Ciências Sociais se iniciaram nos Estados Unidos na segunda metade do século XIX. No entanto, a utilização desse tipo de pesquisa na Educação é mais recente. Essas abordagens começaram a se desenvolver na década de sessenta do século XX e se solidificaram na década seguinte, com as agências federais de financiamentos americanas manifestando grande interesse por propostas que fizessem usos das intervenções qualitativas com caráter avaliativo.

O pesquisador que realiza uma atividade investigativa e opta pelo método qualitativo deve entender que ele próprio é um instrumento da pesquisa, visto que suas intervenções interferem no objeto pesquisado e que ele utiliza as suas experiências pessoais para interpretar o fenômeno analisado. As principais características da pesquisa qualitativa são: a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador como instrumento principal da coleta de dados; ela é descritiva; a pesquisa se interessa mais pelo processo do que pelos resultados ou produtos; os pesquisadores tendem a analisar seus dados de forma indutiva e nessa abordagem o significado de todos os dados é de importância vital (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Podemos identificar algumas características comuns presentes em todas as investigações qualitativas. Nesse sentido, percebemos que o estudo qualitativo é interpretativo, leva em conta a experiência dos indivíduos que fazem parte dele, está relacionado aos objetos e atividades em contextos únicos. É situacional e personalístico, pois trabalha para compreender a percepção dos indivíduos (STAKE, 2011).

Gostaríamos de deixar claro que a pesquisa foi realizada no mesmo ambiente em que as atividades pedagógicas aconteciam, uma vez que não construímos nenhum artifício com a finalidade específica de coletar dados para nossa investigação. Todas as intervenções realizadas tinham por um lado a finalidade pedagógica e, por outro, visava coletar os dados necessários à nossa pesquisa. Durante a realização das atividades experimentais, o papel de professor e de pesquisador eram simultaneamente desenvolvidos pelo primeiro autor deste artigo.

Separamos os papéis de professor e de pesquisador em diferentes etapas do desenvolvimento desse trabalho, entendendo que ambos são altamente relevantes quando se busca investigar e aperfeiçoar a prática docente. Durante as atividades realizadas, procuramos fazer as intervenções e orientações necessárias para que os alunos pudessem ter o melhor acompanhamento educacional. Quando utilizamos os áudios gravados durante a realização das atividades experimentais, buscamos manter o distanciamento necessário para que a análise das atividades desenvolvidas fosse a mais isenta possível. Sabemos da dificuldade em separar esses papéis quando se trata dos diferentes momentos do desenvolvimento e análise do trabalho. No entanto, quando se analisa a própria prática educacional, essa distinção é necessária para manter a isenção dos dados obtidos nas intervenções pedagógicas.

Tensões Conceituais

As Tensões Conceituais são constituídas de três modalidades, a saber: a) Tensão na utilização dos modelos teóricos da Física; b) Tensão no entendimento e na utilização dos conceitos matemáticos e c) Tensão no significado dos parâmetros físicos envolvidos nas medidas (CAMPOS, 2016). A profunda relação existente entre a Física e a Matemática foi apresentada e discutida nos trabalhos de Pietrocola (2002), Barbosa (2009), Karam e Pietrocola (2009), Campos (2010, 2016), Campos e Araújo (2015), Gaspar (2014), Borges (2002) entre outros.

Em seus trabalhos, Pietrocola (2002) nos mostra que o cientista estrutura seu pensamento na linguagem matemática, refutando a ideia da Matemática ser apenas uma ferramenta para se tornar parte da estrutura de pensamento do cientista. Já para Karam e Pietrocola (2009), Física e Matemática estão relacionadas com a essência do conhecimento científico. Problemas físicos inspiram a criação de objetos matemáticos, assim como conceitos teóricos da matemáticos são interpretados a partir de fenômenos físicos que lhes dão sustentação.

Quando se trata do processo de ensino e aprendizagem, a relação entre a Física e a Matemática não se estabelece dessa forma. Tanto a Física quanto a Matemática são disciplinas singulares, com seus discursos próprios, como mostrado por Bernstein (2003). Nesse sentido, existe uma forte classificação manifestada pelo isolamento dos discursos presentes nessas disciplinas (BERNSTEIN, 1990, 1996, 2000), o que pode provocar Tensões nos Discursos (OLIVEIRA, 2010), em particular quando os estudantes utilizam os conceitos de Cálculo e da Geometria Analítica para resolver os problemas de Física, dando origem às Tensões Conceituais (CAMPOS, 2016).

Característica do Primeiro Experimento

Essa atividade tinha como objetivo de aprendizagem estudar experimentalmente o equilíbrio estático de forças e suas características a partir dos vínculos que agem no sistema; identificar a força resultante e a força equilibrante em um sistema de forças convergentes; determinar analiticamente os parâmetros da situação de equilíbrio estático e determinar o erro percentual entre os resultados experimentais e analíticos de situações em que o equilíbrio estático era verificado.

Durante a realização desta experiência, os estudantes precisavam determinar os valores de duas forças que colocavam um sistema de três forças em equilíbrio, conhecendo os ângulos entre as mesmas. Para a realização desse experimento os alunos dispunham de uma mesa de força, corpos com massas identificadas, suportes e uma balança digital. A figura abaixo nos mostra a montagem desse experimento. Uma atividade experimental semelhante a essa foi proposta por Peruzzo (2012) e Gaspar (2014), com o objetivo de verificar a aplicação da primeira lei de Newton para a situação de equilíbrio estático de partículas.

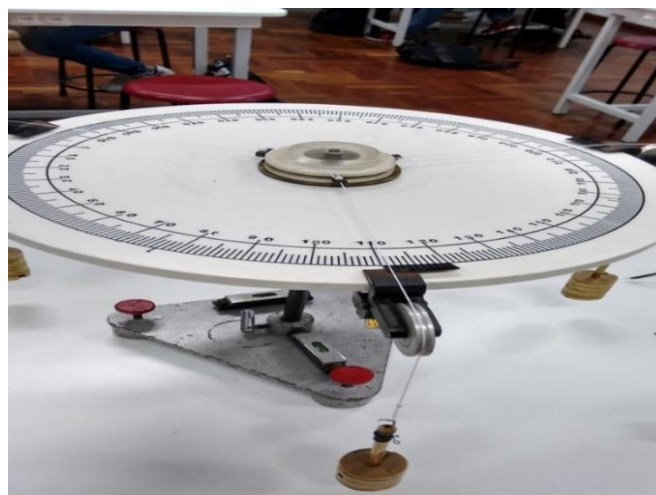


Figura 1 – Mesa de forças. Fonte – Produzida pelos autores deste artigo.

Para determinar os valores das forças envolvidas, os alunos deveriam construir um diagrama de corpo livre (DCL) do nó, localizado no centro da mesa de forças, indicar um sistema de eixos coordenados com os ângulos envolvidos e determinar analiticamente os valores das forças como mostrado na figura seguinte.

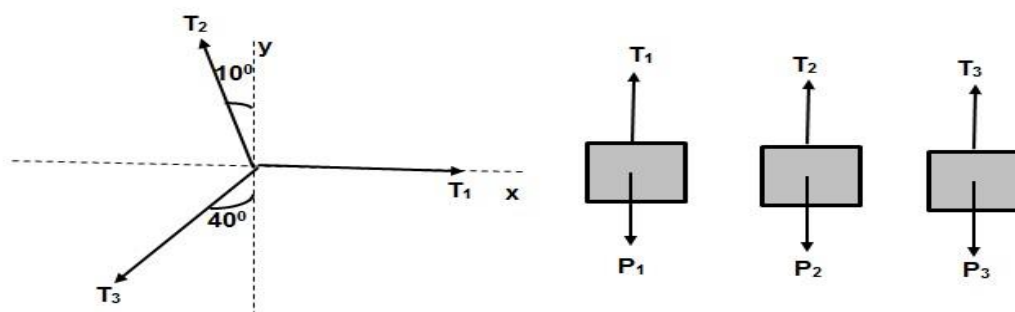


Figura 2 – DCL do nó e dos pesos. Fonte – Produzida pelos autores deste artigo.

Percebemos que os blocos e o nó estão em equilíbrio e que as forças que atuam no nó são convergentes. Utilizando a primeira condição de equilíbrio, a qual diz que se a somatória de todas as forças externas que atuam em um objeto for nula, ele se encontra em equilíbrio de translação, verificamos que essa condição foi suficiente para manter os objetos em repouso. Utilizando o valor de T_1 igual a 1,03 N (valor da força que corresponde ao peso da massa de 105 g, sugerida para ser usada no bloco de massa m_1), a massa m_2 deveria valer aproximadamente 105 g e a massa m_3 seria de aproximadamente 135 g.

Tensões Conceituais no Primeiro Experimento

Os alunos do grupo G_3 precisaram inicialmente de esclarecimento do professor, para entender quais eram os dados que eles dispunham e o que deveriam calcular para comparar com os valores obtidos ao longo do experimento. Percebemos que a interação com o professor só aconteceu nesse momento. Quando os alunos realizaram as

operações matemáticas, percebemos uma grande interação entre eles, no entanto apenas um aluno dizia o que deveria ser feito, enquanto os seus colegas não discutiam e nem o questionavam quando ele mandava seus amigos fazerem as operações matemáticas nas calculadoras. Utilizamos parte da transcrição do áudio gravado durante a atividade, que nos mostra a interação do professor com os alunos desse grupo.

___ Não... é porque pra mim era tudo experimental, vou fazer de novo, dá a borracha... a gente vai ter que fazer tudo de novo... são 3 forças que ele quer saber, quer dizer, são duas forças que ele quer saber (A_2G_3).

___ E aí meninos, como é que estamos (professor)?

___ Professor, ele quer saber o F_2 também né (A_2G_3)?

___ F_2 e F_3 (professor).

___ Mas ele só tem duas... ah, ou ter duas equações e duas incógnitas, não, mas eu vou ter o [ângulo] teta também (A_2G_3).

___ Os ângulos teta 1, teta 2 e teta 3 você conhece ué. Olha para os dados no seu relatório (professor).

___ Ah entendi... Os ângulos já "tão" determinados (A_2G_3).

Vale ressaltar que os alunos apresentaram separadamente os sinais das componentes x e y das forças corretamente. No entanto, no momento de realizarem as operações algébricas eles confundiram os sinais, o que provocou o erro nos valores das forças envolvidas e das massas que deveriam determinar. O trecho da transcrição apresentado a seguir nos mostra a interação dos alunos durante o momento da realização da atividade e as operações matemáticas que eles executaram.

___ Então é isso que a gente errou (A_2G_3).

___ Vai ter que apagar tudo (A_1G_3)?

___ Ah, mais é rápido (A_2G_3).

___ A gente não vai terminar tudo (A_3G_3).

___ Lógico que vamos... é só calcular o erro, é rápido (A_2G_3).

___ Não é só calcular o erro, tem o experimento 2 (A_3G_3).

___ Faz $230 - 80$ (A_2G_3).

___ 150 (A_1G_3).

___ Calma aí, aqui é 100... aqui é 100... pera aí... aqui é 230, certo? Se aqui é 230, então aqui fica 90, 10, 230 (A_2G_3).

___ 230 (A_3G_3).

___ Aqui é 80, aqui vai ser 10 também, tá 230... 230, calma aí, aqui é 100 né, aqui é 10, aqui é 80... 80, faz 230 menos 80 (A_2G_3).

___ Dá 150 (A_1G_3).

___ Dá 150 vezes 10, nossa impossível... ah não, nossa, "tava" fazendo errado, 230 é daqui até aqui. Isso aqui ó é 230, aqui é 10 e aqui é 80, faz isso daqui até aqui 180 (A_2G_3).

___ Agora tem que colocar seno e cosseno (A_1G_3)?

O comportamento do aluno que direcionou as atividades a serem realizadas não facilitou a aprendizagem dos seus amigos. Talvez esta atitude tenha impedido que seus colegas discutissem mais profundamente para entender quando as componentes das forças no eixo x possuíam valores negativos e quando estas componentes teriam o valor positivo, assim como os sinais das componentes das forças no eixo y, na hora de igualar a somatória das forças a zero, para determinar os valores de F_2 e F_3 . O aluno A_2 continuou direcionando as atividades como nos mostra a transcrição a seguir.

___ F_2 , então aqui vai ser 1,02... isso é x , isso é y aí vai dar... seno de 50... F_2 vezes seno de 50... faz seno de 50 dividido por cosseno de 10 (A_2G_3).

- ___ 0,77 (A_1G_3).
- ___ Aí aqui dá 1,020 mais 0,77 x F_3 cosseno de 10... faz 0,77 vezes cosseno de 10 (A_2G_3).
- ___ Só? 0,13 (A_1G_3).
- ___ Mais cosseno de 50... (A_2G_3).
- ___ 0,64 (A_1G_3).
- ___ Tem que somar (A_3G_3)?
- ___ 1,02 dividido por 0,77 (A_2G_3).

___ 1,32 (A_1G_3).

- ___ 1,32 newtons, agora faz 1,32 vezes 0,77 (A_2G_3).
- ___ 1,01 (A_1G_3).
- ___ F_2 vai ser, agora faz 1,01 vezes 10 (A_2G_3).
- ___ 0,17... você não errou não né (A_1G_3)?
- ___ Calma, eu invertei o... F_{2x} vai ser. É eu invertei o valor (A_2G_3).
- ___ Se inverteu é só “desinverter” (A_3G_3).
- ___ É só que ... pronto agora foi, então... cala aí cara (A_2G_3).

Essa interação que não abre espaço para o questionamento impede que os colegas opinem. Assim, o comportamento de não dar a devida atenção para as dúvidas de seus parceiros acaba não contribuindo para a aprendizagem de quem ordena, muito menos dos seus colegas. As Tensões Conceituais que observamos durante essas atividades estão associadas com a diferença da linguagem horizontal e vertical (BERNSTEIN, 2000), uma vez que trabalhar com soma de vetores não é um processo cotidiano. O isolamento dos discursos da Física e da Geometria Analítica esteve presente uma vez que os conceitos de vetores faziam parte dos conteúdos dessas disciplinas.

Analisando a transcrição a seguir do áudio gravado durante a aula, percebemos que os alunos do grupo G_1 discutiram bastante no momento em que calculavam os valores das trações nos fios que colocavam o nó em equilíbrio. Percebemos também que inicialmente eles utilizaram os valores das massas obtidas experimentalmente para determinar as trações nos fios. Nesse caso, o erro percentual entre os valores medidos e calculados seria zero, visto que eles só usaram os valores medidos, sem calcular quais deveriam ser os valores teóricos das massas m_2 e m_3 que colocariam os objetos em equilíbrio.

- ___ Você pôs as referências (A_2G_1)?
- ___ A gente tem que calcular né, F_x e F_y , não é melhor a gente calcular antes de fazer aqui (A_1G_1)?
- ___ Como que calcula isso mesmo A_1 ? Mas é melhor mesmo (A_3G_1).
- ___ É o que a gente fez na última aula. O F_1 , tá no ângulo 0 grau (A_1G_1).
- ___ É, o F_1 tá no zero, não ele “ta” no 0 graus, só que só tem um x , ele “ta” assim ó (A_2G_1).
- ___ Então só tem um x (A_1G_1).
- ___ Esse aqui vale 0, e esse aqui vale ele... qual que é a tração dele (A_2G_1)?
- ___ “Perai”, F_{y1} é igual a 0 (A_1G_1).
- ___ Porque ele só “ta” no x (A_2G_1).

- ___ Então o F_x é do experimento 1 né? Vai valer (A_1G_1).
- ___ É do experimento 1 (A_2G_1).
- ___ 1,036, e o F_{2x} vai “tá” no ângulo de 100° vai ser 10^0 aqui, do cateto oposto, vai ser seno de 10^0 (A_1G_1).
- ___ O x , ó, 1,03 vezes seno de 10, vai dar, 0,176, o que era mesmo? Algoritmo significativo ou casas decimais A_3G_1)?
- ___ A.S. (A_2G_1).
- ___ 230, ou 130 (A_3G_1)?
- ___ Ó vai ficar 1,759 o valor de x e F_{2y} é vezes cosseno de 10^0 , vai dar 0,998, mas gente olha, pensa comigo, aqui tá no 100, e ó tá no 90^0 certo? 10^0 grau pra cá, então o cateto oposto é o x (A_1G_1).
- ___ Calma aí, você usa o seno no x (A_2G_1)?

___ Não, aqui ó, ele andou 10° , usando o ângulo 10° , cateto oposto vai dar aqui, vai dar x. Então, o seno é o x mesmo, “tá” certo né? O outro é o que mesmo? É, ele “tá” no 230° , então 180° mais 50° , vai “tá” no 50° (A_1G_1)

___ Terceiro quadrante (A_2G_1).

___ Então o cateto oposto vai ser no x também (A_1G_1)?

___ Mesmo se você usar esse 50° , o cosseno vai ser F_{3x} (A_2G_1).

___ Vezes cosseno de 50 né? Não, vezes seno de 50 (A_1G_1).

___ Não, o x é cosseno (A_2G_1).

___ E o y é o que (A_3G_1)?

___ Gente, 1,369... Não. O certo é 1,349... gente ... Ó professor, aqui, no gráfico, a

gente precisa colocar os valores. É só a gente desenhar, não precisa ficar certinho (A_1G_1)?

___ Você não colocou o sinal né (A_2G_1)?

___ Os ângulos, você que escolhe se achar que deve colocar os ângulos, então coloque. (Professor).

___ É, então terceiro quadrante é tudo negativo, então vai dar -0,867 (A_1G_1).

___ O resto é tudo positivo (A_2G_1).

___ Não (A_1G_1).

___ É (A_2G_1).

___ Não olha aqui (A_1G_1).

___ Só o f_3 que é tudo negativo, o resto é tudo positivo (A_2G_1).

___ O F_2 “tá” com o x negativo, olha ai. (A_1G_1).

Observando os dados utilizados pelos alunos, percebemos que eles estavam utilizando os valores das massas m_2 e m_3 obtidos experimentalmente para determinar as forças F_2 e F_3 . Imediatamente o professor chamou a atenção para que os estudantes determinassem analiticamente os valores das forças F_2 e F_3 e das massas m_2 e m_3 . Estas intervenções foram importantes no sentido de direcionar os cálculos necessários para a determinação analítica das grandezas que deveriam ser conhecidas.

Nas disciplinas de Matemática, especialmente na Geometria Analítica, os aprendizes resolviam problemas envolvendo a decomposição de vetores. No entanto, devido à especificidade do discurso presente no laboratório didático de Física e o consequente isolamento destes discursos, os alunos não conseguiram associar diretamente os conceitos estudados na Geometria Analítica com os problemas presentes na atividade experimental (CAMPOS, 2016).

É importante observar que durante a realização das atividades experimentais, os estudantes deste grupo interagiram entre si e com o professor, de maneira efetiva, para que os problemas experimentais que eles estavam enfrentando pudessem ser resolvidos da maneira mais correta possível. Em um dado instante, o professor percebeu que necessitava de uma intervenção mais direta para que os alunos conseguissem resolver o problema que enfrentavam, como nos mostra a transcrição apresentada a seguir.

___ Deixa eu perguntar uma coisinha pra vocês, já estão colocando os valores de F_{2x} , F_{3x} , F_{2y} e F_{3y} (Professor)?

___ Isso (A_1G_1)?

___ De onde vocês tiraram F_2 e F_3 (professor)?

___ Dos que a gente achou, das forças que a gente achou (A_1G_1).

___ Foi daqui que vocês pegaram F_2 e F_3 ? Se vocês usaram esses dados aqui que

vocês mediram, não tem o que calcular, vocês já têm F_2 e F_3 (professor).

___ Mas não tem o x e o y (A_2G_1).

___ O que ele quer? Coloca as condições de equilíbrio a partir do DCL, calcular o F_2 e acha o F_{2x} e F_{3x} , você não vai usar esses número que estão na tabela, senão “tá” fácil demais (professor).

___ Como assim? O que é pra gente fazer então (A_1G_1)?

___ Faça de conta que você não saiba o valor de F_2 , e nem o valor de F_3 , que as únicas coisas que você sabe, são F_1 e os ângulos. Você vai calcular o F_2 e F_3 , com eles F_{2x} e F_{3x} , quando você for fazer os cálculos, você vai fazer de conta que não sabe F_2 nem o F_3 (professor).

___ Mas aí não vai dar certo, porque tem um monte de incógnita (A_1G_1).

___ Não, você vai ter duas equações. Uma do eixo x, outra do eixo y e duas incógnitas (professor).

___ “Tá”, aí eu faço com o valor 105,9, que ele deu aqui (A_1G_1).

___ 105 g é a massa que vai dar origem a força F_1 , que você vai usar. Esse valor é dado pra você fazer as contas, você precisa de dados e de variáveis, quais são seus dados? F_1 , os ângulos 0^0 , 100^0 e 230^0 . Quem você quer descobrir? F_2 e F_3 . Você não pode

partir dos valores que você tem que calcular (professor).

___ Mentira, entendi tudo, vai ter que igualar tudo a 0 (A_1G_1).

___ F_{1x} é igual F_{2x} mais F_{3x} , F_{3y} igual F_{2y} , F_{3y} (A_2G_1).

___ “Pera”, F_{y2} é igual a menos F_{y3} , não é (A_1G_1)?

___ Eles tem que ser iguais para se equilibrar, F_{2y} tem que ser igual a F_{3y} (A_2G_1).

___ F_{2y} é menos F_{3y} (A_1G_1).

___ Igual, então, por isso que eles têm que ser iguais, depois a gente anota o sinal, igual o F_{2x} e F_{3x} ... é isso (A_2G_1)?

___ É isso! Desde que você use o F_1 (professor).

___ A partir daqui a gente coloca... (A_1G_1).

___ Se você descobrir os F_x e F_y , você acha F , aí você acha as massas (professor).

Os estudantes confundiram a maneira de decompor as forças e por isso encontraram valores muito diferentes daqueles que foram medidos para as massas. Estas dúvidas, angústias e incertezas apresentados pelos alunos, que caracterizam as tensões conceituais nos discursos dos estudantes, estão associadas com o isolamento dos discursos das disciplinas singulares, no caso a Física e a Geometria Analítica (BERNSTEIN, 2003).

Entendemos que nas situações cotidianas os alunos normalmente não trabalham com grandezas vetoriais como ocorreu nesta atividade experimental. O distanciamento dos discursos horizontais, representados pelas situações cotidianas, em relação aos discursos verticais, discursos estes presentes no laboratório didático de Física (BERNSTEIN, 1999, 2000), também contribuiu para o surgimento das tensões conceituais presentes nos discursos dos alunos deste grupo, como discutido por Campos (2016).

Inicialmente os alunos do grupo G_4 precisaram de uma forte interferência do professor, para descobrirem quais eram as variáveis e quais os valores eles deveriam utilizar em seus cálculos. Analisando o áudio gravado durante a aula, percebemos que a ajuda do professor foi essencial para que esses aprendizes pudessem resolver os problemas experimentais, sendo de fundamental importância para perceberem quais eram as incógnitas e quais os dados do problema.

O direcionamento das soluções matemáticas, de forma incisiva por parte do professor, se fez necessário quando o docente percebeu que os problemas que os alunos estavam enfrentando não seriam resolvidos apenas com os questionamentos a respeito das componentes das forças. As interações entre os estudantes não se mostraram eficientes para que pudessem resolver sozinhos os problemas experimentais, advindos

das atividades práticas realizadas no laboratório didático de Física. Apresentamos a transcrição a seguir que nos mostra a interferência do professor.

___ A gente fez mais ou menos igual estava o exemplo, a gente pegou aqui que era o eixo x, então vai ter o x do T_1 vai ser igual a 0, aí a gente pegou esse aqui, o T_2 (A_3G_4).

___ E o T_{3x} ? Só que o T_{3x} tem que ser negativo né, então aqui tem que ser negativo, agora no y, esse pra baixo é negativo e os que estão pra cima são positivos, agora você tem que escrever tudo que é T_{2x} , T_{3x} , T_{2y} , T_{3y} como sendo T_2 e T_3 cosseno e seno dos ângulos né, escolhe qual ângulo você vai trabalhar e escreva tudo em função dos senos e cossenos (professor).

___ Mas os ângulos que eu trabalho, eu não tenho que achar (A_3G_4)?

___ Vejam qual o ângulo entre T_1 e T_2 . É 100 graus né? Se daqui até aqui tem 90°, que ângulo é esse aqui? Então esse daqui é 10°. Você sabe o valor que você vai trabalhar, esse ângulo todo até o T_3 quanto vale? 230° se tudo dá 270°, quanto da aqui? 40° certo? Aí com esse ângulo que você acabou de descobrir, você calcula, você escreve o T_2 e o T_3 . São duas equações e duas variáveis (professor).

___ Eu substituo essa força 2 aqui (A_3G_4)?

___ Não. O que você "tá" calculando é o valor teórico de F_2 . Você vai calcular F_2 e F_3 e não substituir pelo valor que você mediu (professor).

___ Mas aqui eu vou ter problemas (A_3G_4).

___ Não. O T_1 você substitui pelo valor que está no seu relatório, mas o T_2 e o T_3 não. Você vai ter que calcular o T_2 e o T_3 (professor).

___ Tipo, que valor eu uso, não faz sentido, não faz sentido, que valor eu uso? Eu substituo o T_2 por esse não é (A_3G_4)?

___ Não, não. Esse aqui é o valor experimental, esse aqui é o valor teórico (professor).

___ Então como eu vou achar tudo isso (A_3G_4)?

___ Você não sabe o valor de tudo isso, você vai calcular o valor de tudo isso. $\cos 10^\circ$ não é número? $\cos 40^\circ$ não é número? Então aqui você tem um número, um número para calcular os valores de T_2 e T_3 . Duas equações e duas variáveis. Veja se o sinal "tá" certo, "tá"? Monta o sistema de equações e resolvam (professor).

___ A gente vai ficar aqui duas equações (A_3G_4).

___ Vai, vamos que a gente faz a conta rapidinho (A_2G_4).

___ "Tá", então aqui vai ficar $T_2 - 0,98 - T_3 \cdot 0,77$ igual a quanto a zero (A_1G_4)?

___ Faz por substituição, não? $T_2 = T_3 \cdot 0,77 / 0,98$... Então aqui T_3 ... vezes 0,77 sobe 0,98 + $T_3 \cdot 0,64$ igual a 1,019... Faz essa conta aqui (A_3G_4).

Vimos que os estudantes desse grupo interagiram durante a realização das atividades e as dúvidas que cada aluno apresentava era compartilhada com seus colegas e discutidas no momento de propor as soluções. Notamos que as tensões apresentadas pelos estudantes desse grupo estão associadas com a descontinuidade dos discursos horizontal e vertical (BERNSTEIN, 2000) e com o isolamento dos discursos das disciplinas singulares de Física e Geometria Analítica (BERNSTEIN, 2003).

Os alunos do grupo G_2 também utilizaram inicialmente os valores das massas que tinham obtido experimentalmente para calcular as componentes das forças que estavam presentes no fio que colocava o nó em equilíbrio. O professor chamou a atenção dos alunos para que eles calculassem os valores das forças envolvidas a partir do equilíbrio dos blocos e do nó para depois determinarem os valores das massas que possibilitavam o equilíbrio desses corpos, como nos mostra a transcrição a seguir.

___ Vamos lá meninas, onde você achou... Qual o valor de F_2 que você usou pra fazer isso? Para fazer as contas F_{2x} e F_{3x} qual o valor de F_2 que você usou (professor)?

___ Esses aqui (A_1G_2).

___ Você não calculou nada, você "tá" usando o valor experimental (professor).

___ Mas é isso que eu quero saber, qual o valor que tem que usar (A_1G_2)?

___ O que você vai descobrir é o F_2 e o F_3 . É um problema que você conhece o F_1 , que é dado no problema né. Você conhece os 3 ângulos e você vai descobrir, calcular F_2 e F_3 (professor).

___ Ah, como faço isso (A_1G_2).

___ Com o valor da tração em cada fio. Não é com o peso que você já mediu (professor).

___ Por que a tração? Como é que é isso (A_1G_2)?

___ Isso aqui está errado, você não dividiu por mil a massa, então para você calcular o peso, a massa tem que estar em kg, tem que pegar o valor, dividir por mil, refaça essa conta. Você faz de conta assim. Olha pra esse DCL, você não conhece o T_2 e não conhece o T_3 , você conhece o T_1 e conhece os ângulos. Dá pra descobrir o T_2 e o T_3 , usando as condições de equilíbrio. Tem duas forças desconhecidas e você sabe que está em equilíbrio. Dá pra você descobrir essas forças (professor)?

___ Unhum (A_1G_2).

___ Então tenta calcular, depois que você calcular o T_2 e o T_3 aí você vai se preocupar com o T_{2x} , e o T_{3x} . (professor).

___ Eu calcularia os valores pelo peso né (A_2G_2).

___ Eles estão em equilíbrio (A_1G_2).

Os alunos desse grupo mostraram grandes conflitos, dilemas, dúvidas e angústias no momento de decompor as forças nos eixos coordenados, de como utilizariam os senos e cossenos dos ângulos envolvidos e na definição dos sinais das componentes dessas forças. Eles discutiram muitas vezes para calcular os valores das forças envolvidas, porém as soluções apresentadas dentro do grupo não pareciam adequadas e eles utilizaram o valor errado das massas envolvidas. Apresentamos a seguir estes conflitos manifestadas pelos estudantes.

___ A gente devia ter o T_1 , o y do T_1 ... Ah tá, é 0 né (A_1G_2)?

___ E o T_1 é igual ao que (A_3G_2)?

___ T_1 , isso aqui (A_1G_2).

___ Mas ele não é igual mais nada (A_3G_2)?

___ Não, porque ele está pra cá, então "é" forças opostas, como se estivesse aqui ó, esse aqui, esse e esse, esse aqui, tem que compondo, mas meio de cabeça está vendo, agora o y. T_2 vezes... (A_1G_2).

___ Sim (A_3G_2).

___ Quanto é $\cos 10^\circ$ (A_1G_2)?

___ 0,98 (A_2G_2).

___ $\cos 60^\circ$ (A_1G_2).

___ 0,86 (A_2G_2).

___ Qual a gente substitui? 0,5 x 0,98.. Não.... Como que faz essa conta velho (A_1G_2).

___ 0,98 divide por quanto (A_2G_2)?

___ 0,86 (A_1G_2).

___ Vezes meio né? Quanto deu isso? 0,57? Mais 0,17... Divide por isso aqui (A_2G_2).

___ Divide por quanto? Mano, deu um número muito pequeno (A_1G_2).

___ "Puts", cadê o T_1 (A_3G_2).

___ Ferrou, já era (A_1G_2).

___ Mas você fez do jeito certo agora, isso aqui é a somatória não é (A_3G_2)?

___ Unhum (A_2G_2).

___ Então a somatória é pra achar 0 (A_3G_2)?

___ Multiplica por mil o valor... A gente já chegou nesse número (A_1G_2).

___ 1,02 (A_2G_2).

___ É, acabou... 18 dividido por 1000 (A_1G_2).

___ O que que ele falou (A_3G_2)?

___ A gente é muito cabeçação (A_1G_2).

___ O que a gente fez de errado desta vez (A_3G_2)?

As Tensões manifestadas pelos alunos se deram no momento de decompor os vetores e de atribuir corretamente os sinais das suas componentes (CAMPOS, 2016). Essas Tensões estão associadas às diferenças dos discursos horizontal e vertical

(BERNSTEIN, 1999, 2000), visto que nas situações cotidianas não é comum os estudantes terem que decompor vetores para somar suas componentes. Outro fator importante é a diferença entre o discurso da Geometria Analítica, do Cálculo e da Física, visto que essas disciplinas singulares (BERNSTEIN, 2003) trabalham com o mesmo conceito de vetor. No entanto, os estudantes investigados apresentaram grandes dificuldades em utilizar estes conceitos para solucionar um problema de origem prática. Os alunos do grupo G₅ também necessitaram do auxílio do professor para descobrirem quais eram os valores informados em seus relatórios e quais valores eles deveriam calcular. A grande dificuldade apresentada por esses alunos foi na compreensão de como decompor as forças nos eixos x e y e como utilizar as componentes para garantir o equilíbrio dos corpos, como apresentamos na transcrição a seguir.

___ Professor, tipo, aqui a gente sabe que tudo vai dar zero não é (A₃G₅).

___ Soma das forças tem que ser zero (professor).

___ Então pra descobrir o F₂, a gente fez $F_{2x} = F_2 \cdot \text{sen}10^\circ$ (A₃G₅)?

___ Mas de onde você tirou isso (professor)?

___ Vezes Sen10... Mas a gente não sabe nem o F₂ o comprimento do F₂.

___ Você não vai achar as forças de cara assim. Você falou que a somatória das forças é igual a 0, então escreva a somatória dos F_x = 0, ou seja, a soma de F_{2x}, F_{3x} e F_{1x} = 0 e a soma de F_{1y}, F_{2y} e F_{3y} = 0. Cada vez que você for fazer F_{2x} você vai fazer F₂ vezes seno do ângulo e F_{2y} como sendo F₂ vezes cosseno do ângulo. No final você vai ter duas variáveis e duas equações, tem que montar a condição de equilíbrio para o eixo x,

somatória das forças em x igual a 0 e a somatória das forças em y igual a 0. Aqui você vai ter uma equação, aqui você vai ter outra equação com duas variáveis e duas equações (professor).

___ Você entendeu (A₁G₅)?

___ Mais ou menos (A₃G₅).

___ Entendi um pouco, isso que a gente fez aqui... (A₁G₅).

___ Não. Isso "tá" certo. Olha o F_x,... perai a somatória F_x é igual F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} tem que dar zero (A₃G₅).

___ A gente fez isso "pro" F₂ a gente tem que fazer pro F₁ e "pro" F₃ também (A₁G₅).

___ O F₁ a gente sabe que é 1,04 né? Mas o F₂ que é F₂ vezes sen10° mas... Se a gente substituir aqui ó, e colocar por exemplo o F₃ em evidencia, tipo isolar o F₃ por exemplo (A₃G₅).

Após as intervenções do professor, os alunos começaram a fazer os cálculos para determinar os valores das forças envolvidas no experimento. Percebemos que os alunos interagiram o tempo todo e cada passo que um estudante dava era acompanhado por seu colega (CAMPOS, 2016). Essa interação é muito importante para que os estudantes possam aprender um com o outro. Assim, ora um aluno se apresenta como o parceiro mais capaz e em outro momento seu colega desempenha esse papel, como mostra a transcrição a seguir.

___ A gente tem que achar o F₂ e o F₃ né (A₁G₅).

___ Está fácil ó, tipo, o F₂ vale. Ué. Perai mas ele tem que alguma coisa, não sei... Tipo, ele não sabe quanto que é o F₂, então não dá pra saber o quanto ele vale em x e y e nem quanto vale o comprimento dele, não dá pra saber o comprimento dele (A₃G₅).

___ O F₁ a gente tem não tem (A₁G₅)?

___ Tem (A₃G₅).

___ Quanto que é o F₁? O F₁ de x a gente tem que ter e F₁ de y é 0 (A₁G₅).

___ É isso? Simples assim? O F₁ é 0 em y... Perai, o F₁ eles colocaram quanto? 1,03? Então aqui fica 1,03? É isso? É em newtons que ele "tá" aqui? newton é quilograma vezes por metros por segundo ao quadrado... Aqui fica 1,03 é isso (A₃G₅)?

___ Tem que achar o F_2 e o F_3 (A_1G_5).
 ___ “Tá”. A gente sabe que $F_1 + F_2 + F_3 = 0$ certo (A_3G_5).
 ___ Certo (A_1G_5).
 ___ Então... Por exemplo se a gente quiser achar o F_2 (A_3G_5)?
 ___ Isso aqui tem que dar 0... A gente tem só o F_1 (A_1G_5).
 ___ Só F_1 . Pra descobrir o F_2 em x, ele quer o F_2 em x né, F_{2x} , vai ser $F_2 \text{Sen}10^\circ$ né (A_3G_5).
 ___ Ah “tá”, por causa disso aqui (A_1G_5).
 ___ Unhum. Tá e ai como que fica (A_3G_5)?
 ___ Vai ter que perguntar porque não “tô” entendo (A_1G_5).
 ___ Porque ai ficaria $F_2 + F_3 - F_1 = 0$ certo (A_3G_5)?
 ___ É (A_1G_5).

___ Não é?... Se isso aqui for igual a 0 por exemplo ai fica $F_{3x} + F_{2x} - F_1 = 0$ não é e $F_{2y} - F_{3y} = 0$ também (A_3G_5)?
 ___ É, vamos, tipo, tentar fazer isso (A_1G_5).
 ___ Então, ai fica aqui. Fica mais F_1 é $1,04 - F_2 \cdot \text{Sen}10^\circ - F_3 \cdot \cos 50^\circ = 0$ entendeu porque (A_3G_5)?
 ___ Calma, o F_{2x} seria menos $-F_2 \text{Sen}10$ é isso (A_1G_5)?
 ___ Isso (A_3G_5).
 ___ Então aqui seria menos também, tem que mudar o sinal de tudo (A_1G_5).
 ___ Igual a 0, não, eu substituí isso aqui, o F_{3x} é negativo, eu “tô” fazendo na fórmula de novo, entendeu (A_3G_5)?
 ___ Sim, só que ai tipo, é menos aqui não é (A_1G_5)?
 ___ Unhum (A_3G_5).

É possível perceber que as intervenções do professor com os alunos apresentaram menor grau de importância, quando comparada com a interação entre os alunos, na busca da solução desse problema experimental. Inicialmente o docente observou que os alunos desse grupo não conseguiam calcular sozinhos os parâmetros envolvidos nesse experimento, sendo necessária uma maior intervenção para direcionar as atividades a serem realizadas (CAMPOS, 2016). A partir deste direcionamento os estudantes encontraram seus próprios caminhos na solução dos problemas matemáticos decorrentes dos cálculos necessários à determinação dos parâmetros físicos envolvidos na atividade experimental

Estes conflitos, dilemas, dúvidas e angústias que caracterizam as Tensões Conceituais nos discursos dos estudantes (CAMPOS, 2016) se manifestaram devido ao distanciamento da linguagem horizontal e vertical (BERNSTEIN, 1999, 2000), visto que nas situações cotidianas dificilmente os alunos trabalhavam com grandezas vetoriais, cujas decomposições nos eixos coordenados eram importantes para determinar os parâmetros envolvidos. Notamos que o isolamento dos Discursos das disciplinas singulares (Física e Geometria Analítica) também pode ter contribuído para o aparecimento destas Tensões nos Discursos dos alunos (BERNSTEIN, 2003).

Tensões Procedimentais

Entendemos que esta categoria de tensões nos discursos pode se manifestar no momento em que os alunos realizam as montagens dos experimentos, calibram os instrumentos de medidas das grandezas envolvidas na atividade experimental, medem as grandezas físicas e têm que escolher a melhor maneira de realizar essa medição. Os instrumentos de medidas utilizados pelos estudantes se encontravam calibrados no início de cada atividade, de forma que os alunos não precisavam efetuar essa calibração (CAMPOS, 2016).

Portanto, as tensões procedimentais associadas às montagens e à calibração dos instrumentos não estiveram presentes durante a realização das atividades. Esporadicamente surgiram dúvidas e incertezas, dilemas e angústias na maneira adequada de fazer a coleta dos dados durante a realização de alguns experimentos. Em algumas atividades, os alunos utilizavam instrumentos de medidas muito simples como a régua ou a trena, associados com informações diretas de como deveriam encontrar o valor do comprimento de uma peça por exemplo.

Em outros casos, os dados eram obtidos diretamente sem que os aprendizes manifestassem dúvidas de como realizariam a medição. Esta obtenção direta de dados ocorreu no instante de determinar a massa de um corpo através de uma balança digital. Nessas situações, a maneira correta de obter os dados estava claramente determinada, o que impediu o surgimento dessas tensões nos discursos das estudantes. Por esse motivo, as Tensões Procedimentais foram observadas em situações esporádicas, sendo que uma delas será apresentada a seguir.

Características do Segundo Experimento

Na segunda atividade experimental os alunos dispunham de um suporte, um conjunto de cilindros metálicos (cada um com massa igual a 50 g), um suporte para esses cilindros, uma mola helicoidal, uma balança digital e uma régua.

Um dos grupos realizou as medições com uma balança de resolução de um milésimo de grama, incerteza $\pm 0,001$ g, enquanto os outros grupos utilizaram uma balança de resolução um centésimo de grama, cuja incerteza era $\pm 0,01$ g. Todos os alunos utilizaram uma régua graduada em milímetro, cuja incerteza era $\pm 0,05$ cm. A figura ao lado nos mostra parte do dispositivo utilizado nesse experimento, composto de uma haste vertical, articulada em uma haste horizontal, uma mola helicoidal e um conjunto de cilindros maciços para produzir as deformações na mola.



Figura 3 – Foto do segundo experimento. Fonte – Produzida pelos autores deste artigo.

Tensões Procedimentais no Segundo Experimento

Com o objetivo de identificar alguma Tensão nos Discursos relativa à maneira mais adequada de realizar as medidas, utilizando os instrumentos disponíveis, procuramos nas

transcrições dos áudios os momentos em que os alunos discutiram sobre a maneira correta de realizar as medidas e como identificar corretamente os valores nas escalas dos instrumentos. A transcrição apresentada a seguir mostra alguns momentos do grupo G_1 ao realizar a segunda atividade experimental, focalizando os conflitos durante a realizações das medidas, assim como a interação entre os estudantes desse grupo.

___ Agora é daqui até aqui (A_2G_1)?
 ___ Isso (A_3G_1).
 ___ Quer que eu seguro (A_1G_1)?
 ___ Calma o zero tá aonde gente (A_3G_1)?
 ___ Não. “Tá” torto, “tá” torto (A_2G_1).
 ___ Calma ai calma ai (A_3G_1).
 ___ Tá torto, tá torto A_3 (A_2G_1).
 ___ Calma como assim tá torto (A_3G_1)?
 ___ Tá esse daqui também tá indo pra cima (A_2G_1).
 ___ Não, mas é, não interfere (A_3G_1).
 ___ Lógico que interfere. Porque você aumenta você não deixa ele [o zero da

escala] totalmente alinhado com o início da mola (A_2G_1).
 ___ Calma, calma ó tem que começa daqui, ó assim é desse jeito, não, não, é 18 não A_2 é embaixo não é embaixo ó (A_3G_1).
 ___ Então ó. É isso que eu “to” tentando falar. Agora diminuiu ó 18,2 cm (A_1G_1).
 ___ Calma, calma ó a gente tá vindo mais pra frente ó, fez errado ó, não você fez errado lá ó (A_3G_1).
 ___ Ó da licença, vai (A_1G_1).
 ___ Nossa é verdade eu olhei em cima (A_2G_1).

As Tensões Procedimentais que estiveram presentes durante a realização dessa atividade foram bastante superficiais, de forma que os conflitos, dúvidas angústias e incertezas mostrados por algum estudante puderam ser resolvidos através da colaboração efetiva dos seus colegas (CAMPOS, 2016). Percebemos que as Tensões nos Discursos apresentadas pelos alunos ocorreram devido ao distanciamento dos discursos horizontal e vertical (BERNSTEIN, 1999, 2000) e também pelo isolamento do discurso interno a Física (CAMPOS, 2016). A transcrição apresentada a seguir nos mostra os conflitos, dúvidas, dilemas e incertezas apresentados pelos estudantes do grupo G_2 , durante a realização das medidas deste experimento.

___ E aqui ficou quanto (A_1G_2)?
 ___ 310 e o outro (A_2G_2)?
 ___ 525 (A_1G_2).
 ___ 525 (A_2G_2).
 ___ Aqui, aqui não vem primeiro (A_3G_2)?
 ___ Não, o 525,0 mm vem primeiro (A_1G_2).
 ___ Então “tá” bom (A_3G_2).
 ___ 525. Qual o próximo (A_1G_2)?
 ___ 820 (A_3G_2).

___ 820, 720, 525, e tudo em 20 (A_1G_2)?
 ___ O primeiro e o segundo não (A_2G_2).
 ___ Tá, vamos lá então (A_1G_2).
 ___ Pode ligar (A_2G_2)?
 ___ Ai que dificuldade nessa droga, você segura ai o botãozinho? Que medo (A_1G_2).
 ___ Vai, não pega (A_3G_2).
 ___ A_2 é tão forte assim? Tem que ajustar, mais “tava” zerado (A_1G_2).

Verificamos que os alunos discutiram sobre os valores das medidas e a maneira de realizar essas medições, tentando encontrar um padrão para os valores obtidos experimentalmente. Entendemos que as Tensões Procedimentais que se manifestaram devido às incertezas, dúvidas, dilemas e angústias no momento de realizar as atividades experimentais (CAMPOS, 2016) não foram intensas o suficiente para que o professor necessitasse fazer as intervenções. Percebemos que o distanciamento dos discursos horizontal e vertical (BERNSTEIN, 1999, 2000) e o isolamento do discurso interno à Física (CAMPOS, 2016) são responsáveis pelo fenômeno discutido. Apresentamos a transcrição

do áudio gravado com os alunos do grupo G_4 , obtido durante a realização do segundo experimento.

___ Então tá ó, vamos fazer o comprimento da haste, tem que ficar retinho né (A_2G_4).

___ Não. O comprimento da haste não vai mudar, ela tem 50. 50 centímetros é isso (A_1G_4)?

___ Não é (A_2G_4)?

___ Aqui em baixo é centímetros, então é isso, é uma regra para medir comprimento, é 50 centímetros (A_1G_4).

___ Comprimento da mola sem carga é (A_2G_4)?

___ Comprimento da mola é o que (A_1G_4)?

___ Sem a carga tem que ser com ela presa, mais um pouquinho, mais um pouquinho (A_2G_4).

___ Mais um pouquinho, mais um pouquinho, medi o comprimento da mola sem a carga (A_3G_4).

___ A_1 . É 49,5 cm a haste sem carga (A_2G_4).

___ Como vou medir a posição da carga em relação ao pino articulado (A_3G_4)?

___ Era daqui até aqui mesmo ó A_3 , 53 centímetros da aqui até o pino (A_2G_4).

___ Tá. E o comprimento da mola sem carga e a massa da haste sem o suporte deslizante como a gente vai medir (A_3G_4)?

___ A gente tira a haste desse negócio e coloca ele na balança, agora o comprimento da mola sem carga nos já medimos (A_2G_4).

Percebemos que surgiram algumas dúvidas e incertezas na forma mais adequada de coletar os dados, no valor das grandezas medidas e na escala do instrumento utilizado, caracterizando as Tensões nos Discursos dos alunos discutida e definida por Campos (2016). Entretanto, essas Tensões não se mostraram intensas o suficiente para justificar uma intervenção do docente. Cabe destacar que foi possível verificar a importância da interação dos alunos para a aprendizagem dos conhecimentos científicos.

Conclusões

Essa investigação foi norteada pela intenção de encontrar respostas para a seguinte questão central de pesquisa: quais as características das Tensões conceituais e procedimentais que se manifestam nos discursos dos estudantes, quando realizam atividades experimentais de Física com roteiro fechado e estruturado? Em resposta a esta pergunta, percebemos a existência das Tensões conceituais nos momentos em que os estudantes utilizavam os modelos teóricos da Física para resolver problemas experimentais, quando eles necessitavam utilizar os conceitos matemáticos, principalmente os sistemas de equações para determinarem os parâmetros físicos envolvidos nos experimentos e quando precisavam interpretar o significado dos parâmetros físicos que necessitavam determinar. Em alguns momentos, verificamos a ocorrência das Tensões Procedimentais caracterizadas pelas dúvidas, dilemas, incerteza e conflitos na forma com que os dados são coletados.

Não identificamos Tensões nos Discursos dos alunos que fossem consequências das montagens e calibrações dos instrumentos, nem no entendimento do papel exercido pelos experimentos no processo de construção do conhecimento científico. Estes fenômenos não ocorreram porque as atividades experimentais realizadas utilizavam roteiros fechados e estruturados e não exploravam a montagem e calibração dos

instrumentos, assim como o papel do experimento nas atividades científicas. Entendemos, assim, que o surgimento das Tensões nos Discursos dos estudantes está associado às características e aos objetivos educacionais de cada atividade pedagógica, da estrutura intrínseca dessa atividade, do tipo de roteiro utilizado e da abordagem que o docente estabelece para a realização dos experimentos.

Percebemos que o distanciamento dos discursos horizontal e vertical (BERNSTEIN, 1999, 2000) e o isolamento do discurso interno à Física (CAMPOS, 2016) foram os principais responsáveis pelas Tensões manifestadas pelos alunos. O constructo teórico Tensão nos Discursos elaborado e apresentado por Oliveira (2010) e Oliveira e Barbosa (2011) foi de fundamental importância para que pudéssemos identificar e caracterizar as descontinuidades presentes nas diversas disciplinas acadêmicas, caracterizadas pelos dilemas, contradições, rupturas, conflitos e incertezas nos discursos dos alunos, durante a realização das atividades experimentais em um laboratório didático de Física.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES o apoio financeiro fornecido durante a realização desta pesquisa através da bolsa taxa, bem como os avaliadores e a revista REnCiMa.

Referências

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 2, n. 25, p. 176–194, 2003.

_____; LABURÚ, C. E.; GURIDI, V. M. Laboratório didático de ciencias: caminos de investigación. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 88–110, 2010.

BERNSTEIN, B. **Class, Codes and Control, vol. IV: The Structuring of Pedagogic Discourse**. London: Routledge, 1990. 235 p.

_____. **A Estruturação do Discurso Pedagógico, vol. IV: Classe, Códigos e Controle**. Petrópolis: Editora VOZES, 1996. 307 p.

_____. Vertical and Horizontal Discourse: an essay. **British Journal of Sociology Education**, v. 20, n. 2, p. 157–173, 1999.

_____. **Pedagogy, Symbolic Control and Identity: Theory, Research, Critique**. Lanham: Rowman & Littlefield, 2000. 230 p.

_____. A Pedagogização do Conhecimento: estudos sobre recontextualização. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 120, p. 75–110, 2003.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos**. Porto: Porto Editora, 1ª edição, 1994. 336 p.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.

CAMARGO FILHO, P. S.; LABURÚ, C. E.; BARROS, M. C. Para além dos paradigmas de medição. **Ciência e Educação**, v. 21, n. 4, p. 817–834, 2015.

CAMPOS, L. S. **Tensões nos Discursos dos Alunos Durante a Realização das Atividades Experimentais no Ensino de Física**. São Paulo: UNICSUL, 2016. 321 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2016.

_____. **Articulação entre Modelagem Matemática e Experimentação**: uma Proposta para a Construção de Conhecimentos em Física. São Paulo: UNICSUL, 2010. 299 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2010.

_____; ARAÚJO, M.S.T. Articulação do ensino de Física com o ensino de Matemática através da modelagem matemática e das atividades experimentais. **Revista Metáfora Educacional**, Feira de Santana – Bahia (Brasil), n. 19, p. 21–52, 2015.

_____; _____. AMARAL, L. H. Levantamento de dissertações e teses envolvendo a Experimentação em Ensino de Física e o Laboratório didático de Física entre 2002 e 2011. **Rev. de Produção Discente em Educação Matemática**, v. 3, n. 1, p. 50–65, 2014.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física**: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Livraria da Física, 1ª edição, 2014. 252 p.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. Habilidades técnicas versus habilidades estruturantes: resolução de problema e o papel da matemática como estruturante do pensamento físico. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 181–205, 2009.

MOREIRA, M.A.; LEVANDOWSKI, C. A. **Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983. 117 p.

OLIVEIRA, A. M. P. **Modelagem Matemática e as Tensões nos Discursos dos Professores**. 2010. 187 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

_____; BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática e Situações de Tensão na Prática Pedagógica dos Professores. **Bolema**, Rio Claro, v. 24, n. 38, p. 265–296, abril, 2011.

PERUZZO, J. **Experimentos de Física Básica – Mecânica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. 323 p.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 88–108, 2002.

RIBEIRO, M. S.; FREITAS, D, S.; MIRANDA, D. E. A Problemática do Ensino de Laboratório de Física na UEFS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 444–447, 1997.

STAKE, R. E. **Pesquisa Qualitativa Estudando Como as Coisas Funcionam**. Porto Alegre: Editora Penso, 2011. 263 p.