



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**



JOSEBEL MAIA DOS SANTOS

**O ENSINO DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL DE NEWTON ATRAVÉS DA
HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA ARGUMENTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO E
ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.**

**SALVADOR
2017**

JOSEBEL MAIA DOS SANTOS

**O ENSINO DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL DE NEWTON ATRAVÉS DA
HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA ARGUMENTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO E
ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Elder Sales
Teixeira

Co-orientadora: Profa. Dra. Cláudia
de Alencar Serra e Sepúlveda

SALVADOR

2017

Dissertação defendida e aprovada em 13 de junho de 2017 pela banca examinadora:

Prof. Dr. Elder Sales Teixeira – UEFS

Profa. Dra. Cláudia de Alencar Serra e Sepúlveda – UEFS

Prof. Dr. Olival Freire Junior – UFBA

Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva – UEPB

Profa. Dra. Marina de Lima Tavares – UFMG

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Universitário de Bibliotecas da UFBA para ser confeccionada pelo autor

Maia dos Santos, Josebel

O ensino da gravitação universal de Newton através da história da ciência e da argumentação: desenvolvimento e análise de uma sequência didática. / Josebel Maia dos Santos. -- Salvador, 2017. 239 f.

Orientador: Elder Sales Teixeira.

Coorientadora: Cláudia de Alencar Serra e Sepúlveda.

Dissertação (Mestrado -) -- Universidade Federal da Bahia, UFBA/UEFS, 2017.

1. Argumentação. 2. História da Ciência. 3. Gravitação Universal. 4. Sequência Didática. 5. Design Research. I. Sales Teixeira, Elder. II. de Alencar Serra e Sepúlveda, Cláudia. III. Título.

Agradecimentos

Agradeço à minha família por ser a referência e a base mais sólida que possuo. Sei e sinto que nela sempre terei o apoio incondicional de que preciso para me aperfeiçoar. No núcleo familiar aprendi a amar e a amar as pessoas nas suas idiosincrasias. Aprendi que nenhuma vitória individual tem o mesmo sabor daquilo que se conquista no campo do coletivo. É muito bom poder se reconhecer em outras pessoas. Minha família além de me proporcionar a felicidade imaterial inspira o que de melhor há em mim. Que eu possa sempre honrá-la.

Embora o significado técnico de muitas palavras possa ser consultado nos dicionários de idiomas, o efeito psicológico delas em nós vai sendo construído de acordo com os contextos nos quais elas são empregadas em nossa vida. A vida real tem suas contradições e, nesse sentido, algumas palavras para além da sua definição técnica podem nos fazer recordar boas ou más experiências.

A palavra *família* me traz bons sentimentos. Me inspira felicidade. Há outras que são importantes para mim. A experiência me fez ter carinho pela palavra *orientador*. Agradeço ao Prof. Dr. Elder Sales Teixeira pela colaboração pois, durante a pesquisa, não me sentir desorientado em nenhum momento e isso me deu segurança para querer mais de mim, tanto em qualidade quanto em quantidade. Com certeza Elder já é um exemplo excelente que incorporo nas minhas atitudes, sejam no campo profissional, sejam no campo privado. Obrigado!

Outra palavra que tenho carinho especial é a palavra *co-orientadora*. Uma análise superficial pode dar a entender que o prefixo *co* tira o protagonismo da palavra *co-orientadora*, que ela seja um acessório. Ainda que se possa defender que esse argumento seja válido em alguns casos, em minha experiência ela tem um outro significado. Significado estritamente relacionada a história.

Em nossa trajetória acadêmica desenvolvemos habilidades e competências que nos dão expertises em determinadas áreas do conhecimento. Mas o próprio conhecimento tem dinâmicas e amplitudes que tornam impossível, na condição de humano, saber tudo e sobre tudo com profundidade. A vida em sociedade nos desafia a escolher e fazer escolhas pressupõe deixar de trilhar por caminhos que outros decidiram percorrer.

As demandas da vida em sociedade nos desafiam também a colaboração e assim, eis que, caminhos distintos tem a oportunidade de se cruzarem. É nessa interseção que contextualizo a palavra *co-orientadora* como significado preencher incompletudes. Esse é seu protagonismo: permitir que sonhos não sejam descontinuados e encontre na sua orientação possibilidade de se concretizar no plano do real. Nesse sentido, faço o justo agradecimento à Profa. Dra. Cláudia de Alencar Serra e Sepúlveda pela colaboração na condição de *co-orientadora*.

Agradeço ao Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências (GCPEC) pela acolhida e pela proposta de formação que oferece aos seus membros. Foram frutíferos os diversos diálogos que tanto me possibilitou processos de desconstrução e reconstrução de forma que contribuíram para que me sentisse um sujeito mais apito para a vida.

Agradeço ao grupo Cerveja Filosófica e aos demais colegas da pós-graduação por tornarem essa experiência inesquecível de tão divertida e profícua.

Agradeço também aos professores e funcionários do programa pelo trabalho bem conduzido e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	13
1.1 – O que me conduziu à pesquisa	13
1.2 – Contexto geral da pesquisa	15
1.3 – Metodologia da pesquisa: a design research	21
1.4 – A questão de pesquisa	26
1.5 – Objetivo geral	29
1.6 – Objetivos específicos	30
CAPÍTULO 2 – FASE PRELIMINAR DA PESQUISA	31
2.1 – Análise do contexto	31
2.2 – Revisão de literatura	34
2.2.1 – A história e filosofia no ensino de ciências	34
2.2.1.1 – Introdução	34
2.2.1.2 – Materiais instrucionais	35
2.2.1.3 – Falta de materiais adequados	43
2.2.1.4 – Habilidades, atitudes didáticas e epistemológicas e crenças dos professores	44
2.2.2 – Argumentação no ensino de ciências	49
2.2.2.1 – Referenciais teóricos para análise da qualidade da argumentação: considerações gerais	49
2.2.2.2 – O <i>layout</i> de Toulmin	52
2.2.2.3 – Ferramenta para avaliar a qualidade do argumento e da argumentação	54
CAPÍTULO 3 – FASE DE PROTOTIPAGEM	61
3.1 – Planejamento e desenvolvimento do protótipo da intervenção. ...	61
3.1.1 – Elaboração dos princípios de <i>design</i> e construção da sequência didática	61
3.1.1.1 – Elaboração dos princípios de <i>design</i> da pesquisa	61
3.1.1.2 – Construção da sequência didática	69
3.1.1.3 – Considerações finais	76
3.1.2 – Materiais utilizados na sequência didática	77
3.1.2.1 – Os textos sobre a argumentação	77

3.1.2.2 – O texto sobre o problema das órbitas dos planetas: o uso da História da Ciências.....	78
3.1.3 – A intervenção didática.....	79
3.1.3.1 – Local e participantes da pesquisa.....	79
3.1.3.2 – Realização da intervenção.....	82
3.2 – A avaliação formativa	90
3.2.1 – Metodologia de coleta e análise de dados para validação dos princípios de design.....	90
3.2.1.1 – A metodologia utilizada na coleta dos dados.....	90
3.2.1.2 Critério adotado para identificar o aluno e o seu argumento	92
3.2.2 – Dados que fundamentam a validade dos princípios de <i>design</i>	93
3.2.2.1 – Critérios adotados pelos alunos para escolher o argumento	93
3.2.2.2 – Discussão em pequenos grupos.....	96
3.2.2.3 – Ensino explícito da argumentação	106
3.2.2.3.1 – O episódio argumentativo	106
3.2.2.3.2 – As Justificações e Fundamentações Recíprocas.....	110
3.2.2.3.3 – A Qualidade do Conteúdo dos Argumentos.....	117
3.2.2.3.4 – A Qualidade das Oposições.....	120
3.2.2.3.5 – Síntese Sobre a Qualidade dos Argumento dos Estudantes	122
3.2.2.3.6 – Análise do processo de justificação e fundamentação da interação discursiva	124
3.2.2.3.7 – A Qualidade das Justificativas	129
3.2.2.3.8 – A Qualidade dos Fundamentos.....	130
3.2.2.4 - Uso didático da história da ciência	131
3.2.2.5 – Textos que apresentam as bases epistemológicas da ciência enquanto argumentação, o Layout de Toulmin, leitura prévia e a utilização do roteiro-guia.....	136
3.2.2.6 – A suscetibilidade à mudança de argumento	137
CAPITULO 4 – CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
REFERÊNCIAS	145
ANEXOS	154
ANEXO A: Ementa da disciplina Fundamentos de Física I	155
ANEXO B: <i>Layouts</i> do argumento construído pelos alunos para explicar o problema da sacola.	159
ANEXO C: Lista de símbolos utilizados na transcrição.....	163
APÊNDICES	166

APÊNDICE A: Formulário para coleta dos argumentos construídos de acordo com o <i>layout</i> de Toulmin	167
APÊNDICE B: dois argumentos sobre o problema das órbitas dos planetas	169
APÊNDICE C: Transcrição dos turnos de fala da aula 9 e 10: discussão do grupo A.....	182
APÊNDICE D: Transcrição dos turnos de fala da aula 11 e 12.	198
APÊNCIDE E: Justificativas e Fundamentos apresentados nas aulas 11 e 12.	232

RESUMO

Neste trabalho apresentamos o resultado de uma pesquisa de mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). A pesquisa consistiu em investigar quais características uma sequência didática deve possuir para promover o desenvolvimento da habilidade de argumentação e compreensão da gravitação universal de Newton pelos estudantes do curso de graduação em Física da UEFS. Trata-se de uma pesquisa qualitativa na qual foi adotada a *design research* como estratégia metodológica geral. Os princípios substantivos que fundamentaram a intervenção foram: (1) uso da história da ciência, através de textos sobre a controvérsia entre Newton e Descartes sobre a explicação das causas da manutenção das órbitas dos planetas, uma vez que, além do fato de a controvérsia ser potencialmente favorável às interações argumentativas, entendê-la ajuda a compreender a explicação que prevaleceu; (2) realizar o ensino explícito da argumentação adotando o *layout* de Toulmin como modelo de excelência para construir e avaliar um argumento, posto que, além do fato de que consideramo-lo adequado ao gênero discursivo das ciências naturais, muitas pesquisas analisam os argumentos sobre ciência dos estudantes mais não os ensinam argumentarem. A *design research* é um estudo sistemático que busca o refinamento de sucessivos protótipos (em nosso caso, a sequência didática) através de três etapas ou fases cíclicas: pesquisa preliminar (construção das características ou princípios de design), fase de prototipagem (teste empírico das características) e fase avaliativa. Os resultados apontaram que: (1) a sequência didática foi potencialmente favorável à ocorrência de interações argumentativas na sala de aula; (2) os estudantes, de forma majoritária, conseguiram apresentar justificativas e fundamentos que fizessem sentido para defender seus pontos de vista – o que indica que eles souberam argumentar; (3) no entanto, uma parcela considerável das justificativas e fundamentos não puderam ser considerados válidos como conhecimento da física, o que nos faz concluir que, os estudantes desenvolveram concepções alternativas, e conseqüentemente; (4) não foi percebido nenhuma melhora substancial na compreensão dos estudantes sobre a gravitação universal de

Newton. Por fim, esses resultados serão utilizados como orientações para o aprimoramento da sequência didática em novos ciclos da pesquisa.

ABSTRACT

In this work we present the results of a master's research developed in the Postgraduate Program in Teaching, Philosophy and History of Sciences (PPGEFHC) of the Federal University of Bahia (UFBA) and the State University of Feira de Santana (UEFS). The research consisted in investigating which characteristics a didactic sequence must possess to promote the development of the ability of argumentation and understanding of Newton's Universal Gravitation by the undergraduate students in Physics of UEFS. This is a qualitative research in which design research was adopted as a general methodological strategy. The substantive principles underlying the intervention were: (1) use of the history of science through texts on the controversy between Newton and Descartes on the explanation of the causes of the maintenance of the orbits of the planets, since, in addition to the fact that the controversy Being potentially favorable to argumentative interactions, understanding it helps to understand the explanation that prevailed; (2) to perform explicit teaching of argumentation by adopting Toulmin's layout as a model of excellence to construct and evaluate an argument, since, in addition to the fact that we consider it adequate to the discursive genre of the natural sciences, many studies analyze the arguments about Science does not teach them to argue. Design research is a systematic study that seeks to refine successive prototypes (in our case, the didactic sequence) through three stages or cyclical phases: preliminary research (construction of design features or principles), prototyping phase (empirical test of Characteristics) and evaluation phase. The results showed that: (1) the didactic sequence was potentially favorable to the occurrence of argumentative interactions in the classroom; (2) the majority of the students were able to present justifications and foundations that would make sense to defend their points of view - which indicates that they knew how to argue; (3) however, a considerable portion of the justifications and grounds could not be considered valid as knowledge of physics, which leads us to conclude that students have developed alternative conceptions, and consequently; (4) no substantial improvement in students' understanding of

Newton's universal gravitation was perceived. Finally, these results will be used as guidelines for the improvement of the didactic sequence in new research cycles.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 – O que me conduziu à pesquisa

Permita-me abrir esta seção dentro desse trabalho para descrever, em primeira pessoa, um pouco da minha trajetória e como ela me conduziu ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC).

Iniciei o curso de Licenciatura em Física no final de 2009, turma de 2008.2. Em 2010 entrei no grupo de pesquisa Física no Campus (fiscampus), do departamento de física da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), me tornando aluno voluntário de iniciação científica. No ano seguinte, fui contemplado como uma bolsa de iniciação científica, financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB). Na iniciação científica desenvolvi uma pesquisa que, além dos objetivos relacionados a uma melhor compreensão sobre a eletricidade e desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas com a postura de um pesquisador, tinha outro objetivo relacionado ao Ensino de Ciência. Propunha-se uma nova estratégia didática para o estudo experimental de linhas equipotenciais: o uso de uma malha de resistores como equipamento experimental em lugar da cuba eletrolítica, em razão das dificuldades apresentadas na utilização desta.

Um dos resultados mais importantes da iniciação científica, em relação a decisão de seguir uma carreira profissional, foi me despertar o desejo de se tornar um professor-pesquisador da área de Ensino de Física.

O interesse pela Pesquisa em Ensino de Física, que nasceu de forma sistemática na iniciação científica, me acompanhou durante todo o curso. O que me tornou um ser inquieto e reflexivo sobre o ensino de ciências. Tanto que, na disciplina Instrumentação para o Ensino de Física II, no VII semestre, construir, junto com outros dois colegas e o professor Elder Sales Teixeira, que ministrava a disciplina, uma ferramenta para analisar as estratégias de ensino de laboratório didático adotadas por professores de física. A ferramenta analisava, de forma analítica, as diferentes estratégias de ensino de laboratório de física em relação a quatro aspectos: métodos, objetivos, pressupostos pedagógicos e pressupostos epistemológicos.

Realizamos a sua aplicação, na forma de teste piloto, em duas disciplinas experimentais da própria universidade. Apresentamos a proposta da ferramenta e os resultados parciais de sua aplicação em dois eventos consagrados na física - Encontro de Físicos do Norte e Nordeste (EFNNE) e no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) (Santos et al.,2012; Santos et al.,2013).

Em 2013, enquanto cursava a disciplina, Estágio Supervisionado em Física, iniciei o estágio obrigatório à docência no Instituto de Educação Gastão Guimarães (IEGG), colégio de ensino médio da rede pública. Devido ao meu desempenho como professor, fui contratado pela instituição no ano seguinte. Nesse período já tinha concluído a graduação. A experiência de ser professor de física da rede pública teve pontos positivos e negativos. Foi positivo entender como funciona na prática o contexto real de ensino, também me dar conta de aspectos que não me foram apresentadas na graduação e que até então estavam fora do meu horizonte. Acrescento ainda, o trabalho colaborativo com os profissionais mais experientes e as estratégias desenvolvidas para dar conta das praxes da profissão.

As dificuldades que os alunos apresentavam em compreender os conceitos de Física e a deficiência que alguns traziam das séries anteriores constituíram-se como obstáculos. Me dei conta de que o tempo escolar, muitas vezes, segue em descompasso com o tempo necessário para que os alunos atinjam a compreensão sobre os fundamentos da física. Constatei também que, a maioria dos estudantes considerados “bons” em física eram aqueles dotados de alguma habilidade com a matemática, e por isso conseguiam resolver as atividades do livro, no entanto, possuíam pouca ou nenhuma compreensão sobre os conceitos fundamentais da física.

No período da graduação, participei de eventos e de diálogos com professores/pesquisadores da área de ensino de ciências. Neles, apontavam-se os benefícios que o Ensino de Física obteria com a adoção de estratégias de ensino que fazem uso das contribuições da História e Filosofia da Ciência.

Dessa forma, preocupado com a qualidade do Ensino de Física, aqueles obstáculos serviram como motivação para continuar me aperfeiçoando, e de forma a contribuir com soluções para os desafios do contexto real de ensino. Foi quando me reaproximei do professor Elder. Lembrei que ainda na graduação lhe confidenciei o desejo em fazer um curso de pós-graduação na área do Ensino,

História e Filosofia da Física. Tinha conhecimento de que ele era professor de um programa de pós-graduação com foco na linha de pesquisa do meu interesse. Pedi que ele me orientasse.

Gentilmente fui acolhido. Assim, marcamos reuniões periódicas para definir o problema de pesquisa. Ele me sugeriu fazer uma revisão da literatura, etapa fundamental para conseguir esboçar o problema da pesquisa. Depois de definido do que se trataria a pesquisa, me apresentou uma proposta que coadunava com meus objetivos. A proposta consistia em usar a História e Filosofia das Ciências articulada com o uso da Argumentação tanto para promover o desenvolvimento da habilidade de argumentar dos estudantes do ensino superior quanto possibilitar sua compreensão sobre os conceitos da física.

Enquanto construíamos o anteprojeto e aguardávamos a seleção de mestrado do PPGEFHC fui aceito como aluno de uma disciplina do programa, até que na seleção de 2015.1 fui aceito como aluno efetivo.

Em resumo, pretendi mostrar nessa seção que, desde o período da graduação, trilho por um caminho que me conduziu à Pesquisa em Ensino/Ensino da Física, e que dentro dessa imensa comunidade, que respeito e agradeço, hoje me encontro na “tribo” daqueles que se dedicam à produção de conhecimento sobre o uso da História e Filosofia das Ciências e o uso da Argumentação para ensinar Física. No entanto, gostaria de deixar registrado que esse é um passo, ainda que grande, entre outros que pretendo dar nessa trajetória.

1.2 – Contexto geral da pesquisa

É possível observar uma crescente valorização da História e Filosofia da Ciência (HFC) pela comunidade de professores e/ou pesquisadores da área de Ensino de Ciências (Martins, 2007; Matthews, 1995; Pagliarini e Silva, 2007; Höttecke e Silva, 2011). Embora seu uso não seja algo novo, nas décadas mais recentes aconteceram eventos bastante relevantes que acabaram contribuindo com a incorporação de temas da história e filosofia da ciência nas estratégias didático-pedagógicas como conjunto de saberes para ensinar ciências e até mesmo como conteúdo das disciplinas científicas. A evidência mais elucidativa

disso é, como nos informa Matthews (1995), a sua inclusão em vários currículos nacionais de ensino de ciência pelo mundo a fora.

No Brasil especificamente, as reformas educacionais que apontaram para as necessidades da contextualização histórico-social do conhecimento científico foi outro fator que contribuiu com a crescente valorização da HFC. Entre outros exemplos, poderíamos ainda citar os movimentos CTS, a preocupação com a realização de uma “escola para todos”, os objetivos de promover a “alfabetização científica” ou “letramento científico” bem como a influência das teorias construtivistas (KONDER, 1998; MATTHEWS, 1995).

A HFC passou a ser vista por alguns membros da comunidade de ensino de ciências como uma possível solução para a diagnosticada crise enfrentada pelo ensino, cujos reflexos são resultados insatisfatórios dos índices de aprendizagem por parte dos alunos. Reconhece-se na HFC uma potencialidade de realizar uma compreensão mais integral sobre as ciências (MATTHEWS, 1995)¹, nesse sentido, ela tem sido utilizada de diversas maneiras para se atingir os objetivos do ensino de ciência. Todavia Teixeira, Freire e Greca (2012) alertam que a quantidade de pesquisas que investigam as contribuições empíricas de tais propostas, especificamente no ensino de Física, são ainda escassas e orientam a comunidade de pesquisadores sobre a necessidade de investigações sobre os efeitos dessas intervenções para a prática docente.

Outra questão que tem causado preocupação aos professores e pesquisadores em ensino de ciências é a compreensão acrítica dos alunos sobre a ciência (KUHN, 2010). Geralmente eles apresentam concepções de senso comum com pouco embasamento nas teorias filosóficas. Paralelamente, cresce a reivindicação de que os objetivos da educação científica não devem ser apenas o domínio dos conceitos e fundamentos científicos ou de habilidades técnicas. Defende-se que os alunos devem ser engajados no gênero de discurso da ciência. Nesse sentido, Kuhn (2010) aponta que a concepção de ciência como

¹ Como argumenta Matthews (1995), a HFC não possui todas as respostas para a crise do ensino de Ciências. Em verdade, como nos alertam Höttecke e Silva (2011), a própria comunidade tem enfrentado obstáculos que acabam comprometendo a implementação e obtenção de resultados mais profícuos sobre HFC. Isso demonstra que a essa crise é multifacetada e que, além dos esforços de professores e pesquisadores, a solução também passa por políticas públicas contundentes.

argumentação tem sido defendida amplamente como modelo de ensino de ciências.

Os principais pontos utilizados como justificativas a favor do uso da argumentação em estratégias didáticas de ensino são, segundo Jimenez-Aleixandre (2010): melhorias no processo de aprendizagem; formação de um cidadão responsável, capaz de participar das decisões sociais, exercendo pensamento crítico; desenvolvimento de competências relacionadas com as formas de trabalhar na comunidade científica – chamado de cultura científica. As percepções de Simon, Erduran e Osborne (2006) trazem ainda: a argumentação pode dar suporte aos estudantes no desenvolvimento de diferentes formas de pensamento; tornar a compreensão e raciocínio visível e fornecer, portanto, uma ferramenta poderosa para a reflexão e avaliação do entendimento dos alunos em ciências.

Embora a argumentação tenha sido adotada como estratégia didática para se cumprir os objetivos de uma perspectiva de ensino que busca envolver os estudantes em atividades discursivas sobre ciência, uma consulta à literatura constatou que muitos desses trabalhos utilizam a argumentação para avaliar a qualidade dos argumentos desenvolvidos pelos alunos mas não ensinam estes a argumentar, principalmente conforme o modelo ao qual estarão sendo avaliados (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl, 2000; Simon, Erduran e Osborne, 2006). Embora concordemos com Nascimento e Vieira (2009) ao reconhecer que a linguagem natural (aquela utilizada para se comunicar nos espaços informais) funcione como um suporte a partir da qual os alunos possam desenvolver um tipo de linguagem mais voltada ao gênero discursivo da ciência (um tipo de linguagem que leva em consideração a existência de evidências e utiliza justificativas apoiadas em fundamentos científicos), entendemos que esses dois tipos de linguagem possuem características específicas que contribuem para que cada uma delas possua critérios próprios que tornam uma asserção válida. Nesse sentido, Kuhn (1993) defende que a habilidade de argumentar com base em evidência não surge naturalmente mas é adquirida com a prática. Isso está de acordo com para Osborne, Erduran e Simon (2004) para os quais a argumentação é uma forma de discurso que deve ser ensinado explicitamente através de uma instrução adequada.

Uma vez que, como fora mostrado por Teixeira (2010a), é possível articular estratégias didáticas comunicadas pelas contribuições da HFC e o uso da argumentação para promover o desenvolvimento da habilidade de argumentação dos alunos e a compreensão sobre ciências e, dadas as lacunas existentes em relação à pesquisa em ensino de ciências, especificamente no ensino de física – uma quase ausência de pesquisas empíricas que avaliam as reais contribuições das estratégias supracitadas (Teixeira, Freire e Greca, 2012) e o fato de que muitos trabalhos analisam a argumentação dos alunos, mas não realizam o ensino explícito de argumentação – e partindo da perspectiva de que se os resultados das pesquisas no ensino de ciências pretendem oferecer contribuições efetivas para a prática docente tais pesquisas necessitam ter validade empírica, nesse trabalho apresentamos uma pesquisa na qual foi desenvolvida, aplicada e avaliada uma sequência didática sobre o ensino da gravitação universal de Newton através do uso da história da ciência e do ensino explícito de argumentação. Ou seja, essa pesquisa apresenta resultados empíricos sobre estratégias de ensino que fazem uso da história e filosofia das ciências articulada com o ensino e prática da argumentação para aprender sobre ciência. O objetivo da sequência didática consistiu em que os estudantes desenvolvessem a habilidade de argumentar e a compreensão sobre a própria gravitação universal.

Este é um trabalho de natureza qualitativa no qual, além de utilizar o conceito de sequência didática de Zabala (2000), foi adotada como abordagem metodológica a *design research*, que consiste na realização de três etapas ou fases cíclicas: pesquisa preliminar (construção das características e dos princípios de *design* da sequência didática), fase de prototipagem (teste empírico das características) e fase avaliativa (que propicia conhecimento teórico sobre os princípios de *design* e conhecimento prático dos efeitos da sequência didática).

De acordo com regimento do curso de física da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) todos os alunos são automaticamente matriculados no primeiro semestre na licenciatura e só a partir do segundo podem solicitar mudança de modalidade e migrar para o bacharelado. A pesquisa foi realizada com alunos do primeiro semestre, de tal forma que, a sequência didática foi aplicada na disciplina Fundamentos de Física I do curso de licenciatura em física

da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Embora a sequência didática tenha sido aplicada no curso de licenciatura, o contexto no qual foi desenvolvida a pesquisa não trata da formação de professores. A estratégia de ensino foi desenvolvida com pretensão de cumprir a demanda curricular de que os estudantes aprendessem sobre a gravitação universal. Não se tratando, portanto, ao menos diretamente, de uma disciplina com o objetivo de apresentar metodologias para o ensino de ciências.

A sequência didática é composta por duas unidades. A primeira unidade destinou-se ao ensino da argumentação. Foi realizada uma discussão sobre as bases fundamentais da ciência enquanto atividade argumentativa e ao ensino explícito da argumentação através do *layout* de Toulmin, culminando em possibilitar que os estudantes realizem atividades de natureza argumentativa para que pudessem praticar a argumentação a fazer uma reflexão sobre os argumentos construídos por eles próprios.

A segunda unidade focou no ensino da gravitação universal de Newton através da controvérsia histórica entre Descartes e Newton sobre o problema da órbita dos planetas. Newton e Descartes apresentaram explicações diferentes para o problema e a expectativa ao apresentar essa controvérsia foi que os estudantes se posicionassem de forma que houvesse, ao menos um grupo, defendendo uma explicação diferente dos demais. As autorias das explicações foram omitidas² dos estudantes de forma que eles deveriam escolher uma das duas explicações por interpretarem ser a correta atualmente para a física. Foi o que aconteceu. A atividade culminou no debate entre os estudantes sobre os argumentos construídos por eles próprios. A expectativa foi que os estudantes que optaram pela explicação de Descartes fossem convencidos pelo debate e passassem a defender o argumento de Newton.

O tema da gravitação universal de Newton foi escolhido porque, apesar da sua importância, de acordo com Freire Jr, Matos e Valle (2004), ele não tem sido devidamente valorizado nos livros didáticos, além do fato de que quando não é negligenciado, de acordo Teixeira, Peduzzi e Freire (2010b), acaba sendo ignorado no ensino de Física, tanto no nível médio quanto no nível superior. A outra razão da escolha reside justamente nesta importância: a gravitação

² Esconder a autoria de cada uma das explicações foi uma forma de evitar que os estudantes optassem por uma delas pela autoridade do seu autor.

universal de Newton representou a ocorrência de importantes mudanças conceituais na própria Física e também propiciou uma mudança na visão de mundo do Homem sobre o seu lugar no universo sendo, portanto, um tema divisor de águas que teve grande impacto na Física e na sociedade.

Essa sequência didática desenvolvida, aplicada e avaliada nessa pesquisa se enquadra, portanto:

[...] como a última parte de uma série de conteúdos abordados com uso de HFC, que começa com a origem da Astronomia na antiguidade, a Física e a Cosmologia aristotélicas, as disputas entre os dois sistemas cosmológicos da antiguidade, a Física medieval, as contribuições de Copérnico, Bruno, Brahe, Kepler, Galileo, Descartes, Huygens dentre outros, até a consolidação da mecânica newtoniana, em que a síntese de Newton, com a introdução da ideia de força gravitacional, se apresenta como o segmento final da revolução copernicana (TEIXEIRA, GRECA e FREIRE, 2015).

Estamos adotando uma posição mais crítica a respeito das contribuições que a HFC pode trazer ao ensino de física e ao invés de fazermos uma defesa apenas teórica (se valendo unicamente de uma retórica, ainda que bem fundamentada) dela como um antídoto para tal crise, endossamos as orientações de Teixeira, Freire e Greca (2012) que orientam a comunidade de pesquisadores dessa área sobre a necessidade de investigações sobre os efeitos práticos dessas intervenções. Assumimos tais potencialidades como objeto da investigação a serem corroboradas empiricamente.

Dentro da perspectiva da *design research*, esta pesquisa de mestrado faz parte de outra maior que incluirá o doutorado. Dessa forma, neste trabalho focou-se no planejamento, desenvolvimento e avaliação do primeiro protótipo da sequência didática. A etapa do planejamento e desenvolvimento consistiu na (1) elaboração dos princípios de *design* que nortearam a intervenção, (2) definição dos objetivos e organização lógica de cada aula que compôs a sequência didática, em função das características substantivas e procedimentais e das expectativas de ensino e aprendizagem dos princípios de *design*, (3) seleção, tradução e produção dos materiais instrucionais e (4) aplicação da sequência didática e seu replanejamento em meio ao período da intervenção. Realizamos, como a etapa mais importante desta pesquisa, (5) a avaliação formativa para

obter conhecimento sobre em qual medida os princípios de *design* atenderam (ou não) as expectativas nelas depositadas. Este conhecimento corresponde a compreensão parcial (ainda não generalizado) sobre as escolhas relacionadas tanto com os processos de aprendizagem (substantiva) quanto aos de ensino (procedimentais).

O conhecimento assim obtido serviu como orientações que ajudaram replanejar a sequência didática, de forma que se obteve um protótipo mais aprimorado como produto parcial. Parcial porque esse novo produto deverá ser aplicado em novos ciclos da pesquisa (a ser implementada no doutorado) para que seja realizada a avaliação somativa e se obter, conforme Barbosa e Oliveira (2015), por meio da generalização analítica, conhecimento sobre “como” e “porque” os princípios de *design* possibilitaram atingir ao objetivo da intervenção e, como produto final, uma sequência didática que seja comprovadamente eficiente.

Dessa forma, ao final da pesquisa como um todo, a sequência didática poderá ser utilizada como ferramenta de ensino por outros professores, bem como, os princípios de *design* poderão fundamentar a tomada de decisão por educadores e políticos ao planejar e desenvolver novas intervenções ou propostas de ensino.

1.3 – Metodologia da pesquisa: a design research

A *design research*³ é uma modalidade de pesquisa que surgiu como resposta à crítica de que as abordagens de pesquisas educacionais tradicionais possuem pouca relevância para o contexto real de ensino (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015). Trata-se do estudo sistemático do planejamento, desenvolvimento e avaliação de intervenções educacionais que buscam soluções para problemas complexos da prática educacional e, ao mesmo tempo, aumentar o conhecimento sobre as características destas intervenções e os processos de concepção e desenvolvimento delas (PLOMP, 2007, p. 13).

³ Estamos adotando a terminologia *design research* “como rótulo comum para uma “família” de abordagens de pesquisa relacionadas que podem variar um pouco em objetivos e características, como por exemplo, estudos de design, experimentos de design, pesquisa baseada em design, pesquisa de desenvolvimento, pesquisa de engenharia.” (PLOMP, 2007, p. 10). [Tradução nossa]

A *design research* é uma metodologia de pesquisa orientada à teoria. Sua fase preliminar é baseado fortemente em pesquisa prévia e revisão de literatura, nas quais os pesquisadores, em colaboração com outros profissionais, buscam suporte à construção de teorias (princípios de *design*) a serem aplicadas em ambientes educacionais inovadores, com o objetivo de: (1) traçar a evolução da aprendizagem, (2) testar e construir teorias de ensino e aprendizagem que possam ser generalizáveis⁴ e (3) construir materiais instrucionais que sobrevivam aos desafio diário da atividade de ensino (SHAVELSON *et al.*, 2003).

De acordo com Plomp (2007, p. 10), a compreensão de que, no campo da aprendizagem das ciências, o contexto de ensino tem efeito sobre os resultados educacionais, levou a conclusão de que as metodologias de pesquisas que examinam os processos de aprendizagem como se fossem variáveis isoladas não são capazes de fornecer uma compreensão integral da sua relevância em contextos reais de ensino. O grande desafio para os profissionais da educação têm sido como saber lidar com as multifacetadas incertezas inerentes a atividade de ensino, variáveis que dificilmente podem ser isoladas desses contextos dinâmicos sem descaracterizá-los. Nesse sentido, uma das grandes contribuições da *design research*, segundo seus defensores, é a produção de “conhecimento baseado em evidências para questões complexas sobre a estrutura e produção de ambientes de aprendizagem” (SHAVELSON *et al.*, 2003).

De acordo com Collins, Joseph e Bielaczyc (2009), na *design research*, um esforço é realizado não para controlar tais variáveis, mas no sentido de identificar as variáveis ou características que possam ter algum efeito sobre os princípios investigados e, dessa forma, possibilitar que os *designers* obtenham “informações mais adequadas para fundamentar suas escolhas e *feedback* para melhorar seus produtos” (VAN DEN AKKER, 1999, p. 2). Nesse sentido, a *design research* torna-se uma abordagem relevante para os educadores.

Contudo, Shavelson *et al.* (2003) defendem que a *design* não deve ser rigorosamente adotada como um modelo generalizado de pesquisa, mas somente quando o contexto da investigação for apropriado. Argumentam

⁴ De acordo com Barbosa e Oliveira (2015), os resultados da *design research* são generalizados analiticamente testando os princípios em um número cada vez maior de contexto semelhantes até que se obtenha a saturação.

também que, os estudos da *design research*, como qualquer trabalho científico, devem ser norteados por princípios científicos e fornecer fundamentação adequadas para as suas reivindicações de conhecimento.

Uma boa razão para se utilizar a *design research* como abordagem metodológica de pesquisa voltada a área da educação são os tipos de resultados de pesquisa. São eles: (1) o primeiro são as intervenções: artefatos produzidos como instrumentos de mediação das interações que ocorrem no ambiente real de ensino. Como exemplos podemos citar: sequências didáticas, material instrucional, programas de computador, ambientes virtuais de aprendizagem, entre outros; (2) o segundo resultado são teorias de intervenção: princípios de *design* substanciais e procedimentais validados empiricamente que aumentam a compreensão sobre os processos educacionais e podem servir como fundamentos que orientem a tomada de decisão por outros professores, pesquisadores e políticos, e; (3) o terceiro resultado é o desenvolvimento profissional de todos os participantes da pesquisa.

O conhecimento substantivo está relacionado às características essenciais da intervenção e resulta em contribuições científicas - teorias de intervenção. O conhecimento procedimental refere-se ao conjunto de atividades que são consideradas mais promissoras. Fornece ideias para otimizar as intervenções, resultando, por sua vez, em importantes contribuições para a prática (Plomp, 2007). Não obstante, a pesquisa deve ser conduzida de forma que prevaleça um equilíbrio entre essas duas funções, ou seja, desenvolvida com o objetivo duplo de refinar tanto a teoria quanto a prática (COLLINS, JOSEPH e BIELACZYK, 2009).

O trabalho colaborativo, proposto na *design*, proporciona uma importante forma de desenvolvimento profissional para os participantes da pesquisa. Estes cumprem um papel tão fundamental quanto o do pesquisador. Essa colaboração é um fator que aumenta consideravelmente as chances para que as intervenções se tornem práticas efetivas e relevantes para o contexto educacional, já que integra todos os profissionais como atores principais na pesquisa e conseqüentemente aumenta a probabilidade de se obter sucesso (VAN DEN AKKER, 1999, p. 22).

Esses resultados, quando somados, fazem com que os benefícios sejam distribuídos de maneira mais equânime entre os sujeitos que compõem a equipe

de trabalho colaborativo das três dimensões da pesquisa – planejamento, desenvolvimento e avaliação, como já fora mencionado.

De acordo com van den Akker (1999) o princípio de *design* pode ser enunciado da seguinte forma:

Se você deseja desenvolver uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, então é aconselhável que a intervenção tenha as características A, B e C [ênfase substantiva] e fazer isso por meio dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental] por causa dos argumentos P, Q e R. (p. 20)

Portanto, tipicamente o enunciado deve informar o tipo de intervenção (intervenção X) que se pretende realizar/produzir, os objetivos de ensino e/ou aprendizagem (propósito/função Y) a serem alcançados, bem como, a caracterização do contexto da investigação (contexto Z). Deve ainda estar definidas as características que compõem a essência da intervenção enquanto possibilidade hipotética (características A, B e C) e os caminhos metodológicos (procedimentos K, L e M) de como cada uma das características da ênfase substantiva serão abordadas na prática. Todas as características e procedimentos⁵ devem estar devidamente fundamentados (por conta dos argumentos P, Q, R) na revisão de literatura ou na experiência.

Como esquematizado na figura 1, a *design research* se desenvolve através de um processo de planejamento, desenvolvimento e avaliação de sucessivos protótipos que são refinados através de um processo cíclico composta por três fases: (1) pesquisa preliminar; (2) fase de prototipagem, e; (3) fase avaliativa.

A fase preliminar da pesquisa é caracterizada pela a análise dos problemas e necessidades do contexto de ensino e aprendizagem. Esta análise é complementada com uma revisão de literatura que busca o desenvolvimento de um quadro conceitual capaz de fornecer *insights* e orientações para a intervenção. A *design research* é uma metodologia de pesquisa intervencionista cujo alvo são eventos do mundo real (VAN DEN AKKER, 1999, p. 5) e, nesse sentido, essa fase culmina com a produção dos princípios de *designs* – que são

⁵ Nessa pesquisa estamos adotando a terminologia *característica substantiva* para se referir aos componentes da *ênfase substantiva* e *característica procedimental* para nos referir aos elementos da *ênfase procedimental* de van den Akker.

as hipóteses apontadas como potenciais soluções para o problema educacional em questão – e a construção de um primeiro protótipo de intervenção a ser testado empiricamente.

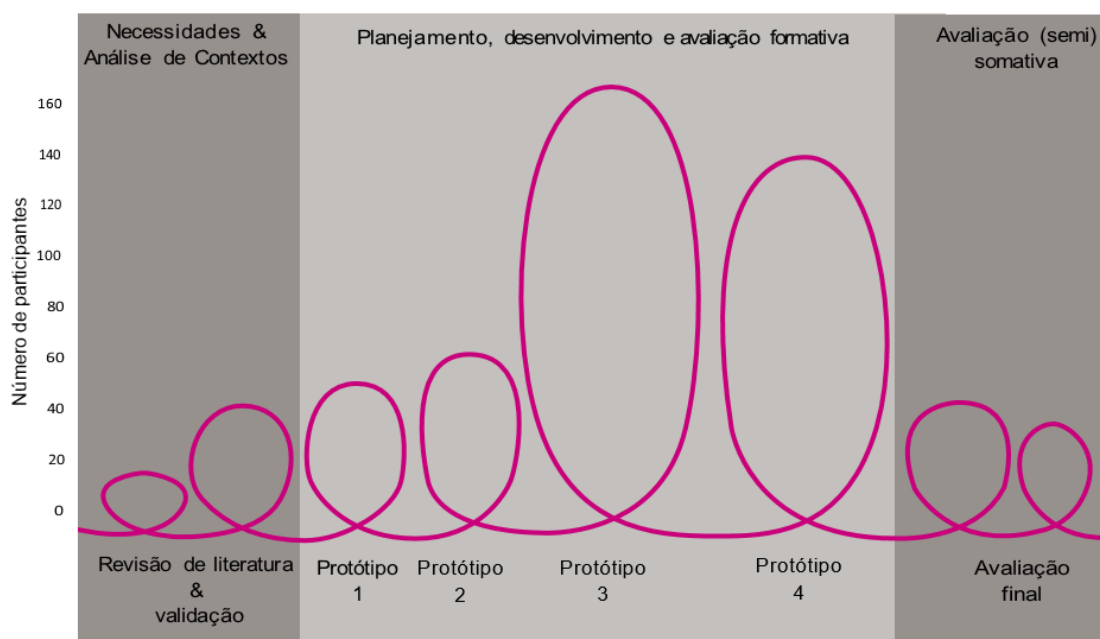


Figura 1: Processo cíclico de desenvolvimento da Design Research (Adaptado de Plomp, 2007, p. 14)

Na fase de prototipagem acontece o teste empírico dos princípios de *design*. São realizadas sucessivas iterações e cada uma delas constituem um microciclo de pesquisa que culminam com a avaliação formativa, considerada a atividade mais importante. Ao final de um ciclo, o protótipo é replanejado à luz das orientações fornecidas pela a avaliação formativa. A avaliação ocorre durante as várias etapas intermediárias de cada ciclo da pesquisa e suas reflexões ajudam redirecionar a intervenção aos caminhos mais promissores para se atingir os objetivos traçados. O replanejamento dá origem a um protótipo aprimorado, considerado mais eficiente, e que deve ser aplicado em um novo ciclo de prototipagem contendo um número maior de participantes. A *design research* é uma pesquisa orientada a processos e o procedimento mencionado anteriormente deve ser realizado sucessivamente até que seja atingida a saturação e os resultados possam ser generalizados analiticamente (BARBOSA e OLIVEIRA, 2015).

Na última etapa da pesquisa, na fase avaliativa, é realizada a avaliação semissomativa, uma avaliação mais global que leva em consideração todos os aspectos da pesquisa e integram as avaliações formativas, para checar, em caso

de sucesso, “como” e “porquê” a intervenção atingiu as expectativas planejadas; no caso de insucesso, resulta em orientações para o aprimoramento de novos ciclos da intervenção.

A intervenção, um dos produtos finais da *design*, poderá ser utilizada integralmente ou de forma adaptada em outros contextos específicos por outros profissionais nas suas estratégias de ensino; o conhecimento adquirido no processo da pesquisa poderá também ser utilizado como aporte teórico para fundamentar outras intervenções.

1.4 – A questão de pesquisa

Começaremos essa seção observando que, embora tenhamos apresentado a metodologia da investigação antes do problema de pesquisa, deve ficar claro que a metodologia empregada nessa pesquisa foi escolhida em função do nosso problema de pesquisa. Uma vez que a *design research* possui uma forma peculiar de enunciar os objetivos de pesquisa diferente daquela que é utilizada classicamente, acreditamos que seria mais proveitoso apresentar a seção metodológica antes da seção do problema de pesquisa para evitar incompreensão dos objetivos quando enunciados ao estilo da *design research*.

Como mencionado anteriormente, o tema gravitação universal de Newton não tem sido abordado adequadamente no ensino de Física. Nada obstante, ele seja um tópico importante não só pela riqueza conceitual mas por conter também ideias que surgiram no século XVII e XVIII e fundamentaram a nova forma mecanicista de se conceber o universo. Dado este contexto, parece evidente a necessidade de intervenções didáticas para o ensino adequado da gravitação universal.

Contudo, desenvolver uma intervenção didática é, entre outros aspectos, decidir sobre quais estratégias adotar e procedimentos realizar para que os objetivos de ensino e aprendizagem sejam atingidos. Nesse sentido, com base em uma revisão de literatura, assumimos dois pressupostos como fundamentais à nossa pesquisa:

- 1) A História da ciência pode propiciar uma formação mais epistêmica e, por consequência, uma compreensão mais integral sobre ciência;

- 2) Compreender ciência é sobretudo ter a capacidade de interpretar os enunciados típicos ao estilo discursivo da ciência, bem como saber se posicionar em situações discursivas sobre ciência apresentando argumentos que levem em consideração o uso de evidências e justificativas fundamentadas em conhecimentos científicos.

Abordar o estudo da gravitação universal de Newton dentro do contexto histórico no qual se desenvolveu é possibilitar que os estudantes “participem” de um episódio de grande impacto para a Física, envolvendo questões epistêmicas e ontológicas, compreendam a relação entre a Física e Cosmologia, reflitam sobre as questões fundamentais que sustentam cada modelo cosmológico além de apreciar a relação entre Física e sociedade. Já a argumentação proporciona que os estudantes desenvolvam uma forma de raciocínio mais voltado em termos epistêmico ao gênero discursivo da ciência (Kuhn, 1993).

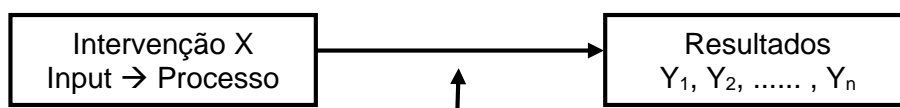
No entanto, a própria literatura revelou por um lado, uma escassez de trabalhos empíricos que investigam, do ponto de vista da prática docente, as contribuições que a adoção da HFC pode oferecer ao ensino de física e, por outro, a existência de muitos trabalhos que, embora adeptos da concepção da ciência enquanto argumentação, não ensinam o aluno a argumentar. Em síntese, nosso problema de pesquisa se materializa na necessidade de estratégias didáticas para ensino adequado da gravitação universal, de avaliar as contribuições da história da ciência no ensino de física, do ponto de vista da prática docente, e da necessidade de ensinar os estudantes a argumentarem.

Portanto o objetivo dessa pesquisa consiste em:

Planejar, desenvolver e realizar a avaliação somativa para obter conhecimento sobre “como” e “porque” uma sequência didática que faz uso da história da ciência e o ensino explícito de argumentação contribui para que os estudantes do curso de licenciatura em Física da Universidade Estadual de Feira de Santana desenvolvam a compreensão sobre a gravitação universal de Newton e a habilidade de argumentar e, então, utilizar esse conhecimento para aprimorar a sequência didática a ser aplicada em um novo ciclo de intervenção.

De acordo com Barab e Squire (2004), entende-se por *design research* uma série de abordagem de pesquisa, figura 2, na qual se busca produzir novas teorias, artefatos e práticas (intervenções) que sejam relevantes para um ambiente educacional natural de ensino e aprendizagem e, concomitantemente, aumentar o conhecimento sobre essas intervenções e os processos do seu desenvolvimento (PLOMP, 2007, p. 13). Este tipo de pesquisa se desenvolve em função dos seus princípios de *designs*, enunciados heurísticos, que dão suporte teórico (conhecimento substantivo) e metodológico (conhecimento procedimental) para o planejamento, desenvolvimento e aplicação das intervenções.

O conhecimento substantivo está relacionado às características “essenciais” da intervenção e resulta em teorias de intervenção, portanto, serve como importantes contribuições científicas. O conhecimento procedimental refere-se ao conjunto de atividades que são consideradas mais promissoras. Fornece ideias para otimizar as intervenções, resultando, por sua vez, em importantes contribuições para a didática (Promp, 2007).



Princípios de *design* ou teoria de intervenção

Figura 2: processo de pesquisa com a *design research* (Adaptado de Plomp, 2007, p. 18)

De acordo Promp (2007, p. 19), em termos da *design research*, a questão de pesquisa pode ser enunciada como se segue:

Quais são as características que uma sequência didática deve possuir para promover a compreensão sobre a gravitação universal de Newton e desenvolver a habilidade de argumentar em estudantes do curso de licenciatura de física da Universidade Estadual de Feira de Santana?

Interpretemos a figura 2 à luz dessa investigação. Fora proposto, como intervenção, desenvolver uma sequência didática para promover, como resultados, a compreensão da gravitação universal de Newton e o desenvolvimento da habilidade de argumentar em alunos do curso de licenciatura em física da Universidade Estadual de Feira de Santana. O público alvo foram os estudantes que frequentaram a disciplina fundamentos de física I

no semestre de 2016.1. Propõem-se como possíveis soluções os seguintes princípios substantivos:

- 1) O uso didático da história da ciência, e o;
- 2) Ensino explícito de argumentação.

Eles estão apoiados nos seguintes princípios procedimentais:

- 1) *Textos de natureza histórica que reconstróem explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas;*
- 2) *Discussão em pequenos grupos;*
- 3) *Discussão entre os grupos com mediação do professor;*
- 4) *Discussão da ciência enquanto argumentação;*
- 5) *Adoção do layout de argumentação de Toulmin como modelo de um argumento e;*
- 6) *Realizar atividades práticas para a aplicação do layout de Toulmin.*

Esses princípios de *design* serviram de fundamentos que orientaram o planejamento e o desenvolvimento do primeiro protótipo da sequência didática. Os princípios são “apostas” iniciais, hipóteses aos quais busca-se confirmá-las, reformulá-las, ou mesmo, negá-las com a aplicação da sequência didática através do processo cíclico de refinamento de sucessivos protótipos.

Essa pesquisa de mestrado faz parte de uma investigação maior que envolverá novos ciclos de intervenções a serem realizados no doutorado. Pretende-se ao final da investigação, como um todo, construir conhecimento teórico sobre “como” e “por que” o uso didático da História da ciência e o ensino explícito de argumentação contribuem para que os alunos do curso de licenciatura em Física da Universidade Estadual de Feira de Santana atinjam a compreensão sobre a gravitação universal de Newton e desenvolvam a habilidade de argumentar.

1.5 – Objetivo geral

Desenvolver, aplicar e avaliar, no curso de licenciatura em Física da Universidade Estadual de Feira de Santana, uma sequência didática que faz uso da História da ciência e o ensino explícito de argumentação para favorecer que

os estudantes desenvolvam a compreensão sobre a gravitação universal de Newton e desenvolvam a habilidade de argumentar e utilizar esses resultados para aprimorar a intervenção.

1.6 – Objetivos específicos

- Elaborar uma sequência didática para ensinar os estudantes a argumentarem, discutir e construir um argumento sobre a gravitação universal de Newton;
- Aplicar a sequência didática como primeiro protótipo;
- Analisar os efeitos da sequência didática, em termos da compreensão da gravitação universal e da qualidade da argumentação dos alunos, para obter orientações para o aprimoramento do protótipo;

CAPÍTULO 2 – FASE PRELIMINAR DA PESQUISA

Na pesquisa de *design research* a fase preliminar consiste na etapa onde é realizada (1) uma análise do contexto buscando identificar necessidades (2) seguida de uma revisão de literatura para aprofundar o entendimento sobre o contexto da intervenção e obter orientações para construção dos princípios de *design*.

2.1 – Análise do contexto

O currículo do curso de licenciatura em física da UEFS oferta 5 disciplinas obrigatórias no primeiro semestre e nenhuma delas têm em sua ementa a argumentação como um dos objetivos de ensino. Essa ausência permanece na ementa das disciplinas obrigatórias dos semestres posteriores. Nem mesmo as 57 disciplinas optativas da matriz curricular tratam de teorias e práticas de argumentação.

Esse quadro deixa evidente que os estudantes não são ensinados a argumentar e nem lhe são dadas oportunidades para praticar a argumentação como algo sistemático. Pressupomos, portanto, que há um consenso, ao menos implícito, de que a habilidade de argumentar é adquirida indiretamente através dos mais variados tipos de interações (como por exemplo interações entre sujeitos e sujeitos, entre sujeitos e conteúdo, entre sujeitos e atividades) que podem ocorrer nos espaços de formação (dependências da universidade, seminários e encontros locais, iniciação científica, etc.).

Temos consciência de que o curso de física da UEFS formou gerações de bons físicos e físicas sem que a argumentação estivesse incorporada em sua matriz curricular. Não obstante, como mencionado anteriormente, pesquisas educacionais recentes apontam que o uso da argumentação podem possibilitar uma aprendizagem mais satisfatória sobre ciência (KUHN, 1993; DRIVER, NEWTON e OSBORNE, 2000; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000; ERDURAN, SIMON e OSBORNE, 2004; ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK, 2006; ERDURAN, 2007).

Adotamos uma justificativa metalinguística para fazer defesa da argumentação. A tese é de que o ensino e prática sistemática de argumentação

pode melhorar a compreensão sobre ciência. Ou seja, aprender uma teoria de argumentação possibilita refletir sobre a função de cada elemento que compõe o argumento e, conseqüentemente, uma reflexão sobre que tipo de razões utilizar para fortalecer e estruturar um ponto de vista.

Ainda que não seja possível afirmar que exista um método único ou mais profícuo de produção nas ciências naturais, uma característica que as distingue de outras áreas do conhecimento é a expectativa de que seus construtos teóricos, em geral, tenham validade empírica. Essa peculiaridade contribui com a ocorrência de um gênero discursivo mais apropriado para falar sobre ciência. No contexto de ensino de ciências, espera-se que os estudantes raciocinem a partir de evidências e que seus raciocínios estejam apoiados em justificados e fundamentos. Portanto, a própria teoria de argumentação a se adotar deve ser compatível com o gênero discursivo da ciência. A literatura aponta que o *layout* de Toulmin seria um modelo de argumentação adequando para essas expectativas.

O currículo de 1997 do curso de física da UEFS foi o pioneiro no Brasil a abordar o conteúdo de física integrado com a história por meio de uma perspectiva histórico-conceitual e intercalado com as disciplinas de física Geral e Experimental (Teixeira, 2016). O currículo continha três disciplinas de fundamentos da física (Fundamentos de Física I, II e III) cujas ementas estabeleciam que o ensino deveria ser realizado levando em consideração suas "origens e transformações históricas, com as discussões epistemológicas correlatas a essas origens e transformações e com os experimentos também associados ao assunto e à evolução histórica do assunto" (TEIXEIRA, 2016). Tais disciplinas eram obrigatórias e ofertadas em semestres sucessivos a partir do primeiro sendo as mesmas pré-requisitos para as disciplinas Física Geral e Experimental I, II, III e IV.

Um dos fatores essenciais que favoreceram a introdução da HFC no currículo da UEFS foi a incorporação de Elder Sales Teixeira como professor substituto ao quadro de docentes da Área de Física no ano de 1996. Nesse período ocorria um debate sobre o novo currículo de física e ele convenceu seus colegas sobre a importância da HFC no ensino de física. Foi incumbido de elaborar as ementas das disciplinas de fundamentos e durante oito anos ministrou tais disciplinas. No entanto nas reformulações curriculares posteriores

ao ano de 1997 o departamento do curso, sobre o argumento da ausência de professores habilitados a trabalhar com a HFC no curso, optou por manter apenas uma das disciplinas como obrigatória transformando as demais em optativas.

Embora a história e filosofia da física sejam contempladas no primeiro semestre do curso de licenciatura em física da UEFS, através da disciplina obrigatória Fundamentos de Física, isso ocorre de forma isolada. A filosofia só volta a ser o objetivo de ensino obrigatório na disciplina Filosofia da Física, ofertada no nono semestre (último). São ofertadas quarenta e duas disciplinas obrigatórias e somente aquelas duas tratam de história ou filosofia da física.

As demais quarenta disciplinas não têm como objetivo de ensino nem a história e nem a filosofia e, ainda que não haja impedimento para que o professor realize uma abordagem contextualizada, elas tradicionalmente são ministradas sem fazer uso da HFC. Apenas, aproximadamente, 5% do total de disciplinas obrigatórias estão relacionadas ou à história ou à filosofia. Há, portanto, uma imensa lacuna de sete semestres e quarenta disciplinas entre Fundamentos da Física e Filosofia da Física.

Mesmo que o curso ofereça seis disciplinas optativas que estejam ligadas à HFC, julgamos essa quantidade também muito pequena. Elas representam apenas 10,5% do total das disciplinas em relação às optativas. Curiosamente um percentual maior que aquele em relação às obrigatórias. Somando todas as disciplinas do currículo esse percentual chega, aproximadamente, à 8%.

Esse quadro nos permite inferir que provavelmente, de maneira majoritária, os licenciados e licenciadas em física pela UEFS adquirem pouco ou quase nenhum conhecimento sobre a HFC, não obstante a literatura aponte uma atual valorização do papel da HFC no ensino de ciências.

Evidentemente a HFC pode ser abordada em outras atividades do curso como, por exemplo, os seminários promovidos pelo departamento de física ou grupos de pesquisas. Porém, baseando-se na observação livre de quando fui aluno do curso (o que está claro no primeiro capítulo), levando-se em consideração o número total de estudantes que frequentam o curso, uma análise proporcional levará à conclusão de que essas atividades não atingem uma parcela significativa de estudantes.

Nessa pesquisa defendemos que a HFC pode favorecer uma formação mais integral sobre ciência. Ou seja, uma formação que leve em consideração não só o contexto de justificação do conhecimento, mas também o contexto de descoberta. Todavia, para além de uma defesa apaixonada da HFC, assumimos tais perspectivas como hipóteses a serem corroboradas empiricamente.

2.2 – Revisão de literatura

2.2.1 – A história e filosofia no ensino de ciências

2.2.1.1 – Introdução

Ainda que, desde a segunda metade do século passado aos dias atuais iniciativas para integrar a HFC ao ensino de ciências tenham se popularizado (McCOMAS, 2014; METZ, 2014; SLISKO e HADZIBEGOVIĆ, 2014; PAGLIARINI e SILVA, 2007; SONG e JOUNG, 2014) as pesquisas tem apontado que, na prática, existem obstáculos que dificultam seu uso (HÖTTECKE e SILVA, 2011). Alguns destes são superáveis, porquanto é possível solucioná-los dentro do “espaço-tempo” no qual acontece a aplicação da estratégia de ensino adotada, e outros apenas contornáveis, posto que, suas soluções transcendem a qualquer possibilidades e esforços pontuais no ambiente educacional frente a um contexto que engloba questões mais gerais relacionadas a políticas públicas (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2012b). Embora alguns desses obstáculos sejam comuns a vários países, existem aqueles que são específicos a cada região. No Brasil, por exemplo, segundo Martins (2007), o currículo escolar voltado para os exames vestibulares faz com que abordagens que priorizem resolução de questões matemáticas sejam preferíveis, enquanto que Song e Joung (2014) informam que há uma tradição na Coreia do Sul de currículos voltados para o desenvolvimento nacional que focam mais na utilidade prática e formação de mão de obra deixando aspectos voltados à natureza da ciência (NdC) com algo secundário.

Não obstante professores, pesquisadores e desenvolvedores de currículos aceitem a tese de que a HFC pode oferecer benefícios ao ensino de ciências, na prática, o papel da HFC parece não estar claramente demarcado

nos currículos de ensino de ciências e isso tem gerado incertezas de como utilizá-la como prática de ensino, principalmente entre os professores da educação básica (HÖTTECKE e SILVA, 2011). Tais autores chamam esse estado de “falta de significado” da HFC entre os profissionais da educação. Há quem defenda, por exemplo, que a HFC seja acrescentada nos currículos como uma nova disciplina e quem, numa direção oposta, acredita que ela deve ser incorporada ao conjunto de saberes escolares para ensinar ciência, ou seja, não há um consenso se a HFC deve ser ou não uma nova disciplina no currículo escolar.

Uma das principais causas dos resultados insatisfatórios com a utilização da HFC, de acordo com Höttecke e Silva (2011), é que seus defensores falham ao desconsiderarem a complexidade do sistema educacional nos quais as inovações curriculares relacionadas à HFC devem ser implementadas. Entende-se que sua introdução nos currículos de ensino de ciências não deve ser realizada através de uma simples transferência de materiais didáticos de um contexto para outro, mas levando-se em consideração o processo de adaptação ou construção desses materiais. Os principais obstáculos estão relacionados a falta de clareza nos currículos oficiais sobre papel da HFC no ensino de ciências, à qualidade dos materiais instrucionais e às habilidades, atitudes didáticas e epistemológicas e crenças dos professores. Nas seções seguintes será apresentada uma discussão sobre esses obstáculos que são discutidos na literatura de ensino de ciências com enfoque da linha de pesquisa sobre HFC.

2.2.1.2 – Materiais instrucionais

De uma maneira geral, o principal material instrucional utilizado no ensino de ciências é o livro didático. Mesmo que haja outras alternativas como filmes, vídeo aulas, entrevistas, documentários, a internet, entre outros, ele é a principal fonte de conhecimento utilizado pelo professor e pelo aluno nas disciplinas de ciências e, em muitos casos, de acordo com Pimentel (2006), o único instrumento auxiliar da atividade de ensino. O livro é utilizado como principal roteiro pelo professor para programar suas aulas e executar as atividades de sala de aula ou extraclasse.

O acesso à educação de qualidade é um direito universal do homem conferido pela ONU, sendo um meio de superar as desigualdades sociais e garantir a democratização de oportunidades. Sua garantia é uma prerrogativa dos estados democráticos além do fato de que, a oferta de educação gratuita é uma das responsabilidades dos governos desses regimes (CANDAUI, 2008). Nesse sentido, tais governos incorporaram nas suas atribuições a responsabilidade pela compra e distribuição gratuita de materiais didáticos-pedagógico para o nível médio de ensino (HÖFLING, 2000). A primazia do livro nos ambientes educacionais, portanto, decorre do fato de que ele tem sido o tipo de material de apoio preferível dos governos.

É através do livro que os professores geralmente planejam suas aulas, apresentam o conteúdo aos alunos, de onde retiram as definições científicas a serem adotadas nas discussões e avaliações, selecionam exercícios, etc. O livro é também o meio pelo qual os professores entram em contato com as inovações educacionais (HÖTTECKE e SILVA, 2011). Servem, portanto, tanto como ferramenta didática quanto como material de desenvolvimento profissional. Já os alunos, utilizam esse recurso como fonte de estudo, consultas, para complementar anotações do caderno, fazer exercícios e se prepararem para as avaliações. Neto e Fracalanza (2003) identificaram que o livro didático é utilizado de três formas distintas pelos professores: há aqueles que usam simultaneamente várias coleções diferentes para planejamento anual de suas aulas; outros como apoio para as atividades de ensino-aprendizagem, sejam estas realizadas em sala de aula ou extraclasse, enquanto que; alguns preferem utilizá-lo como fonte bibliográfica. Não é à toa que, em diversos períodos, muitos pesquisadores têm se dedicado a investigar, a qualidade da HFC presente nos livros didáticos (NETO e FRACALANZA, 2003; ALLCHIN, 2004; PAGLIARINI e SILVA, 2007; NIAZ, 2014).

De acordo com alguns pesquisadores, a exemplo de Fracalanza (2003), Allchin (2004), Neto e Forato, Martins e Pietrocola (2012), a utilização inadequada, ou de baixa qualidade, da história e da filosofia das ciências contribui com a disseminação de equívocos sobre a ciência e acaba possibilitando que os estudantes desenvolvam concepções errôneas ou de senso comum sobre NdC. Isso não significa dizer que o ensino dito “adequado” da história e da filosofia impediria que os estudantes desenvolvessem

concepções equivocadas sobre ciências. Em boa medida porque o processo de ensino e aprendizagem é mais complexo que se imaginar uma relação linear entre eles. Envolve questões idiossincráticas dos estudantes que vão além da intervenção do professor. Não obstante os saberes e práticas do professor são aspectos importantes nesse processo. É com esse objetivo que existem os cursos de formação inicial e continuada.

Um dos problemas comumente encontrados em textos de narrativas históricas é a pseudo-história (ALLCHIN, 2004; PAGLIARINI e SILVA, 2007). Esse estilo de escrita remonta um fato histórico introduzindo distorções e simplificações, acabando por criar mitos que reforçam estereótipos sobre o que a ciência e como os cientistas trabalham. A pseudo-história, como argumenta Allchin (2004), transmite falsas ideias sobre o processo histórico da ciência e da natureza do conhecimento científico e um dos seus efeitos indesejáveis pode ser criar obstáculos que dificultem os estudantes desenvolverem uma compreensão crítica sobre a produção científica que leve em consideração a ciência enquanto uma atividade humana que avança através do trabalho colaborativo e que possui limitações, além do fato de que os cientistas são pessoas normais que se deparam com dificuldades, longe de estarem isolados em redomas de vidro, suas decisões afetam e são afetadas pelos eventos da sociedade como um todo.

O *whig history* é outro estilo que, embora criticado, aparece nas narrativas. O *whiggism* é um termo utilizado para se referir ao tipo de historiografia que reconstrói a história da ciência por meio de uma releitura do passado, tendo como referência as normas e padrões atuais considerados como os da “boa” ciência – cometendo anacronismo – como se esse processo fosse um encadeamento de eventos bem-sucedidos que resultaria no progresso (MAYR, 1990). Essa fábula é construída às custas da omissão dos fracassos dos personagens e da influência externa que a ciência sofre, recriando os cientistas como seres infalíveis e predestinados a revelar a verdade às demais criaturas da sociedade. Em tais episódios históricos, o enredo tipicamente consiste em apresentar uma batalha de seres iluminados contra sujeitos que – uma vez retirado suas ideias do contexto em que seus pontos de vista faziam sentido – são retratados como ignorantes e contrários ao progresso. De acordo com Allchin (2004) esses equívocos são facilmente identificáveis por uma pessoa

treinada e, nesse sentido, os professores devem estar aptos a identificá-los para evitar caírem nessas armadilhas.

O cerne da questão, ainda que sutil, é saber distinguir entre o que seja uma história da ciência apropriada e o que seja uma apropriação da história para defender modelos pessoais de ciência. Evidentemente reconhece-se a impossibilidade de neutralidade na escrita da história, já que, por mais que um historiador se esforce, sempre será influenciado pelas suas concepções filosóficas, lente teórica adotada, suas demandas sociais, afetivas e espirituais. Ainda assim, é possível construir materiais de qualidade e de confiança. Todavia, de acordo Matthews (1995), a história pode abalar convicções pseudocientífica – e isso é desejável. No entanto, quando se utiliza a HFC para defender modelos de ciência idealizados ou para reafirmar mitos, esta torna-se pseudo-história da ciência e, de acordo com Allchin 2004, pseudo-história da ciência é também pseudociência.

O livro didático deve atender às recomendações contidas nos currículos de ensino, de tal forma que funcione como um instrumento pelo qual seja possível atingir aos diversificados objetivos educacionais (PIMENTEL, 2006).

Neto e Fracalansa (2003) analisaram as coleções de livros didáticos de Ciências no Brasil levando em consideração as características dos manuais didáticos, os usos dos compêndios escolares pelos professores, as novas propostas curriculares para o ensino de ciências e os resultados da pesquisa educacional sobre ensino de ciências e sobre os livros didáticos e concluíram que tais coleções:

Enfatizam sempre o produto final da atividade científica, apresentando-o como dogmático, imutável e desprovido de suas determinações históricas, político-econômicas, ideológicas e socioculturais. Realçam sempre um único processo de produção científica – o método empírico-indutivo –, em detrimento da apresentação da diversidade de métodos e ocorrências na construção histórica do conhecimento científico (NETO e FRACALANZA, 2003)

Não obstante, os livros também apresentam imprecisões conceituais, experimentos fantasiosos ou com resultados experimentais irreais, problemas com as ilustrações além de induzir o aluno a situações de risco (PIMENTEL, 2006).

De acordo com Höttecke e Silva (2011) espera-se que os livros didáticos de ensino de ciências: (1) utilizem uma história que seja capaz de fornecer uma visão adequada sobre a NdC e retratar a ciência como um empreendimento social, entretanto, as pesquisas tem demonstrado que os livro didáticos apresentam narrativas históricas que reforçam uma visão de senso comum da ciência como empírico-indutivista, na qual, as influências sociais e culturais são raramente discutidas; (2) apresentem conteúdos adequados para aprendizagem sobre HFC, porém, na prática o uso da história se resume a informar datas, nomes e linhas do tempo; (3) devem integrar o conteúdo histórico ao conteúdo científico, porém, o conteúdo histórico são apresentados em boxes dispensáveis para se aprender o conteúdo científico; (4) apresentem atividades que favoreçam reflexões explícitas sobre NdC, apesar disso, noções sobre NdC são apresentadas implicitamente e atividade sobre a aprendizagens da NdC estão ausentes; (5) sejam produzidos em colaboração com historiadores e filósofos, ao invés disso, historiadores e filósofos não participam da sua escrita.

A péssima qualidade dos livros didáticos é um problema relatado por pesquisadores de vários países, tanto que, Slisko e Hadzibegovic (2014) ao analisarem textos que descrevem experimentos, identificaram que tais episódios apresentam informações insuficientes para que os estudantes consigam construir uma representação correta da situação experimental. Assim, quando os estudantes recorrerem à criatividade para completar as informações ausentes, acabam construindo um novo “fato histórico” mesclado de elementos que faziam parte da episódio real, de elementos do presente e carregado com toda sorte de imagens oriundas da sua imaginação. Eles acabam construindo estórias e dão a estas *status* de verdadeiras pois, não percebem que não se tratam de histórias das ciências, “este fato mostra que as informações históricas incompletas e superficiais são potencialmente enganosas para a aprendizagem dos alunos” (SLISKO e HADZIBEGOVIC, 2014). Isso é preocupante já que além de criar barreiras para que os estudantes aprendam sobre a NdC faz com eles próprios divulguem histórias equivocadas. Eles concluíram que a maior parte da história da ciência presente nos livros didáticos é inútil para aprender sobre a NdC.

Em particular, o uso de episódios da história das ciências, segundo Slisko e Hadzibegovic (2014), deve atender 4 requisitos: (1) precisão histórica: os

episódios históricos deve transmitir uma visão não mitificada sobre a produção científica; (2) adequação cognitiva: o conteúdo que se pretende ensinar com o episódio precisa ser adequado às habilidades cognitivas do estudantes; (3) potencial motivacional: o episódio deve ser capaz de aumentar o interesse dos estudantes em ciências, e; (4) conter as recomendações contidas nos currículos de ensino.

É notório que diagnosticar a qualidade dos livros didáticos de ensino de ciências tem sido preocupação da pesquisa educacional ao menos desde a década passada, conforme a referência utilizada nesse trabalho. Não obstante, com o avançar dos anos e mesmo à luz dos resultados das pesquisas e do saber advindo da experiência dos professores ao utilizar esse recurso, os livros didáticos continuam tendo inadequações.

É razoável admitir a impossibilidade da produção de um livro perfeito, porque (1) sob a jurisdição da área de pesquisa em ensino de ciências estão diversas linhas de pesquisas com saberes que podem se complementarem ou não (2) é difícil traçar um perfil didático que seja admitido como um modelo normativo e que seja reconhecido nas ações do professor (HARRES, 1999) (3) o ensino de ciências pode ser entendida como uma “ação pesquisada”, uma vez que o aperfeiçoamento das estratégias de ensino ocorre por meio de um processo heurístico de adequação de expectativas (o que se pretende como intensão) à realidade (o que de fato foi realizado), sendo que o contexto possui efeito fundamentalmente no resultado. Nesse sentido o “ideal” está sempre no porvir.

Essa discussão não deve ser entendida como uma afirmação relativista ingênua a respeito da validade do saber sobre o ensino de ciências. É no mínimo precipitar-se. Tal discussão apenas ressalta que a pesquisa em ensino de ciências possui características que a distingue de outras áreas de conhecimento e que qualquer contribuição, se pretende ser útil em termos práticos, deve levar em consideração essas especificidades.

Todavia os problemas mencionados comprometem a qualidade dos livros didáticos e essa é uma questão extremamente preocupante pelo protagonismo que este possui no ensino de ciências. Esse problema acaba refletindo na qualidade da formação dos nossos jovens. Todavia, esse quadro insatisfatório só tem sido possível por causa da fraca fiscalização e avaliação do conteúdo do

texto desses materiais (SLISKO e HADZIBEGOVIC, 2011; NETO e FRACALANZA, 2003; HÖFLING, 2000). Ainda que reconheçamos algumas iniciativas da parte dos governantes, estas só farão efeitos se acompanhadas de medidas mais contundentes já que, para atender a tais iniciativas, as editoras realizam apenas modificações superficiais nas suas coleções didáticas (NETO e FRACALANZA, 2003).

Apesar do quadro descrito anteriormente, seria muito radical propor que os livros didáticos sejam tirados de circulação. De certa forma, cumprem um importante papel social de levar o conhecimento científico até os estudantes que não tem condições econômicas de financiar outras fontes de leitura, e por esse meio, tornaram o conhecimento científico mais acessível. Eles contribuíram para que o ensino de ciências tornasse mais viável pois, como dito anteriormente, dão suporte aos professores no planejamento das suas aulas e servem de instrumento de apoio para os estudantes. Entre outras razões, é por eles que muitos professores geralmente entram em contato com as inovações educacionais. Entretanto não podemos nos conformar, posto que, uma educação científica de qualidade exige que os materiais instrucionais sejam de igual qualidade.

É possível pensar em soluções. E algumas propostas pela própria comunidade de pesquisa em ensino de ciências. A curto prazo, um caminho é investir na divulgação de estudos e pesquisas que avaliam os livros didáticos e a forma como eles têm sido utilizados pelos professores e alunos, e fazer isso aliado ao estímulo da produção coletiva de recursos novos e/ou alternativos (NETO e FRACALANZA, 2003). Isto favorecerá com que os professores desenvolvam um senso mais crítico e conseqüentemente ajudará que façam melhores escolhas do material didático a ser adotado em suas turmas. Atualmente o professor participa apenas da etapa da escolha dos livros. A divulgação daqueles estudos e pesquisas, seja por meio de publicações direcionadas ao professor em exercício, seja através de cursos de formação continuada fortalecerá a comunidade de professores de ensino de ciências e os colocará no protagonismo sobre as decisões referente a produção dos materiais didáticos.

A médio prazo, Neto e Fracalanza (2003) propõem investir na produção de livros paradidáticos que foquem nos temas científicos de maneira pormenorizada e articulada com as outras áreas do conhecimento humano:

Tais paradidáticos poderiam se constituir em livros didáticos “modulares”, de maneira que o professor pudesse compor seu compêndio escolar ao longo do ano letivo, a partir: da realidade das escolas onde atua; da sua experiência profissional; das vivências e do contexto sociocultural de seus alunos; e das ocorrências do processo (NETO e FRACALANZA, 2003)

Outra possibilidade seria investir em outros tipos de fontes didáticas que atendam às recomendações curriculares e ainda, levem em consideração os resultados e contribuição das pesquisas voltadas ao ensino de ciências.

Talvez, uma das soluções mais profícuas seria criar condições para que o professor produza seu próprio material instrucional. São várias as razões, portanto citaremos algumas: (1) ele poderia construir um material mais apropriado ao contexto socioeconômico do seu ambiente de trabalho e (2) às habilidades cognitivas dos seus alunos; (3) teríamos profissionais mais qualificados e em constante aprimoramento; (4) tais materiais poderiam ser compartilhados por meio de uma rede de profissionais da educação que trocariam experiências entre si; (5) essa experiência poderia se converter em pesquisas educacionais e aumentariam nossa compreensão sobre os processos educacionais.

Incentivar que os professores produzam seu próprio material instrucional seria ótima solução principalmente porque outro obstáculo enfrentado por eles ao tentar implementar a HFC em suas salas de aula, é a falta de materiais que atendam às suas exigências. Tema que discutiremos na próxima seção, porém, faz-se necessário algumas ponderações.

Evidentemente as últimas sugestões aventadas esbarram na discussão sobre quais seriam as atribuições do professor e necessariamente em questões essenciais sobre a valorização da prática docente. Colocamo-nos fora do paradigma perverso no qual o professor é considerado como o principal responsável pelo insucesso da aprendizagem dos alunos, quiçá o único. Parece uma postura cômoda assumir a posição de delegar deveres e responsabilidades ao professor e esquecer que estes muitas vezes levam trabalho para casa,

extrapolando a carga horária de trabalho, e muitas vezes nas instituições que lecionam não são garantidas condições física mínima para que realize seu trabalho com a qualidade que deseja.

2.2.1.3 – Falta de materiais adequados

Martins (2007) realizou uma pesquisa na qual aplicou um questionário a licenciados, alunos de pós-graduação e professores da rede pública. O objetivo era investigar as principais dificuldades e experiências em relação ao uso da HFC para fins didáticos por esses sujeitos. Foi diagnosticado que a principal dificuldade mencionada foi a falta de material didático adequado, e a pouca presença do conteúdo da HFC nos livros. Os sujeitos da pesquisa informaram também, possuir mais dificuldades para abordar certos temas que outros. De acordo com eles, enquanto que a mecânica, a gravitação e a física moderna são conteúdos mais fáceis de serem abordados historicamente a óptica e o eletromagnetismo são conteúdos mais difíceis. Martins (2007) atribui essa dificuldade a existência escassez de textos e materiais didáticos para cada uma das áreas de conhecimento da física.

A HFC tem permitido trabalhar com os estudantes diversos aspectos da NdC ou tipos de atitudes que se espera que eles tenham em relação às ciências (HÖTTECKE e SILVA, 2011). Não obstante, em algumas ocasiões o professor pode se deparar com a ausência de materiais que atendam aos objetivos do seu planejamento de aula, nesses casos, cabe a ele produzir seu próprio material. Certo que propor isso leva a questões práticas e metodológicas. Primeiro, na prática, pode ser dispendioso para o professor ter mais essa responsabilidade além das que já possui. Não é segredo que eles acabam levando trabalho para casa e não são recompensados financeiramente para isso. Os professores das ciências, em sua maioria, não são especialistas nem em história nem em filosofia das ciências e essa falta de expertise leva a uma questão metodológica sobre a qualidade da sua produção. Entretanto, como informa Allchin (2004), muitas dessas questões podem ser minimizadas se levarmos em conta as contribuições feitas pelos membros da comunidade de pesquisadores e professores do ensino de ciências que trabalham com essa linha de pesquisa.

Um olhar atento pode identificar discrepâncias entre uma concepção de ciência como uma construção humana, social, influenciada por fatores culturais, e um relato histórico que traz, implicitamente, uma ciência puramente empírica e neutra, produtora de verdades absolutas que desconsidera debates, controvérsias e rupturas em sua história. (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2012a, p. 126)

De acordo com Forato, Martins e Pietrocola (2012a, p. 127 e 134) transpor conteúdo da HFC para conteúdo adequado ao ensino de ciências requer o domínio de conhecimento epistemológico sobre historiografia das ciências – o saber sábio do historiador da ciência – e também, conhecimento sobre os processos de ensino e aprendizagem, teorias sobre pedagogias e metodologias educacionais – os saberes escolares. Ou seja, numa perspectiva transdisciplinar, deve-se ser capaz de transitar entre as duas áreas do conhecimento e articular seus saberes.

Forato, Martins e Pietrocola (2012a,b) identificaram e categorizaram dezessete obstáculos na elaboração de um minicurso, que foi aplicado em uma turma de física do ensino médio. O enfrentamento desses obstáculos resultou em um conjunto de parâmetros que podem auxiliar o desenvolvimento de materiais didáticos.

Vale salientar que os trabalhos de Forato, Martins e Pietrocola (2012a,b) são alguns dos exemplos entre tantos outros disponíveis na literatura.

2.2.1.4 – Habilidades, atitudes didáticas e epistemológicas e crenças dos professores

Atingir satisfatoriamente os objetivos de uma expectativa de ensino de ciências, está relacionado com a capacidade que o professor possui de corresponder aos desafios da atividade de ensinar dentro da perspectiva no qual esteja inserido, ainda que não se esgote nisso. Entretanto há de se concordar que o professor é uma variável essencial no processo de ensino e aprendizagem.

Integrar a HFC como parte do conhecimento necessário para se ensinar ciências requer consciência de que as decisões tomadas pelos professores no planejamento, desenvolvimento e execução de sua prática educacional, refletem as concepções que eles possuem sobre a produção científica e, como nos

informa Harres (1999), o entendimento de que tais concepções são “formatadas” pelas *concepções didáticas* dos professores que representariam “uma epistemologia do professor que integraria a sua concepção sobre o conhecimento científico com a sua concepção sobre o conhecimento profissional” (HARRES, 1999).

Apesar dos professores apresentarem atitudes positivas em relação a possibilidade de adotarem a HFC em suas estratégias de ensino, eles não têm ideia de como utilizá-la, o que foi diagnosticado por Clough (2006). Espera-se do professor o domínio de classe e do conteúdo, essas duas condições fundamentais para que o professor possa obter sucesso no processo de ensino e aprendizagem, dessa forma, naturalmente os professores tendem a optar por estratégias que dominem ou estejam familiarizados. Nesse sentido, a insegurança em relação a HFC é um fator que tem contribuído para que esses tipos de abordagens sejam evitados (WANG e MARSH, 2002). Ainda que, à primeira vista, pareça solucionar o problema introduzir a HFC nos cursos de formação de professores, munindo-os de conhecimento epistêmico sobre história e filosofia da ciência, isso não seria suficiente porque estamos lhe dando com um problema que diz respeito à prática de ensinar (LEDERMAN e ZEIDLER, 1987; MEDEIROS e FILHO, 2000). Em suma:

“As principais dificuldades surgem quando pensamos na utilização da HFC para fins didáticos, ou seja, quando passamos dos cursos de formação inicial para o contexto aplicado do ensino e aprendizagem das ciências” (MARTINS, 2007).

Como bem nos mostram nossas experiências vividas, tanto enquanto alunos como enquanto profissionais da educação: *conhecer não implica necessariamente saber fazer*. Ensinar requer habilidades específicas que muitas vezes são independentes da matéria que assumimos. Os cursos de formação de professores devem, portanto, incorporar em seus currículos disciplinas metodológicas que abordem o conhecimento pedagógico e didático do conteúdo bem como oportunizar práticas da HFC para ensinar ciência em estágios de docência.

Peréz *et al.* (2001) desenvolveram um estudo no qual identificaram as visões deformadas acerca da compreensão da natureza do trabalho científico

comumente apresentadas em *workshops*, por professores, cuja a temática estava relacionada à natureza do ensino de ciências e o seu papel. Participaram da pesquisa professores em formação inicial e professores em formação continuada. No intuito de conhecer as principais deformações sobre a NdC, consultaram também periódicos voltados para educação científica, em busca de artigos sobre educação e didática científica. Eles encontraram sete visões deformadas e, então, caracterizam cada uma delas.

Segundo Pérez *et al.* (2001) a concepção da ciência mais difundida é aquela na qual ela é descrita como: (1) *empreendimento empiricoindutivista e ateórico*: essa concepção está fundamentada na ideia da “neutralidade” dos cientistas. Esta assegura que eles possam fazer “descobertas” através, pura e simplesmente, da observação e da experimentação. Despreza-se portanto, o papel das hipóteses como orientadoras da investigação e do conjunto de conhecimentos científicos que fundamenta tais “descobertas”. A segunda deformação mais difundida seria uma (2) *visão da ciência como um corpo rígido de conhecimento e métodos*: essa perspectiva apoia-se na ideia de que existe o “método científico” que consiste em um conjunto de procedimentos que devem ser seguidos mecanicamente ao produzir ciência. Valoriza, ainda, o tratamento quantitativo e nega o papel da criatividade na construção do conhecimento científico. Outra concepção errônea é a (3) *visão aproblemática e ahistórica*: por esse viés a ciência é apresentada de forma dogmática e fechada. Foca-se no resultado final da produção científica sem se preocupar em discutir quais problemas deram origem a ela, muito menos apresenta-se o processo histórico ocorrido antes que esses resultados se consolidassem como conhecimento aceito pela comunidade de cientistas. “Trata-se de uma concepção que o ensino da ciência reforça por omissão” (PERÉZ, MONTARO, *et al.*, 2001). Tais abordagens impossibilitam que os alunos reconheçam as limitações da ciência.

A quarta visão caracterizada por Pérez *et al.* (2001) foi a (4) *visão exclusivamente analítica da ciência*: aqui os estudos científicos são apresentados como algo compartimentalizado. É tratada como um conjunto de disciplinas isoladas onde não se estabelece o link entre elas. Outra concepção é a visão da ciência como (5) *acumulativa de crescimento linear*: essa visão simplifica as complexidades existentes nos processos relacionados à ciência, desconsidera as crises que, quando surgem, levam a reflexões profundas e

reformulações dos conhecimentos fundamentais bem como rupturas. Esse tipo de visão não revela o caráter controverso do empreendimento científico e pode deixar, nos estudantes, a impressão de que em nenhum momento da história das ciências houve disputas entre teorias rivais, assim, as teorias que lhe são ensinadas sempre foram aceitas como verdades inquestionáveis. Tem-se ainda a (6) *visão individualista e elitista*: sua principal característica é caricaturar o cientista como um ser dotado de inteligência sobrenatural que consegue, sozinho, solucionar questões científicas. Essa visão ignora o papel do trabalho coletivo e geralmente deixa a impressão de que o conhecimento científico é produzido por um único ser, trabalhando isolado. Ela também pode desestimular os estudantes a seguirem carreiras científicas. A última visão deformada é aquela na qual a ciência é reconhecida como (7) *socialmente neutra*: essa visão não leva em consideração as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Trata-se de uma postura perigosa posto que, coloca os cientistas como seres situados “acima do bem e do mal” e exime-os da responsabilidade das aplicações da ciência.

Nesse sentido, Höttecke e Silva (2011) argumentam que as crenças, habilidades, atitudes didáticas e epistemológicas dos professores são alguns dos obstáculos para lidar com HFC. Eles sumarizaram as atitudes e crenças que julgam necessárias para ensinar HFC e contrastaram com aquelas comumente encontradas em professores de física. De acordo com a lista e desejável que: (1) os professores foquem na NdC como objetivo explícito do seu ensino e, entretanto, eles apresentam uma falta de conhecimento sobre epistemologia e história das ciências; (2) os professores tenham a habilidade de saber como usar a HFC para transformar a NdC em prática de ensino e, em um sentido oposto, não transformam esse conhecimento em práticas reflexivas de ensino; (3) os alunos deveriam refletir explicitamente sobre NdC da maneira em que se emprega na academia, contudo, isso não acontece, posto que, os professores geralmente transmitem mensagens diferentes sobre NdC; (4) os professores reconheçam as crenças e pensamentos epistemológicos dos estudantes, dispor de conhecimento pedagógico do conteúdo para moderar discussões e negociações entre estudantes, dar suporte à construção de significados dos alunos, e transformar a visão de NdC reflexiva durante seu ensino mas, apesar disso, os professores geralmente apresentam uma crença epistemológica

tradicional da ciência como um corpo acumulativo de conhecimento que pode ser transmitido aos estudantes, e; (5) os professores apreciem a aprendizagem de conteúdo, contexto e processo da ciência com HFC, não obstante, eles apreciam a história da ciência, focam principalmente na aprendizagem de conteúdo, mas sentem-se inseguros para ensinar ciências como um processo.

Em relação às abordagens tradicionais de ensino, as estratégias que tem a HFC como suporte foca mais no papel dos alunos nas atividades que são realizadas em sala de aula e espera deles uma postura mais participativa por levar em consideração seus pontos de vistas. Nesse contexto, os professores devem ser capazes de, além de outras habilidades, realizar e mediar as discussões entre os estudantes. A HFC *“não oferece conjuntos claros de fatos científicos, provas e conceitos a serem ensinados”* (HÖTTECKE e SILVA, 2011), portanto, demandaria do professor várias habilidades para ensinar sobre ciência, ou seja, ensinar através da HFC exigirá mais do profissional. Contudo, um professor apto a ensinar utilizando a HFC teria uma formação mais integral.

A respeito das atitudes dos professores em relação à HFC é possível traçar duas direções. Na primeira, estão aqueles que a veem como uma estratégia didática que complementa outras abordagens e introduz novas dimensões ao ensino, ou seja, ela é valorizada enquanto suporte para viabilizar outras estratégias, mas sequer é considerada conteúdo para ensino *em/sobre* ciências. A HFC é utilizada como metodologia para fundamentar as estratégias de ensino, mas não como objetivo de aprendizagem. Na outra direção, como aponta Martins (2007), estão aqueles professores que demonstram não ver a HFC como conteúdo a ser integrado no ensino de ciências. Eles a encaram como um novo conteúdo a ser adicionado no currículo, por consequência, uma das dificuldades que enfrentariam com a adoção da HFC nas suas estratégias de ensino, seria que tais abordagens demandariam tempo adicional àquele reservado ao ensino do conteúdo da ciência.

Em resumo, nota-se que, ou o papel da HFC no ensino de ciências não está bastante claro para os professores, ou que eles confundem HFC enquanto objetivo de ensino ou enquanto estratégia didática para ensinar ciências e sobre ciências.

2.2.2 – Argumentação no ensino de ciências

2.2.2.1 – Referenciais teóricos para análise da qualidade da argumentação: considerações gerais

A comunidade de pesquisadores em ensino de ciências tem defendido a concepção de ciência enquanto argumentação (KUHN, 1993; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000; SIMON, ERDURAN e OSBORNE, 2006). Esses pesquisadores apoiam-se no fato de que, segundo tal perspectiva, uma das etapas da produção de conhecimento científico é a construção de afirmações que sejam fundamentadas em dados, justificativas e teorias. A ciência é encarada como uma atividade social que avança mais por conta das interações entre os membros dessa comunidade (Kuhn, 1993), do que pelo esforço individual de uma pessoa. Para uma ideia ser aceita dentro da comunidade é necessário, portanto, convencer amplamente seus membros. Um caminho possível ao processo de convencimento é a apresentação de argumentos válidos capazes de sobreviver aos inúmeros desafios que possam ser-lhe impostos – tanto em um contexto de disputa quanto em um contexto de aceitabilidade – e ainda atender aos critérios de validade que são estabelecidos pela própria comunidade.

Um dado relevante em favor do uso da argumentação nas aulas de ciência, de acordo com Crossa, Taasoobshirazi, *et al.*, (2008), é o reconhecimento do papel do discurso na aprendizagem (LEMKE, 1990). Em consonância, Kuhn (1993) aponta ser promissor “o conceito de educação científica como promotora de uma forma de pensamento” com as características do pensamento científico. Osborne, Erduran e Simon (2004) reforçam esse argumento ao afirmar que “aprender a pensar é aprender a argumentar”, portanto estratégias de ensino com ênfase na argumentação estão de acordo com os objetivos de uma educação que busca desenvolver nos alunos a capacidade de raciocinar sobre problemas e questões, sejam eles práticos, pragmáticos, morais e/ou teóricos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000). Nesse sentido, a expectativa entre os pesquisadores e professores de ensino de ciências é que os alunos sejam capazes de avaliar a legitimidade de um

argumento científico e apreciar o poder e as limitações das ciências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRÍGUEZ e DUSCHL, 2000).

A produção de conhecimento está intrinsicamente ligada à linguagem, já que um conceito é uma entidade linguística, compreendê-lo requer domínio das normas que estabelecem relações de sentidos entre seus signos (VYGOTSKY, 2001). Por este viés, o argumento é ponto central no processo de aprendizagem de um conceito e sua consistência deve revelar o grau de desenvolvimento deste. A linguagem promove a mediação entre os homens e entre eles e a natureza. A comunicação entre consciências só é possível através de mediação pela linguagem. Embora a linguagem científica (ou a utilizada para falar sobre ciência) e a linguagem natural possuam características próprias e diferenças sutis, esta última funciona como suporte que possibilita a apropriação da ciência (VIEIRA e NASCIMENTO, 2009b).

Embora seja recorrente classificar os argumentos em três vertentes – analítico, dialético ou retórico (PLANTIN, 2008) – observa-se que a definição do que seja um argumento ou argumentação tem sido feita de acordo com os interesses e objetivos didáticos e pedagógicos, com os objetivos do programa de pesquisa e com as perspectivas teóricas sobre a argumentação no ensino de ciências e a aprendizagem que fundamentam o desenvolvimento da pesquisa (SAMPSON e CLARK, 2008).

Vieira e Nascimento (2009a), por exemplo, definem argumentação em função de contraposição de ideias (opiniões) e justificações recíprocas dessas ideias. Para Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl (2000) a argumentação está relacionada aos processos de resolução de um problema. De uma maneira geral usa-se “argumento para descrever os artefatos criados pelos estudantes para articular ou justificar conclusões ou explicações e o termo argumentação para descrever o complexo processo de gerar esses artefatos” (SAMPSON e CLARK, 2008). Essa perspectiva parece semelhante àquela de Osborne, Erduran e Simon (2004).

As salas de aulas de ciências são ambientes complexos onde ocorrem inúmeras interações dinâmicas. Para Jiménez-Aleixandre, Rodríguez e Duschl (2000), os pesquisadores têm se deparado com o desafio de avaliar a qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos dentro dela. Nenhum modelo, quando utilizado isolado, tem sido suficiente para analisar e avaliar de forma integral a

qualidades dos argumentos e da argumentação que são produzidos nas aulas de ciências. Clark *et al.*, (2007) em uma revisão sobre ferramentas para avaliar o grau de interação em contexto de argumentação, encontraram cinco categorias distintas sobre as quais essas ferramentas podem focar – (1) estrutura de argumentação formal, (2) qualidade conceitual, (3) natureza e função das contribuições dentro do diálogo, (4) natureza epistêmica do raciocínio e (5) padrões de interações e sequências argumentativas – como alternativa tais ferramentas podem ser utilizadas de forma combinada.

Conceber a ciência como argumentação encerra o desafio de definir o que é que se pode considerar como um argumento científico válido e como avaliá-lo. Para os objetivos desse trabalho será considerado característico ao gênero discursivo das ciências a habilidade de construir argumentos que levem em consideração a existência de evidências e façam uso de justificativas que estão apoiadas nos fundamentos do conhecimento científico. Nesse sentido, a exemplo de muitos pesquisadores (ABI-EL-MONA e ABD-EL-KHALICK, 2006; DRIVER, NEWTON e OSBORNE, 2000; ERDURAN, SIMON e OSBORNE, 2004; JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2000; TEIXEIRA *et al.*, 2010C) adotaremos o *layout* de Toulmin como referencial teórico do que seja um argumento, pois consideramo-lo adequado ao gênero discursivo das ciências naturais.

Como dito anteriormente, a argumentação está associada com a existência de uma controvérsia em uma interação discursiva na qual seus participantes disputam pela superioridade de pontos de vistas concorrentes. Nessa pesquisa adotamos a presença de contra-argumentos, de acordo com a definição de Penha e Carvalho (2015), como definição de uma argumentação. Não obstante, uma argumentação avança conforme a habilidade dos protagonistas do debate, em apresentar justificativas convincentes em defesa do seu ponto de vista e fundamentos que reforcem seu argumento. Ou seja, o que mantém uma argumentação são as justificativas e fundamentos apresentados. Dessa forma, adotaremos o marcador justificação recíproca de Vieira e Nascimento (2009a) e proporemos o marcador fundamentação recíproca, como critério para analisar o desenvolvimento de uma situação discursiva na qual ocorre uma argumentação.

Determinar a qualidade de uma interação argumentativa é avaliar a qualidade dos argumentos (produto) apresentados em defesa de um ponto de

vista e das justificativas e fundamentos apresentados para reforçar (processo) esse ponto de vista no desenrolar do debate. Nesse sentido, adotaremos o Mapa de Qualidade da Argumentação de Penha e Carvalho (2015) como critério para avaliar a qualidade de uma argumentação.

2.2.2.2 – O *layout* de Toulmin

Toulmin (2006) propõem um modelo jurisprudencial como estrutura de um argumento. Tal modelo aplica-se, de acordo Plantin (2008), a um discurso contínuo (monólogo) e, dentro dessa forma lógica de conceber um argumento, a racionalidade de um argumento estará situada na estrutura do modelo. O argumento pode ser entendido como a relação entre um conjunto de elementos cumprindo funções específicas na sua construção. Para Toulmin a microestrutura, figura 3, de um argumento seria composta por: uma conclusão ou alegação (**C**), que é a tese defendida; para a tese possuir mérito deve estar apoiada em algum dado, (**D**), que são informações factuais; contudo só é possível a partir de **D** alegar **C** se se possui alguma justificativa (**J**) que são informações gerais, hipotéticas, que autoriza essa passagem. Essa tríade é a forma mais básica de apresentar um argumento, de acordo Toulmin. As justificativas são incidentais e explanatórias, estão implícitas e devem ser explicitadas quando o tipo de passo dado for desafiado; os tipos de justificativas, no entanto, atribuem diferentes pesos na força de um argumento. Seu grau de confiança é determinado por um qualificador modal (**Q**) - exemplo: provavelmente, necessariamente, possivelmente, etc. Há condições específicas na qual a justificativa não pode ser considerada válida e quem determina essa

condição de exceção é o refutador (**R**). O nível mais profundo de um argumento é o fundamento (**F**), ele que confere à (**J**) o status de justificativa.

Toulmin identificou que alguns elementos tinham as características de serem constantes para todo campo de argumentação enquanto que outros variavam de campo a campo. Classificou os primeiros como campo-invariáveis e os segundos como campo-dependentes. Os fundamentos (**F**) pertencem à categoria de elementos campo-dependentes, são diferentes para cada campo de argumentação, e no caso das ciências representam o conhecimento partilhado pela comunidade de cientistas.

A estrutura de Argumentação, figura 3, é campo-invariável para qualquer campo de argumentação racional, por outro lado, a avaliação dos méritos de um argumento é campo-dependente, uma vez que os fundamentos (**F**) podem ser de vários tipos a depender da área de conhecimento.

De acordo com Sampson e Clark (2008) o *layout* de Toulmin é uma ferramenta analítica de domínio geral. Essa independência contextual permite

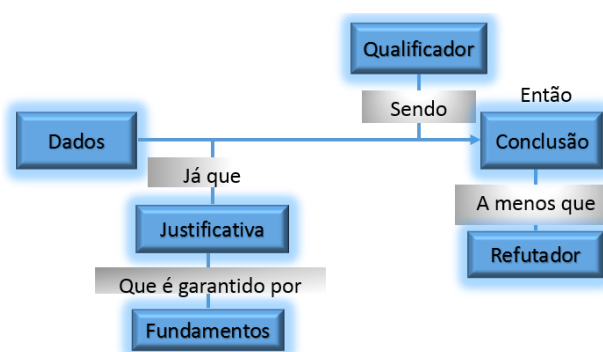


Figura 3: Layout de argumento de Toulmin. Adaptado de Toulmin (2006)

que este seja utilizado em distintas áreas de conhecimento racional como modelo para construir e/ou avaliar um argumento. Por outro lado, a sua abrangência lhe impossibilita de capturar as características epistêmicas, intrínsecas a cada área. Contudo é possível utilizá-lo combinado com outras ferramentas que sejam de domínio específico. Isso é o que tem sido feito por muitos pesquisadores, a exemplo de Penha e Carvalho (2015).

Em nossa pesquisa adotaremos uma estratégia utilizada por Penha e Carvalho (2015), que consiste em pintar com cores diferentes os trechos nos turnos de fala que correspondem aos elementos do *layout* de Toulmin. No quadro 1 apresentamos a associação entre os elementos que compõem o *layout* de Toulmin e as cores adotadas para cada um deles.

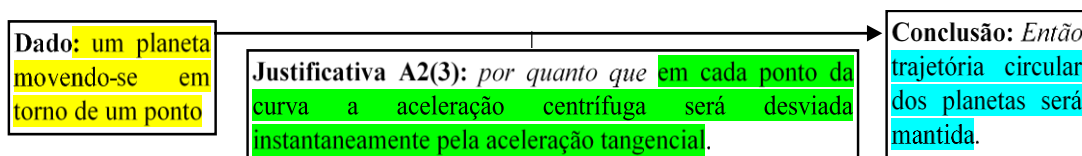
Quadro 1: Associação entre os elementos do *layout* de Toulmin e as suas respectivas cores adotadas nessa pesquisa

Elemento	Cor
Dado	Amarelo
Justificativa	Verde
Conclusão/afirmação/Pergunta	Azul
Fundamentos	Rosa
Qualificador	Cinza
Refutador	Vermelho

A seguir apresentamos um exemplo de como aplicar o quadro 3. Esse turno foi transcrito das aulas 11 e 12.

Turno 139 – Aluno A2 – /.../ Vou botar, no caso, um corpo aqui [Desenha uma curva no quadro] Aqui no caso para ele fazer essa curva aqui ele vai ter uma aceleração no caso pra cá [Desenha a seta Tc1]. Ai é como se quando ele chegar aqui nesse ponto vai ter outra aceleração aqui [Desenha a seta Tc2]. Ai vai começar a ter uma aceleração tangencial [Desenha as setas Tg1 e Tg2]. Aceleração centrípeta/ aí no caso essa aceleração vai fazer com que esse corpo quando aqui chegar aqui <mude de direção e mantenha o movimento circular>

No trecho em amarelo o aluno faz referência aos dados. No trecho em verde ele elabora uma justificativa e, no azul, estabelece a conclusão. De acordo com o contexto em que ele elabora o argumento, este pode ser representado conforme o *layout* de Toulmin como segue:



2.2.2.3 – Ferramenta para avaliar a qualidade do argumento e da argumentação

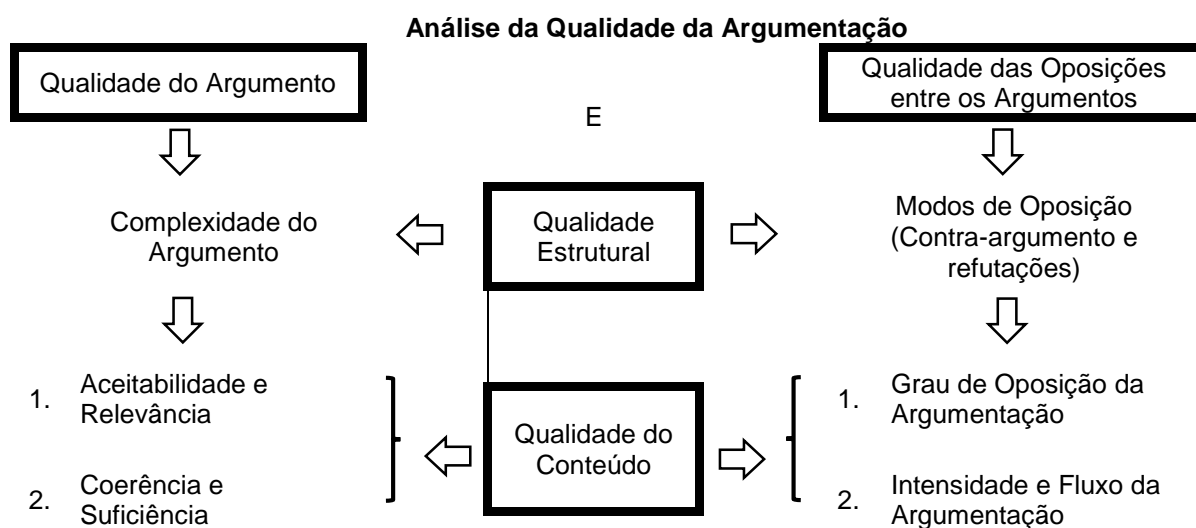
Embora o *layout* de Toulmin seja bastante utilizada no ensino de ciências (SASSERON e CARVALHO, 2011), e de maneira profícua, uma das dificuldades

que emerge da sua adoção é desenvolvimento de critérios satisfatórios para avaliar a qualidade de um argumento (ERDURAN, 2007).

Isso porque a qualidade de um argumento é dada em função da sua estrutura, do seu conteúdo e também das interações que promovem a construção do argumento.

Penha e Carvalho (2015) propuseram uma ferramenta analítica que leva em consideração a qualidade estrutural e conceitual do argumento. Ela está fundamentada na ideia de que, como esquematizado do quadro 2, uma boa argumentação é função: 1) da qualidade dos argumentos utilizados nas defesas das diferentes ideias e proposições, e; 2) da qualidade do modo como as diferentes ideias são postas em oposição. A qualidade definida por meio do resultado da análise da qualidade estrutural e do conteúdo argumento.

Quadro 2: Esquema para análise da qualidade da argumentação (Retirado de Penha e Carvalho, 2015, p. 121)



Em sua proposta, Penha e Carvalho (2015) adotam as justificativas de um argumento como critério para determinar a qualidade do conteúdo e das oposições em um argumento em uma situação argumentativa. No entanto, no episódio argumentativa analisado nesse trabalho, os estudantes fizeram referência aos fundamentos da física para apoiar seus argumentos. Alguns desses fundamentos, embora fizessem sentido no contexto da discussão, não estavam sendo empregados corretamente de acordo com a física. Percebemos então, a necessidade de considerar os fundamentos na análise da qualidade do conteúdo de um argumento. Assim, propomos como adaptação ao modelo de

Penha e Carvalho (2015) acrescentar os fundamentos como critério de análise da qualidade do argumento.

Penha e Carvalho (2015) adotam o critério de presença ou ausência dos elementos que compõem o *layout* de Toulmin para avaliar a *Complexidade do Argumento*. Quanto maior o número de elementos, maior a complexidade do argumento (ver quadro 3).

Quadro 3: Níveis de complexidade do argumento (Retirado de Penha e Carvalho, 2015, p. 123)

Complexidade	Descrição:
1	Argumentos que apresentam apenas afirmações ou conclusões
2	Argumentos que apresentam afirmações e/ou conclusões apoiados em dados e/ou justificativas.
3	Argumentos que apresentam afirmações e/ou conclusões apoiados em dados/justificativas e com uso de fundamentos ou qualificadores
4	Argumentos que apresentam afirmações e/ou conclusões apoiados em dados/justificativas e com uso de fundamentos, qualificadores e refutadores.

Todavia, o modelo proposto por Toulmin não apresenta nenhum critério para valorar a qualidade e a confiabilidade do conteúdo do argumento, muito menos a forma como cada um desses elemento se relacionam. Penha e Carvalho (2015), adotaram a *Aceitabilidade e Relevância* das justificativas como critério da solidez do argumento. A aceitabilidade das premissas que sustentam um argumento por parte dos agentes que protagonizam uma situação discursiva, é critério imprescindível para que ocorra a argumentação. Um argumento só é digno de ser apreciado quando se reconhece nele algum sentido. Contudo, as justificativas ou fundamentos que apoiam uma asserção podem ser aceitáveis dentro de uma esfera de conhecimento e ao mesmo tempo não possuir valor algum quando deslocado para outro campo de conhecimento. A *Aceitabilidade* de uma justificativa ou fundamento, nos termos de Toulmin, seria campo-dependente. Nesse trabalho adotamos o conhecimento atualmente partilhado pela comunidade da física como critério para avaliar a aceitabilidade das premissas adotadas nos argumentos apresentado pelos alunos.

A Relevância de uma justificativa ou de um fundamento está diretamente ligada ao conteúdo da asserção ou conclusão de um argumento. Um argumento se tornará mais persuasivo porquanto que integre justificativas ou fundamentos que não sejam dispensáveis ou contraditórios. Na proposta que estamos utilizando, adaptada de Penha e Carvalho (2012), a solidez de um argumento possui três níveis de graduação: 0, quando as justificativas ou fundamentos não são aceitáveis para validade do argumento; 1, quando o argumento apresenta

justificativas ou fundamentos aceitáveis, mas não são integralmente relevantes para as conclusões, e; 2, quando as justificativas ou os fundamentos são aceitáveis e relevantes para as conclusões. Como sugerido por Penha (2012, p. 123), para simplificar a análise e tornar ela mais confiável, primeiro avaliamos se as justificativas ou os fundamentos eram aceitáveis e, só em caso positivo, avaliamos sua relevância. No quadro 4 apresentamos mais detalhes sobre esta rubrica.

Quadro 4: Esquema para qualificação do Conteúdo do Argumento (Adaptado de Penha e Carvalho 2012, p. 103)

Rubrica para avaliação da Qualidade do Conteúdo do Argumento			
Critérios		Pontuação	Descrição
Aceitabilidade e Relevância (Solidez)	Identificação da aceitabilidade e da relevância relacionada às razões que suportam a principal afirmação do argumento	0	As justificativas ou os fundamentos não são aceitáveis para validade do argumento.
		1	O Argumento apresenta justificativas ou fundamentos aceitáveis, mas eles, ou parte delas, não são relevantes para as conclusões.
		2	As justificativas ou os fundamentos são aceitáveis e relevantes para as conclusões.
Coerência e Suficiência	O argumento foi um todo coerente com cada um dos seus componentes desempenhando sua função estrutural, (dados - dão evidências para suportar a justificação; garantias - explicitam a relação entre os dados e as conclusões; fundamentos - explicitações que dão suporte para garantias, qualificadores – dão as condições nas quais as conclusões são verdadeiras contra-afirmações – especificam as condições nas quais a afirmação não é válida) além de serem suficientes para suportar a conclusão.	0	Nenhum componente do argumento desempenha adequadamente sua função estrutural e os componentes não são suficientes para suportar a amplitude da afirmação, ou as afirmações são inconsistentes.
		1	Alguns dos componentes desempenham sua função estrutural, ou os componentes não são suficientes para suportar a amplitude da afirmação.
		2	Todos os componentes desempenham suas funções estruturais e são suficientes para suportar a afirmação.

Os critérios supracitados não são exaustivos para garantir a qualidade de um argumento, pois, justificativas ou fundamentos que atendem a essas rubricas, podem não estar desempenhando sua função adequadamente como elemento que apoiem a amplitude da conclusão. Surge a necessidade de

critérios para avaliar tanto se cada elemento do argumento cumpre a função que deveria desempenhar quanto se as justificativas ou os fundamentos são suficientes para garantir a conclusão do argumento. Para esse objetivo é utilizado a rubrica *Coerência e Suficiência*.

Um argumento é coerente se cada elemento desempenha seu papel na microestrutura e suficiente quando o conjunto de razões que sustentam a conclusão, somadas, implicam na conclusão ou afirmação do argumento. Penha e Carvalho (2015), com o objetivo de simplificar e melhorar a confiabilidade da análise, integraram essas duas rubricas para, juntas, compor outro critério para avaliar a qualidade do argumento. Essa rubrica possui três graus de pontuação: 0, quando os componentes do argumento não desempenham sua função e nem são suficientes para garantir a amplitude da conclusão; 1, quando a coerência e a suficiência são garantidas parcialmente, e; 2, quando a coerência e a suficiência são garantidas integralmente. No quadro 4 apresentamos mais detalhes sobre essa rubrica.

De acordo com Penha e Carvalho (2015), a estrutura das oposições entre argumentos pode ser identificada como: 1) Contra-Argumento: quando há perspectivas argumentativas discordantes que se opunham no nível das justificativas e fundamentos sem negar a validade das conclusões e; 2) Refutações: quando o argumento nega ou contraria as conclusões ou principais afirmações do argumento concorrente. Essa distinção é importante, sobretudo quando estamos lidando com enunciados do campo da ciência onde, por vezes, explicações diferentes podem estar disputando qual o aporte teórico é melhor para se compreender um mesmo fenômeno, ou seja, a disputa não é por conclusões diferentes, mas, pelas causas que a sustentam. Em uma pesquisa Erduran, Simon e Osborne (2004) identificaram que os principais processos que apareceram nas interações discursivas entre os alunos visam apresentar uma oposição as alegações do outro, elaborar ou reforçar um ponto de vista. Dessa forma entendemos que comparar a conclusão ou afirmação de um argumento não é um critério suficiente para identificar se entre eles existe, nos termos de Vieira e Nascimento (2009a), uma contraposição de ideias. O desacordo pode estar nas razões que apoiam o argumento.

A Qualidade do Conteúdo das oposições é identificada, por Penha e Carvalho (2015), pela rubrica *Grau de Oposição da Argumentação* que, focada

na capacidade das proposições, por um lado, busca avaliar aspectos relevantes ao aprofundamento das questões que surgem das oposições e, por outro, a consideração de novas ideias e a valoração de seu prós e contras. Na estratégia adotada por eles essa rubrica possui 4 níveis (ver quadro 5): 0, quando as oposições não acrescentam novos aspectos para o debate; 1, Reafirmam aspectos analisados anteriormente mas acrescentando diferentes perspectivas para as novas análises ou acrescentam novos aspectos, sem no entanto justificá-los; 2, Trazem novos aspectos para a discussão e elaboram uma análise justificando sua posição, e; 3, fazem uma análise da situação destacando prós e contras relacionados aos diferentes aspectos das ideias em oposição.

Quadro 5: Esquema para qualificação do Conteúdo das Oposições em uma argumentação (Adaptado de Penha e Carvalho 2012, p. 129 e 131)

Rubrica para avaliação da qualidade do conteúdo das Oposições			
Critérios		Nível	Descrição
Grau da Oposição	As oposições abordam e analisam diferentes aspectos das temáticas abordadas.	0	As oposições não acrescentam novos aspectos para a temática abordada, apenas reafirmam os aspectos abordados em afirmações/conclusões anteriores.
	→ trazem luz para novos aspectos.	1	Reafirmam aspectos analisados anteriormente, mas acrescentando diferentes perspectivas para as novas análises ou acrescentam novos aspectos, sem, no entanto, justificá-los.
	→ apresentam novas ideias.	2	Trazem novos aspectos para a discussão e elaboram uma análise justificando sua posição.
	→ reafirmam ideias anteriores com outras justificações.	3	Além de trazerem novas questões, fazem uma análise da situação destacando prós e contras relacionados aos diferentes aspectos das ideias em oposição.
Intensidade e Fluxo da Argumentação	As oposições são aceitáveis e relevantes e dão continuidade ao fluxo da argumentação.	0	As considerações não são aceitáveis e/ou estão fora do contexto da discussão.
		1	As considerações embora estejam relacionadas à temática da discussão, não respondem as questões solicitadas ou fazem uma fuga do foco que está sendo avaliado.
		2	As considerações respondem ou analisam os aspectos que estão no foco das discussões dando continuidade ao fluxo das discussões ou citam limitações, incoerências e erros dos seus opositores sem justificá-los.
		3	Os estudantes destacam questões de alta relevância para a temática abordada, explicitando limitações, incoerências, erros ou fragilidades defendidas por seus opositores.

O critério Intensidade e Fluxo da Argumentação busca avaliar as estratégias de escape, se são destacados aspectos altamente relevantes e se são indicados erros ou inconsistências das teses em oposição. Possui três níveis: 0, quando as considerações não são aceitáveis e/ou estão fora do foco; 1, não dão conta da oposição ou muda o foco; 2, incorporam aspectos sobre limitações, incoerências e erros dos seus opositores, mas sem uso de justificativas, e; 3, traz questões bastante relevantes a discussão, explicitando limitações, incoerências, erros ou fragilidades no argumento dos seus opositores.

Penha e Carvalho (2015) integram os critérios supracitados para formar o Mapa de Qualidade da Argumentação e estabelecem três categorias gerais (baixo, médio e alto) para classificar o argumento. O Nível de Qualidade do Argumento é feito através da correlação entre os 5 níveis da Qualidade dos Argumentos e da Qualidade das Oposições.

CAPÍTULO 3 – FASE DE PROTOTIPAGEM

Na *design research* a fase de prototipagem consiste na etapa de planejamento desenvolvimento e avaliação formativa do protótipo de intervenção. Pertence ainda a essa etapa, o processo de replanejamento e desenvolvimento do protótipo original refinado à luz dos resultados da avaliação formativa. Nesse capítulo abordaremos esse processo. No entanto o capítulo será dividido em duas subseções principais. A 3.1 destinada ao processo de planejamento e desenvolvimento do protótipo e a 3.2 destinada a fase de avaliação formativa.

3.1 – Planejamento e desenvolvimento do protótipo da intervenção.

3.1.1 – Elaboração dos princípios de *design* e construção da sequência didática

3.1.1.1 – Elaboração dos princípios de *design* da pesquisa

Para construir os princípios de *design* desta pesquisa, começamos por identificar, de maneira panorâmica, quais estratégias eram apontadas pela comunidade de pesquisadores em ensino de ciências, e principalmente em ensino da física, como abordagens mais promissoras para favorecer uma compreensão mais integral dos estudantes sobre ciência e engajá-los no gênero discursivo das ciências.

Essa primeira busca apontou tanto a HFC como a Argumentação como potenciais soluções para o problema em questão. Por consequência, decidimos utilizá-las de maneira articulada como variáveis que norteariam o desenvolvimento da intervenção. De acordo com Archila (2015), a utilização da HFC articulada como a Argumentação constitui uma potencial abordagem para ensinar sobre ciências. Definidos estes parâmetros, realizamos uma revisão de literatura (apresentada em seções anteriores) para aprofundar nossa compreensão a respeito do nosso problema de pesquisa, bem como, fundamentar nossas decisões.

A HFC tem sido utilizada de diversas formas para atender os mais variados objetivos educacionais (MATTHEWS, 2014; TEIXEIRA, GRECA e FREIRE, 2012). Contudo, suas contribuições ao ensino de ciências seguem

duas direções. Por uma via, estão aquelas voltadas a tornar suas disciplinas mais interessantes e assim, despertar nos estudantes atitudes positivas em relação à ciência. Nessa perspectiva a HFC é utilizada como meio de resolver o problema do desinteresse dos estudantes e tornar as aulas mais significativas. Em uma segunda via, estão àquelas voltadas ao objetivo de promover o entendimento sobre ciências (Höttecke e Silva, 2011; Matthews, 1995). Destacam-se as abordagens comprometidas com o ensino de conteúdos sobre a NdC.

Dentre um universo de possibilidades sobre o uso da HFC, para o escopo desse trabalho, optamos em utilizar a história da ciência como uma abordagem de ensino capaz de promover uma compreensão mais integral da ciência. Entende-se por integral uma compreensão que leve em consideração não só os aspectos relacionados ao conhecimento apresentado como um produto final e acabado, mas também: o contexto no qual ele se desenvolve; as disputas travadas entre teorias concorrentes até que sejam incorporadas ao conjunto de saberes partilhados entre os membros de uma comunidade científica, e; os caminhos metodológicos traçados no processo da justificação.

Utilizamos a controvérsia histórica porque, além de possibilitar aos estudantes compreenderem o contexto de disputa entre Newton e Descartes sobre a explicação das causas do movimento orbital dos planetas; ela é potencialmente favorável a interações discursivas estando, portanto, em consonância com um dos objetivos da intervenção que é promover o debate entre os estudantes sobre a controvérsia de Newton e Descartes.

De acordo com Larrain, Freire e Howe (2014), desde a década de 1990, as pesquisas educacionais tem defendido amplamente que a argumentação desempenha um papel imprescindível no ensino de ciências. Isso tem ocorrido de tal forma que ela passou a ser considerada como um importante objetivo de ensino (WANG e BUCK, 2016; MCNEILL *et al.*, 2016; HENG, SURIF e SENG, 2015). Envolver os estudantes em atividades discursivas nas quais o foco seja temas relacionados à ciência, favorece que eles desenvolvam uma melhor compreensão sobre os conceitos e processos da ciência (SAMPSON e BLANCHARD, 2012). Assim acontece porque, por um lado, a argumentação serve como suporte para que os estudantes estruturem seu conhecimento, tornando-o mais claro e articulado com critérios que levam em consideração sua

validade e limitações. Essa mesma estrutura pode ser transferida para outros contextos, na busca de novos conhecimentos.

Por outro lado, expor os estudantes às situações discursivas nas quais seu ponto de vista seja desafiado, incentiva-os a produzirem argumentos e contra-argumentos para defender-se, semelhante ao que acontece nos debates científicos, uma vez que, como nos comunica Adúriz-Bravo (2014), os cientistas produzem e avaliam argumentações todo tempo ao fazerem ciência. Este processo de argumentar e contra-argumentar, além de contribuir com a compreensão mais profunda das teorias científicas, favorece que os estudantes assumam uma postura mais reflexiva sobre o conhecimento científico pois, eles passam a levar em consideração diferentes pontos de vistas ao construir um argumento. Nessa pesquisa, adotamos a argumentação como um meio de desenvolver, nos estudantes, atitudes mais epistêmicas em relação à ciência. Particularmente adotamos o *layout* de Toulmin como modelo padrão para avaliar e construir um argumento, posto que é adequado ao gênero discursivo das ciências naturais.

Entende-se por postura mais epistêmica em relação à ciência: a capacidade de construir argumentos levando-se em consideração evidências e apoiados em justificativas e fundamentos; a capacidade de avaliar a legitimidade de um argumento científico e apreciar o poder e as limitações das ciências, e; produzir argumentos, válidos do ponto de vista da ciência, para defender um ponto de vista particular em um debate.

O objetivo dessa pesquisa foi investigar as características que uma intervenção didática sobre a gravitação universal de Newton deve possuir para promover o desenvolvimento das habilidades de argumentação e a compreensão sobre a gravitação universal de Newton por parte dos alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Como possíveis respostas, propõe-se, os seguintes princípios de *design*⁶:

Com o objetivo de desenvolver uma sequência didática para promover a compreensão de gravitação universal de Newton e o desenvolvimento da habilidade de argumentação dos estudantes de licenciatura em física da Universidade Estadual de Feira de Santana propõe-se:

- (1) *Uso didático da História da ciência com o propósito de promover o debate entre alunos a) por meio de texto de natureza histórica⁷ que reconstrói explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas, pois, entendemos que textos dessa natureza resgatam a controvérsia histórica e compreender a controvérsia ajuda a entender a explicação que prevaleceu; b) discussão em pequenos grupos pois, o conhecimento é construído pelo sujeito através da interação social (VYGOTSKY, 2001), e; c) discussão entre os grupos com mediação do professor pois, na sala de aula, ele representa o ser mais capacitado e pode ajudar o aluno a apreender aquilo que normalmente não conseguiria sozinho (VYGOTSKY, 2001) e pode conduzir as interações em sala de aula ressaltando pontos importantes desconsiderados pelos estudantes e representar, na sala de aula, a imagem do porta voz da comunidade científica e ajudar a resolver conflitos e dirimir dúvidas;*
- (2) *Ensino explícito de argumentação como propósito de que os alunos: a) compreendam o papel da argumentação no empreendimento da ciência através de texto que apresenta ela enquanto argumentação⁸, uma vez que, a ciência é compreendida como uma atividade social que avança mais por conta das interações entre os membros da comunidade científica do que pelo esforço individual de uma pessoa (KUHN, 1993), uma vez que, para uma ideia ser aceita dentro da comunidade é necessário convencer amplamente seus membros por meio de argumentos convincentes; b) aprendam a*

⁶ Estamos adotando as recomendações do GCPEC como forma de enunciar os princípios de *design*. Essa é uma versão adaptada daquela proposta por de Van den Akker. O GCPEC é um Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências coordenado pela Profa. Claudia Sepúlveda no Departamento de Educação da UEFS

⁷ Texto 3: *dois argumentos sobre o problema das órbitas dos planetas*, apêndice B, desenvolvida para a sequência didática.

⁸ Texto 1: *Ciência como argumentação: implicações para o ensino e aprendizagem do pensamento científico*, uma tradução do artigo de Kuhn (1993).

argumentar utilizando o layout de Toulmin⁹ pois o consideramos adequado ao gênero discursivo das ciências naturais, além do fato de que é através das palavras que podemos “acessar” os pensamentos já que “o pensamento não se exprime em palavra, mas nela se realiza” (VYGOTSKY, 2001, p. 479).

As características podem ser tanto substantivas quanto procedimentais (PLOMP, 2007, p. 21) e por sua vez geram expectativas de aprendizagem e de ensino. As características substantivas estão associadas a “que” tipos de características a intervenção deve possuir como possível solução para o problema investigado, e as características procedimentais estão relacionadas a “como” agir para obter resultados satisfatórios em relação a cada uma das características substantivas. No quadro 6 apresentamos uma síntese das características e das expectativas que a sequência didática deve possuir para atingir o objetivo de pesquisa apresentado nesta seção.

⁹ *Texto 2: Argumentação no Ensino de Ciências: O Estrutura de Toulmin*, uma tradução da seção 2 do trabalho de Teixeira, Greca e Freire (2015)

Quadro 6: Características de design e expectativas elaboradas para a sequência didática

(Continua)

Características		Expectativas	
Substantivas [Razão]	Procedimentais [Razão]	Aprendizagem	Ensino
<p>Uso Didático da História da Ciência</p> <p>[A História da Ciência pode ajudar a melhor compreender conceitos relacionados com a gravitação universal de Newton]</p>	<p>Leitura de textos de natureza histórica sobre as explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas (<i>Textos 3</i>) [Textos dessa natureza resgatam a controvérsia histórica e compreender a controvérsia ajuda a entender a explicação que prevaleceu]</p>	<p>Promover uma melhor compreensão conceitual da explicação de Newton e descartes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar uma discussão sobre a explicação de Descartes para o problema das órbitas dos planetas • Propiciar uma discussão sobre a explicação de Newton para o problema das órbitas dos planetas • Apresentar, de maneira geral, uma discussão sobre o papel da gravitação universal de Newton para compreender a síntese newtoniana
	<p>Leitura prévia dos textos [Leitura prévia pode melhorar a qualidade da discussão ao dar uma oportunidade para os alunos refletirem sobre o tema do texto antes da discussão em pequenos grupos]</p>	<p>Possibilitar que os alunos tenham um conhecimento prévio do assunto abordado no texto.</p>	<p>Favorecer uma discussão de melhor qualidade durante a atividade</p>
	<p>Orientação da discussão por roteiro-guia [Conduzir a discussão de forma que as expectativas dos textos sejam correspondidas]</p>	<p>Não se aplica</p>	<p>Selecionar os pontos principais a serem contemplados na discussão</p>
	<p>Discussão em pequenos grupos (cada grupo irá discutir um dos dois textos apresentados) [A construção de conhecimento é uma atividade social. É na interação com os outros que o indivíduo negocia, disputam e constroem significados]</p>	<p>Possibilitar que os alunos construam, em colaboração, um argumento sobre a explicação apresentada no texto do seu grupo</p>	<p>Possibilitar a organização dos alunos em pequenos grupos para discussão do seu respectivo texto</p>
	<p>Discussão entre os grupos com mediação do professor [A qualidade do argumento melhora mais em função dos desafios que lhe são apresentados (contra-argumentos, refutadores, etc.)]</p>	<p>Aprimorar a habilidade dos alunos de argumentar e contra argumentar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer o debate entre os grupos para que os alunos possam confrontar seus argumentos com os dos outros • Mediar o debate entre os grupos, com perguntas, a fim de permitir uma melhor qualidade das discussões • Fornecer <i>feedback</i>, com a autoridade do discurso da ciência, para resolver disputas e sistematizar o resultado final da discussão

(Conclusão)

Características		Expectativas	
Substantivas [Razão]	Procedimentais [Razão]	Aprendizagem	Ensino
Ensino Explícito de Argumentação [Muitas abordagens de ensino que fazem uso da argumentação não ensinam os alunos a argumentarem]	Leitura e discussão de texto que apresenta a ciência enquanto argumentação (texto 1) [Uma das principais etapas na construção do conhecimento científico é o debate público. Nele se busca conquistar adeptos através de argumentos válidos]	Possibilitar aos alunos a compreensão do papel da argumentação na ciência	Proporcionar ao aluno uma visão geral do papel da argumentação na construção da ciência
	Texto 2 que apresenta e discute o <i>layout</i> de argumentação de Toulmin [O <i>layout</i> de Toulmin é adequado ao tipo de argumento que se espera que os alunos construam quando falam sobre as ciências naturais]	Possibilitar que os alunos aprendam a argumentar segundo o <i>layout</i> de argumentação Toulmin	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar o <i>layout</i> de argumentação de Toulmin como um bom modelo para construir e avaliar um argumento• Possibilitar uma atividade prática para o aluno aplicar o modelo de Toulmin
	Demonstração pelo professor de uma aplicação do <i>layout</i> modelo de Toulmin na resolução de um problema [Não se aplica]	Os alunos aprenderem, através de exemplo, como produzir um argumento de acordo com o <i>layout</i> de Toulmin	Resolver uma situação problema através do uso do <i>layout</i> de Toulmin
	Resolução de um problema pelos estudantes com o uso explícito do <i>layout</i> de Toulmin (cartão com uma situação problema) [Não se aplica]	Os alunos construirão um argumento válido de acordo com o <i>layout</i> de Toulmin	Propiciar um contexto para a construção de argumentos

Legenda: Textos 1: Tradução de Kuhn (1993); Textos 2: “Argumentação no Ensino de Ciências: O Estrutura de Toulmin” (Tradução da seção 2 do trabalho de Teixeira et. al. 2014); Texto 3: Argumentos sobre o problema da órbita dos planetas (Produzidos para a sequência didáticas).

Uma característica substantiva a ser investigada é o uso didático da história da ciência, uma vez que ela pode ajudar aos estudantes desenvolverem uma melhor compreensão de conceitos relacionados com a gravitação universal de Newton. Esta característica substantiva será utilizada associada com a característica procedimental, texto de natureza histórica que reconstrói explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas, pois, entendemos que textos dessa natureza resgatam a controvérsia histórica e, compreender a controvérsia ajuda a entender a explicação que prevaleceu, além do fato da controvérsia ser favorável ao debate. Nesse sentido, o texto utilizado na sequência didática apresenta uma abordagem sobre a gravitação universal a partir das contribuições da história da ciência.

Outra característica procedimental é a discussão em grupo. O objetivo é possibilitar que os alunos debatam sobre os conceitos apresentados no texto e construam em colaboração com os demais membros da equipe, um argumento sobre a explicação apresentada no texto do seu grupo. Conforme Hardy-Vallée (2013, p. 11) *“a necessidade de compreender, que nos parece óbvia hoje, se construiu com a história e a necessidade de dar sentido”*. Pensamos por conceitos e é exatamente através deles que produzimos conhecimento acerca dos objetos e da realidade. Contudo, deve-se compreender que um conceito é uma entidade linguística, o que implica na condição de que pensar, necessariamente, passa pela aquisição e domínio dos signos linguísticos onde a referência e a significação são sociais – as regras que determinam esse processo nascem nas relações com os outros (HARDY-VALLÉE, 2013). Não obstante, os estudantes demonstram uma melhor compreensão conceitual quando trabalham em grupos (KAYA, 2013; PARK, 2016; HENG, SURIF e SENG, 2015).

O processo de ensino e aprendizagem configura-se no fato de que em colaboração os alunos conseguem fazer o que normalmente não conseguiriam fazer sozinhos (VYGOTSKY, 2001, p. 327). Nesse contexto, as intervenções vindas da parte do professor tornam-se fundamentais. O professor exerce um papel central nessa etapa. Ele representa a imagem do ser mais capacitado cuja experiência pode ser útil aos alunos no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos da aula. Mortimer e Scott (2002) demonstram a importância da intervenção do professor na construção de significados em atividades

discursivas em sala de aula. No exercício da sua autoridade ele, entre um conjunto de ações que tornem possível atingir os objetivos da SD, ajuda a turma a resolver conflitos, esclarecer dúvidas, incentivar o debate, resalta pontos importantes, chama a atenção para pontos relevantes que possam passar despercebidos pelos alunos. Nesse sentido, outra característica procedimental é a discussão entre os grupos com mediação do professor visto que a qualidade do argumento dos estudantes melhora mais em função dos desafios que lhe são apresentados.

Outra característica substantiva a ser analisada é o ensino explícito da argumentação, visto que a literatura indica uma quase ausência de estratégias didáticas para ensinar os alunos a melhor argumentarem. Devido a isso, adotamos o *layout* de Toulmin como característica procedimental, pois o consideramos adequado ao tipo de argumentação das ciências naturais, além do fato de que, como mostrado em seções anteriores, ele tem sido proficuamente utilizado na pesquisa em ensino de ciências.

Outra característica procedimental consiste em apresentar a ciência enquanto argumentação para que os alunos compreendam qual o papel da argumentação na ciência e possibilitar que eles apliquem o *layout* de Toulmin em uma situação problema para que desenvolvam na prática a habilidade de argumentar.

Pretende-se, dessa maneira, construir conhecimento teórico sobre "como" e "por que" esses princípios de *design* levam aos resultados esperados (desenvolvimento da habilidade de argumentação e na compreensão da gravitação universal de Newton), bem como, construir conhecimento sobre os efeitos práticos produzidos pela sequência didática para seu aprimoramento. Tais conhecimentos e a própria sequência didática poderão ser utilizados por outros professores no planejamento e na aplicação de novas intervenções.

3.1.1.2 – Construção da sequência didática

De acordo Zabala (2000), uma sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para realização dos objetivos educativos tendo um início e um fim conhecidos pelos alunos e professores. Essas atividades são as unidades básicas do processo de ensino e aprendizagem. Nesse trabalho, apresentamos a proposta de uma sequência

didática para desenvolvimento da habilidade de argumentação e compreensão sobre a gravitação universal de Newton dos alunos de licenciatura do curso de física da Universidade Estadual de Feira de Santana¹⁰.

O processo de produção de conhecimento de Newton que culminou na construção do *Principia*, onde é apresentada a gravitação universal, historicamente é contextualizado em um ambiente profundamente influenciado pelas ideias de René Descartes (TEIXEIRA, PEDUZZI e FREIRE, 2010B; BARBATTI, 1999; PEDUZZI, 2008). Descartes foi o fundador de uma nova maneira de compreender o universo – a filosofia mecanicista (PEDUZZI, 2008). As ideias apresentadas no *Principia* foram uma novidade para a época e significaram uma ruptura radical com uma concepção de mundo cartesiano no pensamento de Newton. As leis de Newton não foram aceitas de imediato. Ele enfrentaria resistência dos adeptos das ideias de Descartes e por consequência travaria, contra estes, uma disputa para ter suas ideias aceitas.

Descartes, no século XVII, forneceu uma explicação mecânica sobre a causa do por que os “graves” descrevem um movimento retilíneo quando soltos de uma determinada altura da superfície da Terra e também apresentou uma descrição do movimento circular que, numa combinação da matéria presente no espaço com a tendência centrífuga (termo criado por Huygens) de um corpo, dava uma explicação mecânica ao movimento de um astro em torno do planeta (DIAS, 2006). Diferentemente, Newton adota a ideia de inércia e de força centrípeta para explicar o movimento dos astros em torno dos planetas e, indo além, demonstrou que a queda de corpos próximos à superfície obedecia a mesma lei.

A sequência didática foi desenvolvida para ser aplicada na disciplina Fundamentos de Física I por conta da natureza de sua ementa. Tradicionalmente ela aborda aspectos históricos sobre a disputa entre dois sistemas cosmológicos – o geocentrismo e o heliocentrismo. A gravitação universal de Newton aparece como um capítulo dentro dessa disputa.

¹⁰ Em princípio, nada impede que essa sequência didática, após devidas adaptações, seja aplicada no ensino médio.

Quadro 7: Quadro esquemática de atividade da sequência didática.

(Continua)

Aulas	Temas	Atividades	Objetivos	Materiais
1 e 2	Ciência e argumentação	Exposição e discussão do tema com os alunos, após leitura prévia (em casa) dos textos recomendados pelo professor.	Discutir com os alunos o papel da argumentação na Ciência.	Textos 1: discutem a natureza argumentativa da ciência.
3 e 4	O <i>layout</i> de argumentação de Toulmin e aplicação do <i>layout</i> de argumentação de Toulmin.		1 – Apresentar o <i>layout</i> de Toulmin como padrão de qualidade para construção de argumentos; 2 – Resolver uma situação problema através do <i>layout</i> de Toulmin para que os alunos tenham um exemplo de como aplicá-lo.	Textos 2: apresentam e discutem o <i>layout</i> de Toulmin.
5 e 6			Aplicar o <i>layout</i> de Toulmin para resolver uma situação problema.	Aplicar o <i>layout</i> em uma situação problema para desenvolver na prática a habilidade de argumentar
7 e 8	Discussão do <i>layout</i> do argumento construído pelos alunos.	1 – Apresentação do aluno do seu próprio argumento para os demais membros da sala de aula; 2 – Discussão, entre todos os membros da sala de aula e orientada pelo professor, sobre a função desempenhada por cada elemento apresentado no argumento.	1 – Propiciar aos alunos, através da discussão, refletirem sobre a função desempenhada por cada elemento escolhido para compor seu argumento; 2 – Possibilitar aos alunos avaliarem a coerência estrutural de um argumento e assim esclarecer dúvidas sobre a função de cada elemento no argumento.	Argumento construído pelos próprios estudantes.
9 e 10	Explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas.	1 – Levantamento das concepções prévias dos alunos e divisão da turma em grupos de quatro ou cinco alunos de acordo com a afinidade com uma das explicações sobre o problema das órbitas dos planetas. 2 – Discussão do texto recomendado ao grupo pelo professor, orientada por um roteiro de discussão com pontos a serem contemplados na discussão.	1 – Propiciar aos alunos discutirem em pequenos grupos com vistas a alcançar uma compreensão sobre explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas. 2 – Construção de um argumento, próprio do grupo, sobre explicações do problema das órbitas dos planetas.	Texto 3, produzido para a disciplina: apresenta os argumentos de Descartes e de Newton para explicar as causas da órbita dos planetas; roteiro de discussão, aplicado apenas nas aulas 9 e 10.

(Conclusão)

Aulas	Temas	Atividades	Objetivos	Materiais
11 e 12	Explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas.	Discussão dos temas entre os grupos mediada pelo professor. Cada grupo deve apresentar suas conclusões oriundas da discussão da atividade anterior, bem como se posicionar frente às conclusões e as justificativas dos demais grupos.	Possibilitar que os alunos confrontem seus argumentos com os dos outros grupos.	Texto 3, produzido para a disciplina: apresenta os argumentos de Descartes e de Newton para explicar as causas da órbita dos planetas; roteiro de discussão, aplicado apenas nas aulas 9 e 10.
13	A gravitação universal de Newton.	Conclusão geral das discussões anteriores com exposição pelo professor e discussão com os alunos do significado da gravitação universal para a síntese newtoniana	Fazer um arremate dos argumentos construídos coletivamente e apresentar um desfecho do tema	Não se aplica

Legenda: Textos 1: Tradução de Kuhn (1993); Textos 2: “Argumentação no Ensino de Ciências: O Estrutura de Toulmin” (Tradução da seção 2 do trabalho de Teixeira et. al. 2014); Texto 3: Argumentos sobre o problema da órbita dos planetas (Produzidos para a sequência didáticas).

A sequência didática, quadro 7, consiste em um conjunto de 13 aulas de 50 minutos cada uma, organizadas de forma que as duas primeiras aulas sejam iniciadas por uma discussão a respeito do papel da argumentação na construção do conhecimento científico. A discussão deve ser realizada a partir do Texto 1 – Ciência como Argumentação: Implicações para o Ensino e Aprendizagem do Pensamento Científico – artigo de Deanna Kuhn, traduzido do inglês para ser utilizado na disciplina.

A participação efetiva dos alunos, nas discussões a serem realizadas na aula, seja fazendo perguntas, tirando dúvidas ou acrescentando informações, é de fundamental importância. Por isso, todos os textos utilizados na sequência didática devem ser entregues a eles nos dias que antecedem as aulas, em tempo hábil para que eles consigam realizar a leitura prévia. A leitura prévia melhora a qualidade das discussões. Não obstante, é um evento comum os alunos não lerem os textos programados. Uma estratégia para resolver este problema é cobrar que façam fichamento dos textos.

Nas aulas de 3 a 6, deve-se abordar o tema *o layout de argumentação de Toulmin e aplicação do layout de argumentação de Toulmin*. Nas duas primeiras aulas, 3 e 4, os objetivos consistem em: (1) apresentar o *layout* de Toulmin como padrão de qualidade para construção de argumentos, uma vez que, os argumentos elaborados pelos alunos deverão atender às exigências deste *layout*. Como material instrucional será utilizado o Texto 2 – *Argumentação no Ensino de Ciências: O Estrutura de Toulmin* – tradução do espanhol para o português da seção 2 do trabalho de Teixeira et. al. 2014, e; (2) resolver uma situação problema através do *layout* de Toulmin para que os alunos tenham um exemplo de como aplicá-lo. Embora o problema seja resolvido pelo professor, é necessário discuti-lo com os estudantes. É importante fazer perguntas que direcionem as respostas dos alunos aos elementos constitutivos do modelo de argumento de Toulmin, ou seja, os estudantes devem apresentar, em suas falas, informações equivalentes às justificativas, fundamentos, qualificadores, refutadores etc. Uma boa estratégia é anotar as respostas dos alunos no quadro e depois estruturá-las conforme o *layout* de Toulmin e, só então, apresentar a resposta elaborada pelo professor fazendo, ao final, uma comparação com aquela que os estudantes apresentaram. Esse procedimento aumenta as chances de os estudantes entenderem como utilizar o modelo de argumentação adotado na disciplina.

Nas aulas 5 e 6, a atividade consiste em apresentar uma situação problema para que os estudantes resolvam-na aplicando o *layout* de Toulmin. O objetivo é permitir que eles desenvolvam na prática a habilidade de argumentar. Os estudantes devem realizar essa atividade reunidos em pequenos grupos. Deve-se entregar a cada um dos grupos um cartão, contendo a situação problema, acompanhado de um formulário para coleta do argumento do grupo. No formulário deve estar indicado explicitamente o local para escrever cada um dos elementos do argumento (dados, justificativa, fundamentos, refutador, etc.). Este deverá ser entregue ao final da aula.

Os argumentos entregues pelos grupos devem ser avaliados antes das aulas seguintes. O professor pode checar se cada argumento possui clareza, geralmente os estudantes apresentam respostas sucintas e isso dificulta entender o que eles tentaram dizer. Pode também: verificar a coerência estrutural, ou seja, se as informações contidas nele desempenham a função a qual se propõe; identificar a suficiência dos argumentos, se as razões apontadas pelo grupo levam necessariamente à conclusão defendida por eles; além da relevância das justificativas, ou seja, se elas reforçam ou enfraquecem o argumento apresentado.

A avaliação deve pautar-se nesses pontos porque são alguns dos critérios que garantem a qualidade de um argumento (ver Penha e Carvalho, 2015). Nesse sentido, a discussão a ser realizada nas aulas 7 e 8 pode ser conduzida de forma que façam os alunos refletirem sobre eles. Doravante, os argumentos dos alunos devem atender aos critérios supracitados.

Nas aulas 7 e 8, cujo tema é *discussão do layout do argumento construído pelos alunos*, serão realizadas duas atividades: (1) a apresentação do argumento de cada um dos alunos para os demais membros da sala de aula, e; (2) realizar a discussão, entre todos os membros da sala de aula e orientada pelo professor, sobre a função desempenhada por cada elemento apresentado no argumento. Essas atividades são guiadas pelos objetivos que são: (1) propiciar aos alunos, através da discussão, refletirem sobre a função desempenhada por cada elemento escolhido para compor seu argumento, e; (2) possibilitar aos alunos avaliarem a coerência estrutural de um argumento e assim esclarecer dúvidas sobre a função de cada elemento no argumento. Estas aulas foram acrescentadas à sequência porque na análise dos dados da pesquisa foi identificado que não basta apenas ensinar os alunos a argumentarem. Para que eles se apropriem do modelo de argumentação adotado

pelo professor, é necessário fazê-los refletir sobre a coerência estrutural dos seus próprios argumentos.

Nas aulas de 9 a 12 será abordado o tema *explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas*. O material utilizado como suporte para as discussões dos grupos foi o texto 3 – Argumentos sobre o problema da órbita dos planetas – produzido para a sequência didática. Ele apresenta uma reconstrução histórica sobre a controvérsia entre Descartes e Newton para explicar as causas da órbita dos planetas e contém os elementos essenciais de ambas explicações para que os estudantes possam construir um argumento completo.

As atividades programadas para as aulas 9 e 10 consistem em: (1) fazer o levantamento das concepções prévias dos alunos e divisão da turma em grupos de quatro ou cinco alunos, não necessariamente mantendo a formação anterior, mas de acordo com a afinidade a uma das explicações sobre o problema das órbitas dos planetas. A expectativa é que pelo menos um dos grupos escolha uma explicação diferente à dos demais, e; (2) discussão do texto recomendado ao grupo pelo professor, orientada por um roteiro de discussão com pontos a serem contemplados na discussão.

Os objetivos são: (1) propiciar aos alunos discutirem em pequenos grupos com vistas a alcançar uma compreensão sobre explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas, e ao final da atividade; (2) construir um argumento, próprio do grupo, sobre o tema em discussão.

As aulas 11 e 12 são destinadas a uma discussão entre os alunos sobre os argumentos construídos pelos grupos nas aulas anteriores, nela, cada grupo deve apresentar as conclusões oriundas da discussão da atividade anterior, bem como se posicionar frente às conclusões e as justificativas dos demais grupos. Para tentar garantir o sucesso da atividade o professor pode realizar um conjunto de ações como mediar o debate, destacar pontos importantes, intervir, quando necessário, no sentido de tornar o argumento do aluno mais claro, envolver os estudantes menos comunicativos nas discussões, usar recursos didáticos para tornar o debate acessível para todos (uma boa estratégia para isso é, escrever no quadro os pontos-chaves das falas dos estudantes e apresentar sínteses das discussões) e alimentar o debate visando possibilitar que todos os pontos importantes sejam levados em consideração nos argumentos dos alunos.

O objetivo dessas aulas é possibilitar uma interação discursiva na qual ocorra a argumentação através da confrontação das diferentes escolhas de cada grupo. Os estudantes devem mobilizar conhecimento para defender seu ponto de vista através de informações que sirvam como justificativas ou fundamentos para seus argumentos e/ou contra-argumentos, além de serem capazes de considerar vários aspectos e limitações que justificativas e fundamentos introduzem na discussão. A expectativa é que, ao final do debate, os estudantes adeptos da explicação cartesiana se convençam da explicação newtoniana e mudem de argumento.

Na aula 13, a gravitação universal de Newton, se propõe fazer um arremate dos argumentos construídos coletivamente e apresentar um desfecho do tema. Para isso, o professor precisa apresentar uma conclusão geral das discussões anteriores e discutir com os alunos o significado da gravitação universal para a síntese newtoniana.

3.1.1.3 – Considerações finais

Pimenta e Lima (2005/2006) argumentam que a profissão docente é uma atividade social, no sentido de que, educar é uma forma de se intervir na realidade social para promover mudança no comportamento dos seus membros. Destacam que a atividade docente possui duas dimensões. Uma delas é a dimensão prática, que é institucionalizada. A prática educativa representa “um traço cultural compartilhado [pela comunidade de educadores] e que tem relações com o que acontece em outros âmbitos da sociedade e de suas instituições” (PIMENTA e LIMA, 2005/2006). A outra dimensão é a da ação que “refere-se aos sujeitos, seus modos de agir e pensar, seus valores, seus compromissos, suas opções, seus desejos e vontade, seu conhecimento, etc.” (PIMENTA e LIMA, 2005/2006).

A necessidade da contextualização histórico-social do conhecimento científico, bem como, os aspectos relacionados à ética e responsabilidade na produção científica, os impactos ambientais e culturais, entre outros, geraram, como demanda social, a necessidade de formação de um sujeito mais reflexivo e crítico, capaz de compreender a ciência dentro de um panorama mais amplo que aquele que a considera isolada de outras atividades humana (KONDER, 1998; MATTHEWS, 1995). Dessa forma, a comunidade de professores e pesquisadores orientam que o ensino deve pautar-se *em* e *sobre* a ciência e os objetivos educacionais definidos em função das competências voltadas com a NdC.

Nesse contexto, é notória a crescente valorização da HFC no ensino de ciências e da argumentação como abordagens capazes de atender a tais reivindicações. A valorização de tais abordagens reflete na ação dos agentes da comunidade de pesquisadores, isso é diagnosticado no aumento do número de publicação de trabalhos com esses temas. Podendo, dessa forma, levar a institucionalização¹¹ dessas práticas na atividade docente.

Esta compreensão se faz importante, haja visto que, uma sequência didática é uma forma de se intervir no ambiente educacional através da proposição de institucionalização de um conjunto de práticas, orientadas e estruturadas, na ação docente, buscando em última instância, desenvolver nos estudantes valores e competências que orientem suas tomadas de decisões ao lhe dar, em particular a essa pesquisa, com situações envolvendo as ciências.

3.1.2 – Materiais utilizados na sequência didática

3.1.2.1 – Os textos sobre a argumentação

Foram utilizados dois textos para abordar o tema sobre argumentação nesse trabalho. O primeiro, Texto 1, é uma tradução do inglês do trabalho de Kuhn (1993). Esse artigo foi escolhido porque apresenta as bases fundamentais da concepção da ciência como uma forma de pensamento. O objetivo foi discutir com os estudantes o papel da argumentação na ciência.

O segundo Texto 2, Argumentação no Ensino de Ciências - A Estrutura de Toulmin, é uma tradução do espanhol para o português da seção 2 do trabalho de Teixeira, Greca e Freire (2015). Adotamos este texto por ele favorecer uma boa discussão sobre o *layout* de Toulmin através de um exemplo da física. O objetivo foi apresentar o *layout* de Toulmin como padrão de qualidade para construção de argumentos.

Não utilizamos os textos no idioma original porque a sequência didática seria aplicada em uma turma de recém ingressos, e por isso, não tínhamos informações suficientes que garantisse a certeza se os estudantes dominavam o idioma diferente do português. Portanto, esse procedimento buscou evitar maiores limitações na

¹¹ Evidentemente tal institucionalização depende de vários fatores, como por exemplo, decisões políticas, os objetivos de ensino presentes nos currículos, a ação da comunidade de pesquisadores e professores, entre outras demandas sociais.

intervenção já que, julgamos que para atingir os objetivos da intervenção, seria imprescindível que os alunos compreendessem a importância da ciência enquanto uma atividade humana na qual seus membros buscam convencer os outros através da argumentação e o valor da *layout* de Toulmin enquanto modelo de um argumento sobre ciências.

3.1.2.2 – O texto sobre o problema das órbitas dos planetas: o uso da História da Ciências

Antes de optarmos pela construção de um texto a ser utilizado como fonte para a discussão do tema das aulas 9 a 12 da sequência didática, consultamos a literatura em busca de algum material instrucional que fosse capaz de atender às expectativas dessa unidade de ensino. O texto deveria fornecer, sistematicamente, informações suficientes para que os estudantes encontrassem nele os elementos necessários para construção de um argumento, nos termos do *layout* de Toulmin, para explicar as causas da manutenção das orbitas dos planetas, e dentro do contexto histórico de disputa entre a explicação de Descartes e a de Newton. Entre as diversas formas de se utilizar a história, nessa situação, o estilo mais adequado são textos que abordam controvérsia na ciência.

A razão do uso da controvérsia era, primeiro, construir um contexto propício ao debate entre as duas explicações concorrentes. A segunda razão para o uso da controvérsia é que, compreender a controvérsia ajuda a entender a explicação que prevaleceu.

A regra do debate consistia em os estudantes fazerem a leitura sobre os dois argumentos diferentes – um utilizado por Descartes e o outro por Newton para explicar as causas das órbitas dos planetas – e escolherem aquele que considerassem a melhor explicação e, então, construir um argumento sobre ela e defendê-lo no debate. Porquanto os nomes dos autores poderiam influenciar na escolha dos alunos, foi excluído do texto qualquer indício que revelasse a autoria do argumento.

Em resumo o texto deveria atender aos seguintes critérios:

1. Apresentar uma controvérsia histórica entre as explicações de Descartes e Newton sobre as causas das órbitas dos planetas;

2. Conter informações suficientes para que os estudantes compusessem um argumento contendo os elementos do *layout* de Toulmin, a saber: dado, conclusão, justificativas, fundamentos, qualificador e refutador, além de;
3. Não deixar indício de que o argumento era de Descartes ou Newton.

Encontramos bons textos (Peduzzi, 2010; Teixeira, 2010b, são alguns exemplos), mas nenhum atendia completamente aos critérios acima. Como alternativa, decidimos construir o texto a ser utilizado na sequência didática (texto disponível no Apêndice B). O texto foi construído a partir de recortes explícitos das obras de Cohen (1988), Peduzzi (2008), Martins (1994) e Teixeira, Peduzzi e Freire (2010b), além dos textos originais de Newton e Descartes, de maneira adaptada, para atender aos objetivos pedagógicos propostos.

Para garantir que o primeiro critério fosse atendido, iniciamos o texto com uma revisão histórica apresentando o contexto onde os dois argumentos se confrontavam. Para o segundo, utilizamos os argumentos originais utilizados por Descartes no seu livro *Princípios da Filosofia* e os argumentos originais utilizados por Newton no *Principia*. Por fim, para atender ao último critério, omitimos os autores dos argumentos e identificamos as explicações apenas como argumento 1 (Descartes) e argumento 2 (Newton).

Ainda que Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2014), ressaltem que no ensino de ciências precisamos de abordagens históricas mais extensas e simplificadas do que profundas, para que estas abordagens atendam às demandas e objetivos da ciência escolar, compreendemos que uma das limitações do texto é a falta da sua revisão por especialistas em história das ciências. Contudo essa é uma das etapas a ser realizada no novo ciclo da pesquisa, no doutorado.

3.1.3 – A intervenção didática

3.1.3.1 – Local e participantes da pesquisa

A sequência didática foi aplicada no curso de licenciatura em Física da Universidade Estadual de Feira de Santana, na disciplina Fundamentos de Física I. Esta é uma disciplina obrigatória com carga horária de 64h ofertada no primeiro semestre, tanto para os alunos de licenciatura quanto para os alunos de bacharelado.

Optamos por ela exatamente pela natureza do programa da disciplina. De acordo com a ementa¹², (Anexo A), a disciplina deve:

Abordar aspectos históricos, epistemológicos e conceituais das leis de movimento e conservação da Física, da gravitação e dos postulados e consequências da Teoria da Relatividade Restrita e Geral [e] tem por objetivo propiciar ao aluno um conhecimento da História e da Filosofia da Ciência que envolve a evolução e a consolidação de duas das mais relevantes teorias da Física como a Mecânica Clássica e a Teoria da Relatividade.

A sequência didática foi aplicada na turma do semestre de 2016.1 que possuía 42 alunos matriculados, no entanto, a frequência média de presença durante as aulas foi de 20 alunos, todos recém ingressos no curso. Houve um acordo entre o professor regente da disciplina e o pesquisador de que a intervenção seria aplicada pelo próprio pesquisador. Nesse sentido, os sujeitos da pesquisa foram o pesquisador, que assumiu também o papel de professor, e os estudantes.

A *design research* tem como pressuposto que sujeitos distintos assumam cada uma das funções de desenvolvedor, professor e pesquisador da pesquisa trabalhando colaborativamente. Todavia, nesse trabalho houve a sobreposição de funções a um único sujeito. O próprio pesquisador foi quem assumiu o papel de professor no período de aplicação da sequência didática. Em rigor esse procedimento soa como uma descaracterização da *design*.

Não obstante, no contexto desta investigação, fez-se necessário realizar esta adaptação. Ainda que o professor regente da disciplina tenha permitido que a intervenção fosse realizada em sua turma, ele não dispôs de tempo suficiente àquele que julgamos necessário para que a sequência didática lhe fosse apresentada com o nível de detalhe suficiente para entender como aplicá-la integralmente.

Enquanto negociávamos em que momento da disciplina seria realizada a intervenção, decidiu-se que oportunamente ela aconteceria no período em que o professor estaria ausente. O professor regente também realiza pesquisas e sua ausência já era prevista institucionalmente. Decidimos que seria melhor para todos que eu, o pesquisador, também realizasse a intervenção. Dessa forma o calendário

¹² Disponível no sítio <http://www1.uefs.br/portal/colegiados/fisica/menus/programas-disciplinas/FIS912%20Filosofia%20da%20Fisica.pdf/view> acessado em 01 de fevereiro de 2017.

universitário da disciplina no semestre não sofreria alterações com reposições futuras de aulas.

É razoável, dentro da perspectiva da *design*, o sujeito sobrepor o papel de professor e pesquisador quando realiza a investigação em sua própria turma. Tomando isso como fundamento, as críticas à adaptação da *design research* pode ser minimizadas pelo fato de que acompanhei a disciplina desde o seu primeiro dia de aula e, desde então, apresentei o trabalho aos alunos além do fato de que mesmo o professor regente ao apresentar como o curso seria realizado no semestre, avisou que estaria ausente por um período e que eu assumiria a aula nesse intervalo. Estabeleceu-se assim, um vínculo bilateral entre o pesquisador e os estudantes da disciplina, ou seja, foi criada a expectativa entre os estudantes que gerou o sentido de que seria o “segundo professor” da turma e como estive frequente em todas as aulas antecedentes, mas já sabendo que ministraria aulas para aqueles estudantes, nasceu em mim um sentido de “minha turma”. O que torna a adaptação muito próxima à situação em que o professor aplica a intervenção em sua própria sala de aula. Todavia a análise dos dados coletados na intervenção foi realizada em conjunto com o orientador e a co-orientadora dessa pesquisa de mestrado através de um processo de triangulação.

Por conta da peculiaridade dessa investigação, ainda que posso soar estranho, ou no mínimo esquizofrênico, para distinguir quando nesse trabalho assumo o papel de pesquisador que observa e faz inferências utilizarei a primeira pessoa e quando assumindo o papel de professor utilizarei o tratamento impessoal me referirei a mim como *o professor*.

Todavia, o melhor momento a se aplicar a sequência didática na disciplina de fundamentos é ao final da primeira parte da disciplina após ter sido abordado o período pré-socrático, as teorias de aristotélicas sobre os movimentos naturais e forçados, a discussão entre o geocentrismo e o heliocentrismo e a revolução copernicana, as leis de Kepler para o movimento dos astros e a teoria de Galileu para o movimento inercial. Isso porque as leis de Newton representam o ponto culminante de um fato histórico que compreende o debate e a disputa entre a concepção de um universo geocêntrico e a concepção de um universo heliocêntrico.

3.1.3.2 – Realização da intervenção

A intervenção foi realizada no curso de Física da UEFS, na disciplina Fundamentos de Física I em 13 aulas de 50 minutos. As aulas aconteceram nos dias de segunda-feira e quarta-feira, no turno da manhã, e em cada um desses dias da semana foram realizadas duas aulas seguidas, de acordo com o cronograma da disciplina. A intervenção foi realizada buscando atender a dois objetivos: o ensino da argumentação (da primeira até a oitava aula) e da gravitação universal de Newton (da nona até a décima terceira aula).

Nas duas primeiras aulas, 1 e 2, o tema abordado foi a “*Ciência e Argumentação*”. As cadeiras dos alunos estavam organizadas em fileiras e eles poderiam se distribuir livremente pela sala. O professor iniciou perguntando quem lera o texto, uma vez que receberam o texto¹³ na semana anterior a da aula para que fizessem a leitura prévia, como solicitado. O objetivo da aula era apresentar as bases teóricas que fundamentam a concepção da ciência enquanto argumentação e realizar uma discussão aberta com o protagonismo dos estudantes. O professor faria uma introdução ao tema e em seguida iniciaria uma discussão a partir das interpretações dos estudantes sobre a leitura do texto. Contudo, poucos estudantes leram o texto. Infelizmente o não cumprimento de tarefas extraclasse, sobre tudo envolvendo leitura, tem sido um evento comum na cultura dos estudantes.

Como forma de garantir que os estudantes realizassem a leitura dos textos, passou a ser cobrado o fichamento dos mesmos. O fichamento poderia ser entregue por e-mail até as vésperas do dia da aula ou em cópia impressa momentos antes do seu início. Não obstante, os alunos foram advertidos sobre o não cumprimento da atividade, foram alertados que ela seria parte importante para o próprio aprendizado de cada um deles.

Diferente do havia sido planejado para a realização da atividade, foi realizada uma apresentação do texto em forma de seminário por meio de slides. O professor informou que era permitido interromper a apresentação em qualquer momento para fazer considerações ou esclarecer dúvidas, o que ocorreu.

¹³ Todos os textos utilizados na disciplina foram enviados com antecedência para o e-mail do grupo dos estudantes e concomitantemente disponibilizados em versões impressas na gráfica do módulo 5 da universidade para que tirassem fotocópia, se preferissem.

Nas aulas 3 e 4, O *layout* de argumentação de Toulmin e aplicação do *layout* de argumentação de Toulmin, o professor apresentou aos estudantes os elementos da estrutura de argumento de Toulmin e a função de cada um deles, bem como, apresentado, como exemplo, a resolução de um problema usando esta estrutura.

Na primeira parte foi discutido o Texto 2, “Argumentação no Ensino de Ciências: A Estrutura de Toulmin”, tradução do espanhol da seção 2 do artigo de Teixeira, Greca e Freire (2015) para ser utilizado na disciplina. O professor começou a aula apresentando um panorama geral da intervenção didática que estava realizando na turma. Informou sobre a crescente valorização dada a HFC no ensino de ciências nas últimas décadas e que, embora a expectativa de que ela possa contribuir com uma formação mais integral dos estudantes *em e sobre* as ciências, existe uma escassez de trabalhos empíricos que corroborem tais expectativas. Ponderou que a comunidade de pesquisadores e professores da área do ensino de física necessita de soluções que sejam realmente efetivas ao aprimoramento dos processos de ensino e aprendizagem da física. Portanto, tais propostas precisam ser avaliadas e executadas efetivamente em sala de aula.

Em seguida, estabeleceu uma ligação do que estava sendo discutido na aula com o que fora discutido na aula anterior. Informou aos estudantes que a literatura aponta, teoricamente, uma possível articulação entre a argumentação e a HFC para promover a aprendizagem sobre ciência e melhorar a habilidade de argumentar e que a importância da pesquisa que estava sendo realizada com eles consistia do fato de poucos trabalhos empíricos corroborando tais perspectivas, sobre tudo no ensino superior. Uma vez que se apropriar do gênero discursivo da ciência é um dos pré-requisitos para entender e participar de debates envolvendo ciência, a intervenção contemplaria o ensino explícito de argumentação, ou seja, a eles seria ensinado argumentar. Para tanto, a teoria de argumentação a ser adotada na intervenção seria o *layout* de Toulmin pois, por um lado, ele é adequado ao tipo de argumento que se espera que os estudantes produzam quando falam sobre as ciências naturais e, por outro, é uma ferramenta que permite avaliar a compreensão dos estudantes sobre ciência.

Dando continuidade à aula o professor falou sobre o silogismo as ambiguidades apontadas por Toulmin. O objetivo foi apresentar o contexto no qual ele propôs o

layout. Em seguida passou a discutir a função de cada elemento que compõe o *layout*. Foi apresentada a estrutura de argumentação de Toulmin pela figura 4.

Nessa etapa o professor deu voz aos estudantes solicitando que, com base na compreensão da leitura do texto, explicassem a função de cada um dos elementos. Todavia, fazia intervenções periodicamente para precisar e tornar mais detalhadas as falas dos estudantes, resolver dúvidas ou corrigir erro de interpretação.

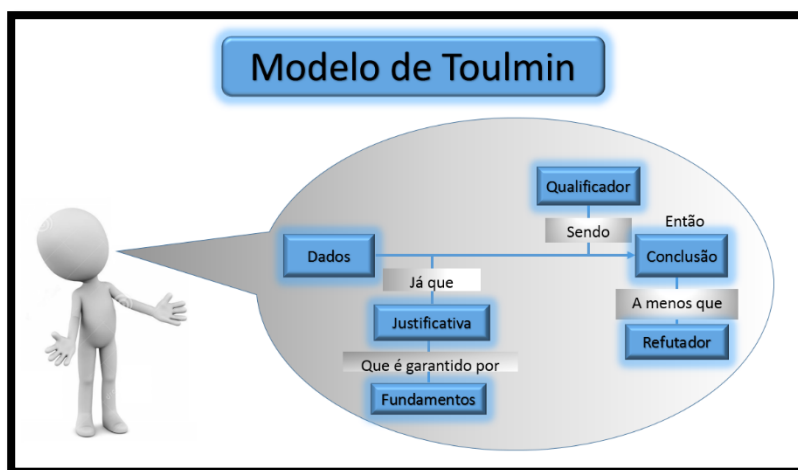


Figura 4: Reprodução do slide utilizado para apresentar e discutir o layout de Toulmin.

Para mostrar a vantagem de se utilizar o *layout* de Toulmin em lugar do silogismo o professor discutiu um exemplo contido no Texto 2 e que fora extraído da Teixeira, et al. (2010c). O trabalho de Teixeira et al. (2010c) é uma investigação da qualidade do argumento sobre a síntese newtoniana construído coletivamente pelos estudantes do curso de física em colaboração com o professor em uma intervenção didática que fez uso da abordagem contextual de ensino. No exemplo em questão, aborda-se o tópico que trata da dificuldade que Newton enfrentou para introduzir a noção de ação à distância ao propor, para explicar a gravitação universal, a ideia de uma força que atuava sem o contato entre os corpos. O professor começou apresentando as partes do argumento construído pelos alunos do exemplo, figura 5.

ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: A ESTRUTURA TOULMIN

- 1 - dado que a interação gravitacional entre os corpos é de natureza mecânica;
- 2 - uma vez que as forças mecânicas de interação podem ocorrer sem contato;
- 3 - o que está de acordo com os resultados dos cálculos teóricos de Newton;
- 4 - Se conclui que as interações gravitacionais são de ação à distância;
- 5 - entretanto, se a força mecânica são de contato, como pensavam os mecanicistas cartesianos, as interações gravitacionais não são de ação à distância.

Figura 5: Reprodução do slide que apresenta uma série de asserções que culminam na conclusão de que a gravitação universal é de ação à distância. (Exemplo retirado de Teixeira, Greca e Freire (2015))

Essas informações podem ser organizadas de acordo com o silogismo como na figura 6.

ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: A ESTRUTURA TOULMIN

A interação gravitacional e mecânica → (premissa menor)

Interações mecânicas acontecem à distância → (premissa maior)

Logo, a interação gravitacional e de ação à distância → (conclusão)

Figura 6: Reprodução do slide utilizado para discutir a dificuldade de se identificar a função epistêmica do elemento no argumento. (Exemplo retirado de Teixeira, Greca e Freire (2015))

Nesse argumento a dificuldade consiste no fato de que o dado – a interação gravitacional é mecânica – e a justificativa do argumento – interações mecânicas acontecem à distância – são considerados como se pertencessem à mesma categoria epistêmica. Ambos são tratados como premissas, ainda que uma delas tenha um caráter universal. O mesmo argumento poderia ser elaborado de acordo com o *layout* de Toulmin como apresentado na figura 7.

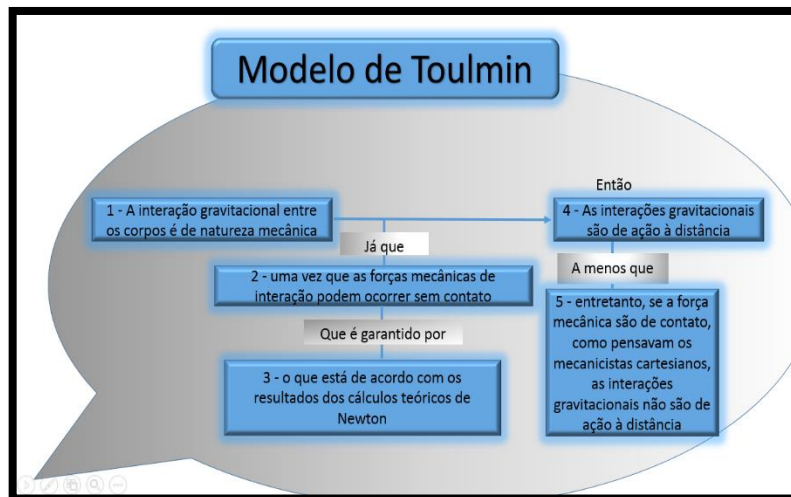


Figura 7: Reprodução do slide utilizado para apresentar, de acordo com o layout de Toulmin, como cada elemento em um argumento compre sua função porá dar suporte à conclusão (Exemplo retirado de Teixeira, Greca e freire (2015).

Nessa figura fica claro que cada uma das informações disponível na figura 5 cumprem uma função específica no argumento e não podem ser tratadas como se fossem da mesma categoria epistêmica. É a coerência no papel assumido por cada elemento que compõe o argumento que torna o argumento válido.

No segundo momento foi apresentada aos alunos uma situação problema, retirado de Vieira e Nascimento (2007), que trata de um episódio argumentativo que ocorreu entre o professor de estágio e os professores em formação em uma disciplina do curso de física.

Na intervenção realizada nesta pesquisa, o professor apresentou o seguinte problema aos estudantes, figura 8:



Figura 8: Reprodução do slide utilizado para apresentar um exemplo de como aplicar o layout de Toulmin.

O problema consistia em construir um argumento justificando se o corpo parou ou não parou no ponto mais alto da trajetória. A questão foi debatida com os alunos e foi realizado o registro, no quadro, dos elementos que eles apresentavam na tentativa de solucioná-la. Em seguida as respostas foram organizadas na forma do *layout* de Toulmin e no final foi apresentada a resposta correta, figura 9.

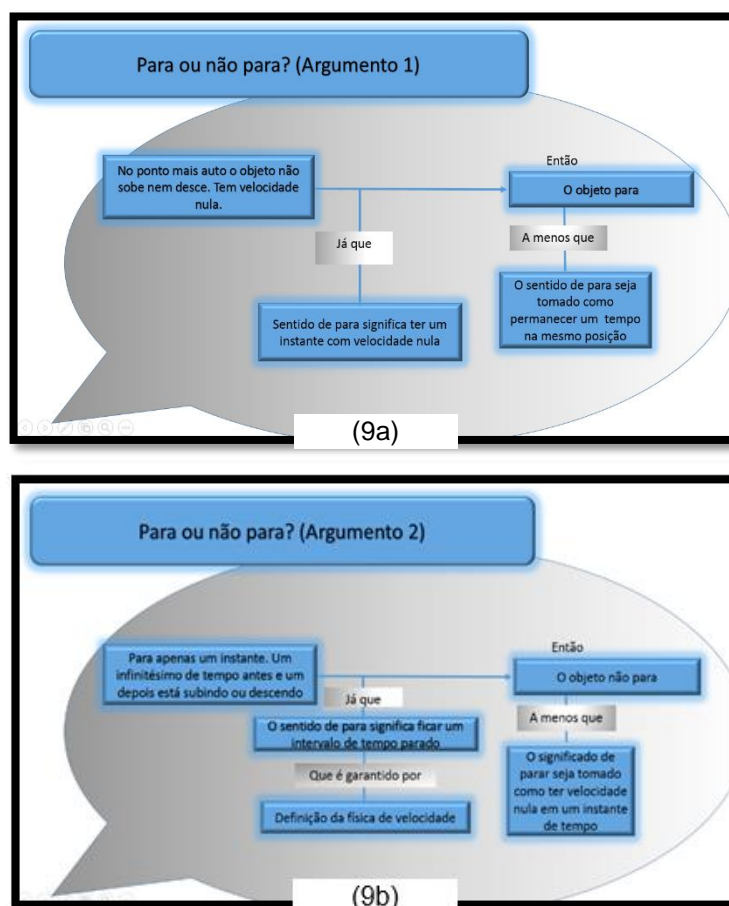


Figura 9: Reprodução do slide utilizado para apresentar as duas possíveis soluções para o problema da figura 8. Em (9a) admite-se o sentido de parar como ter um instante com velocidade nula e em (9b) admite-se o sentido de para como permanecer algum intervalo de tempo parado.

Cabe uma observação aqui: a proposta inicial era apresentar os temas *Ciência e argumentação* e *O layout de argumentação de Toulmin* nas aulas 1 e 2 respectivamente, contudo, mesmo sendo avisados sobre a leitura obrigatória, boa parte dos alunos não leu os textos, como dito anteriormente, uma vez que julgamos imprescindível a leitura para que se fosse realizada uma discussão de melhor qualidade optamos por transferir o tema *O layout de argumentação de Toulmin* para a aula seguinte, juntando-o com o tema *Aplicação do layout de argumentação de Toulmin*. Como forma de garantir a leitura o professor passou a cobrar fichamento dos

textos, sendo que o mesmo tinha que ser, conforme foi estabelecido na sala, enviados por e-mail até as vésperas da aula.

Nas aulas 5 e 6, *O layout de argumentação de Toulmin e aplicação do layout de argumentação de Toulmin*, a turma foi dividida em grupos pequenos de 4 ou 5 alunos para aplicar a estrutura de argumentação de Toulmin na resolução de uma situação problema. Foi entregue a cada grupo um formulário, apêndice A, e um cartão com a seguinte situação problema:

Uma rede de supermercado resolveu averiguar a reclamação de um dos seus clientes que se queixou que as sacolas de compras estavam rompendo em meio ao transporte das mercadorias. O gerente designou um de seus funcionários para investigar o caso. Ele concluiu que não havia nada de errado com a qualidade do material que compunha a sacola, que ela só se rompia quando puxada rapidamente com as compras. Por que a sacola rasga quando puxada rapidamente?
Escreva um argumento de acordo com o layout de Toulmin explicando porque a sacola com as compras rasga quando puxada rapidamente

O problema foi elaborado pelo pesquisador e o objetivo da atividade foi oferecer uma oportunidade para os alunos aplicarem o *layout* e desenvolverem na prática a habilidade de argumentar. Nessa atividade, o professor auxiliou cada grupo individualmente, quando requisitava explicações sobre a função de cada elemento do argumento e também apresentou exemplos de como aplicar o *layout*. A intenção em formar grupos pequenos foi promover debates entre seus membros, sendo que cada equipe deveria construir um *layout* próprio e entregar no final da aula, como aconteceu.

As aulas 7 e 8, *Discussão do layout do argumento construído pelos alunos*, não estavam previstas na sequência didática e foram acrescentadas por conta do resultado da análise dos *layouts* entregue pelos grupos, anexo B. Constatou-se a falta de coerência em alguns argumentos, ou seja, os elementos que compunham os *layouts* não estavam desempenhando adequadamente sua função estrutural. Outro problema foi as respostas sucintas apresentadas pelos alunos. Em alguns casos, em vez dos estudantes citarem ou apresentarem as leis da física com suas próprias palavras, faziam apenas referência a estas.

Como exemplo, podemos citar o grupo D. No argumento que apresentou sobre o problema das sacolas de supermercados, utilizam como justificativas “a força de puxar” e a “força de resistência” do material. Ao apresentarem um fundamento para

suas justificativas acrescentam “o que está de acordo com as três leis de Newton”. Nesse caso não é possível, ao menos se quer, afirmar se os estudantes sabem enunciar as três leis que se referem.

Dessa forma, nas aulas 7 e 8, o professor conduziu um debate com os grupos sobre os argumentos construídos por cada um deles. Para cada argumento projetado por meio de um *Datashow*, o professor solicitou que o grupo apresentasse para os demais membros da turma. Em seguida realizou um debate, considerando questões relacionadas à coerência, suficiência e clareza do argumento. O objetivo da atividade foi propiciar aos alunos, através da discussão, refletirem criticamente sobre a função desempenhada por cada elemento escolhido para compor seus próprios argumentos.

Nas aulas 9 e 10 os alunos se organizaram em pequenos grupos para discutirem o Texto 3, que apresenta uma reconstrução histórica dos argumentos utilizados por Newton e Descartes para explicar as causas do movimento orbital dos planetas e, a partir do resultado das discussões, construir um argumento próprio sobre a explicação escolhida. Uma vez que tinham realizado a leitura prévia, o professor pediu que eles se reunissem em grupos com o mesmo argumento.

Após o horário da aula ter esgotado, o professor pediu que os estudantes lhe entregassem o formulário com o seu argumento sobre o tema em discussão. No entanto, alguns alunos não conseguiram cumprir a atividade dentro do tempo previsto. Ainda que os argumentos tivessem que ser construídos em grupo, o professor orientou que completassem a atividade como tarefa extraclasse. Esta deveria ser entregue no início das aulas futuras. Isso porque a aula seguinte seria realizada em função dos argumentos dos estudantes.

Nas aulas 11 e 12, *Explicações diferentes e controversas sobre o problema das órbitas dos planetas*, os grupos deveriam apresentar suas conclusões, oriundas das discussões da atividade anterior, aos demais grupos e defender seus argumentos frente às possíveis posições contrárias.

Nos primeiros 30 minutos das aulas 11 e 12 os alunos se organizaram em grupos pequenos, mantendo a mesma composição das aulas 9 e 10, para construir o argumento sobre a explicação escolhida por eles. Os alunos não cumpriram a atividade extraclasse. A experiência mostra que o não cumprimento de tarefas extraclasse é, infelizmente, um evento muito comum na cultura dos estudantes, o que

exige do professor ter estratégias para contornar essa dificuldade. A solução encontrada, neste caso, foi transferir a atividade para os 30 minutos iniciais da aula.

Na aula 13, o professor retomou os dois argumentos construídos coletivamente pelos grupos de estudantes e fez considerações apontando sobre acertos, erros e faltas neles e em seguida apresentou os argumentos corretos. Por fim, contextualizou os dois argumentos, apresentando seus autores e as concepções de mundo da época. A gravitação universal de Isaac Newton faz parte de um conjunto de transformações do pensamento, denominadas como Revolução Científica, ocorridas no século XVII que contribuíram para a mudança da concepção de mundo, sendo que tais ideias fazem parte das bases da forma como a qual enxergamos o universo atualmente. A gravitação universal é apresentada como o capítulo final de um fato histórico, que ocorreu no século XVII, em que estavam em disputa dois sistemas cosmológicos, o geocentrismo de Aristóteles e o heliocentrismo de Copérnico. Essa combinação de elementos faz da gravitação um tópico importante a ser abordado no ensino de física, tanto por conta de seu valor do ponto de vista da história quanto da sua riqueza conceitual. Esse tema foi escolhido porque, apesar de sua importância, muitas vezes não tem sido valorizado nos livros textos bem como ensinado de forma não apropriada (FREIRE, MATOS e VALLE, 2004).

3.2 – A avaliação formativa

3.2.1 – Metodologia de coleta e análise de dados para validação dos princípios de design

3.2.1.1 – A metodologia utilizada na coleta dos dados

Atualmente Fundamentos de Física I é ofertada no primeiro semestre e é a única disciplina obrigatória do curso de graduação em Física da UEFS que faz uma discussão dos fenômenos físicos através de uma abordagem necessariamente contextualizada (ver ementa no anexo A). Outrora o currículo do curso já possuiu três disciplinas de fundamentos como obrigatórias. No entanto, por falta de professores com formação na área de história e filosofia da ciência, Fundamentos de Física II e III passaram a ser ofertadas como disciplinas optativas. Mesmo em alguns semestres elas não são ofertadas por falta de professores que assumam.

Originalmente as disciplinas de fundamentos foram pensadas com o objetivo de realizar uma discussão sobre aspectos essencialmente fenomenológicos e conceituais e só mais tarde passaram a considerar aspectos históricos e epistemológicos na produção do conhecimento da física. Esse acontecimento ocorreu pela influência do professor Elder Sales Teixeira que, na época da mudança, era um membro recém incorporado ao departamento de Física da Universidade e já tinha adquirido experiências sobre o uso da história e filosofia no ensino de ciências no programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, pelo qual se doutorou.

Antes de iniciar a intervenção enviei uma carta ao diretor do departamento do curso de física e outra ao professor da disciplina solicitando autorização para frequentar as aulas e aplicar a sequência didática na turma. Durante a intervenção assumi a postura de observador participante, primeiro ao assistir a disciplina na condição de aluno e depois como professor que aplicou a sequência didática.

A coleta de dados foi realizada por meio de filmagens das interações entre o professor e os estudantes durante a aula e pela gravação de áudios das discussões. Para não ser considerado um “corpo estranho” na turma, comecei a frequentar a disciplina desde a primeira aula. Identifiquei-me como aluno de mestrado e apresentei a pesquisa que iria realizar na turma. Para diminuir o estranhamento inicial e me tornar mais próximos aos alunos me encarreguei de algumas funções como fazer fotocópia dos textos da disciplina e enviar para o e-mail do grupo.

Três semanas antes da intervenção, introduzi a câmera na sala de aula para que os estudantes se acostumassem ao fato de estarem sendo filmados. A câmera foi colocada em um dos cantos da sala onde fosse possível capturar todos os grupos, como no esquema da figura 10.

Para garantir a legibilidade das gravações, solicitamos que um estudante de cada grupo utilizasse o celular para gravar as discussões entre eles. No final da aula, os áudios gravados eram transferidos para o computador do pesquisador. Os áudios gravados pelo celular foram cotejados com os trechos ilegíveis dos vídeos das gravações.

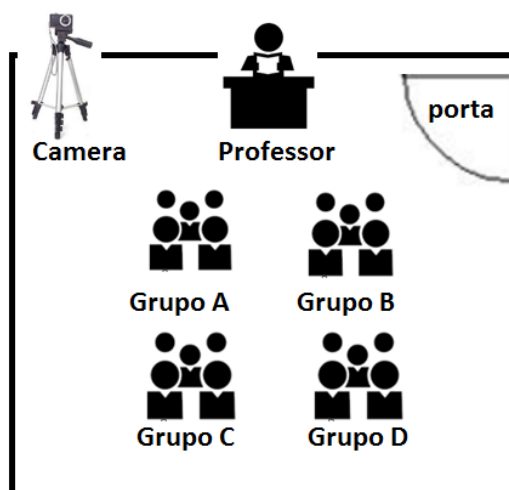


Figura 10: Esquema da posição da câmera para firmar as interações entre os alunos reunidos em grupos.

Por fim, como se tratou de uma pesquisa que envolveu seres humanos, entregamos aos participantes, o professor e os estudantes, um termo de esclarecimento e consentimento, respectivamente, para que eles pudessem decidir conscientemente se participariam ou não da pesquisa. Informamos que, além do fato da participação na pesquisa ser opcional, se aceitassem participar, poderiam abandoná-la a qualquer momento sem sofrer qualquer forma de prejuízo. Foram informados também que seria tomado os devidos cuidados para não prejudicar ou expor a imagem de nenhum deles, para isso seria garantido o anonimato deles.

3.2.1.2 Critério adotado para identificar o aluno e o seu argumento

Nas aulas 9 e 10 os alunos se organizaram em grupos para construir um argumento sobre o problema das órbitas dos planetas e nas aulas 11 e 12 foi realizado o debate entre eles. Foram formados 4 grupos nomeados como Grupo A, Grupo B, Grupo C e Grupo D. Cada grupo continha 4 ou 5 integrantes. O critério que adotamos para identificar cada um dos alunos consistiu em utilizar a letra do grupo (A, B, C ou D) e a ordem em que sua fala aparece na transcrição das aulas 11 e 12, Apêndice D. Dessa forma, o primeiro estudante do Grupo A que apresentou um turno de fala foi identificado como Aluno A1. O segundo estudante a apresentar um turno de fala foi identificado como Aluno A2, da mesma forma, o terceiro aluno do Grupo B a apresentar um turno de fala foi identificado como Aluno B3. Este procedimento foi aplicado a cada aluno que apresentou turno de fala.

Nesse trabalho fizemos uma análise qualitativa sobre as justificativas e fundamentos apresentados pelos estudantes no episódio argumentativo analisado. Fizemos também a análise quantitativa (descritiva) sobre todas as justificativas e fundamentos apresentados nas aulas 11 e 12. Portanto fez-se necessário identificar cada uma das justificativas e dos fundamentos. Aplicamos o mesmo procedimento mencionado anteriormente para identificá-los. O Aluno C1, por exemplo, apresentou 4 justificativas ao todo. Cada uma delas foi identificada levando em consideração o aluno e a ordem em que ela apareceu na transcrição. Dessa forma a terceira justificativa do Aluno C1 foi identificada como Justificativa C1(3) e a quarta justificativa apresentada identificada como Justificativa C1(4). O aluno A2, por exemplo, apresentou um total de 2 fundamentos. O primeiro fundamento que ele apresentou foi identificado como Fundamento A2(1) e o segundo como Fundamento A2(2). Esse procedimento foi adotado para todas as demais justificativas e os fundamentos dos outros estudantes.

3.2.2 – Dados que fundamentam a validade dos princípios de *design*

3.2.2.1 – Critérios adotados pelos alunos para escolher o argumento

Após a construção dos *layouts*, nos trinta minutos iniciais das aulas 11 e 12, o professor pediu que os alunos se organizassem livremente, pela sala de aula, para que fosse iniciado o debate. Eles optaram por manter os grupos e se organizaram espalhados pela sala. Em seguida o professor pediu que cada grupo apresentasse seu argumento e o critério adotado para fazer a escolha (turno de fala abaixo)¹⁴.

Aula 12 e 13

...

Turno 7 – Aula 11 e 12 – Professor – /.../ Galera, galera vamos. Eh:: se vocês quiserem podem desfazer o grupo para a gente fazer um debate entre as ideias de vocês, ou então, só virar para mim. Eh:: presta atenção. Eu pedi a vocês para escolherem por afinidade ou/ o grupo escolher um dos argumentos neh? Aí /.../ temos o argumento 1 e a gente tem o argumento 2 [O professor escreve argumento 1 e 2]. Tá. A gente tem o grupo A, B, C e D. O grupo A [Aponta para o grupo]. Quem é o grupo A aí? levanta a mão só pra eu/ [Um dos membros do grupo levanta a mão]. Pronto. O grupo escolheu que argumento?

¹⁴ Estamos adotando algumas notações específicas para descrever algumas ações na fala dos sujeitos ou esclarecimento sobre trechos da transcrição. Essa notação é necessária porque não existem sinais de pontuação adequados no português. A lista de notações pode ser consultada no Anexo C.

Como mencionado anteriormente, os alunos não tinham conhecimento sobre a autoria de nenhum deles. Foram formados 4 grupos (A, B, C e D) contendo de 4 a 5 alunos cada.

Dos 4 grupos, três (A, B e D) escolheram o Argumento 1 e somente o grupo C escolheu o Argumento 2. Esse resultado já era previsto uma vez que, os estudantes têm uma forte tendência a raciocinar de forma não newtoniana (Rezende e Barros, 2001; Watts e Zylbersztajn, 1981; Watts, 1982; Moorfoot, 1983). Assim, de acordo com as concepções alternativas geralmente apresentadas por alguns alunos, as órbitas dos planetas podem ser explicadas como o equilíbrio entre uma força dirigida para o centro da curva e uma tendência do planeta escapar radialmente a essa curva.

No quadro 8 sintetizamos a escolha de cada grupo e os critérios adotados por eles.

Todos os critérios atualizados no quadro 3 correspondem a critérios apontados pelos estudantes em suas próprias falas. Portanto não são critérios sistematizados teoricamente. Por isso mesmo em nossa análise utilizaremos *afinidade e identificação* como sinônimos. Não obstante esses critérios servem como indicações sobre as tomadas de decisão dos estudantes.

Embora as respostas dos alunos possam ter sido influenciadas pela fala do professor (ver turno de fala 7 no apêndice D) o critério mais adotado entre os grupos foi aquele voltado a questões de empatia: afinidade e identificação.

Quadro 8: Argumentos e critérios adotados pelos grupos (elaborado pelo pesquisador)

Grupo	Argumento	Critério
A	Argumento 1	Entendimento, afinidade e apresentar uma explicação melhor.
B	Argumento 1	Entendimento, afinidade.
C	Argumento 2	Identificação e por apresentar um tratamento geométrico e matemático.
D	Argumento 1	Simplicidade.

Em segundo lugar o critério que pesou na escolha dos alunos foi o entendimento. Sobre esse fato, o Aluno A1 mudou de argumento após, segundo ele, ter compreendido o Argumento 2 ao final do debate que aconteceu na sala de aula, como evidenciado nos turnos 308 e 309.

Aulas 12 e 13

...

Turno 308 – Aula 12 e 13 – Professor – /.../ Uma coisa interessante que o Brother trouxe aqui. Ele disse que agora se convenceu. Ele agora acha que/

Turno 309 – Aluno A1 – Porque eu agora entendi o argumento eu sou mais o argumento 2

Um dos grupos não entendeu nenhum dos argumentos e escolheu o que considerou menos complexo.

Aulas 12 e 13

...

Turno 64 – Aula 12 e 13 – Professor – E aí? Quais são as justificativas [critérios] que vocês utilizaram?

Turno 65 – Aula 12 e 13 – Aluno D1 – Na verdade na verdade eu não entendi muito bem nenhum dos dois, então, eu peguei o que eu achei mais simples.

Alguns alunos supervalorizam o papel da matemática, independentemente de ter feito uma análise se seu emprego era adequado ou não. Isso aparece evidente no diálogo abaixo:

Aulas 12 e 13

...

Turno 44 – Professor – Vamos. Porque vocês escolheram isso? Porque você escolheu esse argumento?

...

Turno 50 – Aluno C1 – Acho que por ser matemática/ Por ter uma matemática bem forte você.

Mesmo sendo adepto do Argumento 1 o Aluno A1 faz a seguinte considerações:

Aulas 12 e 13

...

Turno 72 – Aluno A1 – Eu acho, tipo, o Argumento 2 leva uma leve vantagem que o argumento um justamente por usar mais matemática, por usar mais geometria e aí enriquece mais o argumento/ a matemática.

Aventamos a hipótese de que esse valor dado à matemática e à geometria pode ser em função de se tratar de uma turma de recém egressos do ensino médio tendo suas primeiras experiências de vida acadêmica, aprendendo a cultura da universidade, e sobretudo do curso de física. O ensino de Física no nível médio tem se voltado para resoluções de exercícios e exames vestibulares onde é dada ênfase maior na aplicação da matemática e a compreensão conceitual das teorias científicas deixadas em segundo plano (Nardi, 1998; Souza, 2002; Rosa e Rosa, 2005), conseqüentemente, isso pode refletir nas ações dos estudantes. Evidentemente é necessário realizar uma pesquisa rigorosa para confirmar essa hipótese, o que foge do escopo dessa pesquisa.

Em resumo, presumimos que os critérios apresentados pelos alunos servem como princípios norteadores a serem considerados no aprimoramento da sequência didática. Caberia uma outra pesquisa capaz de responder se os estudantes recém

ingressos no curso de física seguem ou não algum tipo de perfil na hora de tomar decisões sobre temas científicos controversos. Em caso afirmativo, seria interessante caracterizá-lo, sumarizar os principais critérios e integrá-los no desenvolvimento dos materiais utilizados em novas intervenções. Ao final da aula o professor recolheu o formulário contendo o argumento construído pelos pequenos grupos depois da discussão.

3.2.2.2 – Discussão em pequenos grupos

Nessa sequência didática apostamos que a discussão entre os estudantes organizados em pequenos grupos com ponto de vista comum, em relação a explicação para as causas da manutenção das órbitas dos planetas, seria uma característica procedimental potencialmente favorável à construção de argumentos de qualidade. Partimos do pressuposto de que, conforme Vygotsky (2001), o conhecimento é construído pelo sujeito na interação social por meio de negociações e disputas.

Nesse contexto as negociações podem contribuir com a construção de significados que sejam partilhados entre os membros do grupo e, portanto, possuir um sentido de construção coletiva (pertencente ao grupo) de forma que cada estudante se sinta representado na fala de cada um dos membros de sua equipe. Por outro lado, dentro do próprio grupo pode haver desacordos que gerem disputas entre seus membros. Estes desacordos podem estimular a produção de argumentos mais elaborados e sofisticados por provocar que eles mobilizem conhecimento para apresentar razões que sustentem seu ponto de vista ao responder às críticas, bem como, formular refutações para desqualificar o argumento do seu oponente.

Em seguida vamos analisar um episódio de interação argumentativa que aconteceu nas aulas 9 e 10. As atividades das aulas consistiram em que os estudantes escolhessem uma das explicações sobre as causas da manutenção das órbitas dos planetas, se organizassem em pequenos grupos de integrantes com escolha em comum e construíssem um argumento defendendo o ponto de vista do grupo.

O episódio que será analisado pertence ao grupo A, formado por 5 membros, que escolheu o argumento cartesiano.

Aulas 9 e 10

...

Turno 1 – Aluno A3 – Aqui oh. “Cada coisa permanece no seu estado se nada o alterar, assim aquilo que uma vez foi posto em movimento continuará sempre a mover-se” [lê o texto]/ né, então o estado tende a permanecer sempre a não ser que uma força/... todo corpo que se move [???] ele continuará seu movimento em linha reta/ é basicamente a mesma coisa que eu falei. Que ele bota o::/ um corpo pode tender simultaneamente para o movimento/ ah isso aqui é.../ já tá no dois [se refere ao argumento 2] ? Não... Ah, é até aqui. É/ aqui já é o dois.

...

Turno 4 – Aluno A3 – Eh:: embora as coisas tendam a se mover em linha reta descobriu-se depois que existe as componentes da força/ tipo assim/ ele/ ele/ tende pra uma direção, só que pra outra também/ a parte tangencial. Quando você tá fazendo uma curva você tem um movimento/ a direção do movimento e outra direção/ você faz isso aqui que tem a tangente/ né isso? E tem a do centro. Aí você faz a composição das forças e explica porque ele não faz o movimento em linha reta. Eu não sei se estou sabendo explicar não, mas/

Turno 5 – Aluno A2 – Aqui é assim oh/ aqui no caso dele/ ele quer explicar/ por exemplo/ aqui ele diz que “cada parte da matéria, considerado em si mesmo, nunca tende a continuar seu movimento em linha curva mas sim em linha reta” [lê o texto] para explicar o movimento dos corpos /.../ Aí ele faz um experimento, a questão da rotação da pedra presa em um negócio. Aí ele vai dizer que a funda/ aí vai ter que vai aumentando a distância no caso/

Turno 6 – Aluno A3 – Aqui oh “Um corpo que se move tende a se manter em movimento em linha reta, porém” [lê o texto] aí ele vem aqui oh “um corpo pode tender simultaneamente para o movimento de muitas e diversas maneiras” [lê o texto]/ foi o que eu tentei falar, mas/

Turno 7 – Aluno A2 – Aqui assim oh, poh/ Aqui/ aí ele fala “o que claramente nos mostra que qualquer corpo que se move circularmente tende constantemente a se afastar do centro do círculo que descreve” [lê o texto]

...

Turno 10 – Aluno A3 – Já tem uma força pra cá e outra pra cá é mais ou menos o que estou falando/ [fala com o aluno A5 em meio a fala do aluno A2]

Turno 13 – Aluno A2 – Na verdade ele nem fala força/

Turno 14 – Aluno A3 – Direção/

Turno 15 – Aluno A2 – É muda/ direção é melhor/

Turno 16 – Aluno A3 – Direção do movimento... tem essa direção do movimento e tem essa direção/ então explica assim, entendeu?... Apesar de os corpos tenderem a se mover em linha reta no movimento você tem essas componentes da direção do movimento/

...

Turno 22 – Aluno A5 – Eu achava que ele fazia esse movimento porque ele tava sendo atraído por algum corpo para o centro/

Turno 23 – Aluno A3 – Não, porque tem a tendência centrífuga que é o que ele fala aqui oh/ “por causa da tendência centrífuga tudo tende a afastar-se do centro à volta do qual se move” [lê o texto] mas por outro lado existe uma força que está fazendo... né? O corpo curvar. Então... é justamente isso/ você tem uma pra cá e uma pra cá e tem uma componente/ uma/ uma/ uma resultante, né?/

...

Turno 31 – Aluno A3 – Aqui oh! “Podemos concluir” [lê no texto]/ a conclusão dele/ “podemos concluir que assim como acontece com a pedra girando presa em uma funda também o movimento da lua em redor do centro da terra, a órbita curva percorrida pelos planetas em redor do sol, ou a revolução dos corpos celestes em torno de algum centro, é resultado das suas tendências de se deslocarem segundo a uma direção tangencial” [lê o texto], né?

Turno 32 – Aluno A2 – Aqui oh! “um planeta é mantido em órbita estável em torno do sol pode ser constantemente desviado da sua tendência em sair em

linha reta tangente à órbita” [lê o texto], ou seja, ele tem/ por mais que ele fique em órbita/ ele tem uma influência que faz com que ele saia dessa/ desse movimento em linha reta e sempre tende... sei lá/ um negócio desse assim/ Cadê? Cadê? Cadê as perguntas? Tem que ver as perguntas, entendeu?

Turno 33 – Aluno A3 – Na verdade/ eu acho que entendi agora a questão/

Turno 34 – Aluno A5 – A gente já pegou as informações iniciais?

Turno 35 – Aluno A2 – As questões iniciais é Ptolomeu/ os caras aqui/

Turno 36 – Aluno A3 – É como o professor X desenhou naquele negócio [se refere ao professor da disciplina Física Geral I]/ Que ver? [Começa a fazer um desenho. Embora o desenho seja uma parte importante para compor a análise do discurso do Aluno A3 e de diálogos posteriores, não foi realizada sua coleta]

Turno 37 – Aluno A5 – As teorias de antes aí pra qualquer dessas teorias ele pediu uma argumento /

Turno 38 – Aluno A1 – Ele começa fazendo uma introdução falando da física clássica [???

Turno 39 – Aluno A5 – E da [???] de cada teoria que surgiu. Primeiro foi Aristóteles, depois [???], depois Copérnico... Agora vai discutir a conclusão em que o autor chegou [???

Turno 40 – Aluno A3 – Oi?

Turno 41 – Aluno A5 – A gente vai discutir a conclusão que:: o autor chegou/

...

Turno 43 – Aluno A1 – [???] a tendência dos corpos celestes é fazer o movimento circular por causa do quinto elemento que é o éter, né? Que é diferente da terra/

Turno 44 – Aluno A3 – Ele acreditava da água, da terra e:: no éter/ eh:: porque não tinha explicação do movimento dos corpos em curva/ Aí ele falou “não”/

...

Turno 46 – Aluno A3 – Quinto elemento. Exatamente. Uma vez que ele não tinha conhecimento/

Turno 47 – Aluno A2 – Uma vez que era natural os corpos celestes preferir o movimento circular por causa da natureza da substância da qual eram feitas/

Turno 48 – Aluno A3 – Porque na verdade pra eles o movimento circular era o movimento perfeito/ o movimento natural, melhor falando. Então pra que não fosse não natural/ para que ele continuasse sendo natural, tinha que colocar o éter/

Turno 49 – Aluno A5 – Ah! Entendi/

Passemos à análise do papel das discussões em pequenos grupos com a mesma explicação em comum. Começaremos com a análise do trecho que se inicia no turno de fala 1 e termina no turno de fala 31, ambos do Aluno A3, no diálogo transcrito acima. Esse trecho será tratado como um episódio de análise por (1) conter o argumento (parcial) do grupo, (2) evidenciar o papel do Aluno A2 na mudança, ainda que pontual, do discurso do aluno A3 e (3) mostrar o papel do Aluno A5 para que a tendência centrífuga fosse introduzida no debate.

No primeiro turno de fala o aluno A3 apresenta a seus colegas a lei 1 de Descartes (Argumento 1) sobre a qual os corpos estão submetidos:

...

Turno 1 – Aluno A3 – Aqui oh. “Cada coisa permanece no seu estado se nada o alterar, assim aquilo que uma vez foi posto em movimento continuará

sempre a mover-se” [lê o texto]/ né, então o estado tende a permanecer sempre a não ser que uma força /.../

De acordo à lei, “cada coisa permanece no seu estado se nada o alterar, assim aquilo que uma vez foi posto em movimento continuará sempre a mover-se”. O Aluno A3 interpreta esse “se nada o alterar” como ausência ou presença de forças: “... então o estado tende a permanecer sempre, a não ser que uma força...”. Essa não é uma ideia original de Descartes. Em lugar do conceito de força, que só aparecerá na teoria de Newton, Descartes utiliza a noção de tendência.

No turno 4 o Aluno A3 reforça a ideia de que será uma combinação de “forças” a responsável pelo movimento circular dos corpos.

Turno 4 – Aluno A3 – Eh:: embora as coisas tendam a se mover em linha reta descobriu-se depois que existe as componentes da força /.../ Aí você faz a composição das forças e explica porque ele não faz o movimento em linha reta. /.../

Na fala “descobriu-se depois que existe as componentes da força” aluno parece fazer uma análise anacrônica do Argumento 1, mesclando o argumento original de Descartes com elementos do argumento newtoniano. Essa suspeita está fundamentada no turno de fala 81¹⁵, que pode ser lido no apêndice C.

No turno 5 o Aluno A2 intervém à fala do seu colega e traz um trecho do texto onde aparece a ideia de tendência, refutando por vez, a ideia de forças atuando sobre o corpo.

Turno 5 – Aluno A2 – /.../ aqui ele diz que “cada parte da matéria, considerado em si mesmo, nunca tende a continuar seu movimento em linha curva mas sim em linha reta” [lê o texto] para explicar o movimento dos corpos /.../ Aí ele faz um experimento /.../ Aí ele vai dizer que a funda /.../

Em sua fala está embutida, também, a ideia de que o movimento em linha reta seria um movimento natural aos corpos: “cada parte da matéria, considerado em si mesmo, nunca tende a continuar seu movimento em linha curva, mas sim em linha reta”. O aluno menciona também uma experiência que Descartes utilizou como evidência da tese do seu argumento: “Aí ele faz um experimento /.../ a funda”.

¹⁵ O contexto na qual é dito o turno 81 consiste em uma discussão em que o grupo faz uma comparação entre os dois argumentos contidos no texto. Então o estudante revela:

Turno 81 – Aluno A3 – Tá embasado o argumento nessas duas coisas. Que as coisas permanecem do jeito que está. Simplificando, né: se está em movimento continua em movimento, se tá parado continua parado. A menos que alguma coisa aconteça que é uma força externa. É meio o que ele fala, só que Newton coloca o movimento retilíneo uniforme e o repouso e coloca algumas palavras mais específicas pra física. Mas é a mesma coisa.

Em seguida, no turno de fala 6, o Aluno A3 apresenta alguns trechos do texto:

Turno 6 – Aluno A3 – Aqui oh “Um corpo que se move tende a se manter em movimento em linha reta, porém” [lê o texto] aí ele vem aqui oh “um corpo pode tender simultaneamente para o movimento de muitas e diversas maneiras” [lê o texto]/ foi o que eu tentei falar, mas/

Ele argumenta que, embora o movimento em linha reta seja natural ao corpo, isso pode ocorrer pela combinação simultânea de “diversas tendências”, e dessa forma, parece querer estabelecer a correlação dessa ideia com o conteúdo da sua fala do turno 4 e, então, justificar a sua “composição de força” como explicação da trajetória curva.

Em seguida o Aluno A2 toma a fala e apresenta um trecho do texto para complementar a fala anterior do Aluno A3:

Turno 7 – Aluno A2 – Aqui assim oh, poh/ Aqui/ aí ele fala “o que claramente nos mostra que qualquer corpo que se move circularmente tende constantemente a se afastar do centro do círculo que descreve” [lê o texto]

Em sua fala o Aluno A2 parece reconhecer o papel da combinação simultânea de “diversas tendências” na manutenção do movimento circular, porém o ponto central de sua fala é que, até mesmo nesse tipo de movimento, os corpos estariam submetidos à lei 1: “qualquer corpo que se move circularmente tende constantemente a se afastar do centro do círculo que descreve”.

No turno de fala 10, ao tentar explicar ao o Aluno A5 a justificativa que adotou para defender seu argumento, o Aluno A3 reforça a sua tese de que o movimento circular é resultado da combinação de forças com direções contrárias.

Turno 10 – Aluno A3 – Já tem uma força pra cá e outra pra cá [fala com o aluno A5 em meio a fala do aluno A2] é mais ou menos o que estou falando/

Em seguida o Aluno A2 questiona a validade da justificativa adotada pelo Aluno A3 ao alertá-lo de que no argumento 1 originalmente não aparece o conceito de força.

Turno 13 – Aluno A2 – Na verdade ele nem fala força/

Turno 14 – Aluno A3 – Direção/

Turno 15 – Aluno A2 – É muda/ direção é melhor/

O Aluno A3 reconhece a validade da crítica e, após negociar com o Aluno A2 a utilização da ideia de “direção” para significar a tendência presente em lugar da ideia de uma “força”, reformula a justificativa adotada para defender seu argumento. Não obstante, o termo correto seria: tendência.

Turno 16 – Aluno A3 – Direção do movimento... tem essa direção do movimento e tem essa direção/ então explica assim, entendeu?... Apesar de os corpos tenderem a se mover em linha reta no movimento você tem essas componentes da direção do movimento/

Embora o Aluno A3 utilize a ideia de “direção do movimento”, isso é feito pontualmente e não de maneira a ser algo incorporado ao seu discurso, tanto que ele retoma a ideia de força em fala posterior, como fica claro no turno que segue:

Turno 22 – Aluno A5 – Eu achava que ele fazia esse movimento porque ele tava sendo atraído por algum corpo para o centro/

Turno 23 – Aluno A3 – Não, porque tem a tendência centrífuga que é o que ele fala aqui oh/ “por causa da tendência centrífuga tudo tende a afastar-se do centro à volta do qual se move” [lê o texto] mas por outro lado existe uma força que está fazendo... né? O corpo curvar. Então... é justamente isso/ você tem uma pra cá e uma pra cá e tem uma componente/ uma/ uma/ uma resultante, né?/

No turno 23 o Aluno A3 introduz à discussão o termo “tendência centrífuga” não mencionado até o momento. No entanto é a fala do Aluno A5, ao compartilhar seu entendimento, que cria um contexto para que ela venha à tona na discussão. A ideia de “atração por algum corpo para o centro” que aparece no turno 22 não é original do argumento escolhido para defesa pelo grupo.

No turno 31 o Aluno A3 completa seu argumento deixando claro a sua tese.

Turno 31 – Aluno A3 – Aqui oh! “Podemos concluir” [lê no texto]/ a conclusão dele/ “podemos concluir que assim como acontece com a pedra girando presa em uma funda também o movimento da lua em redor do centro da terra, a órbita curva percorrida pelos planetas em redor do sol, ou a revolução dos corpos celestes em torno de algum centro, é resultado das suas tendências de se deslocarem segundo a uma direção tangencial” [lê o texto], né?

Em função da contribuição de cada integrante do grupo, como entender a importância da discussão na construção do argumento partilhado entre os membros da equipe?

Para responder tal questão será apresentada, em seguida, uma síntese do episódio. No entanto, para que a contribuição individual de cada aluno fique evidente, a síntese será apresentada não respeitando a ordem cronológica dos turnos de fala (o processo de construção do argumento) mas sim respeitando uma ordem lógica significativa do argumento enquanto produto acabado. A síntese lógica significativa é a que segue:

(1) Turno 1/Aluno A3: nesse turno temos o início do episódio – O Aluno A3 apresenta uma lei fundamental sobre a qual todos os corpos estão submetidos. De

acordo com ela os corpos seriam dotados de “tendências naturais” e só seriam tirados de suas tendências se fossem impelidos a isso.

(2) Turno 5/Aluno A2: nesse turno é estabelecido o tipo de tendência – O Aluno A2 justifica que o tipo de tendência apresentada em (1) é a do movimento em linha reta, portanto, qualquer outro tipo de movimento seria “forçado”.

(3) Turno 13/Aluno A2: nesse turno é realizado uma tentativa de contextualizar o argumento – O Aluno A2 exclui a ideia de que seriam “forças” que tiram os corpos da sua tendência.

(4) Turno 14 e 15/Aluno A3 e A2: nesses trechos ocorre uma negociação de significado para resolver um conflito e conciliar posições distintas – Os alunos negociam um termo para utilizar em lugar da “força”. Adotam o conceito de “direção do movimento”.

(5) Turno 7/Aluno A2: nesse trecho ocorre uma generalização da lei 1 – O aluno A2 justifica que mesmo os corpos que descrevem movimentos circulares estão submetidos à lei 1 mencionada em (2).

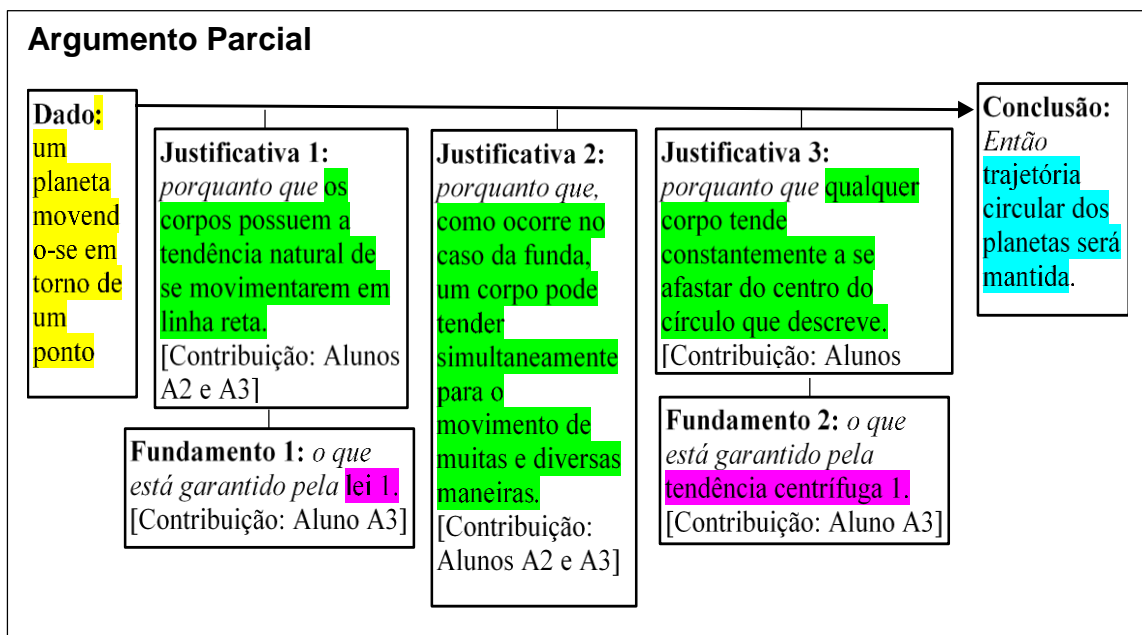
(6) Turno 4 – Aluno A3: nesse trecho o movimento circular é estabelecido com uma consequência e a tendência centrífuga como uma das causas dele – O Aluno A3 justifica que, portanto, o movimento circular seria resultado da combinação de movimentos com direções contrárias.

(7) Turno 22 – Aluno A5: nesse trecho é gerado um contexto que contribui com a fundamentação do argumento – O Aluno A5 apresenta uma ideia de atração para o centro que não está presente no Argumento 1. O Aluno A3 refuta tal ideia e para fundamentar o seu desacordo introduz na discussão a tendência centrífuga.

(8) Turno 23 – Aluno A3: nesse trecho a tendência deixa de ser algo genérico e passa a ser tratada como um conceito – O Aluno A3 identifica que a tendência do corpo se afastar do centro a volta do qual se move seria a tendência centrífuga.

(9) Turno 31/Aluno A3: nesse trecho o argumento é concluído – O aluno A3 conclui que o movimento circular é causado pela tendência centrífuga.

A interação discursiva em análise, organizado de acordo como o processo que vai de (1) até (9) resulta em um argumento coletivo como produto final, este pode ser representado de acordo com o layout de Toulmin como segue:



Embora o argumento acima apresente justificativas fundamentadas, ele não é suficiente para explicar a órbita dos planetas. Há uma questão em aberto já que apenas a tendência centrífuga não garantiria um movimento circular. Esse problema surge na fala do Aluno A2:

Turno 32 – Aluno A2 – Aqui oh! “um planeta é mantido em órbita estável em torno do sol pode ser constantemente desviado da sua tendência em sair em linha reta tangente à órbita” [lê o texto], ou seja, ele tem/ por mais que ele fique em órbita/ ele tem uma influência que faz com que ele saia dessa/ desse movimento em linha reta e sempre tende... sei lá/ um negócio desse assim/ Cadê? Cadê? Cadê as perguntas? Tem que ver as perguntas, entendeu?

Portanto, já que “um planeta é mantido em órbita estável em torno do sol por ser constantemente desviado da sua tendência em sair em linha reta tangente à órbita” o que seria que causaria esse constante desvio?

Essa questão se constituiu um ponto central que será o tema de um dado intervalo da interação discursiva. A tentativa de respondê-la será, portanto, tratada como um novo episódio. O episódio começa no turno 32, quando o problema vem à tona e tem seu ápice no turno 43 quando o Aluno A1 apresenta uma possível resposta. Todavia, a fala do Aluno A1 é importante também por desencadear um processo de reflexão sobre o papel da substância do qual os corpos são feitos na determinação da sua tendência natural.

Após o turno 32 onde é levantada a questão sobre o que causaria o desvio constante da tendência centrífuga o Aluno A1 avança uma resposta.

Turno 43 – Aluno A1 – [???] a tendência dos corpos celestes é fazer o movimento circular por causa do quinto elemento que é o éter, né? Que é diferente da terra/

O Aluno A1 fundamenta o éter como a causa do “desvio constante”. Apresenta também o éter como uma substância própria: “quinto elemento”. Esse turno de fala desencadeia uma discussão sobre a natureza da matéria na determinação da trajetória dos corpos.

Turno 47 – Aluno A2 – Uma vez que era natural os corpos celestes preferir o movimento circular por causa da natureza da substância da qual eram feitas/

Por essa perspectiva a trajetória circular dos planetas envolveria questões ontológicas, visto que seria uma “causa da natureza da substância da qual eram feitas”. Não obstante, essa ideia não pertence ao argumento que eles escolheram para defender. A ideia está presente na teoria aristotélica. Para Descartes a substância da qual os corpos eram compostos influenciariam na magnitude da sua tendência centrífuga. Aqui ocorre um anacronismo.

O Aluno A3 reforça esse ponto de vista:

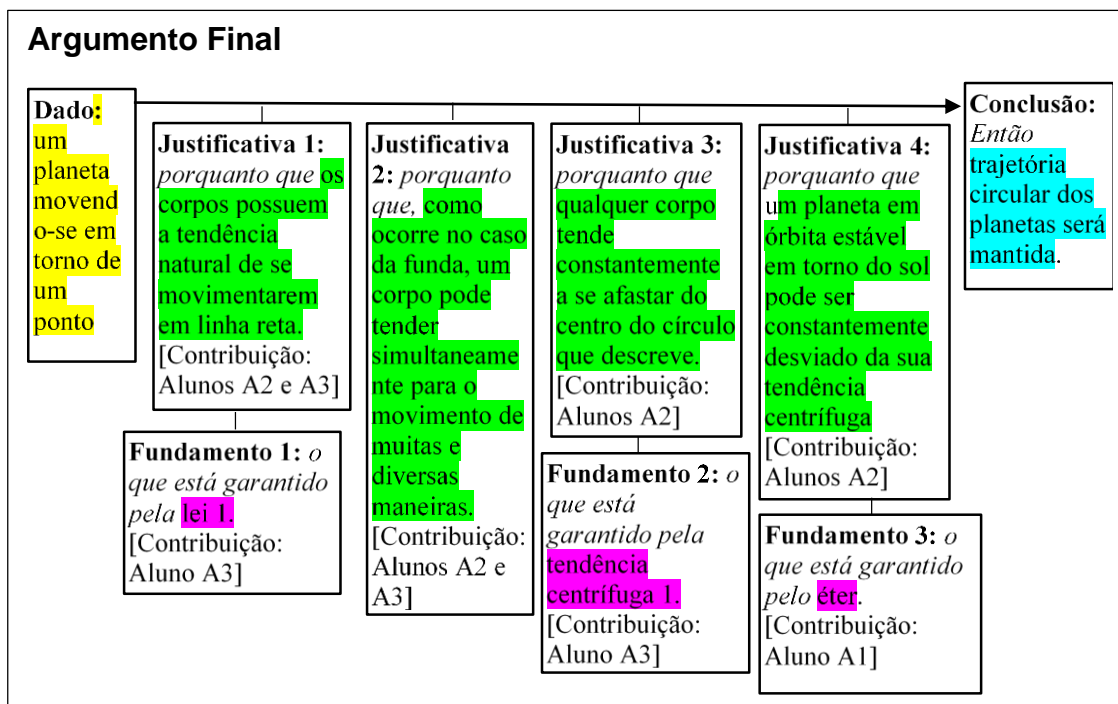
Turno 48 – Aluno A3 – Porque na verdade pra eles o movimento circular era o movimento perfeito/ o movimento natural, melhor falando. Então pra que não fosse não natural/ para que ele continuasse sendo natural, tinha que colocar o éter/

A síntese lógica significativa anterior pode ser complementada com segue:

(10) Turno 32/Aluno A2: nesse trecho é apresentada uma nova justificativa para explicar a causa das órbitas dos planetas – O Aluno A2 apresenta a ideia de que no movimento circular o planeta é “forçado” a desviar de sua tendência centrífuga. O movimento circular seria, portanto, um movimento forçado.

(11) Turno 43/Aluno A1: nesse trecho é apresentado um fundamento para apoiar a justificativa mencionada em (10) – O Aluno A1 apresenta o éter como a substância responsável por “forçar” o planeta a desviar de sua tendência centrífuga.

O argumento parcial pode ser reelaborado como segue:



Em resumo, o trecho transcrito em análise durou 9 minutos e embora os Alunos A2 e A3 possuam maiores tempos de fala (2 minutos e 30 segundos e 3 minutos e 44 segundos respectivamente) as participações dos Alunos A1 e A5 (19 segundos e 46 segundos de falas, respectivamente) foram essenciais para se obter o argumento final. É importante ressaltar que mesmo sendo possível pensar em um argumento final como produto construído coletivamente, alguns conflitos e contradições ficaram em aberto na interação do grupo, assim: (1) enquanto o Aluno A2, estando em coerência com o argumento 1, adota a ideia de tendência o Aluno A3, mesmo reconhecendo isso, insiste na ideia de força para justificar o argumento; (2) na discussão surge a ideia de que os corpos celestes teriam naturalmente o movimento circular por serem formados de éter, no entanto, contraditoriamente essa mesma substância é utilizada como fundamento para apoiar a justificativa do porque o corpo celeste seria constantemente desviado da sua tendência centrífuga. Esse episódio deixa claro como resultado a importância da intervenção do professor nas discussões que ocorrem entre os estudantes. Compreende-se que tais intervenções devem ser realizadas após os estudantes terem construído significados entre eles.

Um dos papéis do professor poderia ser o de proporcionar que os estudantes realizassem reflexões sobre o argumento obtido como produto final da construção coletiva, visando perceber contradições e limitações, ajudar a conciliar conflitos

desejados que não fiquem em aberto e oferecer *feedback* para solucionar incoerências.

3.2.2.3 – Ensino explícito da argumentação

3.2.2.3.1 – O episódio argumentativo

Para Vieira e Nascimento (2009a) um episódio argumentativo é caracterizado pela presença dos marcadores contraposições de ideias e pelas justificações recíprocas que apoiam cada argumento em disputa. Eles utilizaram os dois marcadores como critério para identificar situações discursivas que envolviam argumentação dialógica. Contudo, se adotarmos rigorosamente tais critérios como condição necessária e suficiente para que se estabeleça uma argumentação, estaremos assumindo, erradamente, que em outras duas importantes modalidades de interação discursiva não ocorre argumentação, são elas: a argumentação lógica e a argumentação retórica. Estaremos afirmando que em grande parte das interações que ocorrem na sala de aula de ciências, e até mesmo nos trabalhos publicados em periódicos científicos, não existe argumentação, à revelia do que os próprios pesquisadores afirmam. Isso nos parece, no mínimo, problemático. Acreditamos que cada uma dessas três modalidades discursivas aparece, em maior ou em menor grau, em uma interação argumentativa. Cada uma delas é utilizada de acordo com o tipo de argumento necessário para se fazer entendido e convencer o seu oponente ou uma plateia.

Assumiremos, nesta pesquisa, que em uma situação discursiva aonde existe uma disputa para decidir quais as causas que levam a uma determinada conclusão é uma argumentação. Isso porque a argumentação é caracterizada pelo caráter controverso. Nesse sentido, se posicionar justificadamente fazendo frente a um ponto de vista diferente constitui uma interação argumentativa e, dessa forma, mesmo que não ocorra controvérsia explícita no processo de argumentação, ao apoiar e defender um argumento, os alunos estão se posicionando contrários ao outro. Adotaremos, portanto, a definição de contra-argumento de Penha e Carvalho (2015) como critério para selecionar o episódio argumentativo.

Uma interação argumentativa se prolonga em função da habilidade de cada um dos seus protagonistas reforçar seu ponto de vista diante as novas evidências trazidas pelo seu concorrente. Todavia, são as justificativas e os fundamentos que reforçam

um ponto de vista, ou seja, a manutenção de uma argumentação ocorre em função da presença de justificativas e fundamentos conforme o desenrolar da discussão.

Nesse sentido, uma contribuição de Vieira e Nascimento (2009a) em relação a análise de uma argumentação é a proposição da ideia de justificação recíproca. Dessa forma, para os propósitos dessa pesquisa, adotaremos o marcador justificação recíproca de Vieira e Nascimento (2009a) e proporemos, em complemento, o marcador fundamentação recíproca como critérios para analisar o desenvolvimento de uma situação argumentativa. Isso ajudará a compor o esquema da interação discursiva (Vieira e Nascimento, 2007).

Para caracterizar o nosso episódio argumentativo, primeiro localizamos, nos turnos de fala, justificativas que se contrapunham. Logo em seguida, identificamos o dado e conclusão que cada uma das justificativas apoiavam. Por fim, verificamos se o argumento era reforçado com novas justificativas ou se as justificativas eram fundamentadas durante a interação discursiva, ou seja, se no diálogo estava garantida a presença de contra-argumento. Estamos adotando o turno de fala que estabeleceu o dado que originou o processo de justificação e fundamentação recíproca do processo argumentativo que será analisado, como o início do episódio e o último turno, antes da mudança de foco da discussão, como o ponto final.

O episódio de argumentação que vamos analisar ocorreu nas aulas 11 e 12. Ele é protagonizado pelo Aluno A2 (defensor do argumento de Descartes) e pelo Aluno C1 (defensor do argumento de Newton). Escolhemos esse episódio exatamente porque ele representa um debate entre o sistema de mundo cartesiano e o newtoniano. Abaixo apresentamos trechos da transcrição onde ocorre o episódio.

Entre um turno e outro aparecem falas que não interessavam à análise do episódio e por razão de parcimônia decidimos suprimi-las. Entretanto, os turnos podem ser lidos na íntegra no Apêndice D.

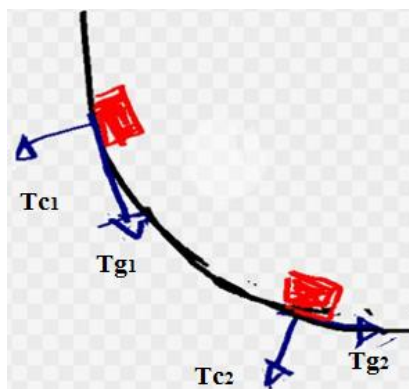


Figura 11: Representação do esquema desenhado no quadro pelo Aluno A2 (as cores e as siglas tc e tg foi opção nossa).

Aulas 12 e 13

Turno 139 – Aluno A2 – /.../ Vou botar, no caso, um corpo aqui [Desenha uma curva no quadro] Aqui no caso para ele fazer essa curva aqui ele vai ter uma aceleração no caso pra cá [Desenha a seta Tc1]. Ai é como se quando ele chegar aqui nesse ponto vai ter outra aceleração aqui [Desenha a seta Tc2]. Ai vai começar a ter uma aceleração tangencial [Desenha as setas Tg1 e Tg2]. Aceleração centrípeta/ aí no caso essa aceleração vai fazer com que esse corpo quando aqui chegar aqui <mude de direção e mantenha o movimento circular>

Turno 140 – Professor – Tô entendendo. Ele se mantenha nessa curva.

Turno 141 – Aluno A2 – Só que agora ele vai ficar meio que inclinado. Só que no caso vai percorrer toda a circunferência.

...

Turno 143 – Aluno C1 – Isso você explica numa curva que tenha um limite material.

Turno 144 – Professor – Pronto/ alguma coisa que ele tá trazendo aqui.

Turno 145 – Aluno C1 – Porque quando você está em uma órbita/ numa órbita não existe esse limite material pra poder fazer esse <trajetória>.

...

Turno 150 – Aluno B2 – É porque também na conclusão ele [o texto] fala que a matéria do espaço é superior as órbitas dos planetas/ faz com que ele tenha essa [Faz um círculo no ar com o dedo]

Turno 151 – Professor – Olha o que ele tá trazendo aí. O limite material que você / [aponta para Aluno A2]. Você tá dizendo que esse é o limite material é? [Pergunta ao Aluno B2]

Turno 152 – Aluno B2 – Na conclusão ele fala que no espaço a matéria do espaço é superior às das órbitas dos planetas aí faz com que ele tenha essa <curva>.

Turno 153 – Professor – Você tá vendo o que ele tá falando? Ele tá dizendo isso aí oh ve existe/ [Sublinha a curva e escreve existe na linha]. Mas o que seria isso aí? Como é que no texto fala?

Turno 154 – Aluno A2 – É porque ele fala que quanto maior for o corpo maior vai ser a tendência centrífuga dele.

...

Turno 158 – Aluno C1 –Primeiro qual é o fundamento que você usa para justificar que existe essa/ essa parede material aí? Isso que ele falou agora. Qual o fundamento? Como é que você sabe que ele tá lá? se/ sei lá/ você não tem nem um espectrômetro pra saber o tipo de material que tem lá.

...

Turno 162 – Aluno A2 – Aí eu acredito que seja a teoria eh:: que antes eles falam de teorias que ele se baseiam/ aí eles falam do sistema copernicano/ aí que ele fala que tem uma::/ que ele conseguiu uma escala pro sistema

solar e que determinou com precisão a distância dos planetas e seus tempos de revoluções.

...

Turno 169 – Aluno C1 – Só que esse fundamento não responde minha pergunta/ tipo eu quero saber/ imagina aquele meio material lá [aponta para o quadro] como se fosse aquela tendência que ele tá apontando agora [aponta para Aluno B2]. Isso aí que ele tá falando no espaço como é que você sabe que existe? O modelo copernicano não vai te dizer que isso existe.

...

Turno 218 – Aluno A4 – O fato é o seguinte, ninguém do grupo falou que a matéria do espaço é a trajetória e sim os corpos. O que é que acontece? Desde de, posso dizer, desde a antiguidade clássica que a gente observa os astros e o fato é que a gente sabe que eles estão se movendo. A gente sabe muito bem que eles se movem e é um fato também que não existe nada entre os planetas, muito pelo contrário, eles achavam que existia um/ Eh::/ um [Vários alunos falam: O éter]. Isso. O éter que ligava e tal, enfim. Mas essa, essa força, vou chamar de força central na linguagem newtoniana. Essa força age à distância e se essa força age à distância não é necessário que exista uma, uma ligação né? Então não é uma força de contato. É uma força de campo, entendeu?

...

Turno 229 – Aluno B3 – Eu tô querendo entender o que é que faz aquela tendência ali/ aquela curva neh? Eu ia só lhe falar que/ veí o argumento 1 se baseia que o universo é pleno que não tem o vazio, então há uma matéria ali que faz com que ele faça isso.

Turno 230 – Aluno C14 – Então é isso o tempo todo que ele tava falando/ que a matéria [é interrompido]

Em seguida apresentamos algumas considerações para contextualizar o episódio acima e elucidar as omissões de alguns turnos de falas.

Antes do turno de fala 139 o professor pediu que os estudantes apresentassem para seus colegas o que compreenderam do argumento escolhido. No desenrolar da discussão o Aluno A3 apresenta um argumento no qual as causas da trajetória descrita pelos planetas é resultado do equilíbrio entre a tendência centrífuga e tendência centrípeta. O aluno A2 discorda da explicação e apresenta um argumento alternativo.

Nos turnos 143 e 145 o Aluno C1 pede a palavra e apresenta uma discordância ao argumento do Aluno A2. Sua discordância se baseia no fato de que o exemplo não seria válido para o problema das órbitas dos planetas, pois segundo ele, pressupõe a existência de um meio material que inexistiria no mundo físico real. Não obstante nos turnos 150 e 152, o Aluno B2 contesta a tese do Aluno C1, afirma que o universo seria preenchido.

Entre os turnos 154 e 158 o professor faz um resumo da discussão, sistematizando e escrevendo no quadro os elementos que os alunos trouxeram para defender o Argumento 1. Isso contribui para que o debate seja socializado aos alunos que permaneciam calados. Já entre os turnos 162 e 169, interrompe a discussão para

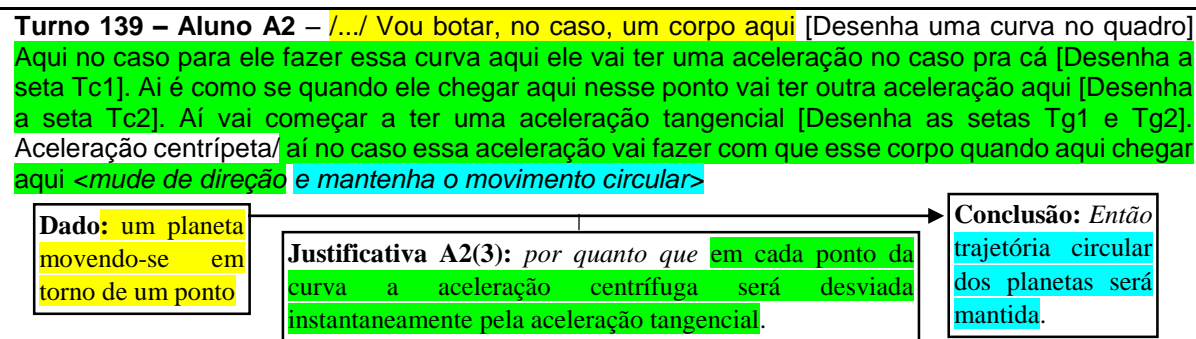
mostrar como os elementos do *layout* de Toulmin estavam aparecendo nas falas, ali na interação discursiva, respondendo a uma dúvida levantada por um aluno em outra aula.

Entre os turnos 169 e 218, alguns alunos do grupo A vão alegar que, em seus argumentos, não disseram existir um meio material que preenchesse o espaço. O Aluno C1 vai assumir que o grupo não afirmou, mas argumentará que o exemplo apresentado pelo Aluno A2 pressupõe, mesmo que implicitamente, a existência de um meio material que funcione como suporte à trajetória curva descrita pelo corpo e, nesse sentido, não pode ser generalizado para o problema das órbitas dos planetas. Após o turno 230 o professor muda de assunto para dar oportunidade ao grupo C apresentar seu argumento sobre a explicação que escolheu.

3.2.2.3.2 – As Justificações e Fundamentações Recíprocas

Antes de começarmos a análise do episódio argumentativo, faz-se necessário alguns esclarecimentos. Para começar, os dois argumentos defendidos pelos grupos de estudantes – Argumento 1 (cartesiano) e Argumento 2 (newtoniano) – partem do mesmo dado e chegam à mesma conclusão. O dado seria *um planeta movendo-se em volta de um ponto* e a conclusão seria que *esse movimento se perpetuaria constituindo-se nas conhecidas órbitas dos planetas*. O problema da órbita dos planetas é, portanto, apresentar as causas (justificativas e fundamentos) que mantêm a trajetória dos planetas.

O argumento apresentado no turno 139 pelo Aluno A2 pode ser representado de acordo com o *layout* de Toulmin como segue:



Sua tese é de que a manutenção da trajetória circular descrita pelo corpo é resultado da ação simultânea da aceleração centrífuga com a aceleração tangencial. Na justificativa argumenta que, como em cada ponto da curva o corpo possui uma

aceleração centrífuga, deverá existir uma aceleração tangencial responsável por desviá-lo de sua tendência de fuga em linha reta. O argumento também se aplicaria ao problema da órbita dos planetas, tema gerador da discussão (ver diálogo iniciado no turno de fala 82).

Nos turnos 143 e 145 o Aluno C1 apresenta uma discordância sobre às justificativas adotada pelo Aluno A2. Essa objeção pode ser representada como segue:

Turno 143 – Aluno C1 – Isso você explica numa curva que tenha um limite material.

Turno 145 – Aluno C1 – Porque quando você está em uma órbita/ numa órbita não existe esse limite material pra poder fazer esse <trajetória>.

Justificativa C1(1): as justificativas não são válidas porquanto que não há nenhum meio material preenchendo os interstícios do Universo.

A objeção do aluno é que a Justificativa A2(3) não serviria para explicar as órbitas dos planetas pelo fato de que, no mundo físico real, não existe nenhum meio material no espaço que sirva como suporte para o Planeta descrever sua trajetória.

Para que aconteça uma argumentação é suficiente que na situação discursiva estejam presentes os marcadores justificativa ou fundamentação recíproca. A justificativa para o argumento do Aluno A2 é garantida pelo Aluno B2.

Turno 150 – Aluno B2 – É porque também na conclusão ele [o texto] fala que a matéria do espaço é superior as órbitas dos planetas/ faz com que ele tenha essa [Faz um círculo no ar com o dedo]

Justificativa B2(1): porquanto que a matéria do espaço do espaço possui extensão superior à dos Planetas.

A Justificativa B2(1) serve como um reforço o argumento do Aluno A2. Ele não só confirma a existência do meio material como também atribui as órbitas dos planetas a uma propriedade da matéria que preenche o espaço. Em seguida o Aluno A2 fundamenta essa justificativa.

Turno 154 – Aluno A2 – É porque ele fala que quanto maior for o corpo maior vai ser a tendência centrífuga dele.

Fundamento A2(1): o que está garantido pelo fato de que a tendência centrífuga é proporcional à matéria de um corpo.

O fluxo da argumentação é mantido quando o Aluno C1 apresenta um fundamento para embasar sua discordância:

Turno 158 – Aluno C1 – Primeiro qual é o fundamento que você usa para justificar que existe essa/ essa parede material aí? Isso que ele falou agora. Qual o fundamento? Como é que você sabe que ele tá lá? **se/ sei lá/ você não tem nem um espectrômetro pra saber o tipo de material que tem lá.**

Fundamento C1(1): *o que é garantido pelo fato de que não há nenhum espectrômetro capaz de verificar a existência do meio material.*

Neste turno, o Aluno C1 reformula a objeção feita à Justificativa A2(3) para incorporar a consideração da Justificativa B2 (1). Usa uma razão de natureza empírica para justificar sua discordância e dessa forma, ao mesmo tempo, discorda do Aluno B2. Ele apela para ausência de um experimento crucial que comprove a existência do meio.

Em seguida, no turno de fala 162, o Aluno A2 reconhece o tipo de desafio anterior (comprovação empírica) e tenta apresentar uma resposta ao mesmo estilo:

Turno 162 – Aluno A2 – Aí eu acredito que seja a teoria eh:: que antes eles falam de teorias que ele se baseia/ aí eles falam do sistema copernicano/ aí que ele fala que tem uma:/: que ele conseguiu uma escala pro sistema solar e que determinou com precisão a distância dos planetas e seus tempos de revoluções.

Fundamento A2(2): *O que está garantido pelo modelo copernicano que conseguiu determinar com precisão as distâncias e os tempos de revolução dos planetas.*

O aluno apela para autoridade empírica do sistema copernicano que, foi capaz de apresentar resultados que poderiam ser corroboradas empiricamente, no entanto, como o próprio Aluno C1 percebeu, esse argumento não é uma resposta coerente uma vez que não considera o ponto fundamental em questão: uma forma empírica de comprovar a presença do meio material. Isso é percebido pelo Aluno C1 que reitera sua objeção:

Turno 169 – Aluno C1 – Só que esse fundamento não responde minha pergunta/ tipo eu quero saber/ imagina aquele meio material lá [aponta para o quadro] como se fosse aquela tendência que ele tá apontando agora [aponta para Aluno B2]. Isso aí que ele tá falando no espaço como é que você sabe que existe? **O modelo copernicano não vai te dizer que isso existe.**

Justificativa C1(2): *porquanto que o modelo copernicano não prova a existência do meio material.*

O aluno A4 compõe o grupo que defende a explicação cartesiana, no entanto, apresenta um argumento bem elaborado em favor do Aluno C1:

Turno 218 – Aluno A4 – O fato é o seguinte, ninguém do grupo falou que a matéria do espaço é a trajetória e sim os corpo. O que é que acontece? Desde de, posso dizer, desde a antiguidade clássica que a gente observa os astros e o fato é que a gente sabe que eles estão se movendo. A gente sabe muito bem que eles se movem e é um fato também que não existe nada entre os planetas, muito pelo contrário, eles achavam que existia um/ Eh:::/ um [Vários alunos falam: O éter]. Isso. O éter que ligava e tal, enfim. Mas essa, essa força, vou chamar de força central na linguagem newtoniana. Essa força age à distância e se essa força age à distância não é necessário que exista uma, uma ligação né? Então não é uma força de contato. É uma força de campo, entendeu?

Justificativa A4(1): *porquanto que a força centrípeta age à distância não é preciso nenhum meio material.*

Fundamento A4(1): *que está garantido pelo fato de que a interação é intermediada pelo campo [gravitacional].*

Ele traz para a discussão, pela primeira vez, a ideia de uma força central e a ideia de uma ação à distância intermediada por um campo. Embora bem elaborada, seu argumento parece não ter sido assimilado pelos membros da sua equipe, tão pouco foi considerado nos turnos posteriores. De certo, as ideias trazidas pelo Aluno A4 não estavam no texto 3, pois, tais ideias são posteriores ao contexto apresentado no texto. Esse pode ser um motivo pelo qual os alunos não as retomaram no transcorrer da discussão.

A discussão seguiu em torno de apresentar um fundamento para justificar a existência do meio material:

Turno 229 – Aluno B3 – Eu tô querendo entender o que é que faz aquela tendência ali/ aquela curva neh? Eu ia só lhe falar que/ *veí o argumento 1 se baseia que o universo é pleno que não tem o vazio, então há uma matéria ali que faz com que ele faça isso.*

Fundamento B3(1): *o que está garantido pelo fato de que o Universo é pleno (não tem o vazio).*

Nesse trecho, o aluno apresenta um fundamento que responde ao desacordo presente na Justificativa C1(1). O professor encerra essa discussão para que o Grupo C apresente o argumento que escolheu (Argumento 2).

Consideramos esse episódio argumentativo bastante rico, uma vez que, nele, os estudantes foram capazes de:

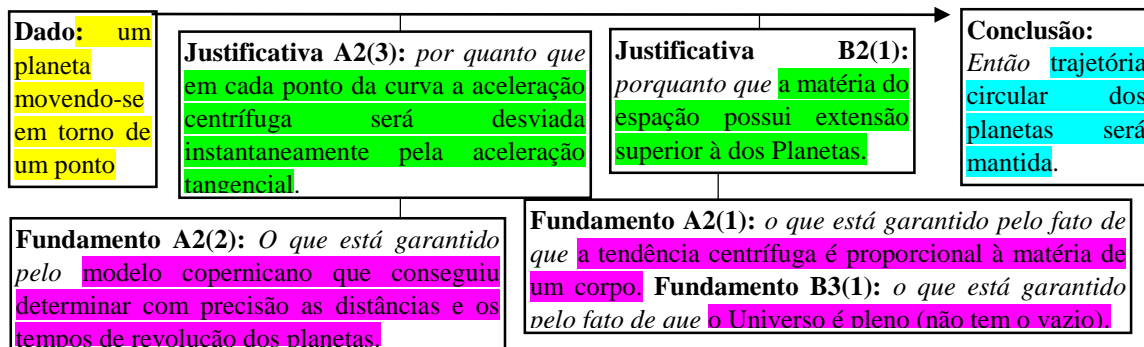
- (1) Contemplar todos os elementos essenciais para se compreender a teoria de Descartes sobre o problema das órbitas dos planetas, a saber: a tendência centrífuga; a tendência de o corpo permanecer em seu movimento em linha reta, ao qual relacionaram à tangencial; a ideia de um universo pleno (não admite o vazio), e; a tendência centrífuga como propriedade do material que compõe o espaço e os planetas, e sendo proporcional à extensão do corpo;
- (2) Introduzir os elementos essenciais para se compreender a explicação newtoniana, que são: a impossibilidade de comprovar a existência do meio material; a ideia de uma força central, que; indo além dos elementos apresentados no texto, interage à distância por intermédio de um campo.

O episódio ofereceu oportunidade para que o professor tratasse de outros temas que resgatem dois debates históricos que são imprescindíveis discutir com os

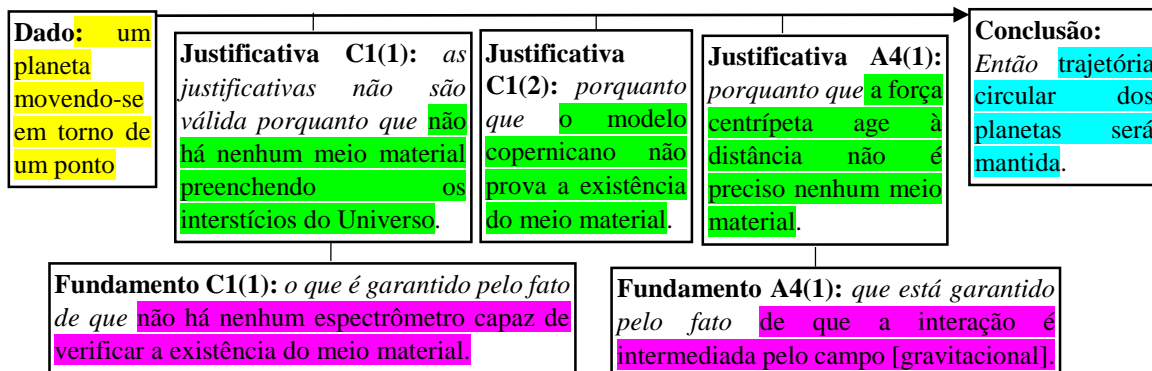
estudantes em algum momento de sua formação, mas que não eram objetivos da intervenção didática, primeiro: o papel da experimentação na física – uma das críticas apresentada à gravitação universal de Newton foi a ideia da equivalência entre a massa inercial e a gravitacional, sendo apenas aceita, de acordo com Castellani (2001), por ser uma evidência experimental. Isso só seria resolvido por Einstein com a teoria da relatividade geral. Dentro do contexto da disciplina, a discussão poderia ser desenvolvida tendo esse fato como plano de fundo. O segundo seria a ideia de interação à distância por intermédio de um campo verso a ação instantânea – uma das “grandes jogadas” de Newton foi, muito por conta da sua regra de filosofar, construir sua teoria sem ter que se preocupar, em princípio, com discussões filosóficas profundas (CUSHING, 1982).

Nesse episódio argumentativo todos os autores concordam que a trajetória dos planetas em torno do ponto ao qual revolucionam será constantemente mantida. O desacordo está exatamente nas causas que a mantém. Os dois argumentos que foram construídos coletivamente nesse episódio são apresentados, em seguida, pelo *layout* de Toulmin:

Argumento A: em favor do meio material.



Argumento C: contra o meio material.



Eles foram protagonizados pelo desacordo entre o Aluno A2 e o Aluno C2, por isso, estão sendo chamados de Argumento A e Argumento C.

O Universo cartesiano era, em sua origem, totalmente preenchido por uma matéria primitiva e homogênea na qual foi impressa movimento que resultou na diferenciação de parte dela. Este, deu origem aos elementos que formaram os planetas e os cometas e o que sobrou preencheu o espaço do Universo. Os planetas e os cometas, como qualquer outro corpo, tinham a tendência natural de se dirigir, sempre se movimentando em linha reta, para uma região do espaço compatível com a propriedade da matéria do que eram constituídos. O mundo de Descartes não era estático e seu dinamismo só poderia ser comunicado de um corpo para outro por meio de colisões ou atritos, dessa forma, o meio material cumpria uma função primordial na sua cosmovisão. Newton apresenta uma explicação para a órbita dos planetas que combina a força centrípeta e a inércia dos mesmos aonde uma matéria que preenchesse o espaço seriam apenas uma hipótese alegórica sem função alguma sendo, portanto, dispensável (TEIXEIRA, PEDUZZI e FREIRE, 2010b; PEDUZZI, 2008).

Na figura 12 apresentamos um esquema do processo argumentativo para o episódio selecionado. Estamos utilizando uma adaptação do *esquema do jogo argumentativo* de Vieira e Nascimento (2007).

O esquema permite uma visualização sistemática da oposição entre os sujeitos, uma vez que, de cada lado da linha vertical tracejada que serve como divisória, estão presentes justificativas e fundamentos que se contrapõe as do lado oposto. Ocorreram um total de 10 confrontações. Se levarmos em consideração apenas a quantidade de justificativas e fundamentos, sem avaliar o peso de cada um deles, o debate pode ser considerado equilibrado pois foram apresentados 5 apoios para cada lado. É possível identificar também quais alunos participaram da discussão e para qual lado decidiram a disputa. No grupo A, por exemplo, aparecem argumentos a favor dos dois pontos de vista. Na próxima seção, passaremos à análise da qualidade do conteúdo dos argumentos dos alunos nesse episódio.

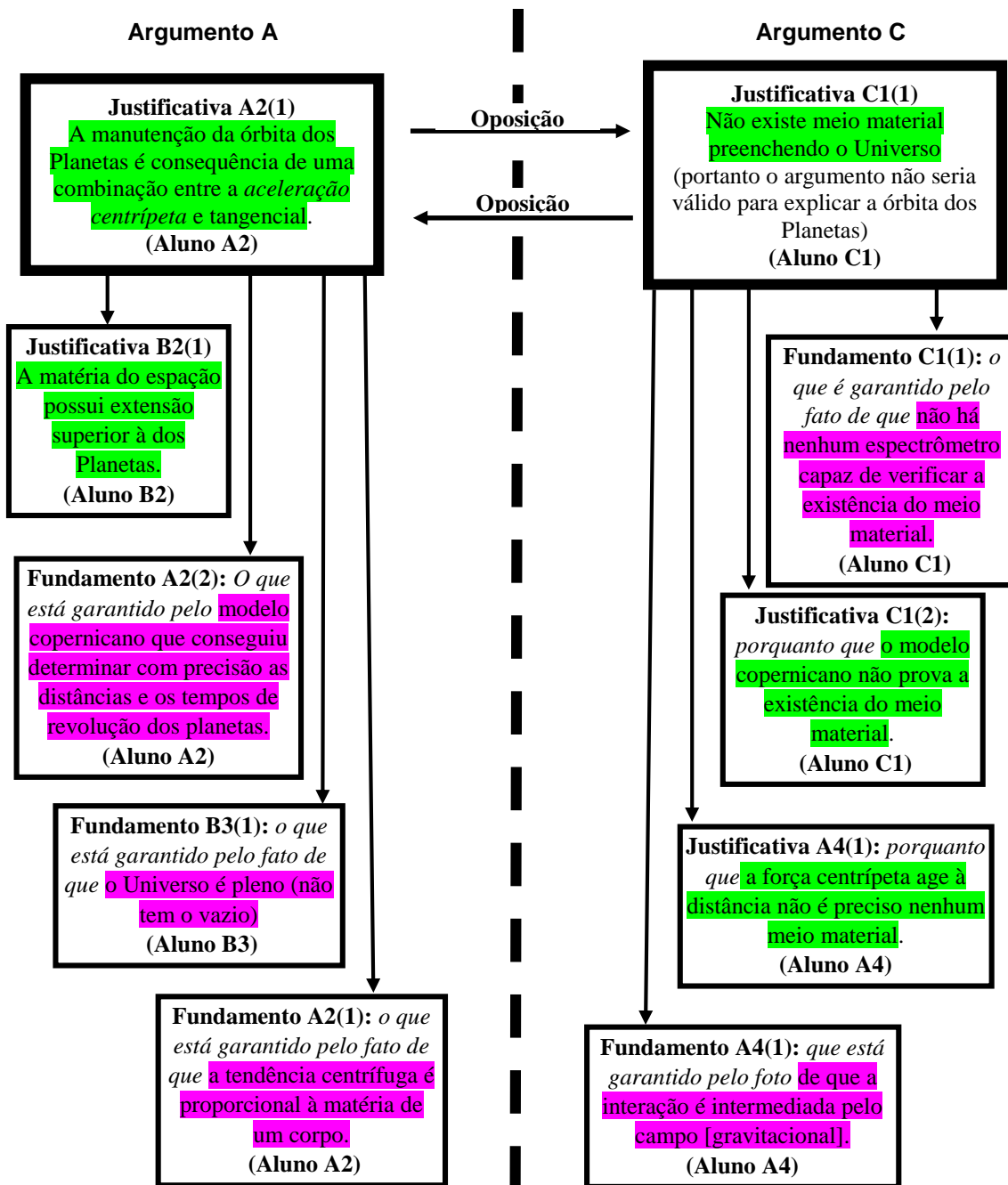


Figura 12: Esquema da interação discursiva do episódio analisado. Em cada lado da linha tracejada estão justificativas que se contrapõem (Adaptado de Vieira e Nascimento, 2007)

3.2.2.3.3 – A Qualidade do Conteúdo dos Argumentos

Depois de termos organizados os argumentos dos alunos de acordo com o *layout* de Toulmin passamos à análise da sua qualidade. Esta é determinada pelo nível de complexidade e pelas rubricas *aceitabilidade e relevância* e *a coerência e suficiência* das justificativas e fundamentos que apoiam a conclusão, como proposto por Penha e Carvalho (2015) e apresentado na seção 4.3 desta dissertação.

Os argumentos A e C, construídos coletivamente, possuem complexidade 3 pois apresentam conclusão apoiados em dados justificativa e com uso de fundamentos.

Justificativa A2(1): O aluno é adepto da explicação de Descartes. Explica a trajetória do planeta como resultado de uma combinação entre a aceleração *centrífuga* e *tangencial*. Esse argumento não é aceitável visto que atribui à trajetória feita pelo planeta causas consideradas erradas pela explicação de Descartes. A explicação cartesiana para tal movimento consiste no fato de que a tendência centrífuga do planeta é constantemente desviada pela matéria do espaço que gira em vórtices e que por ser dotada de maior tendência centrífuga o mantém girando em órbita. Por tais motivos atribuímos a pontuação 0 à rubrica *Aceitabilidade e Relevância* para a justificativa apresentada pelo aluno. Esse argumento, no entanto, possui justificativas coerentes, ou seja, tem um valor de sentido. Todavia elas não são suficientes para garantir a conclusão pois não leva em consideração o papel do meio material de Descartes que, por possuir tendência centrífuga maior, confinaria o corpo em uma região compatível com a sua tendência centrífuga. Por conseguinte, atribuímos a pontuação 1 à rubrica *Coerência e Suficiência* para as justificativas que dão suporte ao argumento.

Justificativa C1(1): O aluno apresenta uma oposição à justificativa A2(1). Ele é adepto ao Argumento 2. De acordo com tal argumento não existe meio material no espaço e as interações podem ocorrer à distância. Por tudo que foi mencionado, o argumento é aceitável e a justificativa relevante para suportar a conclusão e, nesse sentido, atribuímos a pontuação máxima, 2, à rubrica *Aceitabilidade e Relevância* do argumento. A justificativa adotada desempenha sua função estrutural e é suficiente para suportar a amplitude da conclusão. Atribuímos a pontuação 2 para a rubrica *Coerência e Suficiência* para as justificativas que dão suporte para a conclusão.

Justificativa B2(1): O aluno apresenta uma oposição ao Aluno C1. Nesse turno ele faz referência à lei fundamental de Descartes, segundo a qual, a tendência centrífuga de um corpo será propriedade da matéria que o compõe. Quanto maior a extensão do corpo, maior sua *tendência centrífuga*, e os corpos ocuparão uma posição no espaço compatível com sua tendência. Atribuímos uma pontuação 2 para a rubrica *Aceitabilidade e Relevância* porque está de acordo com a explicação de Descartes e, dessa forma, apresenta justificativa que dá suporte à conclusão. Para a rubrica *Coerência e Suficiência* atribuímos a pontuação 1, pois, embora seja coerente, não apresenta justificativas suficientes para suportar o peso da amplitude da conclusão já que além de apontar a matéria como uma das causas da órbita, como aconteceu, deveria ser apontado explicitamente que isso só ocorre como consequência de a tendência centrífuga ser uma propriedade intrínseca da matéria.

Fundamento C1(1): O fundamento faz apelo a uma razão de carácter factual. Uma das características de validação do conhecimento científico é a apresentação de evidências empíricas que o corrobore. Atribuímos à rubrica *Aceitabilidade e Relevância* uma pontuação 2. A justificativa é coerente e suficiente para suportar a amplitude da pergunta, o que nos faz atribuir a pontuação 2 para a rubrica *Coerência e Suficiência* do argumento.

Fundamento A2(1): Esse fundamento é aceitável enquanto conhecimento científico, mas não relevante para sustentar o argumento pelo que já foi discutido anteriormente, conseqüentemente, atribuímos a pontuação 1 para a rubrica *aceitabilidade e relevância*. Uma vez que este fundamento não serve como apoio para a justificativa que busca defender, atribuímos a pontuação 0 para a rubrica *coerência e suficiência*.

Fundamento A2(2): Ainda que Descartes seja defensor do sistema *copernicano*, esse fundamento não é válido como contra-argumento ao fundamento C1(1). As justificativas apresentadas não são aceitáveis para a validade do argumento que é: o sistema *copernicano* assegura a existência de um limite material no espaço. Assim atribuímos a pontuação 0 para a rubrica *Aceitabilidade e Relevância* do conteúdo do argumento. Em termos de *Coerência e Suficiência* atribuímos a pontuação 1 pois, embora a justificativa adotada expresse a autoridade do sistema *copernicano* ela não é suficiente para garantir a amplitude da afirmação.

Justificativa C(2): A justificativa apresentada é aceitável para a validade do argumento posto que, como dito, o sistema *copernicano* não assegura a existência de um limite material no espaço. Assim atribuímos a pontuação 2 para a rubrica *Aceitabilidade e Relevância* do conteúdo do argumento. Em termos de *Coerência e Suficiência* atribuímos a pontuação 2 para essa justificativa, pois, desempenha sua função e dar conta de assegurar a amplitude da oposição.

Justificativa A4(1): Do ponto de vista do conhecimento partilhado entre a comunidade de físicos, essa justificativa é aceitável uma vez que a força centrípeta é de ação à distância. Torna-se, portanto, desnecessário a existência de suporte de qualquer meio material mediando a interação entre os corpos no espaço. Nesse sentido, a justificativa é aceitável e relevante para defender a conclusão, porquanto que atribuímos a pontuação 2 para a *Aceitabilidade e Relevância*. A justificativa não apresenta contradições e é suficiente para suportar a amplitude da conclusão, nesse sentido, atribuímos a pontuação 2 à rubrica *Coerência e Suficiência*.

Fundamento A4(1): A força centrípeta que atua em um corpo girando em torno de outro massivo é a própria força da gravidade intermediada pelo campo gravitacional. O fundamento está de acordo com o conhecimento partilhado entre a comunidade de físicos, dessa forma é aceitável e relevante para defender a oposição, portanto, atribuímos a pontuação 2 para a *Aceitabilidade e Relevância*. O argumento é consistente, não apresenta contradições além de ser suficiente para suportar a amplitude da conclusão, nesse sentido, atribuímos a pontuação 2 à rubrica *Coerência e Suficiência*.

Fundamento B3(1): Esse fundamento está em conformidade com o conhecimento científico, e, portanto, aceitável e relevantes para a suportar a amplitude da oposição uma vez que o universo cartesiano não admitia vazios e a matéria dotada de maior *tendência centrífuga* impedia que outras matérias com tendência menor ocupasse seu lugar. Assim atribuímos à rubrica *Aceitabilidade e Relevância* a pontuação 2. Atribuímos a pontuação 2 para a rubrica *Coerência e Suficiência*.

Podemos notar que a maioria das justificativas e fundamentos apresentados foram aceitáveis e relevantes, obtendo a pontuação máxima, o que nos leva a concluir que a discussão transcorreu dentro de um contexto onde os estudantes mobilizaram conhecimento da física. Foram ainda majoritariamente coerentes, não tendo inconsistências internas, além de suficientes para suportar a amplitude da oposição,

o que indica que, embora os argumentos não fossem tão consistentes, os alunos souberam argumentar. Na seção 5.1.6 apresentaremos uma discussão quantitativa sobre a qualidade dos argumentos que foram apresentados na aula.

3.2.2.3.4 – A Qualidade das Oposições

O episódio de oposição começa com a objeção do Aluno C1 à Justificativa do Aluno A2. Esta oposição, Justificativa C1(1), traz como novo aspecto para a discussão: uma oportunidade para discutir o papel do meio material na explicação de Descartes. No Fundamento C1(1) o aluno reforça sua oposição trazendo um outro aspecto para a discussão: a inexistência de formas empíricas de provar a existência da matéria do espaço apresentado inicialmente pela Justificativa B2(1). Atribuímos às duas oposições o nível 2 para a rubrica *Grau da Oposição* porque além de trazer novos aspectos para a discussão o aluno justifica sua oposição.

Na Justificativa C1(1) o Aluno C1 analisa o aspecto que está no foco da discussão. Isso fica comprovado quando o ele recorre à generalização e aplica o argumento do Aluno A2 no problema das órbitas dos planetas. Em seguida aponta a incoerência na Justificativa A2(1) para explicar a causa das órbitas dos planetas. O argumento seria válido apenas em situações onde exista algum limite material e que não acontece no mundo real. Atribuímos, portanto, à rubrica *Intensidade e fluxo da Argumentação* dessa oposição o nível 3. Da mesma forma atribuímos um nível 3 à rubrica *Intensidade e fluxo da Argumentação* para o Fundamento C1(1)

A Justificativa B2(1), em oposição à Justificativa C(1), não só afirma a existência do meio material, como também, traz um novo aspecto para o debate ao considerar que o próprio meio é responsável por manter a órbita dos planetas. A justificativa seria que a tendência centrífuga é proporcional à massa do corpo já que, de acordo com Descartes, ela é fundamentalmente uma propriedade do material que o compõe. O aluno acrescenta novos aspectos ao debate sem fundamentá-lo, porquanto que atribuímos o nível 1 à rubrica *Grau da Oposição*. As considerações da justificativa respondem aos aspectos que estão no foco da discussão – a validade da Justificativa A2(1) como uma explicação para as órbitas dos planetas – mantém o fluxo da discussão, mas sem justificar a sua oposição, nesse sentido, atribuímos o nível 2 à rubrica *Intensidade e fluxo da Argumentação*.

O Fundamento A2(2) é uma oposição ao Fundamento C1(1). Uma vez que ele traz o sistema copernicano e seus resultados empíricos como um novo aspecto para a discussão atribuímos à rubrica *Grau da Oposição* um nível 2. Esse argumento, porém, embora esteja relacionada à temática da discussão não responde à questão solicitada – uma forma empírica de comprovar a existência do meio material. Nesse sentido atribuímos o nível 1 à rubrica *Intensidade e fluxo da Argumentação*.

Na Justificativa C1(2) o aluno refuta o Fundamento A2(1). O aluno reafirma aspecto analisado anteriormente, que foi, a inexistência do meio material acrescentando, porém, uma nova perspectiva para a análise que consistiu na alegação da incapacidade de o sistema copernicano provar a existência do meio material, assim, atribuímos à rubrica *Grau da Oposição* a pontuação 1. Todavia, ele responde ao aspecto que está no foco da discussão, que se trata da incoerência da Justificativa A2(1) para explicar o problema das órbitas dos planetas, dá continuidade à discussão e apontando limitação no Fundamento A2(1) pois, o sistema copernicano não é capaz de fazer o que o aluno propõe, dessa forma, atribuímos à rubrica *Intensidade e Fluxo da Argumentação* a pontuação 3.

Na fala do Aluno A4 tivemos dificuldade em identificar se ele estava se posicionando contra ou a favor do seu grupo. À parte disso, vamos nos guiar pelo significado do seu argumento em relação às ideias que estavam em disputa. Sua oposição está a favor da oposição contida na Justificativa C1(1). Na justificativa A4(1) ele traz como novo aspecto para o debate – a ideia de uma força central e newtoniana. Sua justificativa está apoiada no Fundamento A4(1) que estabelece que esta age à distância e por meio de um campo, que são os outros dois novos aspectos introduzidos no debate. Essa justificativa e fundamento possui *Grau de Oposição* igual à 2. A questão destacada pelo aluno é de alta relevância para o debate. Ele demonstra a incoerência do Argumento A enquanto explicação para o problema dos planetas. Atribuímos à rubrica *Intensidade e Fluxo da Argumentação* a pontuação 3.

O Fundamento B3(1) representa um argumento em favor do Argumento A. O argumento reafirma aspectos considerados anteriormente. Trata-se do fato do argumento se basear em um universo pleno, dessa forma, atribuímos o nível 0 à rubrica *Grau da Oposição*. Essas considerações respondem à questão em foco na discussão, porquanto que atribuímos a pontuação 2 para a rubrica *Intensidade e Fluxo da Argumentação*.

A maioria das justificativas e fundamentos obtiveram nível 2 para a rubrica *Grau da Oposição*. Isso significa que os estudantes foram capazes de abordar diferentes aspectos na discussão e apoiá-los. Verdade que também apareceram quantidade quase equivalente de argumentos com nível 1. Isso não é estranho pois é esperado que em um debate os diversos pontos de vistas sejam reafirmados. Por fim, observa-se que a maioria das justificativas e fundamentos tiveram nota 3 para a rubrica *Intensidade e Fluxo da Argumentação*. O que significa que os alunos, na maior parte do tempo, destacaram questões de alta relevância. Isso nos permite concluir que o debate foi rico. Tais resultados são desejáveis em qualquer atividade discursiva em sala de aula. Na seção seguinte faremos uso da estatística descritiva para, através de uma análise que englobou as justificativas e fundamentos apresentados durante as aulas 11 e 12, apresentar uma síntese sobre a qualidade das produções dos estudantes.

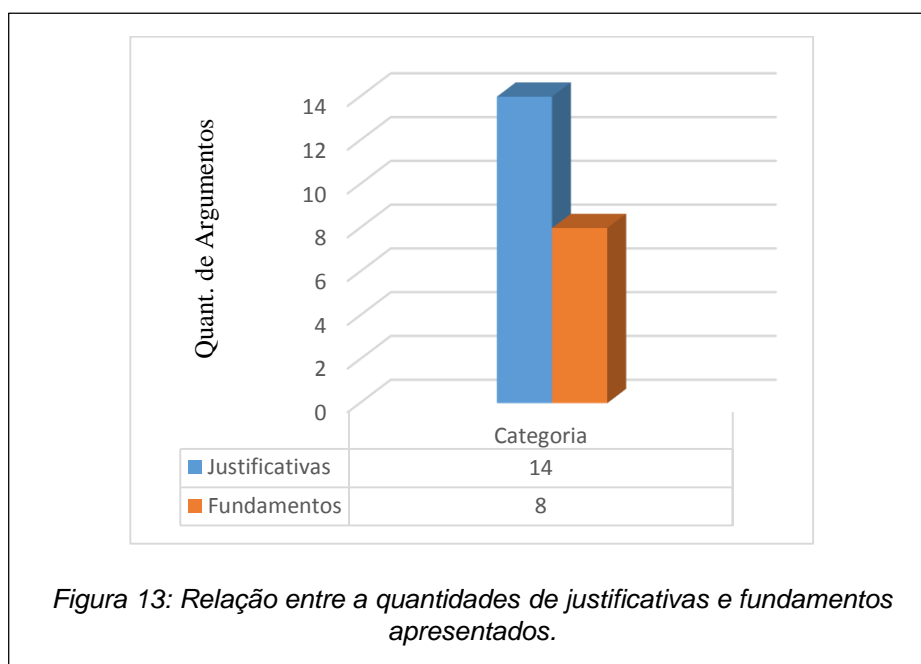
3.2.2.3.5 – Síntese Sobre da Qualidade dos Argumento dos Estudantes

Iniciaremos fazendo uma análise quantitativa a respeito das contribuições de cada aluno. Nessa etapa levaremos em consideração a quantidade de justificativas e fundamentos utilizados pelos alunos, sem nos preocuparmos com a qualidade destes. Essa análise mais aberta nos dará uma visão panorâmica sobre a qualidade da interação discursiva, tomando como referência a estrutura de um argumento, ou seja, ausência ou presença dos seus elementos. Em seguida faremos uma análise mais fechada. A preocupação será com a qualidade dos elementos apresentados durante a interação discursiva.

Na análise dos turnos de falas das aulas 11 e 12, foram apresentados- vinte e dois apoios em defesa dos argumentos, sendo quatorze justificativas e oito fundamentos, contabilizando um total de vinte e duas participações envolvendo oito alunos distintos (ver figura 13).

Na discussão, aproximadamente 64% das participações consistiram em apresentação de justificativas e, aproximadamente 36% das participações consistiram em apresentação de fundamentos. Analisando esses resultados, em termos da presença ou ausência dos elementos que compõem um argumento, de acordo com o *layout* de Toulmin, concluímos que os alunos, de forma majoritária, construíram argumentos que apresentam afirmações e/ou conclusões apoiadas em justificativas

não fundamentadas. Uma possível resposta para o fato de não usarem fundamentos seria a dificuldade em utilizar o conhecimento compartilhado pelos físicos para embasar seus argumentos, ou de outra forma, não se apropriaram dos conceitos fundamentais que sustentam suas explicações. No entanto, é importante destacar que consideramos os 36% um valor bom, posto que, a literatura sobre argumentação no ensino de ciências tem relatado a dificuldade que os estudantes apresentam ao terem que apresentarem argumentos com fundamentos.



Outro resultado importante consiste no fato de que não foi identificado nenhum qualificador ou refutador nos turnos de fala dos estudantes. A ausência de refutadores e qualificadores pode ser um indício de que eles não levam em consideração que o conhecimento científico também apresenta limitações e que as teorias, longe de serem respostas absolutas, só são válidas se garantidas condições específicas. As pesquisas sobre argumentação no ensino de ciências apontam que os argumentos de melhor qualidade são aqueles que apresentam qualificadores, fundamentos e refutadores. Por outro lado, apontam também que boa parte dos estudantes apresentam dificuldades para apresentar esses elementos nos seus argumentos.

3.2.2.3.6 – Análise do processo de justificação e fundamentação da interação discursiva

Embora o total de alunos associados a algum turno de fala seja igual a doze e contemple, ao menos um aluno de cada grupo, no que se refere a apresentação de apoios para os argumentos, o grupo D não participou do processo de justificação e fundamentação que ocorreu entre os demais grupos nas aulas 11 e 12. Participaram apenas os grupos A, B e C.

Nos quarenta minutos iniciais das aulas, como dito anteriormente, os estudantes se organizaram em grupos e escreveram no formulário o argumento construído para defender as suas escolhas, o professor identificou o critério adotado pelos estudantes para escolher uma das explicações sobre as causas das órbitas dos planetas e explicou qual seria a atividade da aula. O processo de justificação e fundamentação começa com o turno 80, quando o aluno do grupo A apresenta a primeira justificativa para defender a explicação cartesiana e termina no turno de fala 293 com a última justificativa apresentada na sala de aula pelo aluno do grupo C em defesa da explicação newtoniana. Na figura 14 apresentamos o gráfico da aceitabilidade e relevância dos apoios apresentados nas aulas. Estamos denominando de apoios as justificativas e fundamentos empregados.

No gráfico, o eixo horizontal identifica em qual tempo da aula foi apresentado o apoio e o eixo vertical apresenta a sua pontuação em termos da rubrica aceitabilidade e relevância. Cada estrela identifica em que instante da interação da sala de aula foi apresentado um apoio e a sigla próxima de cada estrela identifica o aluno e o grupo, a ordem do apoio e a sua categoria epistêmica. A lógica dessa sintaxe foi apresentada na seção 3.1.5.

Nesse sentido a sigla A1(1)J, apresentada entre 00:40:00 e 00:45:00, deve ser interpretada como: primeira justificativa apresentada pelo primeiro aluno a apresentar um turno de fala no grupo A. Para a sigla C3(2)F lê-se: segundo fundamento apresentado pelo terceiro aluno a apresentar um turno de fala no grupo C.

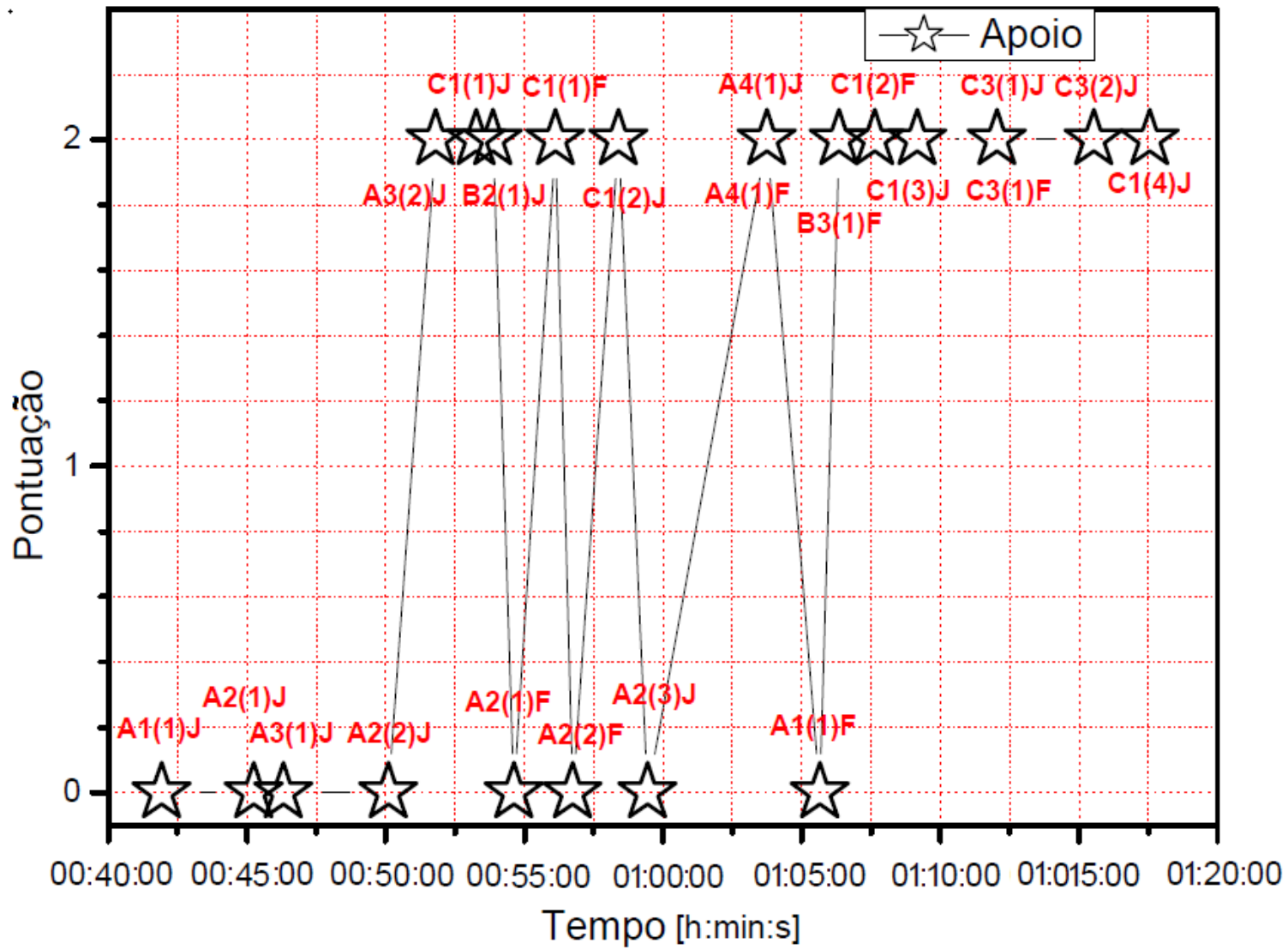


Figura 14: Gráfico da aceitabilidade e relevância dos apoios na discussão entre os grupos. Os apoios são as justificativas e os fundamentos.

Como apresentado no gráfico da figura 14, a interação discursiva (no intervalo entre 00:40:00 e 00:50:00) começa com um processo de justificação (só há justificativa nesse intervalo) que envolve apenas alunos do grupo A (Alunos A1, Aluno A2 e o Aluno A3). Nesse intervalo as contribuições são de mínima qualidade (pontuação 0) para a estrutura do argumento defendido pelo grupo, uma vez que, as justificativas adotadas pelos seus integrantes não são aceitáveis por não estarem de acordo com as justificativas adotada por Descartes.

No intervalo entre 00:50:00 e 00:55:00 as contribuições feitas pelos estudantes a interação possui melhor qualidade (passa para a pontuação 2) em uma discussão envolvendo alunos de três grupos (Aluno A2, Aluno A3, Aluno C1 e o Aluno B2) e cai de qualidade logo ao final com a participação do Aluno A2 ao apresentar o primeiro fundamento da interação, ou seja, no intervalo é dado início a um processo de justificação e fundamentação (possui os dois tipos de apoios). Um dado relevante é o fato de que a aluno A3, no primeiro intervalo, apresentou uma justificativa de pontuação mínima (A3(1)J) e no segundo intervalo apresentou uma justificativa de pontuação máxima (A3(2)). Ele quem inicia a interação de maior qualidade.

No intervalo entre 00:55:00 e 01:06:15 a interação discursiva oscila entre a pontuação máxima e mínima. Os três grupos participam desse processo. Do instante 01:06:15 em diante só participa da interação o grupo C.

Faz-se necessário uma observação. O aluno A4 apresentou justificativa e fundamento em um mesmo turno de fala (A4(1)J e A4(1)F), o mesmo pode ser afirmado para o aluno C3 (C3(1)J e C3(1)F). Há, portanto duas sobreposições na representação gráfica. Por esse motivo, se contada a quantidade de estrelas, será computado o valor vinte ou invés dos vinte e dois apoios mencionados na seção 3.2.2.3.5.

A análise da figura gráfico mostra que ou os alunos souberam ou não souberam apoiar os argumentos, uma vez que não houveram justificativas ou fundamentos com pontuação 1. A grupo A e C teve maior participação no processo de fundamentação e justificação e o grupo D esteve ausente. Entretanto o número de participação do grupo A não refletiu em melhor qualidade dos apoios apresentados na interação discursiva. O grupo contribuiu com apoios de baixa qualidade ao debate, nele, só os alunos A3 e A4 conseguiram apresentar apoios aceitáveis e relevantes. E o aluno A4 apresentou apoio em favor do argumento newtoniano. Isso aponta também para a necessidade

de intervenção do professor no sentido de melhorar o desempenho dos estudantes. O grupo B e C contribuiu com apoios de pontuação máxima à interação.

Em termos da coerência e suficiência os apoios apresentados na interação discursiva oscilaram entre a pontuação 1 e 2 (ver figura 15). O grupo C apresentou apoios de melhor qualidade (pontuação 2, máxima) para essa rubrica. Os apoios do grupo A se estabilizou na pontuação 1.

Comparando as figuras 14 e 15 veremos que, embora a maioria dos apoios apresentados pelos alunos A1 e A2 não sejam aceitáveis e relevantes, visto que não estão de acordo com a explicação cartesiana, no que se refere à rubrica coerência e suficiência os apoios apresentados por eles tiveram valor de “sentido” o que demonstra que desempenharam a função estrutural para qual foi designado.

O gráfico expressa ainda a forma como as atividades das aulas foram conduzidas pelo professor. O professor informou que de início os defensores da explicação cartesiana deveriam apresentar seus argumentos, em seguida deveria ser realizado um debate entre eles e os defensores da explicação newtoniana. Só então os defensores da explicação newtoniana apresentariam seus argumentos e seria realizada uma nova rodada de debate.

Por isso pode ser observado nos minutos iniciais dos gráficos apenas apoios apresentados pelos alunos do grupo A seguidos de um intervalo onde participam alunos dos três grupos e ao final só apoios apresentados por alunos do grupo C. Não houve tempo para realizar uma segunda rodada de discussão.

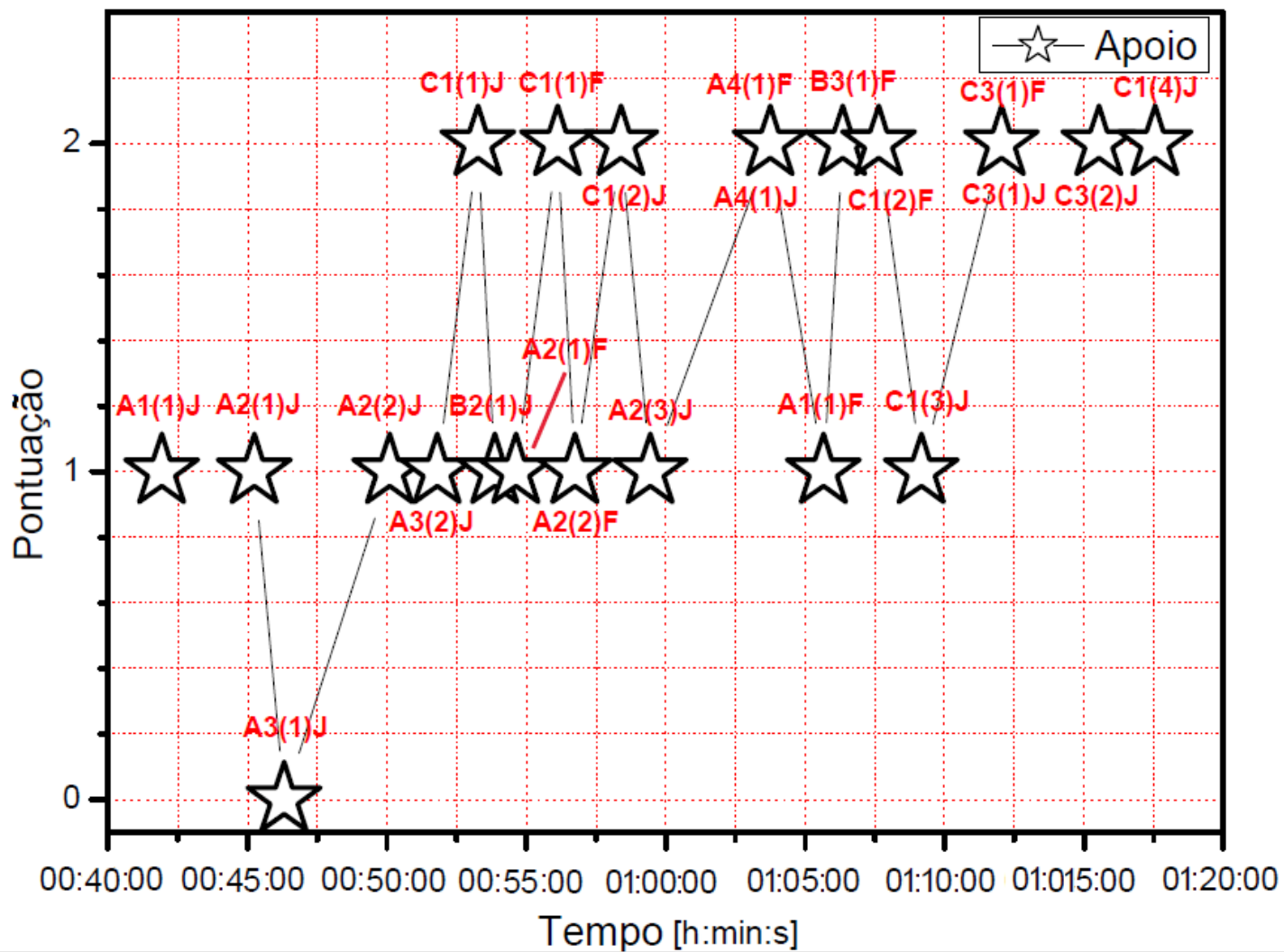
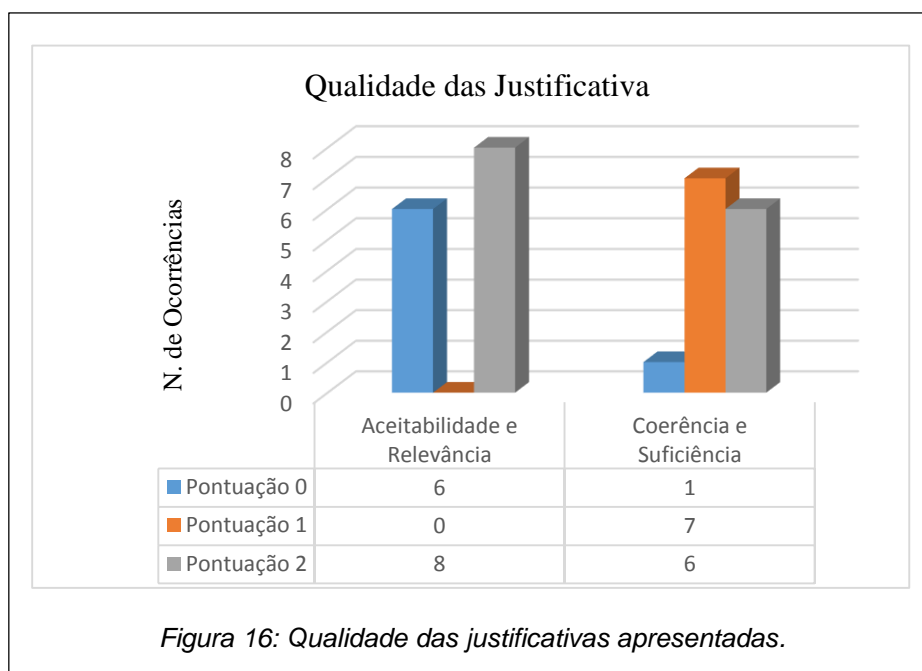


Figura 15: Gráfico da coerência e suficiência dos apoios na discussão entre os grupos. Os apoios são as justificativas e fundamentos

3.2.2.3.7 – A Qualidade das Justificativas

Elaboramos outro gráfico, figura 16, para compararmos as rubricas que determinam a qualidade dos argumentos em função das justificativas.

Analisando o resultado gráfico para a rubrica *Aceitabilidade e Relevância* das razões que dão suporte a principal afirmação do argumento, interpretamos que os estudantes foram capazes de mobilizar conhecimento científico na maioria das intervenções que realizaram, pois, aproximadamente 57% das justificativas tiveram pontuação 2, que é a pontuação máxima permitida. Isso significa que construíram argumentos sólidos onde as justificativas foram aceitáveis e relevantes para garantir a amplitude da conclusão do argumento, já que estão de acordo com o conhecimento partilhado pelos físicos. No entanto, ocorreu um número que consideramos muito alto de justificativas que não são válidas para garantir a conclusão do argumento, em números, 43% dos argumentos apresentados pelos estudantes possuem pontuação 0, que é a pontuação mínima. A ausência de argumentos com a pontuação 1 parece revelar que os estudantes souberam ou não souberam apoiar seus argumentos, não havendo, portanto, uma posição intermediária.



A rubrica *Coerência e Suficiência* caracteriza se o argumento dos estudantes apresentam inconsistência internas e se faz sentido, independentemente se para a física ou outro ramo do conhecimento. Dessa forma, mesmo se os apoios tenham pontuação 0 para a rubrica aceitabilidade e relevância, que mede se ele está de

acordo com o conhecimento científico, ao que o aluno se propõe, sua justificativa ou fundamento pode fazer sentido. A rubrica *Aceitabilidade e Relevância* e a *Coerência e Suficiência* são dois indicadores que quando confrontados podem revelar as concepções alternativas dos estudantes.

Aproximadamente 7% (correspondente aos argumentos com pontuação 0) dos argumentos dos estudantes apresentaram justificativas que não desempenharam adequadamente sua função estrutural e não são suficientes para suportar a amplitude da afirmação, ou são inconsistentes. Por outro lado, os 50% de justificativas (correspondente aos argumentos com pontuação 1) significam que poucos componentes dos argumentos desempenharam sua função estrutural, ou não foram suficientes para suportar a amplitude da afirmação. Em, aproximadamente, 43% das ocorrências (correspondente aos argumentos com pontuação 2) as justificativas desempenharam suas funções estruturais e foram suficientes para suportar a afirmação. Esse resultado indica que 93% das justificativas apresentadas durante a discussão fizeram sentido. Ao confrontar estes 93% com aqueles 43% de argumentos não aceitos pela física (rubrica *Aceitabilidade e Relevância*) concluímos que os alunos apresentaram concepções alternativas ao tentarem justificar seus pontos de vistas.

3.2.2.3.8 – A Qualidade dos Fundamentos

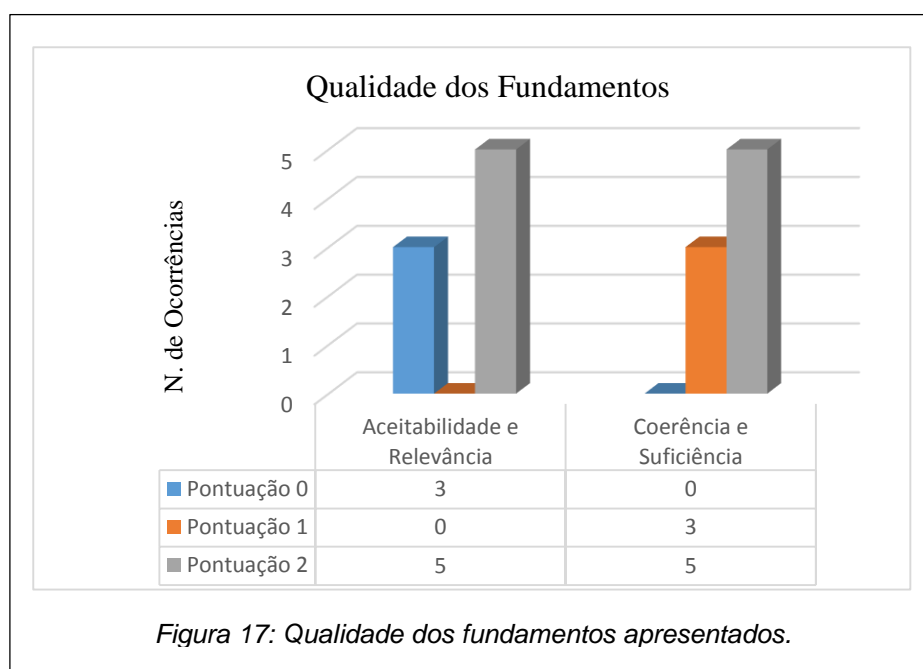
Seguindo o mesmo procedimento adotado na análise da qualidade das justificativas, elaboramos o gráfico, figura 17, que apresenta a ocorrência da qualidade dos fundamentos.

Em relação à rubrica *aceitabilidade e relevância* não houve fundamentos com pontuação 0, como no caso anterior. Todavia, aproximadamente 62% dos fundamentos apresentados pelos alunos estão cientificamente corretos, e o restante, 38%, não serviram como suporte para as justificativas adotadas. Esse resultado indica na maioria dos argumentos os estudantes conseguiram utilizar bons fundamentos para defender seu ponto de vista, o que está ligado diretamente à compreensão do argumento que defendiam.

Para a rubrica *coerência e suficiência*, 38% dos fundamentos foram coerentes, mas não suficientes para garantir a validade da conclusão enquanto que 62% cumpriram sua função de maneira integral.

Correlacionando os resultados acima, percebe-se uma mesma quantidade de fundamentos que receberam pontuação máxima nas duas rubricas. Isso era de se esperar, já que, se o fundamento apresentado pelo aluno está de acordo com o conhecimento partilhado pela comunidade da física, ele terá validade enquanto conhecimento científico. Obtém, portanto, um máximo grau de coerência.

Não obstante 100% dos fundamentos fizeram sentido. E como antes revela que os estudantes apresentaram concepções alternativas sobre o tema da aula.



3.2.2.4 - Uso didático da história da ciência

A expectativa com o uso didático da história da ciência foi que os estudantes compreendessem a explicação cartesiana e a explicação newtoniana para as causas da manutenção da órbita dos planetas e, por consequência, apresentassem justificados e fundamentados, no mínimo, aceitáveis e coerentes para apoiar seu argumento, sendo que em condição ótima tais apoios fossem também coerentes e suficientes. Ao final do debate os estudantes deveriam se convencer do argumento newtoniano e passar a defender ele. Não obstante, isso não foi alcançado.

Retornemos aos gráficos 14 e 15 para acomodar a interpretação dos resultados em função do texto sobre a controvérsia histórica entre Newton e Descartes utilizado na aula.

Ainda que o grupo C fosse o único defendendo a explicação newtoniana, pode-se observar pela figura 14, todos os apoios apresentados em defesa do argumento do grupo obtiveram pontuação máxima para a rubrica aceitabilidade e relevância. No extremo oposto, com pontuação mínima, estão os apoios apresentados pelo grupo A. Em relação à rubrica coerência e suficiência, exceto pela justificativa C1(3)J, os apoios em favor da explicação newtoniana foram todos de pontuação máxima enquanto que os apoios em favor da explicação cartesiana oscilaram entre os três níveis de pontuação estando, porém, concentrado no nível 1.

Infere-se desse resultado que a explicação newtoniana apresentada no texto esteve adequada ao grupo C e isso facilitou com que estes encontrassem justificativas e fundamentos para apoiar seu argumento. Não obstante, ainda que os alunos A3, B2 e B3 tenham apoios aceitáveis e relevantes em defesa da explicação cartesiana, de forma geral, pode-se inferir que a explicação cartesiana não esteve suficientemente clara ao grupo A.

Tomamos como evidência para nossa afirmação um resultado já apresentado na seção 3.2.1. O resultado consistiu no fato de que, na discussão entre os alunos do grupo A, foi apresentada a ideia de que o movimento circular dos planetas seria explicado hora pelo fato dos planetas serem formado por éter hora pelo fato de que o mesmo éter seria uma substância que preencheria o espaço e desviaria o planeta da sua tendência centrífuga. Essas são duas posições antagônicas que não podem ser conciliadas.

A ideia de um meio material preenchendo o espaço é central para se compreender a explicação cartesiana. Julgamos, portanto, que deveria ter sido realizado um investimento mais substancial na discussão sobre o papel do meio material na explicação cartesiana.

Por outro lado, alguns estudantes do grupo A tiveram dificuldade de abandonar conceitos presentes no argumento newtoniano, como “força” (Aluno A3) e “atração por algum corpo para o centro” (Aluno A5), e isso pode ter produzido efeito negativo, dificultado que eles compreendessem a explicação cartesiana. Convém ressaltar que não se tratam de ideias absurdas e de certa forma, se tomarmos o conhecimento escolar como referencial, elas são posições esperadas. Na escola, por exemplo, se aprende a utilizar os conceitos da mecânica clássica para explicar fenômenos

dinâmicos. Por essa perspectiva, em se tratando de um curso de Física, parece algo ainda mais “natural”.

Nesse contexto supomos ser necessário um esforço maior dos alunos para compreender o argumento cartesiano pelo tipo de concepções espontâneas que se tem que abandonar. Não significa dizer que compreender o argumento newtoniano seja tão mais fácil ou difícil. Não é uma comparação de “compreensão”. Fazer uma inferência dessa magnitude de forma responsável exige ferramentas, capazes de “mensurar” ou “categorizar” aprendizagem, das quais não utilizamos nessa pesquisa.

Todavia, o argumento apresentado é que, devido a cultura na qual estejamos inseridos, temos maior “compromisso” cognitivo com certas concepções do que outras (VYGOTSKY, 2001). Assim, como nos mostram as pesquisas e as experiências do cotidiano, é mais frequente pensar o estado de movimento permanente de um objeto como causado pela ação de uma força intermitente do que por conta de tendências devidas ao tipo de material do qual o objeto é composto

Peduzzi (2008) nos informa que a física newtoniana surge em um contexto no qual a “matematização do conhecimento científico é ainda incipiente”, mas já com uma forte valorização do papel da experiência na autenticação das teorias. O Livro III dos *Principia* e dedicado à demonstração de que os princípios matemáticos desenvolvidos por Newton nos outros dois volumes antecedentes poderiam ser aplicados a fenômenos da natureza. Não obstante:

“O texto de Newton exigia do leitor um amplo domínio da geometria e, principalmente, a compreensão de uma nova matemática – o cálculo diferencial e integral – como condição necessária, mas não suficiente, para o entendimento das demonstrações ali desenvolvidas”. (PEDUZZI, 2008)

Esse conhecimento “incipiente” sobre matemática dos contemporâneos de Newton foi um dos motivos que levaram à incompreensão e rejeição da sua teoria. Certo que houveram outras questões, principalmente pelo fato das teorias cartesianas estarem bem difundidas na época. Dessa forma a teoria newtoniana deixou algumas estranhezas, entre elas: (1) a ideia de uma ação à distância já que o movimento era entendido como efeito de choques mecânicas; (2) a existência de um referencial absoluto que atribuía às causas do fenômeno um algo “sobrenatural”, ideia já repugnado pelos filósofos naturais da época (PEDUZZI, 2008; TEIXEIRA, 2010b).

Newton fez uso de artifícios eminentemente geométricos no seu argumento para explicar o movimento dos planetas enquanto que Descartes usou artifícios retóricos. Nesse sentido, dada a necessidade de uma habilidade com o raciocínio matemático, Peduzzi (2008) argumenta que seria mais fácil compreender a teoria de Descartes que a de Newton. Dito de outra forma: seria mais fácil se convencer do argumento cartesiano.

A estratégia adotada na produção do texto da sequência didática que apresentou a controvérsia entre Newton e Descartes foi utilizar os argumentos originais utilizados por eles para explicar as causas da manutenção da órbita dos planetas. Como dito anteriormente, três grupos escolheram o argumento cartesiano e apenas um dos grupos escolheu o argumento newtoniano.

Guardada as proporções entre comparações, buscando evitar problemas de anacronismos ou induzir irresponsavelmente existir um paralelismo entre o contexto da controvérsia histórica entre Newton e Descartes e as interações da sala de aula, os critérios apresentados pelos estudantes para justificar suas escolhas (seção 3.2.2.1) trouxeram à tona a questão da matemática.

O único grupo defensor do argumento newtoniano ressaltou a presença do tratamento geométrico e matemático como critérios para influenciar sua escolha. Evidentemente, pela forma como o argumento Newton é apresentado no texto, torna-se necessário possuir ao menos uma noção intuitiva de cálculo diferencial e o aluno C1 demonstrou possuí-lo, como pode ser apresentado no turno que segue:

Aulas 11 e 12 _____

...

Turno 255 – Aluno C1 – [...] ele definiu que o movimento ele é sempre tangencial e, portanto, você vai considerar os pontos aqui do triângulo e se você reduzir a área dos triângulos a um infinitesimal você vai ter uma curva/ /.../

Em consonância com o que se alega, o único aluno que se convenceu do argumento newtoniano e abandonou a explicação cartesiana confessou que só se convenceu após ter entendido o argumento matemático após a discussão que aconteceu em sala de aula, como apresentado no turno de fala que segue:

Aulas 11 e 12 _____

...

Turno 308 – Professor – Vem cá. Eu quero/ Eh:: Tá. Uma coisa interessante que o brother trouxe aqui. Aluno A1. Ele disse que agora se convenceu /.../ Ele agora acha que/

Turno 309 – Aluno A1 – Porque eu agora entendi o argumento eu sou mais o argumento 2.

Sobre aspectos gerais referentes ao contexto histórico em relação a controvérsias entre Newton e Descartes, os dados mostram que os alunos obtiveram uma boa compreensão, como apresentado nos turnos de fala que segue.

Aulas 9 e 10 ¹⁶

...

Turno 61 – Aluno A3 – Quais são as perguntas aí, que eu tô perdido?

...

Turno 63 – Aluno A5 – A primeira a gente já discutiu.

Turno 64 – Aluno A3 – Ah! A primeira é que [???] para Aristóteles/ Copérnico foi quem introduziu o estudo heliocêntrico por causa do universo. Ptolomeu foi o contrário/ foi o geocêntrico/ A terra no centro. Foi o contrário de Copérnico/

Turno 65 – Aluno A2 – A gente discute a conclusão, a justificativa/

Turno 66 – Aluno A1 – No caso, pra Ptolomeu geocêntrico?

Turno 67 – Aluno A3 – Pra Ptolomeu é geocêntrico e Copérnico é heliocêntrico.

Turno 68 – Aluno A1 – Ptolomeu ele desenvolve um modelo para resolver aquele problema de que porque em alguns momentos o planeta está mais distante [???]

Turno 69 – Aluno A2 – Foi o que eu falei, que foi a questão dos epiciclos/

Turno 70 – Aluno A1 – Isso aí ele deduz/ faz um modelo com deferentes e epiciclos/

Turno 71 – Aluno A3 – Um ciclo tá dentro do outro né? É uma [***] dessa daí/ Que na época foi bem recebida porque explicava.

Turno 72 – Aluno A5 – E por não ser contrário às ideias não é? [se refere à teoria aristotélica]

Turno 73 – Aluno A3 – É. Não foi certo pois viu-se que não tem fundamento nenhum. Só que na época dava “poxa é mesmo oh. Isso explica aqui que às vezes tá mais longe, eu acho, do que mais perto”

Ao perceber a validade do conhecimento dentro de um contexto – “Ptolomeu /.../ desenvolve um modelo para resolver aquele problema de que porque em alguns momentos o planeta está mais distante” e “E por não ser contrário às ideias <aristotélica>” – os estudantes demonstraram um tipo de raciocínio ligado a compreensão da temporalidade do conhecimento, ainda que, entre uma miscelânea de interpretação que podemos fazer das palavras “Não foi certo pois viu-se que não tem fundamento nenhum. Só que na época dava <certo>”, o aluno A3 parece demonstrar uma concepção evolutiva do conhecimento, sendo que, o conhecimento científico atual esteja estabelecido e atemporal. Esse episódio serviria como um contexto para discutir o caráter especulativo, hipotético e provisório da própria ciência.

Em resumo, o texto mostrou-se adequado para apresentar o contexto na qual está situada a controvérsia entre Newton e Descartes e forneceu informação para que

¹⁶ Utilizaremos o turno 61 e 65 como evidência na próxima seção.

os estudantes que defenderam a explicação newtoniana apresentassem justificativa e fundamentos para apoiar seu ponto de vista, enquanto que não foi suficiente para que os estudantes apoiassem o argumento em defesa do ponto de vista cartesiano.

3.2.2.5 – Textos que apresentam as bases epistemológicas da ciência enquanto argumentação, o Layout de Toulmin, leitura prévia e a utilização do roteiro-guia

Entre os alunos que leram o texto 1 – Ciência como argumentação: implicações para o ensino e aprendizagem do pensamento científico – uma tradução do artigo de Deanna Kuhn (1993), teve quem considerou o texto “complexo” de se interpretar. O mesmo pode ser afirmado em relação ao texto 2 – Argumentação no Ensino de Ciências: O Estrutura de Toulmin, uma tradução da seção 2 do trabalho de Teixeira, Greca e Freire (2015) – uma razão pode estar ligada a falta de costume dos estudantes ao gênero literário do texto, ou seja, artigos científicos. Outra possibilidade seria problema relacionada à tradução.

Todavia, a dificuldade apresentada pelos estudantes nos faz considerar que, devido a importância dos textos como fontes de conhecimento para fundamentar a discussão em sala de aula, em lugar de utilizar traduções, deve-se fazer uma transposição didática para adequá-los ao contexto de alunos recém ingressos no curso de Física e sem hábito de leituras de artigos acadêmicas.

A leitura prévia e a utilização do roteiro-guia otimizaram a discussão, como pode ser verificado na transcrição das aulas 9 e 10 (apêndice C). Observamos que a maioria dos alunos foram pontuais na discussão realizada em grupo não sendo necessário dedicar tempo da aula para a leitura do texto em sala.

O roteiro não limitou a interação entre os estudantes. Eles levantaram vários pontos na discussão independente do que estabelecia o roteiro, entretanto utilizavam o roteiro para retomar o foco da atividade, fazer uma síntese da discussão e cumprir os objetivos propostos pelo professor. Isso está exemplificado no turno de fala 61 do aluno A3 “Quais são as perguntas aí, que eu tô perdido” e no turno de fala 65 do aluno A2 “A gente discute a conclusão, a justificativa”, entre outros.

Podemos concluir, portanto que a estratégia da leitura prévia e do uso de roteiro de discussão foi bem-sucedida.

3.2.2.6 – A suscetibilidade à mudança de argumento

Havia uma expectativa de que ao final da discussão entre os grupos realizada nas aulas 11 e 12 os estudantes defensores do argumento cartesiano aderissem ao argumento newtoniano, não obstante isso não aconteceu, exceto pelo aluno A1. Há algumas hipóteses que podem ser aventadas sobre o porquê dessa não adesão.

Uma primeira justificativa seria o fato dos estudantes não terem compreendido o objetivo da atividade. Após o professor sugerir que os estudantes realizassem o debate sobre os argumentos escolhidos por cada grupo surgiu o diálogo seguinte:

Aulas 11 e 12

...

Turno 70 - Aluno B1 - Isso é uma pequena covardia [Se refere ao fato de que 3 dos 4 grupos escolheram o argumento um]

Turno - 71 Professor - Não. Porque aqui a gente não está fazendo um discurso de autoritarismo. Neh? Não é a maioria que ganha. Nós estamos no discurso de autoridade. Quem ganha é o quê? É o argumento. Aqui quem ganha é quem conseguir fazer o argumento. A gente vai ser convencido pelo argumento. A gente não vai ganhar no grito no final das contas. Entendeu? É isso que eu quero dizer /.../

A princípio, nesse episódio, o aluno B1 demonstra não estar acostumado a participar de interações discursivas no qual o discurso de autoridade esteja presente. Essa foi uma oportunidade para o professor deixar claro qual era o objetivo da atividade e que postura os estudantes deveriam assumir durante o debate. Esse episódio aponta para a necessidade de enfatizar os objetivos da atividade que, possivelmente, não foi integralmente compreendido pelos estudantes. Como Zabala (2000) argumenta, as atividades em uma sequência didática devem estar bem delimitadas tanto para o professor quanto para o aluno e os objetivos de ensino suficientemente claros. Esse procedimento pode diminuir o ruído e aproximar a interação da sala de aula àquilo que foi idealizado como expectativa do professor, justamente porque, mesmo quando os objetivos estão claros os estudantes tendem a condicionar suas ações àquilo que eles imaginam ser o que o professor espera deles.

Não obstante, um outro evento aponta uma hipótese diferente. Para ficar mais claro consideremos um trecho da transcrição das aulas 11 e 12 apresentado abaixo:

Aulas 11 e 12

...

Turno 143 – Aluno C1 – Isso você explica numa curva que tenha um limite material.

Turno 144 – Professor – Pronto, alguma coisa que ele tá trazendo aqui.

Turno 145 – Aluno C1 – Porque quando você está em uma órbita, numa órbita não existe esse limite material pra poder fazer esse.

Turno 146 – Professor – É porque ele tá ele tá sendo coerente com o argumento dele. Olha o Aluno C1 tá dizendo que você está errado. Você vai deixar é? [Aluno B2 pede a fala]. Mete porrada nele, no argumento.

Turno 147 – Aluno A2 – Corajoso mexer com os caras dos duendes.

Turno 148 – Aluno A1 – Professor tá botando pressão.

Turno 149 – Professor – Se eu fosse você agora pegava o layout de Toulmin na cabeça dele assim oh “você tá errado por causa disso e isso, isso e aquilo outro oh”. Ah! você quer falar [Aponta para Aluno B2]

Turno 150 – Aluno B2 – É porque também na conclusão ele fala que a matéria do espaço é superior as órbitas dos planetas, faz com que ele tenha essa [Desenha com o dedo um círculo no espaço]

Após o Aluno A2 apresentar o argumento defendendo a explicação cartesiana o Aluno C1 apresenta uma refutação (turno 143) que é enfatizada pelo professor (turno 144). Em seguida, no turno 146, o professor provoca os alunos defensores do argumento cartesiano a se posicionarem. Essa estratégia produz resultados positivos para estabelecer o debate, tanto é que a partir daí inicia-se uma disputa entre os grupos A, B e C que resulta em um processo de justificação e fundamentação dos argumentos defendidos (para maiores detalhes ver a transcrição dos turnos de fala das aulas 11 e 12 no apêndice D e o apêndice E com a síntese dos apoios apresentados durante essas aulas).

Por outro lado, a análise das falas “Corajoso mexer com os caras dos duendes”¹⁷ (turno 147) e “Professor tá botando pressão” (turno 148) apontam que a fala do professor acabou criando um contexto no qual os estudantes assumissem uma postura contrária a estarem suscetíveis ao convencimento pelo grupo concorrente. No turno 149 “Se eu fosse você agora pegava o layout de Toulmin na cabeça dele assim oh “você tá errado por causa disso e isso, isso e aquilo outro oh”” a fala do professor deixa a entender implicitamente que o objetivo da atividade seria vencer o debate defendendo o argumento de todos as refutações.

Um outro evento ocorrido ao final da mesma aula parece reforçar a tese de que para os estudantes o objetivo da atividade seria defender o argumento escolhido.

Aulas 12 e 13

...

Turno 309 – Aluno A1 – Porque eu agora entendi o argumento eu sou mais o argumento 2.

Turno 310 – Professor – Oh? ele é mais o argumento 2. Então vamos fazer o seguinte/

Turno 311 – Aluno C1 – O cara pulou do barco oh! [Os alunos dão risada] Não volta mais viu?

¹⁷ A expressão duendes surgiu na sala de aula através de uma brincadeira entre a turma, o professor e os alunos do grupo D.

Nesse trecho a fala “O cara pulou do barco oh” do Aluno C1 soou meio jocoso deixando a entender que mudar de opinião seria desertar e não obter uma nova forma de compreender o problema.

Essas questões colocam o foco em um erro de procedimento, todavia, há outra hipótese possível.

A controvérsia entre Newton e Descartes não foi resolvida de imediato. Como apresenta Peduzzi (2008) e Teixeira, Peduzzi e Freire (2010b), da resistência à gravitação universal de Newton ao contexto da sua aceitação passaram-se décadas. O *Principia* foi publicado em meados do século XVII e só veio a ter ampla aceitação no século XVIII e muito por conta de um conjunto de medidas empreendidas pelos newtonianos. Peduzzi (2008) aponta algumas: (1) a divulgação da nova ciência em aulas populares; (2) as críticas dirigidas principalmente às obras cartesianas; (3) a redação de livros de acordo com os preceitos do novo espírito científico; (4) a substituição paulatina nas novas universidades de professores escolásticos e cartesianos por newtonianos ortodoxos (por influência do próprio Newton); e (5) a eleição de Newton como presidente da *Royal Society*.

Outro fator decisivo que aumentou o número de adeptos ao “newtonianíssimo” foi a vitória dos newtonianos na controvérsia sobre a verdadeira forma da terra. Resolver esse problema era fundamental para a navegação e “desde o começo do século XVIII, entre os franceses, fortes interesses comerciais e expansionistas estimularam a pesquisa geodésica, o que viabilizou inúmeras expedições científicas” (PEDUZZI 2008).

A astronomia cartesiana defendia que a Terra teria a forma de um elipsoide alongado nos polos, todavia:

Na proposição XVIII do Livro III dos Principia, Newton afirma que os eixos dos planetas são menores que os diâmetros traçados perpendicularmente a esses eixos. A rotação diária dos planetas é a causa dessas diferenças e isso, naturalmente, é uma consequência direta da sua física. (PEDUZZI, 2008)

Em sua defesa Newton utilizou as observações do astrônomo Jacques Cassini II que demonstrou, em 1691, que o diâmetro equatorial de Júpiter era superior ao comprimento de seu diâmetro longitudinal, além dos dados de Pound que, 1719, confirmou empiricamente através de medidas o resultado de Cassini II. Newton

utilizou esses dados como uma prova empírica da Proposição XIX apresentado no *Principia*. Ele conseguiu ainda explicar com êxito os resultados obtidos nas experiências com pêndulos em diferentes localizações da Terra.

Parece claro que a disputa entre newtonianos e cartesianos não se resolveu pura e simplesmente pela exposição de argumentos aceitáveis em defesa de um ou de outro. Fatores que vão além da habilidade de argumentar foram decisivos na resolução da controvérsia.

A história parece apontar que apenas apresentar os argumentos de Newton e Descartes não é condição suficiente para promover o convencimento dos estudantes a respeito da explicação newtoniana e isso parece estar coerente com o fato de que a maioria dos grupos escolheu a explicação cartesiana. Evidentemente não estamos querendo argumentar que exista um paralelismo entre esses dois contextos distintos, apenas que os dois argumentos fizeram sentido para os grupos e que, uma vez a explicação com viés cartesiano parece ter se acomodado mais cognitivamente aos estudantes naquele ambiente particular, uma história que não contemple a controvérsia desde seu surgimento até a sua resolução pode falhar no objetivo de fazer com que os estudantes se convençam do conhecimento que a comunidade científica atualmente estabeleceu como a teoria correta.

Em sintonia com El-Hani e Mortimer (2007), salientamos que não se trata de uma defesa dogmática do conhecimento científico como única fonte de explicação aceitável para os fenômenos que acontecem no mundo, mas se o objetivo é ensinar física, principalmente para pessoas que escolheram a área da física como formação superior, há de se concordar que suas concepções sobre ciência devem estar de acordo com as da comunidade de Físicos e Físicas.

CAPITULO 4 – CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma questão que pode ser considerada como limitação à intervenção seria a quantidade de aulas necessárias para aplicar a sequência didática. A disciplina Fundamentos de Física I possui um total de 64 e as 13 aulas da sequência didática correspondem a aproximadamente 20% da sua carga horária. Muito embora, esse tempo possa ser justificado pelo fato de que, no curso de física não existe nenhuma disciplina que ensine os alunos a argumentar conforme o gênero discursivo da ciência. Se assumido o pressuposto de que se apropriar de uma linguagem compatível com o gênero discursivo da ciência é fundamental para aprender ciência, há uma boa razão para se utilizar a sequência didática.

Um resultado importante foi reconhecer a necessidade de discutir com os estudantes os argumentos construídos por eles próprios. Não basta ensiná-los a argumentar e exercitar a argumentação. É necessário, em complemento, propiciar aos alunos, através da discussão, refletirem sobre a função desempenhada por cada elemento escolhido para compor seu argumento e possibilitar que avaliem a coerência estrutural de um argumento e assim esclarecer dúvidas sobre a função de cada elemento no argumento.

Foram contabilizados um total de 22 apoios para os argumentos nas aulas 11 e 12. Isso indica que a sala de aula foi, de fato, um ambiente potencialmente favorável às interações argumentativas e que adotar a controvérsia histórica foi uma estratégia bem-sucedida para este fim.

Em relação à rubrica coerência e suficiência, praticamente todas as justificativas e os fundamentos (100%) apresentados pelos estudantes fizeram sentido. Esse resultado aponta que os estudantes souberam mobilizar informações para defender seu ponto de vista e que, portanto, souberam argumentar. Os resultados depõem, portanto, a favor do ensino explícito de argumentação.

Por outro lado, se considerada a rubrica aceitabilidade e relevância, a quantidade de justificativas (43%) e fundamentos (38%) que não são válidos enquanto conhecimento da física, revela que boa parte dos estudantes demonstrou não ter se apropriado dos conceitos científicos para defender seu argumento. A maior dificuldade enfrentada pelos alunos foi com o argumento cartesiano. Muita da fragilidade do argumento favorável à tal perspectiva está relacionada com a compreensão do papel do meio material como apoio ao argumento. Trata-se de um ponto a ser considerado

nos próximos ciclos. Será necessário fazer melhorias no texto sobre a controvérsia, de forma que seja apresentada uma discussão mais clara aos estudantes sobre o papel do meio material na explicação cartesiana.

Em princípio, a discussão em pequenos grupos com auxílio de um roteiro guia correspondeu à expectativa. A discussão em grupo girou em torno dos pontos essenciais para se compreender o argumento cartesiano, os estudantes contemplaram pontos fundamentais e se basearam no roteiro-guia para não perderem o foco do objetivo da atividade. Contudo, o resultado da análise dos dados apontou que seria necessária intervenção por parte do professor na discussão em grupo para melhorar a qualidade do argumento dos estudantes em termo da rubrica aceitabilidade e relevância. Isso porque, mesmo levando em considerações questões centrais, os estudantes cometeram anacronismos ao acomodar a teoria cartesiana as suas concepções intuitivas. Como exemplo pode ser citado o *meio material*, original da teoria de Descartes, ao qual os alunos do grupo A se referiram como *éter*. O éter está presente nas discussões sobre o eletromagnetismo. Outro exemplo foi a utilização do conceito de *força* ao invés de *tendência* originalmente utilizado por Descartes.

A intervenção poderia ser realiza após transcorrido minutos de discussão, respeitando, porém, um tempo hábil para que os estudantes avancem na construção do argumento a defender. O professor poderia se aproximar de cada grupo e fazer sondagem a respeito de tais argumentos e, em seguida, realizar o levantamento de questões específicas que fossem capazes lavar os estudantes a fazerem uma reflexão sobre fragilidades não percebida por eles no próprio argumento que desenvolveram. Presumimos que isso melhoraria substancialmente a qualidade da discussão entre os grupos e daria melhor condição para que os estudantes consigam convencer seu concorrente.

Não foi alcançado o convencimento dos estudantes defensores do argumento cartesiano sobre a teoria newtoniana. Isso pode ser decorrente de um erro de procedimento do professor, da interpretação dos estudantes sobre o objetivo do debate ou devido ao fato de que uma história da ciência que não leve em consideração tanto o surgimento da controvérsia quanto as causas de sua resolução não ser suficiente para favorecer a compreensão sobre física.

A integração de todos esses direcionamentos aponta a necessidade de maior investimento na investigação sobre a história da ciência no princípio de *design*, uma

vez que, a forma como a história da ciência foi utilizada e o tempo dedicado a essa característica substantiva não foi suficiente para favorecer a compreensão da gravitação universal. Portanto, a sequência foi mais eficiente em realizar o ensino da argumentação do que o ensino da gravitação universal. Torna-se, portanto, necessário reajustar as atividades da intervenção para estabelecer o equilíbrio entre os dois objetivos (desenvolver a habilidade de argumentar e a compreensão sobre gravitação universal).

Outra questão a ser repensada na intervenção, em termos da *design research*, é o trabalho colaborativo. No contexto na qual se desenvolveu a pesquisa o professor titular da disciplina de Fundamentos da Física decidiu por não ser ele quem aplicaria a sequência didática delegando essa atividade ao próprio pesquisador. Tão pouco participou da etapa de construção da sequência didática. Isso forçou que o pesquisador assumisse um duplo papel: a de pesquisador e professor aplicador da sequência didática.

Embora o grupo de investigadores envolvidos nesta pesquisa enxergue vantagens em o pesquisador assumir também o papel de professor da sequência didática no contexto no qual aconteceu a pesquisa, no que diz respeito ao que *Design Research* se propõe, segundo a interpretação de Plomp (2007), é imprescindível o trabalho colaborativo entre pesquisador, desenvolvedor e o professor. Nesse sentido, será necessário negociar a participação do professor na etapa de construção da intervenção em novos ciclos de pesquisa.

Não obstante, em resumo possa ser afirmado que a sequência didática se mostrou potencialmente favorável às interações discursivas, sendo, portanto, uma excelente estratégia didática para se trabalhar com argumentação, haja visto que os estudantes em sua maioria souberam argumentar, a respeito do uso da história da ciência, não há base empírica suficiente para chegar a qualquer conclusão, negando ou endossando, se o ensino da gravitação universal através das contribuições desse tipo de abordagem pode promover a compreensão da gravitação universal. Isso decorreu de uma limitação no desenho da sequência didática. A abordagem da história da ciência adotada não favoreceu elementos suficientes para propiciar uma compreensão acerca da gravitação universal de Newton.

Isso aponta para o fato de que os objetivos da pesquisa foram parcialmente atingidos com o ensino explícito de argumentação mas, a abordagem histórica usada

não produziu integralmente o efeito esperado sendo necessário, portanto, promover mudanças na intervenção para se aprimorar o princípio de *design* em relação as expectativas associadas com a HFC. Não obstante, em novos ciclos da pesquisa deve-se realizar as etapas mencionadas acima e aumentar o número de turmas para ser aplicada a sequência didática, e dessa forma, variar o contexto das intervenções e realizar a generalização analítica dos resultados da pesquisa e fazer a avaliação somativa.

REFERÊNCIAS

- ABI-EL-MONA, I.; ABD-EL-KHALICK, F. Argumentative Discourse in a High School Chemistry Classroom. **School Science and Mathematics**, v. 106, n. 8, p. 349-361, 2006.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. Revisiting school scientific argumentation from the perspective of the history and. In: MATTHEWS, M. R.; (ED.) **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 1443–1472.
- ALLCHIN, D. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education**, Netherlands, n. 13, p. 179–195, 2004.
- ARCHILA, P. A. Using History and Philosophy of Science to Promote Students' Argumentation: A Teaching–Learning Sequence Based on the Discovery of Oxygen. **Science & Education**, v. 24, p. 1201–1226, 2015.
- BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Controvérsias sobre a Natureza da Ciência como Enfoque Curricular para o Ensino da Física: O Ensino de História da Cosmologia por meio de um Jogo Didático. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, Julho 2014.
- BARAB, S.; SQUIRE, K. Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. **Journal of the Learning Sciences**, v. 13, n. 1, p. 1-14, 2004.
- BARBATTI, M. A Filosofia Natural à Época de Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 153-161, 1999.
- BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Por que a Pesquisa de Desenvolvimento na Educação Matemática? **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. número temático, p. 526-546, 2015.
- CANDAU, V. M. Direitos Humanos, Educação e Interculturalidade: as Tensões entre Igualdade e Diferença. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 17, p. 45-56, jan./abr. 2008.
- CASTELLANI, O. C. Discussão dos Conceitos de Massa Gravitacional e de Massa Inercial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, 2001.

CLOUGH, M. Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. **Science & Education**, v. 15, n. 5, p. 463–494, 2006.

COHEN, I. B. **O Nascimento de Uma Nova Física. Tradução:** Maria Alice Gomes da Costa. Lisboa: Gradiva, 1988.

COLLINS, A.; JOSEPH, D.; BIELACZYK, K. Design Research: Theoretical and Methodological Issues. **Journal of the Learning Sciences**, v. 13, n. 1, p. 37-41, 2009.

CUSHING, J. T. Kepler's Laws and Universal Gravitation in Newton's Principia. **American Journal of Physics**, v. 50, n. 7, p. 617-628, July 1982.

DIAS, P. M. C. $F=ma$? O Nascimento Da Lei Dinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 205 - 234, 2006.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Multicultural Education, Pragmatism, and the Goals of Science Teaching. **Cultural Studies of Science Education**, n. 2, p. 657–702, 2007.

ERDURAN, S. Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In: ERDURAN, S. E. J.-A. M. P. **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 47-69.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPing into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. **Science Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

FORATO, T. C. D. M.; MARTINS, R. D. A.; PIETROCOLA, M. Enfrentando Obstáculos na Transposição Didática da História da Ciência para a Sala de Aula. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA (ORGS), J. M. H. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012a. Cap. 5, p. 123-154.

FORATO, T. C. D. M.; MARTINS, R. D. A.; PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 657–682, 2012b.

FREIRE JR, O.; MATOS, M.; VALLE, A. Uma Exposição Didática De Como Newton Apresentou A Força Gravitacional. **Física na Escola**, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2004.

FREIRE, O.; MATOS, M.; VALLE, A. Uma Exposição Didática De Como Newton Apresentou A Força Gravitacional. **Física na Escola**, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2004.

HARRES, J. B. S. Uma Revisão de pesquisa nas Concepções de Professores sobre a Natureza da Ciência e suas Implicações para o Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.

HARDY-VALLÉE, B. **O que é um conceito. Tradução por:** Marcos Bagno. São Paulo: Parábola, 2013.

HENG, L. L.; SURIF, J.; SENG, C. H. Malaysian Students' Scientific Argumentation: Do Groups Perform Better than Individuals? **International Journal of Science Education**, v. 37, n. 3, p. 505-528, 2015.

HÖFLING, E. D. M. Notas para discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. **Educação e Sociedade**, São Paulo, v. 21, n. 70, p. 159-170, abr 2000.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy. **Science & Education**, v. 20, n. 3, p. 293–316, March 2011.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 Ideas Clave:** Competencias En Argumentación Y Uso De Pruebas. 12ª. ed. Barcelona: Graó, 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; RODRÍGUEZ, A. B.; DUSCHL, R. A. “Doing the Lesson” or “Doing Science”: Argument in High School Genetics. **Science Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.

KAYA, E. Argumentation Practices in Classroom: Pre-Service Teachers' Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 7, p. 1139-1158, 2013.

KONDER. O Ensino de Ciências no Brasil: um breve resgate histórico. In: IN: CHASSOT, A.; OLIVEIRA, J. R. **Ciência, ética e cultura na educação**. São Leopoldo: UNISINOS, 1998. Cap. 3, p. 40-42.

KUHN, D. Teaching and Learning Science as Argument. **Science Education**, v. 94, p. 810 – 824, 2010.

KUHN, D. Science As Argument: Implications For Teaching And Learning Scientific Thinking. **Science Education**, 1993, v. 3, n. 77, 319-337.

LARRAIN, A.; FREIRE, P.; HOWE, C. Science Teaching and Argumentation: One-Sided versus Dialectical Argumentation in Chilean Middle-School Science Lessons. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 6, p. 1017-1036, 2014.

LEDERMAN, N.; ZEIDLER, D. Science Teachers' Conceptions of the Nature of Science: do They Really Influence Teaching Behaviour?. **Science Education**, v. 71, n. 5, 1987.

LEMKE, J. L. **Talking science: Language, learning and values**. London: Ablex Publishing, 1990.

MARTINS, A. F. P. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO: HÁ MUITAS PEDRAS NESSE CAMINHO. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Natal - RN, v. 24, n. 1, p. 112-131, abril 2007.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 164-214, 1995.

MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. New York - London: Springer, v. I, II e III, 2014.

MAYR, E. When is Historiography Whiggish? **Journal of the History of Ideas**, v. 51, n. 2, p. 301-309, abr - jun 1990.

MCCOMAS, W. F. Nature of Science in the Science Curriculum and in Teacher Education Programs in the United States. In: MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. New York and London: Springer Science+Business Media Dordrecht, v. 3, 2014. Cap. 61, p. 1993-2023.

MCNEILL, K. L. et al. Factors Impacting Teachers' Argumentation Instruction in Their Science Classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 12, p. 2026-2046, 2016.

MEDEIROS, A.; FILHO, S. B. A Natureza da Ciência e a Instrumentação Para o Ensino de Física. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

METZ, D. The History and Philosophy of Science in Science Curricula and Teacher Education in Canada. In: MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. New York and London: Springer Science+Business Media Dordrecht, v. 3, 2014. Cap. 62, p. 2025-2043.

MOORFOOT, J. J. An alternative method of investigating pupils' understanding of physics concepts, v. 68, n. 228, 1983.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade Discursiva nas Salas de Aula de Ciências: Uma Ferramenta Sociocultural para Analisar e Planejar o Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

NARDI, R. **Pesquisas Em Ensino de Física**. São Paulo: Escrituras, 1998.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. Investigação em Ensino de Ciências no Brasil Segundo Pesquisadores da Área: Alguns Fatores que Lhe Deram Origem. **Proposições**, v. 18, n. 1, p. 213-226, 2007.

NASCIMENTO, F. D.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. D. O Ensino de Ciências no Brasil: História, Formação de Professores e Desafios Atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, n. 39, set 2010.. Acesso em: 20 de mar. de 2017.

NETO, J. M.; FRACALANZA, H. O Livro Didático de Ciências: Problemas e Soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

NIAZ, M. Science Textbooks: The Role of Science and Philosophy of Science. In: MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. 2. ed. New York and London: Springer Science+Business Media Dordrecht, v. 2, 2014. Cap. 44, p. 1411-1441.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 10, p. 994–1020, 2004.

PAGLIARINI, C. D. R.; SILVA, C. C. **HISTORY AND NATURE OF SCIENCE IN BRAZILIAN PHYSICS TEXTBOOKS: SOME FINDINGS AND PERSPECTIVES**.

Ninth International History, Philosophy and Science Teaching Conference. Calgary/Canada: [s.n.]. 2007.

PARK, S.-K. Exploring the Argumentation Pattern in Modeling-Based Learning about Apparent Motion of Mars. **EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 12, n. 1, p. 87-107, 2016.

PEDUZZI, L. O. Q. **Da Física e da Cosmologia de Descartes à Gravitação Newtoniana**. Florianópolis: Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

PENHA, S. P.; CARVALHO, A. M. P. Proposição de uma Ferramenta Analítica para avaliar a Qualidade da Argumentação em Questões Sociocientíficas. In: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2015, Águas de Lindóia. *Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, 2015.

PERÉZ, D. G. et al. Para uma Imagem não Deformada do Trabalho Científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. Estágio e docência: diferentes concepções. **Revista Poíesis**, v. 3, n. 3 e 4, p. 5-24, 2005/2006.

PIMENTEL, J. R. Livros Didáticos de Ciências: A Física e Alguns Problemas. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 15, n. 3, p. 308-318, ago 2006.

PLANTIN, C. **A Argumentação**: História, teorias e perspectivas: Trad: Marcos Marcionilo. São Paulo: Parábola, 2008.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An introduction to educational Design Research**. [S.l.]: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development, 2007. p. 9 - 35.

REZENDE, F.; BARROS, S. D. S. Teoria Aristotélica, Teoria do Impetus ou Teoria Nenhuma: Um Panorama das Dificuldades Conceituais de Estudantes de Física em Mecânica Básica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, 2001.

SANTOS, J. M. et al. Um Análise das Estratégias de Ensino De Laboratório Didático De Física: Aplicação no Curso de Física da UEFS. In: XXX ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE, 2012, Salvador - Ba (Resumo).

SANTOS, J. M. et al. Um Instrumento para Analisar as Estratégias de Ensino De Laboratório Didático De Física: Aplicação no Curso de Física da UEFS. In: XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2013, São Paulo - SP (Resumo estendido).

ROSA, C. W. D.; ROSA, Á. B. D. Ensino de Física: Objetivos e Imposições no Ensino Médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 1-18, 2005.

SAMPSON, V.; BLANCHARD, M. R. Science Teachers and Scientific Argumentation: Trends in Views and Practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 9, p. 1122-1148, 2012.

SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 447-472, Maio 2008.

SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. **Science Education**, v. 93, n. 3, p. 447-472, Maio 2008.

SANTOS, F. M. T. D.; GRECA, I. M. Metodologias de Pesquisa no Ensino de Ciências na América Latina: Como Pesquisamos na Década de 2000. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 15-33, 2013.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Uma Análise de Referenciais Teóricos sobre a Estrutura do Argumento para Estudos de Argumentação no Ensino de Ciências. **Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 243-262, 2011.

SHAVELSON, R. J. et al. On the Science of Education Design Studies. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 25-28, 2003.

SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning To Teach Argumentation: Research And Development In The Science Classroom. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 2006, p. 235-260.

SLISKO, J.; HADZIBEGOVIC, Z. History in Bosnia and Herzegovina Physics Textbooks for Primary School: Historical Accuracy and Cognitive Adequacy. In: MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. New York and London: Springer Science+Business Media Dordrecht, v. 3, 2014. Cap. 65, p. 2119-2148.

SONG, J.; JOUNG, Y. J. Trends in HPS/NOS Research in Korean Science Education. In: MATTHEWS, R. M. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. New York and London: Springer Science+Business Media Dordrecht, v. 3, 2014. Cap. 67, p. 2177-2215.

SOUZA, T. C. F. **Avaliação do ensino de física: um compromisso com. Passo Fundo: Ediupf, 2002.**

TEIXEIRA, E. S. Argumentação e abordagem contextual no ensino de física. **148 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Programa de pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia - Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2010a.**

TEIXEIRA, E. S. et al. A Construção de uma Argumentação sobre a Síntese Newtoniana a partir de Atividades em Grupos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 61-95, 2010c.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JR, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions. **Science & Education**, v. 21, n. 6, p. 771–796, 2012.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, O. La Enseñanza de la Gravitación Universal de Newton Orientada por la Historia y la Filosofía de la Ciencia: Una Propuesta Didáctica con un Enfoque en la Argumentación. **ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**, v. 33, n. 1, p. 205-223, 2015.

TEIXEIRA, E. S.; PEDUZZI, L. O. Q.; FREIRE, O. Os Caminhos de Newton para a Gravitação Universal: Uma Revisão do Debate Historiográfico entre Cohen e Westfall. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 215-254, 2010b.

TEIXEIRA, E. S. Reflexões sobre o Uso Didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: NEVES, A. S. et al. (Orgs.). **Ensino e Didática das Ciências**. Salvador: EDUFBA, 2016. pp. 301-308.

TOULMIN, S. **Os Usos do Argumento**: Trad. Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VAN DEN AKKER, J. Principles and Methods of Development Research. In: AKKER, J. V. D., et al. **Design Approaches And Tools In Education And Training**. 1ª. ed. [S.l.]: Springer-Science + Business Media, B.V., 1999. Cap. 1, p. 1-14.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. A Argumentação no Discurso de um Professor e Seus Estudantes Sobre um Tópico da Mecânica Newtoniana. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 174-193, Agosto 2007.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. A Argumentação no Discurso de um Professor e Seus Estudantes sobre um Tópico de Mecânica Newtoniana. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 174-193, 2007.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. A Argumentação em Sala de Aula de Física: Limites e Possibilidades de Aplicação do Padrão de Toulmin. In: NASCIMENTO, S. S. D.; PLANTIN (ORG.), C. **Argumentação e Ensino de Ciências**. Curitiba: CRV, 2009b. p. 17-37.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. D. Uma proposta de critérios marcadores para identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, p. 81-102, abr 2009a.

VYGOTSKY, L. S. A construção do pensamento e da linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2001. p. 486.

WANG, H. A.; MARSH, D. D. Science Instruction with a Humanistic Twist: Teachers' Perception and Practice in Using the History of Science in their Classrooms. **Science and Education**, v. 11, p. 169-189, 2002.

WANG, J.; BUCK, G. A. Understanding a High School Physics Teacher's Pedagogical Content Knowledge of Argumentation. **Journal of Science Teacher Education**, v. 27, n. 5, p. 577- 604 , 2016.

WATTS, D. M. Gravity - don't take it for granted! **Physics Education**, v. 17, n. 3, p. 116-21, 1982.

WATTS, D. M.; ZYLBERSZTAJN, A. A Survey of Some Children's Ideas about Force. **Physics Education**, v. 16, n. 6 , p. 360-365, 1981.

YANG, W.-T. et al. The Effects of Prior-Knowledge and Online Learning Approaches on Students' Inquiry and Argumentation Abilities. **International Journal of Science Education**, v. 37, n. 10, p. 1564-1589, 2015.

ZABALA, A. V. **Lá Práctica Educativa: Cómo Enseñar**. Barcelona: Graó, 2000.

ANEXOS

ANEXO A: Ementa da disciplina
Fundamentos de Física I

UEFS	PRO-REITORIA ACADEMICA Departamento de FÍSICA	PROGRAMA DE DISCIPLINA
-------------	---	-------------------------------

CODIGO	DISCIPLINA	REQUISITOS
FIS911	FUNDAMENTOS DA FÍSICA	NÃO TEM

	C. HORARIA	PROFESSOR (A)
T	64	ROBERTO LEON PONCZEK
P	00	
E	00	
Total	64	

EMENTA:

Aspectos históricos, epistemológicos e conceituais das leis de movimento, da gravitação, das leis de conservação da Física, e dos postulados e consequências da Teoria da Relatividade Restrita e Geral.

OBJETIVOS:

O curso deverá propiciar ao aluno, um conhecimento da História e da Filosofia da Ciência que envolve a evolução e a consolidação de duas das mais relevantes teorias da Física como a Mecânica Clássica e a Teoria da Relatividade.

METODOLOGIA:

Aulas de exposição e discussão dos temas contidos no conteúdo programático, sendo que os textos referentes a estes deverão ser entregues aos alunos com antecedência.

AVALIAÇÃO:

Seminários e trabalhos feitos pelos alunos sobre os temas discutidos; prova escrita em forma de dissertação sobre os mesmos, participação dos alunos nas aulas.

CONTEUDO PROGRAMÁTICO:

- 1ª. Semana: Cronologia dos fatos relevantes da História da Ciência. Um mapa das teorias da Física atual.
- 2ª. Sem: Os pré-socráticos. O atomismo. A teoria dos 4 elementos. O ideal platônico. Aristóteles e os movimentos naturais e forçados, o geocentrismo. Epiciclos, deferente e eqüante. A hierarquia dos mundos supra e sub-lunares.
- 3ª. Sem: O heliocentrismo e a revolução de Copérnico. O homem fora do centro e a queda da hierarquia aristotélica. O Renascimento.
- 4ª. Sem: Kepler o ideal pitagórico e a leis planetárias. A elipse destitui o círculo e o movimento variado substitui o mov. circular uniforme. O antigo e o novo fazer científico.
- 5ª. Sem: Galileu Galilei e a revolução científica do séc. XVII, o método científico. O uso do telescópio como instrumento de medida. O princípio de inércia e o argumento da Torre. A queda livre. A teoria das marés.
- 6ª. Sem: Newton, a criação da mecânica, as leis de movimento, a lei da gravitação, as marés. A unificação das leis nas esferas sub e supra lunares. *Hypotesis non fingo*: o indutivismo e o instrumentalismo. A Cosmogonia newtoniana.
- 7ª. Sem: O determinismo como doutrina filosófica. O demônio de Laplace. A gênese do sistema solar. Determinismo e Iluminismo.
- 8ª. Sem: Triunfo e declínio do programa newtoniano de pesquisa. O séc. XX. As incoerências da Física Clássica. O resultado negativo da experiência de Michelson e a radiação do corpo negro. A necessidade de novas teorias. A revolução científica do séc. XX.
- 9ª. Sem: A defesa do éter, o fracasso da experiência de Michelson-Morley e cinco tentativas de “salvar os fenômenos”. Fatos históricos que precederam a TR. A aberração da luz das estrelas.
- 10ª. Sem: Os postulados da TR. O relativo e o absoluto na TR, fazendo entender ao estudante que a TR não é um relativismo filosófico. O debate entre Kragh e Grünbaum: racionalismo X empirismo. A relevância, ou não, da experiência de Michelson-Morley para a gênese da Relatividade.
- 11ª. Sem: A simultaneidade e a *gedanken* do trem. A percepção do tempo enquanto sucessão de sensações. A duração relativa e a espacialização do tempo na TRE, e resgate do tempo como moeda de troca dos fenômenos periódicos.
- 12ª. Sem: Representação gráfica das TL. O cone de luz. Contração de Lorentz e dilatação do tempo. O paradoxo dos gêmeos e dos clones.
- 13ª. Sem: Inversões temporais e a impossibilidade de um “agora” universal. Dificuldade para uma teologia da “ação divina a distancia”. Crítica de Weizsäcker ao *apriorismo* do espaço-tempo
- 14ª. Sem: – A TRG: a *gedanken* do elevador. a equivalência entre referenciais acelerados e inerciais imersos em campos gravitacionais.
- 15ª. Sem: Três conseqüências da TRG: a deflexão da luz, o *red shift* e a precessão do periélio de Mercúrio. Aceitação da TRG na França, Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido e União Soviética.
- 16ª. Sem: A filosofia da TRG. Convencionalismo geométrico de Poincare e a TRG. Reflexão sobre a unificação da Física e a possível influência do determinismo de Spinoza sobre Einstein.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CALAPRICE A., *Assim Falou Einstein*, citações de Albert Einstein compiladas, ed.Civilização Brasileira, R.J., 1998
- CASSIRER ERNST, A Filosofia do Iluminismo, trad. de A Cabral, 3ª ed.S.P.,Ed.Unicamp, Campinas
- EINSTEIN, A., *Como vejo o mundo*, trad. H. P. de Andrade, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.
- _____, *Escritos da maturidade*, trad. M.L.X. A. Borges, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.
- _____, *Essays in science*, New York: Philosophical Library, 1934.
- _____, *Quatre conférences sur la theorie de la relativite faites a l'Universite de Princeton*; trad. Maurice Solovine, Paris: Gauthier-Villars, 1922.
- _____, *Notas Autobiográficas*, Trad. A.S. Rodrigues, R.J., Nova Fronteira, 5ª. ed., 1982.
- _____, e INFELD L., *A evolução da Física*, trad. G. Rebuca, 3. ed., Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- _____, *The meaning of relativity*, London: 6th. ed., Chapman and Hall, 1967.
- ELIAS N., *Sobre o tempo*, trad. V. Ribeiro, R.J., Jorge Zahar ed. 1998.
- FEYERABEND P. *Contra o método*, R.J: Francisco Alves, 3ª. Ed., 1989.
- GALILEI, G., *O Ensaíador*. Trad. de Helda Barroco et alii. S.P., Nova Cultural, 1987. Os Pensadores.
- _____, *Discursos Sobre as Duas Novas Ciências* – Ed. Nova Stella, São Paulo, 1988.
- JAMMER, M., *Einstein e a religião*, trad. V. Ribeiro, R.J: Contraponto, 2000.
- KOYRE, Alexandre – *Estudos de História do Pensamento Científico* – Ed. Universidade de Brasília, Brasília, 1982.
- KRAGH, H., *Quantum generations, A History of Physics in the 20th Century*, N.J., Princeton University Press, 1999
- KUHN, Thomas S., A Estrutura das Revoluções Científicas, Trad. Boeira V.B., Ed.Perspectiva.
- MARTINS, R.A., *O Universo, Teorias sobre a sua Origem e Evolução*, Ed. Moderna, 5ª ed.1997
- NASCIMENTO C.A., *Para ler Galileu Galilei, Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*, S.P., Nova Estrela/Educ, 1990.
- NEWTON, Isaac – *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* - Ed. Nova Cultural , São Paulo,1987.
- NUSSENZVEIG, Moysés – *Curso de Física Básica*,– Ed. Edgard Blucher , São Paulo, 1988.
- PAIS, A., *Einstein Viveu Aqui*, trad. C. Alfaro, Ed. Nova Fronteira, R.J.,1997a.
- PAIS, A., *Sutil é o Senhor*, trad. C. Alfaro, R.J, Ed. Nova Fronteira, 1997b.
- PONCZEK, R., L., *Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica*, in: *Origens e evolução das idéias da Física*, Salvador, Edufba, Cap. I, p. 21 - 135, 2002.
- _____, *A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: mv ou mv²?*, Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 3, p. 336 – 347, 2000.
- _____, *A idéia de causalidade na Física clássica*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, nº 20, v.1, p. 63 – 85, 2003a.
- _____, *Spinoza e Einstein: Analogias ou Afinidades?*, Anais da IV Semana de Filosofia, Ba, Editus, p.355-380, 2004d.
- PRIGOGINE I., *Do ser ao devir*, trad. M.F.R. Loureiro, São Paulo: Editora Unesp, 2002
- RONAN, C. A., *História Ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge*. Trad. J. E. Fortes. R.J., Zahar, 1987.
- RUTHERFORD, F. J. et al., *The Project*, N. Y, Holton, Rinehart and Winston, 1970. Harvard Project Physics.
- SCHENBERG, M., *Pensando a Física*. 2ª ed. São Paulo. Brasiliense, 1985.
- SCHILPP, P.A. (org.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, Evanstone, Ill: Library of Living Philosophers, 1949.
- SCHURMANN, P.F. , *História de la Física*, Tomo 1, 2ª ed., Buenos Aires, Editorial Nova.
- SYMON, K.R., *Mechanics*, Addison-Wesley, 2ª ed.1960.
- WESTFALL, R. S., *A Vida de Isaac Newton*, Trad. V. Ribeiro, R.J., Nova Fronteira, 1995.

ANEXO B: *Layouts* do argumento
construído pelos alunos para explicar o
problema da sacola.

Grupo D

PROBLEMA:

DADOS: Interação entre as forças do sistema físico composto pelo saco, o conteúdo e a pessoa que levanta o saco.

CONCLUSÃO: A sacola é resistente, mas se rompe ao ser levantada com muita rapidez.

JUSTIFICATIVA: Uma vez que a força de puxar for suficientemente maior que a força de resistência da sacola, essa se deforma e se move para cima juntamente com o conteúdo, porém quando a força de puxar for muito superior à força de resistência a sacola se romperá.

FUNDAMENTOS: O que está de acordo com a 3ª Lei de Newton e com a Lei Hook.

QUALIFICADOR: Sendo a massa constante, aplicando uma força de forma gradual, a sacola não se rompe.

REFLEXADOR: O formato do conteúdo, ou seja, sua característica física, pode influenciar no rompimento da sacola, assim como sua massa. Por exemplo, uma massa pequena e de formato esférico não romperá a sacola.

GRUPO

PROBLEMA:

DADOS:

- Sacola
- Conteúdo na sacola
- Se lançada a sacola, ela vinga.

CONCLUSÃO:

- A sacola vinga quando parada rapidamente e com força.

JUSTIFICATIVA:

As forças peso e normal, tração atuam sobre o sistema com direção oposta e atuam em pontos distintos a partir da tração real a força resultante do sistema não é zero. Como $D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d A$ é constante a dependência da aceleração que foi impulsionada. Logo com que o sistema de forças peso e normal e as sacolas se movem.

FUNDAMENTOS:

Temos como fundamento a primeira lei de Newton: Toda a coisa em repouso tende a permanecer em repouso, e não ser que uma força externa atue sobre ele.

QUALIFICADOR:

Procedimentos físicos pertinentes funções a sacola com

REFUTADOR:

Hi uma boa possibilidade de a sacola não reagir se for lançada com cuidado a chover

GRUPO: B

PROBLEMA: O molino pelo qual os sacos dos supermercados roçam.
DADOS: A sacola desliza um centômetro para trás sempre que o cliente levanta rapidamente a sacola. Não se sabe qual o peso máximo da sacola, nem que tipo de objeto que ela costuma conter e nem o material dela.

CONCLUSÃO: A sacola roça porque não resiste a forças exercidas pela força peso da massa de objetos na terra e a explicação para levantar a sacola.

JUSTIFICATIVA: A mesma dos defeitos dentro da sacola, em interação com a gravidade do tema. Há uma força que empurra a sacola para trás. Quando se tenta levantar a sacola rapidamente, há uma força contrária ao peso, então a sacola se eleva. Devido ao tamanho pequeno, que não desliza a linha quando a sacola se eleva. Devido à sua resistência ao roço.

FUNDAMENTOS: Outros leis de Newton que nos permitem fazer interpretações sobre forças.

QUALIFICADOR: Possivelmente

REFUTADOR: Se os defeitos fossem pontuais, ocorreriam com a maior parte que roça a sacola independentemente do problema. Se os defeitos estivessem mais concentrados em apenas uma local da sacola, ela roçaria com mais facilidade. Se os defeitos existissem eles seriam roçados os sacos. Como um comê- mais estivo ainda, há possível chegar as conclusões.

ANEXO C: Lista de símbolos utilizados na transcrição.

Estamos adotando algumas notações específicas para descrever algumas ações na fala dos sujeitos ou esclarecimento sobre trechos da transcrição. Essa notação é necessária porque não existem sinais de pontuação adequados no português. São elas:

/ = Truncamentos bruscos.

:: = Alongamento de vogal.

[] = comentário do pesquisador.

< > = complemento da fala.

/.../ = Indicação de transição parcial ou de eliminação.

[???] = inaudível.

.... = pausa longa.

, = mesmo sentido da vírgula no português.

. = mesmo sentido do ponto final no português.

[***] = omissão de palavra por ser interpretado inadequado ao contexto de sala de aula (exemplo: palavrões, xingamentos, etc.).

APÊNDICES

APÊNDICE A: Formulário para coleta dos
argumentos construídos de acordo com o
layout de Toulmin

GRUPO:

ALUNO:

DADOS:

CONCLUSÃO:

JUSTIFICATIVAS:

FUNDAMENTOS:

QUALIFICADOR:

REFUTADOR:

APÊNDICE B: dois argumentos sobre o
problema das órbitas dos planetas



Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências UFBA – UEFS

DOIS ARGUMENTOS SOBRE O PROBLEMA DAS ÓRBITAS DOS PLANETAS

Este texto¹⁸ faz parte de uma sequência didática que integra o trabalho de pesquisa de mestrado de Josebel Maia dos Santos, que tem como foco o uso didático de história e filosofia das ciências e de um modelo de argumentação no ensino de física.

Introdução

Muitas das explicações científicas apresentadas nos dias de hoje sobre como o Universo funciona parecem-nos “naturais”, mesmo quando estão em oposição ao conhecimento que adquirimos a partir das experiências, vivências e observações do mundo, ou seja, do senso comum. Essa “naturalidade” atribuída a tais explicações pode ser entendida como o resultado final de um processo que envolve conquista de um bom número de adeptos que defendam e divulguem tais ideias na sociedade de uma forma que convençam aos membros dela sobre a superioridade dessas explicações em comparação com quaisquer teorias alternativas.

Em verdade, são diversos, em tipos e formas, os fatores e estratégias utilizados para promover o convencimento de alguém. Fato é que, uma vez adquirida credibilidade, essas explicações passam a representar, para as pessoas comuns, no seu dia a dia, verdades que, geralmente, não são “e não precisam ser” questionadas, verificadas ou contraditas. Viram respostas automáticas e por isso se tornam “naturais”. Um exemplo clássico é o fato de que quase todas as pessoas, nos dias de hoje, dirão, se questionadas, que a Terra gira em torno do Sol mesmo a experiência do dia a dia nos dando a percepção de que a Terra permanece imóvel e que são os corpos celestes que se movem no céu observado da terra.

Geralmente, essa naturalização pode deixar a falsa impressão de que certas explicações sempre prevaleceram, omitindo o contexto no qual elas surgiram e os desafios que tiveram que enfrentar para se consolidarem. O objetivo deste texto é apresentar dois argumentos distintos, para serem debatidos, sobre as causas do movimento dos corpos celestes. Antes, porém, faz-se necessário apresentar o contexto no qual os argumentos surgiram, contra quais ideias estavam em oposição e qual a sua importância na consolidação de um novo sistema de mundo.

Atribui-se à data de 1543 o nascimento da ciência moderna (Cohen, 1988) e, em se tratando da física, por causa do livro *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre as revoluções dos orbes celestes) de Nicolau Copérnico que apresentou um novo sistema astronômico que mudava de maneira radical a explicação sobre como o

¹⁸Faz-se necessário esclarecer que neste texto são utilizadas reproduções parciais explícitas das obras de Cohen (1988), Peduzzi (2008) e Teixeira et. al. (2010), além de textos originais do século XVII, de maneira adaptada em função dos objetivos de ensino propostos. Portanto, encontra-se nele reproduções parciais, com adaptações, de tais obras.

Universo era organizado. Embora Copérnico não tenha realizado uma revolução, nos termos em que se emprega à palavra, o seu livro “*continha o germe da revolução científica global que viria a culminar na magnífica síntese da física moderna de Isaac Newton*” (Cohen, 1988). A proposta copernicana de que os planetas orbitam em torno do Sol, modelo conhecido como sistema heliocêntrico¹⁹, parece aparentemente uma mudança apenas na estrutura do Universo, contrapondo-se ao sistema geocêntrico²⁰, para o qual os planetas e o Sol orbitam ao redor da Terra localizada no centro do Universo tratando-se, portanto, da introdução de um novo sistema cosmológico. No entanto, seu sistema teve repercussões que se estenderam para além das discussões sobre astronomia.

Em termos do recorte que utilizaremos nesse texto, podemos falar sobre duas Físicas. Uma é a Física construída a partir do século XVII (física clássica) que resultou em uma mudança profunda na forma de pensar, repercute até hoje em nossas vidas e continua passando por processos de mudanças sendo, portanto, difícil prever seu resultado final (se é que podemos pensar em um fim). Outra é a Física antiga, muitas vezes conhecida como física do senso comum, por ser adaptada à nossa intuição e forma como baseamos o raciocínio sobre a natureza. *É o tipo de física que parece dirigir-se a qualquer pessoa que use a sua inteligência nata sem ter adquirido qualquer conhecimento dos modernos princípios da dinâmica* (Cohen), nesse sentido, mais fácil de acreditar e entender. Uma característica importantíssima é que essa física é adaptada à ideia corrente, naquela época, da Terra em repouso. Sua mais importante exposição foi realizada pelo filósofo e cientista Aristóteles e por isso é comum denomina-la por física aristotélica.

Aristóteles e as bases da física antiga

Aristóteles, que viveu na Macedónia, na Grécia, no século IV a.C., foi discípulo de Platão e tutor de Alexandre Magno. De acordo com a sua teoria todos os objetos que encontramos na Terra são compostos de *quatro elementos*: ar, terra, fogo e água. Aristóteles observou que enquanto alguns corpos na Terra são leves outros são pesados. Então, ele atribuiu às propriedades de ser leve ou pesado a proporção dos quatro elementos presentes em cada corpo. Em sua concepção, a terra e *naturalmente* pesada, o fogo *naturalmente* leve e o ar e a água são intermédios entre estes dois extremos. Essas características dos elementos que compunham os objetos dotavam eles de uma tendência, sendo, portanto, a explicação das causas do seu movimento *natural*. Assim, se o objeto for pesado, o seu movimento natural será para baixo, ao passo que, se é leve, o seu movimento natural é para cima. Deste modo, para Aristóteles o movimento *natural* (ou livre) de um corpo terrestre é retilíneo, para cima ou para baixo, ao longo da vertical que passa pelo centro da Terra e pelo observador. Não obstante, muitas vezes os objetos se movem de maneiras diversas das que descrevemos. Por exemplo, uma bola na extremidade de uma corda pode

¹⁹ De acordo com Cohen (1988), uma denominação melhor para o sistema heliocêntrico seria o sistema heliostático, uma vez que o Sol se encontra em repouso e não necessariamente ocupa o centro da trajetória descrita pelos corpos celestes. Entretanto utilizaremos a denominação usada amplamente na literatura.

²⁰ De acordo as considerações de Cohen (1988), esse modelo deveria ser denominado de geostático, pois a Terra está em repouso e não necessariamente ocupa o centro da trajetória descrita pelos corpos celestes. Entretanto utilizaremos a denominação usada amplamente na literatura.

girar em círculo, ou também, uma pedra pode ser atirada verticalmente para cima. Tal movimento, segundo Aristóteles, é *violento*, ou seja, contrário à natureza do corpo, e só ocorre quando uma força lhe imprime e mantém o movimento. Uma pedra atada a uma corda pode ser levantada, sendo submetida assim a um movimento violento, mas, no momento em que a corda se partir, a corda iniciará a sua queda em movimento natural, tornando a seu lugar natural.

No universo aristotélico as estrelas, os planetas, e o Sol, que são corpos celestes, movem-se à volta da Terra em círculos – nascem a oriente, percorrem os céus e põe-se a ocidente (exceto as estrelas circumpolares que se movem pequenos círculos e nunca se escodem a baixo do horizonte). Os corpos celestes não são constituídos pelos mesmos quatro elementos que constituem os corpos terrestres, mas por um *quinto elemento* ou *éter*. O Éter de que são feitos e uma substância imutável ou, para usar o vocábulo tradicional, incorruptível. Assim, na Terra encontramos o que se torna *existente* e o que se *decompõe* e *perece*, ou seja, coisas que nascem e que morrem. Mas nos céus corpo algum se transforma; tudo permanece o mesmo: as mesmas estrelas, os mesmos planetas eternos, o mesmo Sol, a mesma Lua. O Único corpo celeste no qual pode ser detectada alguma espécie de mudança ou *imperfeição* é a Lua – sendo considerada uma espécie de limite entre a região terrestre da mudança (ou corruptibilidade) e a região celeste da permanência e incorruptibilidade.

O movimento natural de um corpo composto de éter é circular: assim, o movimento circular que se observa nos corpos celestes é o seu movimento natural, concordando com a sua natureza, tal como o movimento retilíneo ascendente ou descendente e o movimento natural de um corpo terrestre. Observa-se que neste sistema todos os corpos celestes que giram à volta da Terra são mais ou menos idênticos e todos eles são diferentes da Terra – nas suas características físicas, composição e propriedades essenciais. Assim se pode compreender que a Terra esteja em repouso enquanto os corpos celestes se movem. Além do mais, não só se afirmava que a Terra não tinha *movimento local* ou movimento de um lugar para o outro, como também não se concebia a rotação da Terra. A principal razão física para isto, segundo o velho sistema, era não ser *natural* que a Terra tivesse um movimento circular: uma translação da Terra em torno do Sol ou uma rotação diária seriam contrárias a sua natureza.

Ptolomeu e o sistema de epiciclos e deferentes

O segundo mais importante sistema da Antiguidade foi elaborado por Cláudio Ptolomeu, um dos maiores astrônomos do mundo antigo que, em certa medida, se baseou em conceitos introduzidos pelo geômetra Apolônio de Perga e pelo astrônomo Hiparco. A invenção de Ptolomeu para explicar o movimento dos planetas consistia na combinação variada de um sistema de círculos. O sistema ptolomaico continha enorme complexidade.

O movimento dos corpos celestes, de acordo Ptolomeu, pode ser explicado segundo a figura 1. Assuma-se que, enquanto o ponto P se move uniformemente na circunferência de um círculo de centro C (figura 1), um segundo ponto, Q, se move circularmente em redor de P. O resultado dos dois movimentos combinados será uma curva com uma série de laços ou protuberâncias. O círculo maior em que P se move chama-se círculo de referência ou deferente, e o menor, em que se move Q é o

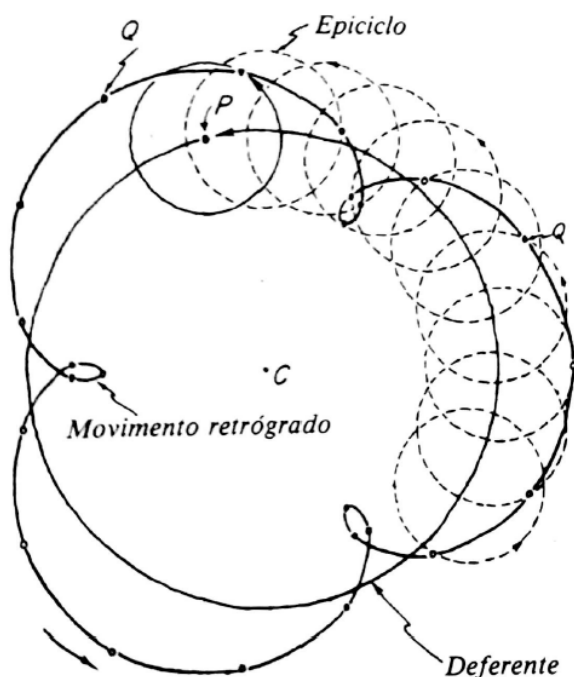


Figura 18: O artifício de Ptolomeu para explicar o movimento retrógrado dos planetas. Extraída de Cohen (1988)

epiciclo. Assim, o sistema ptolemaico e muitas vezes descrito como sistema das deferentes e dos epiciclos.

A curva resultante da combinação do deferente com o epiciclo é uma trajetória na descrição da qual o planeta por vezes se encontra mais próximo do centro do que noutras, apresenta pontos estacionários e, quando descreve um laço, um observador em C vê-lo mover-se em sentido retrógrado. Para ficar de acordo com a observação basta escolher o tamanho relativo do epiciclo e da deferente e velocidades relativas de rotação dos dois círculos, de modo a concordarem com as aparências.

É evidente que Ptolomeu nunca se empenhou na questão de saber se há epiciclos e deferentes reais nos céus. Na verdade, torna-se muito mais evidente que o sistema que descreveu era um modelo do universo e não necessariamente uma

representação verdadeira, qualquer que seja o significado dessas palavras.

O sistema copernicano

De acordo o Sistema de Copérnico²¹ o universo era organizado da seguinte forma: O Sol localiza-se no centro, fixo e imóvel, e à sua volta movem-se, em círculos, os planetas Mercúrio, Vênus, a Terra, com a sua Lua, Marte, Júpiter e Saturno, na ordem mencionada. No modelo de Copérnico a terra possuía dois movimentos distinto: o movimento de rotação (giro em torno de si mesma uma vez por dia) e o movimento de translação (giro em torno do sol). O movimento aparente do Sol, da Lua, das estrelas e dos planetas era explicado, portanto, pelo movimento de rotação. Os outros fenômenos observados, a exemplo das estações do ano, poderiam ser explicados pelo movimento de translação. Nesse sistema cada planeta apresentava um período de revolução diferente (giro em torno do Sol), maior quanto mais ele estivesse afastado do Sol, e isso dava conta de explicar o movimento retrógrado dos planetas – a exemplo da trajetória de Marte visto da Terra – isso que constituiu uma grande vantagem ao modelo copernicano. Outra vantagem consiste de que, ainda, Copérnico foi capaz de fornecer uma escala para o sistema solar, determinou boa precisão as distâncias dos planetas e seus tempos de revolução.

Não obstante as vantagens do modelo de Copérnico ele não foi aceito de imediato. Um dos motivos foi a ausência de uma Física capaz de descrever satisfatoriamente os fenômenos físicos que ocorrem na Terra se considerarmos em movimento. A proposta de Copérnico de um sistema do mundo no qual a Terra se

²¹ De acordo Cohen, quando hoje falamos do sistema de Copérnico nos referimos um sistema diferente daquele que Copérnico descreveu. Dessa forma, seria mais adequado denominar de sistema kepleriano ou keplero-copernicano.

move e o Sol está em repouso não era por si só suficiente para rejeição da física antiga. A aceitação da teoria copernicana do movimento da terra implicava necessariamente uma física não aristotélica. Ele não foi capaz de desenvolvê-la e tal física só iria surgir a partir do século XVII. Ao propor que a Terra fosse mais um planeta como outro qualquer, Copérnico ficou sem critério para explicar as causas do movimento circular dos corpos celestes, em torno do Sol, uma vez que na física aristotélica era natural corpos celestes possuírem movimento circular dada a natureza da substância da qual eram feitos (éter).

Em seguida apresentaremos dois argumentos controversos (um em oposição ao outro), apresentados no século XVII, que se propuseram a fornecer diferentes explicações físicas (dinâmicas) para justificar manutenção das órbitas dos planetas em torno do Sol.

Argumento 1

Um dos grandes desafios apresentados ao sistema heliocêntrico é a ausência de um argumento capaz de fornecer uma explicação dinâmica para justificar a permanência dos corpos celestes em órbita ao redor do Sol. Uma física que considere a Terra como centro do universo e atribua as causas do movimento dos corpos às propriedades dos elementos dos quais eles são feitos é incompatível com esse novo sistema. Em seguida será apresentado um argumento para explicar as causas da manutenção da órbita dos planetas em torno do Sol. Para compreender esse argumento, será necessário conhecer as leis naturais (que são os princípios físicos fundamentais) sobre quais todos os corpos estão sujeitos. Passemos a estas leis.

Através da regularidade pela qual é dotada a natureza, podemos chegar ao conhecimento de certas regras a que chamo as leis da Natureza, e que são as causas segundas, particulares, dos diversos movimentos que observamos em todos os corpos [daí a importância dessas leis]. A primeira é que cada coisa particular, enquanto simples e indivisa, se conserva o mais possível e nunca muda a não ser por causas externas. Por conseguinte, se a matéria estiver em repouso, nunca se moverá por si mesma; mas, uma vez posta em andamento, também não podemos pensar que ela possa deixar de se mover com a mesma força enquanto não encontrar nada que atrase ou detenha o seu movimento. De modo que, se um corpo começou a mover-se, devemos concluir que continuará sempre em movimento [e que nunca parará por si próprio]. Mas como habitamos uma Terra cuja constituição é de tal ordem que os movimentos que acontecem a nossa volta depressa param e muitas vezes por razões que os nossos sentidos ignoram, desde o começo da nossa vida pensamos que os movimentos que assim terminavam – por razões que desconhecíamos – o faziam por si próprios. E ainda hoje a nossa inclinação a crer que o mesmo acontece com tudo o que existe no mundo, isto é, que acabam naturalmente por si próprios e que tendem ao repouso [porque aparentemente a experiência assim nos ensinou em muitas ocasiões]. Mas isso não passa de um falso preconceito que repugna claramente as leis da Natureza: com efeito, o repouso contrário ao movimento; e, pela sua própria natureza, nada se torna no seu oposto ou se destrói a si próprio. Dessa forma podemos anunciar que:

Lei 1: cada coisa permanece no seu estado se nada o alterar; assim, aquilo que uma vez foi posto em movimento continuará sempre a mover-se.

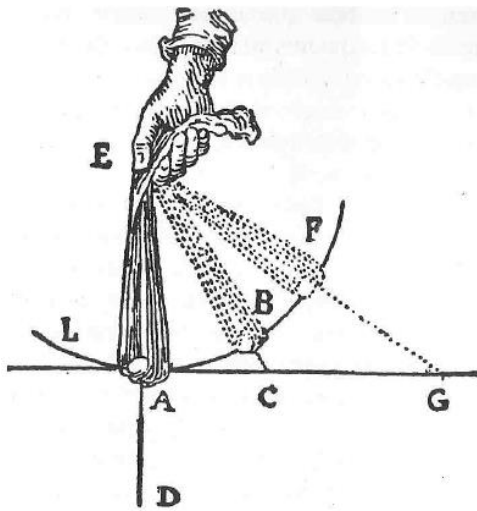


Figura 2: Rotação de uma pedra presa em uma funda.

A segunda lei que observo na Natureza é que cada parte da matéria, considerada em si mesma, nunca tende a continuar o seu movimento em linha curva, mas sim em linha reta, embora muitas destas partes sejam muitas vezes obrigadas a desviar-se porque encontram outras no caminho, e quando um corpo se move toda a matéria é conjuntamente movida e faz sempre um círculo [ou anel]. Embora seja verdade que o movimento não acontece num instante, todavia é evidente que todo o corpo que se move está determinado a mover-se em linha reta e não circularmente. Por exemplo, figura 2, quando a pedra A gira na funda²² EA, seguindo o círculo ABF, no preciso momento em que está no ponto A determina-se a mover-se para qualquer lado, isto é, para C seguindo a reta AC, se supusermos essa linha

tangente ao círculo no ponto A. Mas não conseguimos imaginar que estivesse determinada a mover-se circularmente pois, apesar de vir de L para A seguindo uma linha curva, não conseguimos conceber que qualquer parte da curvatura possa estar nesta pedra quando se encontra no ponto A. E já nos certificamos disto por experiência, pois esta pedra quando solta da funda segue em linha reta para C e nunca tende a mover-se para B. O que claramente nos mostra que qualquer corpo que se move circularmente tende constantemente a afastar-se do centro do círculo que descreve; até o sentimos com a mão quando giramos a pedra na funda [porque a pedra estica e estende a corda para se afastar diretamente da nossa mão]. Portanto, podemos anunciar mais essa lei:

Lei 2: todo o corpo que se move tende a continuar o seu movimento em linha reta.

Em síntese podemos concluir que nenhum objeto pode se mover, por si próprio, se estiver em repouso e, tampouco, mudar, por si mesmo, o seu movimento, se estiver em movimento. Na natureza, nenhum objeto altera o estado em que se encontra a não ser que seja forçado a isto por um outro corpo. Esse comportamento decorre de leis gerais da natureza de acordo com a qual cada coisa permanece no seu estado se nada o alterar; assim, aquilo que uma vez foi posto em movimento continuará sempre a se mover e cada corpo em movimento tenderá a continuar o seu movimento em linha reta.

Não obstante, corpos celestes são observados descrevendo trajetórias curvas em torno de algum ponto central, a exemplo da Lua ao redor da Terra ou dos planetas em volta do Sol, e dessa forma somos levados a concluir precipitadamente que as leis que aqui foram enunciadas tratam-se de meros equívocos. Esse paradoxo gera o que pode ser denominado como o *problema da órbita dos corpos celestes*. Inevitavelmente

²² Uma funda consiste de uma tira de couro ou corda com que se arremessam pedras ou balas.

surge a questão: (1) ou as leis da natureza foram formuladas erroneamente, são falsas, (2) ou não estamos analisando corretamente o problema.

Contudo, não deve haver dúvida sobre a validade das leis da natureza e isso impõe o desafio de demonstrar a verdadeira causa do movimento curvo dos corpos celestes em torno de um ponto central. A seguir apresentaremos uma solução para esse problema.

Antes de analisarmos mais aprofundadamente as causas do movimento curvo dos corpos celestes em torno de um ponto central, para que haja mais clareza na explicação, iremos apresentar uma propriedade à qual qualquer corpo em movimento está submetido:

Um corpo pode tender simultaneamente para o movimento de muitas e diversas maneiras.

Ora, porque são várias e diversas as causas que agem conjuntamente sobre um corpo e impedem o efeito de uma sobre as outras, então, de acordo com diferentes perspectivas, pode-se dizer que este corpo tende a se esforçar para ir a diferentes lados ao mesmo tempo. Por exemplo, voltando à figura 2, a pedra A que giramos na funda EA, e que tem E como centro de rotação, tende verdadeiramente de A para B se considerarmos todas as causas que concorrem para a determinação do respectivo movimento, já que de fato se move para lá. Mas se apenas considerarmos a força do seu movimento e a sua agitação, também se pode dizer que esta mesma pedra tende para C quando está no ponto A, supondo que AC é uma linha reta que toca o círculo no ponto A: com efeito, se esta pedra saísse da funda na altura em que chega ao ponto A, iria de A para C e não para B; e ainda que a funda a detenha, não impede que faça um esforço para ir para C. Finalmente, se em vez de considerarmos toda a força da sua agitação apenas prestássemos atenção a uma das suas partes, cujo efeito é impedido pela funda e que distinguimos de outra parte cujo efeito não é impedido desta maneira, diríamos que esta pedra, estando no ponto A, tende para D, ou tende apenas afastar-se do centro E seguindo a linha reta EAD.

É evidente, portanto, pelo que foi demonstrado, que a forma da trajetória de um corpo em movimento dependerá da combinação de todas as direções individuais para qual ele tenda. Levando isso em conta, podemos apresentar a causa do formato da trajetória dos corpos celestes girando em torno de um ponto central.

Antes, porém, anunciemos outra propriedade fundamental:

Por causa da tendência centrífuga, tudo tende a afastar-se do centro à volta do qual se move.

Analisando a figura 2, percebemos que, efetivamente, sendo o movimento regulado e determinado pela corda, a pedra se desloca segundo a trajetória ABF. Mas em qualquer ponto desse trajeto tem a tendência de se movimentar em linha reta, tangencialmente à curva, por exemplo, para C quando passa por A. Por outro lado, quando está em A, a pedra também tende para D, opondo-se à resistência que lhe oferece o suporte da funda. Essa última tendência, de afastamento da pedra do ponto E, existe em qualquer ponto da trajetória, assim, a tendência centrífuga fará a pedra tender para C quando estiver em B e para G quando estiver em F. Dessa forma,

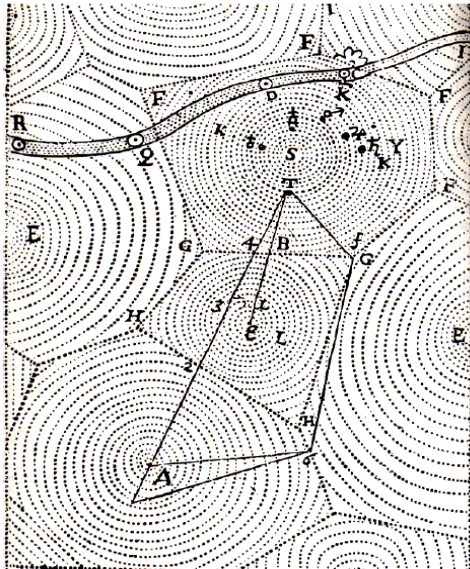


Figura 3: As curvas concêntricas são os turbilhões de matéria. No centro de cada um deles se encontra uma estrela fixa (S, A e E, por exemplo).

quando fazemos girar uma pedra em uma funda, ela não apenas se move retilineamente logo que sai da mesma, senão que, durante todo o tempo em que está nela, pressiona o centro da funda obrigando a corda a ficar tensa, mostrando evidentemente com isso que tem sempre inclinação a se mover em linha reta e que apenas o faz circularmente se obrigada a isto. O deslocamento da pedra ao longo da trajetória ABF pode ser entendido, portanto, como a combinação da sua tendência em escapar em linha reta tangencialmente à curva e a tendência centrífuga.

O Universo, em sua origem, era totalmente preenchido por uma matéria homogênea, a matéria primitiva, e em repouso. Contudo, à essa matéria foi acrescentado movimento. Este movimento causou a diferenciação em parte desta matéria primitiva dando origem aos elementos dos quais os planetas e aos cometas, que podem ser observados nos céus, são constituídos. Há turbilhões por todo o Universo e no centro de rotação de cada um desses turbilhões, em torno do qual a matéria do espaço gira, arrastando junto os planetas (ver figura 3), está localizada uma estrela. A matéria contida sobre o polígono FFFGGGF constitui o céu que gira em torno do Sol S. (a região sob o polígono GGHH é o céu da estrela E, assim como A e E são outros centros).

Um corpo em F possui uma tendência centrífuga maior que um corpo em K, da mesma forma, um corpo em ♂ possui tendência centrífuga menor que K. Dessa maneira, um corpo ocupará uma região no espaço compatível com a sua tendência centrífuga. Se um corpo na órbita K for deslocado para uma órbita inferior, ♀, por exemplo, cessada a causa que o impede a isso, o corpo retornará para K naturalmente empurrando a matéria sobre ele para baixo, pois possui tendência centrífuga maior que ela. Ao contrário, se for deslocado para uma órbita superior, F, por exemplo, será empurrado para baixo pela matéria sob ele, pois possui tendência centrífuga menor que ela e o corpo será mantido na órbita K pela matéria superior possuir tendência centrífuga maior.

De acordo com essa concepção mecanicista de universo pleno (que não admita o vazio) e constituído de matéria e movimento, podemos concluir que, um planeta é mantido em órbita estável em torno do Sol por ser constantemente desviado da sua tendência de sair em linha reta tangente à órbita. Esse constante desvio é devido à matéria do espaço, imediatamente superior à órbita do planeta, que gira em torno do Sol, e que, por ser dotado de maior tendência centrífuga que o planeta, o retém em sua trajetória orbital. A tendência centrífuga de um planeta pode ser mensurada pelo produto da sua extensão (volume) com sua velocidade e, até uma certa região limítrofe do espaço celeste, quanto mais afastado do Sol o planeta estiver, maior será a sua tendência centrífuga.

Podemos concluir que, assim como acontece com uma pedra girando presa a uma funda, também, o movimento da Lua ao redor do centro da Terra, a órbita curva

percorrida pelos planetas em torno do Sol ou a revolução dos corpos celestes em torno de algum centro é resultado das suas tendências de se deslocarem segundo uma direção tangencial em cada ponto da curva (tendência centrífuga). Assim deixamos provadas as causas da manutenção do movimento orbital dos corpos celestes.

Argumento 2

Admitir que os planetas giram em torno do Sol impõe o desafio de fornecer um argumento capaz de justificar a manutenção da órbita dos corpos celestes. A física aristotélica, por considerar a Terra em repouso no centro do universo, é incompatível com um universo heliocêntrico. Para que seja possível fornecer uma explicação válida a esse desafio é necessário, portanto, uma física consonante com as implicações de um sistema heliocêntrico. Neste primeiro momento vamos apresentar a lei da natureza sob a qual todos os corpos estão submetidos e, em seguida, as causas da manutenção da órbita dos planetas em torno do Sol.

Enunciemos, para começar, uma lei geral a qual todos os corpos estão submetidos.

Lei 1: Todos os corpos permanecem em estado de repouso, ou se movimentam de maneira uniforme em linha reta, a não ser que sejam impelidos a mudar de situação por forças que sejam aplicadas sobre ele.

De acordo com esta lei é esperado que um corpo celeste, como um planeta, mantenha seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta. Dessa forma, se os planetas são, a cada instante, desviados da linha reta tangente às suas órbitas, é lícito pensar que estejam sobre a influência de alguma força apontada para o centro do movimento. E o problema da órbita dos corpos celestes pode ser resolvido satisfatoriamente com a combinação da Lei 1 com a força apontada para o centro do movimento.

Será necessário demonstrar que de fato é assim que acontece. Dessa forma, comecemos por considerar um movimento puramente uniforme em linha reta, como o seguinte:

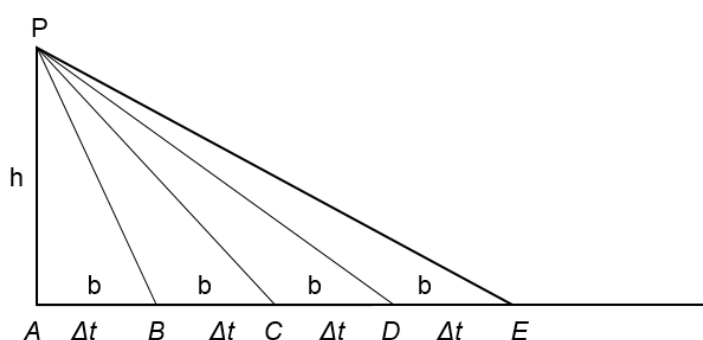


Figura 4: Na ausência de força (ou quando a força resultante for nula), um corpo em movimento percorre distâncias iguais, b , em iguais intervalos de tempo, Δt . Adaptada de Peduzzi (2008).

Seja P um ponto qualquer fora da direção de movimento do objeto (figura 4). Ligando P aos pontos A, B, C, D e E que são as sucessivas posições por onde passa o objeto em intervalos de tempo Δt , formam-se os triângulos PAB, PBC, PCD e PDE. Sendo todos os Δt iguais, pela lei 1, os seguimentos AB, BC, CD e DE terão o mesmo comprimento b uma vez que $b = v\Delta t$ (v é o módulo

da velocidade com a qual o objeto se desloca). Por consequência os triângulos têm áreas iguais, pois suas bases são iguais e todos têm a mesma altura,

$$\text{área do } \Delta_{PAB} = \text{área do } \Delta_{PBC} = \text{área do } \Delta_{PCD} = \text{área do } \Delta_{PDE} = \frac{b \times h}{2} \quad (1)$$

Concluimos, portanto, que um corpo em movimento retilíneo uniforme varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais. Como as leis da natureza são gerais, isso deve ser válido também para as órbitas dos planetas em torno de um centro. Dessa forma podemos propor:

Proposição I: As áreas, que corpos descrevem ao girar através de raios desenhados até um centro de força imóvel, estão de fato situadas nos mesmo plano imóvel, e são proporcionais aos tempos nos quais elas são descritas.

Pois suponhamos intervalos de tempos Δt iguais, e na primeira parte deste tempo, deixemos que o corpo através de sua própria força inata²³ se mova com velocidade constante, v , descrevendo a linha reta AB (figura 5). Na segunda parte deste tempo, $2\Delta t$, quando o corpo chega em B, o mesmo iria (pela Lei 1), se não fosse impedido, proceder diretamente até c, ao longo da linha tracejada Bc de mesmo comprimento que AB (já que o corpo viajaria uma distância igual a $v\Delta t$ em cada um dos seguimentos); de forma que, pelos raios AS, BS, cS desenhados até o centro de força S, seriam descritos os triângulos ASB e BSc com áreas iguais.

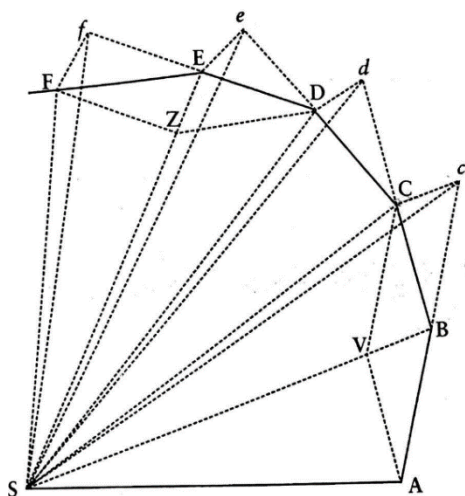


Figura 5: Trajetória de um corpo desviado da sua tendência de se mover uniformemente em linha reta por conta de uma força dirigida para o centro

Porém, quando o corpo chega em B, suponhamos que uma força dirigida para o centro (S) aja de imediato com um grande impulso na direção BS deslocando-o para V. Pela composição do deslocamento BV e Bc o corpo irá se encontrar (pela lei do paralelogramo²⁴), no final do intervalo $2\Delta t$, em C, onde cC é igual e paralelo a BV, no mesmo plano que o triângulo ASB.

Unindo SC, porque SB e Cc são paralelas, a área do triângulo SBC será igual a área do triângulo SBc, e portanto também igual a área do triângulo SAB. Por um argumento semelhante, se a força centrípeta age sucessivamente em C, D, E etc. nos respectivos intervalos $3\Delta t$, $4\Delta t$ e $5\Delta t$ etc. e faz com que o corpo em cada intervalo individual de tempo descreva as linhas retas CD, DE, EF etc., elas irão todas estar situadas no mesmo plano; e a área do triângulo SCD será igual a área do triângulo SBC, e a de SDE à de SCD, a de SEF à de SDE. E, portanto, em tempos iguais, áreas iguais são descritas em um plano imóvel: e por composição, quaisquer somas SADS, SAFS, destas áreas, estão uma para as outras, da mesma forma que os tempos nos quais elas são descritas.

²³ Força inata da matéria é um poder de resistência, pelo qual todo corpo, dependendo de quanto deste poder ele tem, esforça-se para persistir e seu estado presente, seja este de repouso ou de movimento uniforme em linha reta.

²⁴ De acordo com a lei do paralelogramo, um corpo sobre o efeito simultâneo de duas forças irá descrever a diagonal de um paralelogramo no mesmo tempo, como se descrevessem as forças individualmente pelos lados desse paralelogramo.

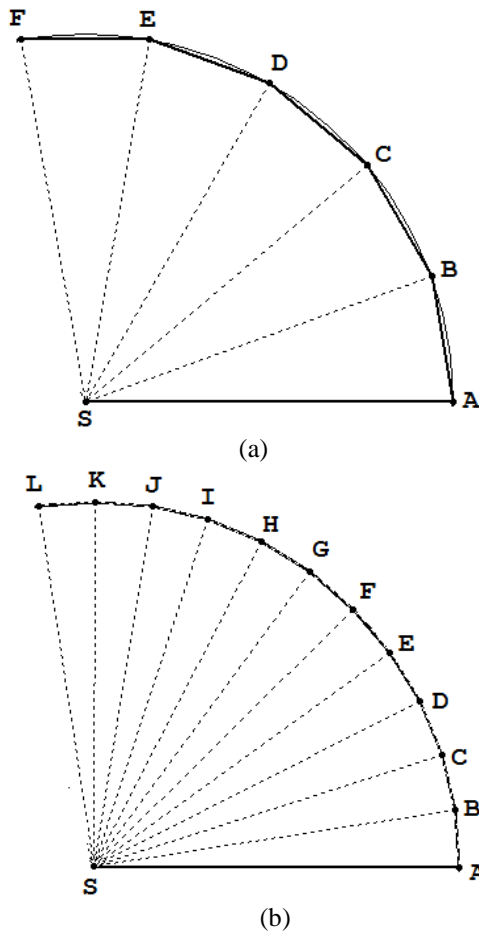


Figura 6: Esquema da trajetória de um corpo sendo desviado da sua tendência em se mover em linha reta. Em (a) o corpo percorre distâncias maiores (comprimento de cada segmento da linha poligonal) antes de ser desviado que em (b) quanto menor o comprimento dos segmentos mais próximo de uma curva a linha poligonal se aproxima.

iguais são descritas em tempos iguais (isso foi demonstrado na proposição I), deve-se demonstrar que a órbita é descrita sob a ação de uma força que aponta para o centro do movimento. Para isso consideremos a seguinte proposição:

Proposição II: Todo corpo que se move em qualquer linha curva descrita em um plano, e através de um raio desenhado até um ponto quer imóvel, quer se movendo para frente com um movimento retilíneo uniforme, descreve em volta deste ponto áreas proporcionais aos tempos, é impelido por uma força direcionada ao este ponto.

Todo corpo que se move em linha curva é (pela Lei 1) removido de seu curso retilíneo pela ação de alguma força. E esta força pela qual o corpo é retirado do seu curso retilíneo e é forçado a descrever, em tempos iguais, os triângulos menores iguais SAB, SBC, SCD etc. (Figura 5) em volta do centro imóvel S, age no ponto B, de acordo com a direção de uma linha paralela a cC, ou seja, na direção da linha BS; e no lugar C, de acordo com a direção da linha paralela à dD.

Agora deixemos que o número destes triângulos seja aumentado, e seus tamanhos diminuídos *in infinitum* (infinitesimalmente); seu perímetro final ADF será uma linha curva, a exemplo da figura 6. Note que a linha poligonal na figura 6b é mais “suave” que a da figura 6a. No limite onde os segmentos desse polígono tendem a zero a linha poligonal converte-se em uma curva. E assim, portanto, a força dirigida para o centro do movimento, pela qual o corpo é permanentemente recuado da tangente desta curva, irá agir continuamente; e quaisquer áreas descritas SADS, SAFS, que são sempre proporcionais aos tempos de descrição, serão, também neste caso, proporcionais aos tempos.

Esse resultado estabelece, portanto, um significado físico àquela lei das áreas desenvolvida através de dados de observações astronômicas já que, dessa forma, ela deixa de ser uma lei puramente matemática e se torna uma lei que fornece uma explicação de como ocorre o movimento de um corpo submetido a uma força dirigida para o centro do movimento.

Nossa prova ainda não está completa. A pergunta que pode ser feita agora é se um corpo se movendo em qualquer linha curva está necessariamente sob a influência de uma força apontada para o centro. Em outras palavras, dado que em uma órbita plana, áreas

É indiferente se as superfícies nas quais um corpo descreve uma figura curvilínea estão em repouso, ou se move uniformemente para frente em linha reta junto com o corpo, a figura descrita, e seu ponto S.

Assim, enquanto que a Proposição I estabelece que uma tendência de ser atraído para o centro à volta do qual um corpo orbita, implica um movimento curvo, que obedece à lei das áreas, a Proposição II, em um sentido inverso, estabelece que a trajetória curva que obedece à lei das áreas nessa tendência de ser atraído para tal centro.

Concluimos, portanto, que as duas proposições juntas demonstram a existência da tendência dos corpos celestes de serem atraídos para o centro da órbita em torno da qual eles revolucionam e uma vez que esta tendência desvia esses corpos do seu movimento em linha reta (de acordo a Lei 1) a trajetória descrita por eles será necessariamente uma curva.

Observa-se que não há necessidade de nenhum meio material como suporte à tendência que o corpo tem de ser atraído para o centro da curva de sua revolução. Os planetas, os cometas e todos os corpos celestes se movem, portanto, no espaço vazio e não em qualquer meio material – por mais sutil que se possa imaginar a matéria deste meio – e a tendência à qual me refiro é comunicada, à distância, aos corpos celestes.

Em outras palavras, dada a Lei 1, o movimento circular é possível apenas quando uma tendência de ser atraído para um centro à volta do qual se revoluciona, desvia continuamente um corpo de sua trajetória retilínea. Nesse sentido, a causa da manutenção da órbita de um corpo celeste em torno de um centro – como a Lua ao redor do centro da Terra, a órbita curva percorrida pelos planetas em torno do Sol – será a sua tendência de se dirigir para o centro do movimento orbital desviando o corpo de seu movimento em linha reta, tangente à curva em cada ponto.

Referências

COHEN, I. B. **O Nascimento de uma Nova Física**. Tradução: Maria Alice Gomes da Costa. Lisboa: Gradiva, 1988. 305p.

DESCARTES, R. **Princípios da Filosofia**. São Paulo: Rideel, 2007.

MARTINS, R. A. **O Pensamento Científico Moderno e a Origem do Mundo** In: MARTINS, R. A. O universo: teorias sobre sua origem e evolução. São Paulo: Editora Moderna, 1994. Disponível em < <http://www.leffa.pro.br/textos/abnt.htm#5.16.4>>. Acesso em: 17 de setembro de 2016.

NEWTON, I. **Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural**. In: HAWKING, S. Os Gênios da Ciência: sobre os Ombros de Gigantes. Tradução: Sergio M. Dutra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 441-638.

PEDUZZI, L. O. Q. **Da Física e da Cosmologia de Descartes à Gravitação Newtoniana**. Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 109p.

TEIXEIRA, E. S.; PEDUZZI, L. O. Q.; FREIRE, O. Os Caminhos de Newton para a Gravitação Universal: Uma Revisão do Debate Historiográfico entre Cohen e Westfall. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, pp. 215-254, 2010.

APÊNDICE C: Transcrição dos turnos de fala da aula 9 e 10: discussão do grupo A.

Turno de Fala	Aula 9 e 10		
	Tempo [h:m:s]	Autor	Fala ou observação
1	00:00:06	Aluno A3	Aqui oh. "Cada coisa permanece no seu estado se nada o alterar, assim aquilo que uma vez foi posto em movimento continuará sempre a mover-se" [lê o texto]/ né, então o estado tende a permanecer sempre a não ser que uma força/... todo corpo que se move [???] ele continuará seu movimento em linha reta/ é basicamente a mesma coisa que eu falei. Que ele bota o::/ um corpo pode tender simultaneamente para o movimento/ ah isso aqui é.../ já tá no dois [se refere ao argumento 2] ? Não... Ah, é até aqui. É/ aqui já é o dois.
	00:00:54 até 00:01:03		Silêncio no grupo
2	00:01:04	Aluno A3	Aí, pronto oh/
3	00:01:05	Aluno A2	Hun! Fale.
4	00:01:07	Aluno A3	Eh:: embora as coisas tendam a se mover em linha reta descobriu-se depois que existe as componentes da força/ tipo assim/ ele/ ele/ tende pra uma direção [00:01:16 Aluno A2: un-hun!] só que pra outra também/ a parte tangencial. Quando você tá fazendo uma curva você tem um movimento/ a direção do movimento e outra direção/ você faz isso aqui que tem a tangente/ né isso?. E tem a do centro. Aí você faz a composição das forças e explica porque ele não faz o movimento em linha reta. Eu não sei se estou sabendo explicar não, mas/
5	00:01:58	Aluno A2	Aqui é assim oh/ aqui no caso dele/ ele quer explicar/ por exemplo/ aqui ele diz que "cada parte da matéria, considerado em si mesmo, nunca tende a continuar seu movimento em linha curva mas sim em linha reta" [lê o texto] [00:02:11 Aluno A3 - un-hun/] para explicar o movimento dos corpos [00:02:12 Aluno A3 - É] porque que [00:02:14 Aluno A3 - isso]. Aí ele

			faz um experimento, a questão da rotação da pedra presa em um negócio. Aí ele vai dizer que a funda/ aí vai ter que vai aumentando a distância no caso/
6	00:02:26	Aluno A3	Aqui oh "Um corpo que se move tende a se manter em movimento em linha reta, porém" [lê o texto] aí ele vem aqui oh "um corpo pode tender simultaneamente para o movimento de muitas e diversas maneiras" [lê o texto]/ foi o que eu tentei falar, mas/
7	00:02:43	Aluno A2	Aqui assim oh, poh/ Aqui/ aí ele fala "o que claramente nos mostra que qualquer corpo que se move circularmente tende constantemente a se afastar do centro do círculo que descreve" [lê o texto]
8	00:02:52	Aluno A3	Isso, isso
9	00:02:55	Aluno A2	Então já é um argumento
10	00:02:55	Aluno A3	Já tem uma força pra cá e outra pra cá [fala com o aluno A5 em meio a fala do aluno A2] é mais ou menos o que estou falando/
11	00:02:59	Aluno A5	Pra cá então tem força/
12	00:03:00	Aluno A3	Força ou <movimento> é porque/
13	00:03:04	Aluno A2	Na verdade ele nem fala força/
14	00:03:05	Aluno A3	Direção/

15	00:03:06	Aluno A2	É muda/ direção é melhor/
16	00:03:08	Aluno A3	Direção do movimento... tem essa direção do movimento e tem essa direção/ então explica assim, entendeu?... Apesar de os corpos tenderem a se mover em linha reta no movimento você tem essas componentes da direção do movimento/
17	00:03:25	Aluno A2	Foi como a gente tava falando/ foi como a gente botou lá no relatório [se refere a outra disciplina]/ a gente botou, por exemplo, o movimento tem vários mas o movimento ele tem a ver com a variação da velocidade ou variação da posição. Mas vários são os fatores que podem influenciar para variar essa posição ou essa velocidade. No caso se tiver uma aceleração, se a força de atração da terra no corpo/ já vai mudar a direção dele/ no caso, ele vai descer/ sei lá no caso, então, segundo o que eu entendi aqui ele tenta fazer vários explicativas pra explicar como o movimento dos corpos acontecem. Ele trás a questão do movimento que o movimento tende sempre em linha reta/ mesmo se ele estiver fazendo curva ele tende em linha reta. Depois ele descobre que o movimento com curva ele tende à.../ pera ainda, cadê [procura o trecho a qual se refere no texto]/ quando ele tá fazendo um círculo ele tende a se afastar do centro/
18	00:04:30	Aluno A3	Certo/ apesar que tem tendência centrífuga aqui
19		Aluno A2	Tanto é que a terra não se toco né?
20	00:04:35	Aluno A5	Eu achava que ele fazia esse movimento porque [???
21	00:04:40	Aluno A3	Como assim? Não entendi.
22	00:04:45	Aluno A5	Eu achava que ele fazia esse movimento porque ele tava sendo atraído por algum corpo para o centro/

23	00:04:51	Aluno A3	Não, porque tem a tendência centrífuga que é o que ele fala aqui oh/ "por causa da tendência centrífuga tudo tende a afastar-se do centro à volta do qual se move" [lê o texto] mas por outro lado existe uma força que está fazendo... né? O corpo curvar. Então... é justamente isso/ você tem uma pra cá e uma pra cá e tem uma componente/ uma/ uma/ uma resultante, né?/
24	00:05:18	Aluno A2	Tem um negócio também que eu vi acho que quando estava estudando no ensino médio/ um negócio de gravitação dizendo que você não poderia representar a terra como um círculo porque a terra tinha dois/ ah é um negócio lá de hipérbole que ele dizia que o centro não ia coincidir com o raio / um negócio desse assim. Aí por isso que você não poderia representar a terra como círculo. Tinha que fazer um: um:/ esqueci o nome/ eh: é [???] alguma coisa que se chama/ que não é/
25	00:05:45	Aluno A1	Você está falando da órbita?
26	00:05:46	Aluno A2	É. Porque a órbita não é circular ela é elíptica. Aí ele explica porque tem dois centros/
27	00:05:57	Aluno A1	Mas aí ele tá levando em consideração a órbita curva.
28	00:05:58	Aluno A2	É.
29	00:06:02	Aluno A1	É que eu percebi/
30	00:06:02	Aluno A2	Não, foi só/
31	00:06:03	Aluno A3	Aqui oh! "Podemos concluir" [lê no texto] A conclusão dele "podemos concluir que assim como acontece com a pedra girando presa em uma funda também o movimento da lua em redor do centro da terra, a órbita curva percorrida pelos

			planetas em redor do sol, ou a revolução dos corpos celestes em torno de algum centro, é resultado das suas tendências de se deslocarem segundo a uma direção tangencial" [lê o texto], né?
32	00:06:29	Aluno A2	Aqui oh! "um planeta é mantido em órbita estável em torno do sol pode ser constantemente desviado da sua tendência em sair em linha reta tangente à órbita" [lê o texto], ou seja, ele tem/ por mais que ele fique em órbita/ ele tem uma influência que faz com que ele saia dessa/ desse movimento em linha reta e sempre tende... sei lá/ um negócio desse assim/ Cadê? Cadê? Cadê as perguntas? Tem que ver as perguntas, entendeu?
33	00:06:55	Aluno A3	Na verdade/ eu acho que entendi agora a questão/
34	00:07:00	Aluno A5	A gente já pegou as informações iniciais?
35	00:07:03	Aluno A2	As questões iniciais é Ptolomeu/ os caras aqui.
36	00:07:04	Aluno A3	É como o professor X desenhou naquele negócio [se refere ao professor da disciplina Física Geral I]/ Que ver?
37	00:07:07	Aluno A5	As teorias de antes aí pra qualquer dessas teorias ele pediu uma argumento/
38	00:07:14	Aluno A1	Ele começa fazendo uma introdução falando da física clássica [???
39	00:07:25	Aluno A5	E da [???] de cada teoria que surgiu. Primeiro foi Aristóteles, depois [???], depois Copérnico... Agora vai discutir a conclusão em que o autor chegou [???
40	00:07:49	Aluno A3	Oi?

41	00:07:49	Aluno A5	A gente vai discutir a conclusão que:: o autor chegou.
42	00:07:56	Aluno A3	Na verdade é assim oh/
43	00:08:00	Aluno A1	[???] a tendência dos corpos celestes é fazer o movimento circular por causa do quinto elemento que é o éter, né? Que é diferente da terra/
	00:08:05 até 00:08:15		[???] Alunos falam ao mesmo tempo.
44	00:08:16	Aluno A3	Ele acreditava da água, da terra e:: no éter/ eh:: porque não tinha explicação do movimento do corpos em curva/ Aí ele falou "não"/
45	00:08:31	Aluno A1	[???]
46	00:08:31	Aluno A3	Quinto elemento. Exatamente. Uma vez que ele não tinha conhecimento/
47	00:08:38	Aluno A2	Uma vez que era natural os corpos celeste preferir o movimento circular por causa da natureza da substância da qual eram feitas/
48	00:08:42	Aluno A3	Porque na verdade pra eles o movimento circular era o movimento perfeito/ o movimento natural, melhor falando. Então pra que não fosse não natural/ para que ele continuasse sendo natural, tinha que colocar o éter/

49	00:09:00	Aluno A5	Ah! entendi.
50		Aluno A3	Entendeu qual estratégia aqui usar? Aqui aquele negócio que tu tá explicando oh/ [refere-se ao aluno A5]/ ele tá aqui oh/ aí ele tende a vir aqui, não é? O que foi? [se refere ao aluno A2]
51	00:09:10	Aluno A2	É uma viagem bacana/
52	00:09:14	Aluno A1	Aí é a velocidade
53	00:09:16	Aluno A3	Mas é justamente isso o movimento/ Aqui ele tem essa tendência de movimento. Aqui ele já tem essa... não...
54	00:09:28	Aluno A5	Aquela seta vai pra direção/
55	00:09:29	Aluno A3	É que eu desenhei errado. Mas já tá mais curvo
56	00:09:33	Aluno A2	Sempre vai tá tangenciando
57	00:09:35	Aluno A3	O movimento circular é justamente assim
58	00:09:40	Aluno A5	A variação aqui dessa velocidade

59		Aluno A3	Isso.
60	00:09:43	Aluno A2	E como é que a gente vai responder isso aí?
61	00:09:45	Aluno A3	Quais são as perguntas aí, que eu tô perdido? [se refere ao roteiro de discussão]
62	00:09:50	Aluno A1	[???] [fala algo sobre do que se trata a primeira pergunta]
63	00:09:51	Aluno A5	A primeira a gente já discutiu
64	00:09:54	Aluno A3	Ah! A primeira é que [???] para Aristóteles/ Copérnico foi quem introduziu o estudo heliocêntrico por causa do universo. Ptolomeu foi o contrário/ foi o geocêntrico/ A terra no centro. Foi o contrário de Copérnico/
65		Aluno A2	A gente discute a conclusão, a justificativa/
66	00:10:22	Aluno A1	No caso, pra Ptolomeu geocêntrico?
67	00:10:28	Aluno A3	Pra Ptolomeu é geocêntrico e Copérnico é heliocêntrico.
68	00:10:37	Aluno A1	Ptolomeu ele desenvolve um modelo para resolver aquele problema de que porque em alguns momentos o planeta está mais distante [???]

69	00:10:46	Aluno A2	Foi o que eu falei, que foi a questão dos epiciclos/
70	00:10:52	Aluno A1	Isso aí ele deduz/ faz um modelo com deferentes e epiciclos/
71	00:10:57	Aluno A3	Um ciclo tá dentro do outro né? É uma [***] dessa daí/ Que na época foi bem recebida porque explicava.
72	00:11:11	Aluno A5	E por não ser contrário às ideias não é? [se refere à teoria aristotélica]
73	00:11:12	Aluno A3	É. Não foi certo pois viu-se que não tem fundamento nenhum. Só que na época dava “poxa é mesmo oh. Isso explica aqui que às vezes tá mais longe, eu acho, do que mais perto”
74	00:11:25	Aluno A1	[???
75	00:11:25	Aluno A3	Mas aí o texto mesmo fala que foi só um modelo mesmo. Que não tinha dados experimen<tais>/ dados que acontecia isso/
76	00:11:39	Aluno A5	Ficou só uma suposição
77	00:11:41	Aluno A3	É porque é aquela história né... a física é assim: tem um modelo aí você tem que ver se esse modelo tá representando um pouco a realidade
	00:11:50 até		Momento de dispersão do grupo: começam falando sobre uma resenha crítica que deverão fazer sobre o um livro a pedido do professor regente da disciplina Fundamentos de Física I e passam a falar sobre leituras de livros desinteressantes.

	00:13:32		
78	00:13:33	Aluno A3	Sim, oh! "Discuta a que conclusão o autor do argumento chegou" [Lê no roteiro de discussão]/ Aqui oh. Acabei de ler/
79	00:13:42	Aluno A2	Foi. Foi aquilo dali que tu acabou de ler. Foi aqui oh! Aqui oh! última página.
80	00:13:45	Aluno A3	Último parágrafo
	00:13:48 até 00:14:18		Trecho difícil de transcrever: nesse intervalo os estudantes do grupo parecem chegar à conclusão de que os dois argumento possuem semelhanças.
81	00:14:19	Aluno A3	Tá embasado o argumento nessas duas coisas. Que as coisas permanecem do jeito que está. Simplificando, né: se está em movimento continua em movimento, se tá parado continua parado. A menos que alguma coisa aconteça que é uma força externa. É meio o que ele fala, só que Newton coloca o movimento retilíneo uniforme e o repouso e coloca algumas palavras mais específicas pra física. Mas é a mesma coisa.
82	00:14:44	Aluno A4	O Aristóteles ele acreditava/ é meio parecido/ só que para haver o movimento ele acreditava que tinha que ter força e Newton se contrapunha. Na verdade Galileu já tinha dito isso.
83	00:14:57	Aluno A3	Foi... é... foi Aristóteles foi? Foi Aristóteles mesmo não foi? Que disse que... Foi o que que tu falou ai?
84	00:15:01	Aluno A4	Pra haver movimento tem que ter força/

85	00:15:13	Aluno A3	Aí Newton falou que a força faz alterar o estado de movimento. O que ele falou foi isso.
86	00:15:20	Aluno A4	Por isso que a definição de força é dp/dt . É a variação do estado de movimento [???] você faz a continha lá.
87	00:15:25	Aluno A3	Aqui oh! essa segunda pergunta [se refere ao roteiro de discussão] “a que conclusão o autor chega?” [lê o roteiro] “podemos concluir que assim como acontece com a pedra girando presa em uma funda também o movimento da lua em redor do centro da terra, a órbita curva percorrida pelos planetas em torno do sol, ou a revolução dos corpos celestes em torno de algum centro, é resultado das suas tendências de se deslocarem seguindo a direção tangencial em cada ponto da curva” [lê o texto]/ como eu desenhei aqui. É sempre tangencial. “assim deixamos provado as causas do movimento orbital dos corpos” [lê no texto]/ Ele explica o movimento dos corpos assim. O terceiro é o que? [se refere à terceira questão do roteiro de discussão]
88	00:16:06	Aluno A4	[???] faz matematicamente né. Você iguala a força centrípeta à força gravitacional. Faz “ v^2 ”, “ v ” ao quadrado sobre “ r ” igual a “ g ”, “ v^2 ”, “ r ” ao quadrado. Você isola “ v ” vai dar raiz de alguma coisa.
89	00:16:23	Aluno A3	É mesmo. Tinha uma fórmula para força centrípeta. Não tinha? Força centrípeta.
90	00:16:29	Aluno A2	Tem “ m ”/ “ v ” ao quadrado.
91	00:16:30	Aluno A3	Tem o raio. É alguma coisa sobre o raio
92	00:16:35	Aluno A2	Força centrípeta é uma força/ é igual massa vezes aceleração. Só que em vez da aceleração normal é a aceleração centrípeta.

93	00:16:39	Aluno A3	Eu lembro de ter estudado isso/ isso aí eu não sei como era a fórmula mas tinha uma fórmula para aquele globo da morte. Que tinha aquele cara que ficava girando. Aí tinha qual é a força mínima que ele tinha que imprimir na mota pra não cair, né? Chegar lá em cima e não cair. É uma viagem vei. Aí eu usava essa fórmula de força centrípeta.
94	00:17:03	Aluno A3	“Discuta quais justificativas o autor apresentou para sustentar a sua conclusão” [Lê o roteiro de discussão]
95	00:17:09	Aluno A2	Foi fundamento isso aí/
96	00:17:10	Aluno A3	Foi o que a gente discutiu/
97	00:17:13	Aluno A2	O fundamento foi o negócio da tendência centrífuga que ele falou e eh::
98	00:17:20	Aluno A3	A tangencial, né?
99	00:17:21	Aluno A2	O negócio da tangência
100	00:17:23	Aluno A1	O argumento [???] é que enquanto tá girando a:: pedra presa na funda/ ele fala aqui no texto/ pela tendência dele sair eh:: do movimento circular é porque você sente isso quando você tá rodando porque a pedra ela estica a corda, né? E aí girando é como se você sentisse puxar para fora
101	00:17:43	Aluno A3	Isso. É. Isso é verdade.
102	00:17:48	Aluno A2	Porque se não fosse o movimento circular não estaria esticada/

103	00:17:49	Aluno A3	Verdade. É que nem... é mais ou menos o que eu tinha falado naquela outra aula do professor. O negócio da sacola... aí eu falei que se não fosse a lei de Newton a gente não conseguiria pegar nada na sacola/ é louco mas é assim mesmo porque/ tipo assim/ você faz assim/ suspende/ por ele continuar no movimento de repouso ele encosta na sacola. Tipo, se não fosse a lei de Newton ele não encostaria na sacola. Ele acompanharia a mesma velocidade da sacola. Então/ tipo/ você tem a sacola aqui/ você tem um corpo aqui/ aí tipo/ você suspenderia e ele suspenderia junto. É loucura/ Entendeu o que eu queria falar né?
104	00:18:45	Aluno A1	Na verdade tem um lance parecido que é um pouco mais chato para entender isso mas/ é o lance de referencial não inercial/ ou seja, um referencial acelerado/ na verdade [???] você não está aplicando nenhuma força/ sei lá/ [???]/ você não está aplicando nenhuma força sobre as caixas de Newton mas elas estão se movendo em relação ao saco no caso. O que está acontecendo é que é tipo um contraponto/ ou seja/ eu não apliquei força nenhuma e aquela aceleração [???]/ Aí depois vem o Einstein e explica isso daí/
105	00:19:18	Aluno A3	Mas foi isso aqui mesmo que a gente falou/
106	00:19:21	Aluno A2	Eu quero saber o que a gente vai fazer depois/
107	00:19:23	Aluno A3	Depois a gente vai mandar/ "discuta quais são os fundamentos"/ ah isso aqui foi o que tu falou né? Não, mas os fundamentos aqui/
108	00:19:31	Aluno A2	Os fundamentos é a teoria que ele usou pô/
109	00:19:33	Aluno A3	É/ mas aí não tem... mas:: e quais foram as justificativas?
110	00:19:39	Aluno A2	As justificativa foi...

111	00:19:41	Aluno A3	As justificativas e que foram/
112	00:19:44	Aluno A5	Não, acho que os fundamentos/
113	00:19:46	Aluno A3	O fundamento::
114	00:19:47	Aluno A2	A justificativa seria, por exemplo, a gente pegar aqui "um corpo S possui uma tendência centrífuga maior que um corpo K de mesma forma"/ [lê o texto]
115	00:19:54	Aluno A3	Ah: entendi
116	00:19:55	Aluno A2	E um corpo macho possui tendência centrífuga menor que K/ É macho aqui/ é macho ou fêmea? Esse símbolo aqui é de homem ou mulher? [se referem a um símbolo do texto]
117	00:20:13	Aluno A5	É de mulher.
	00:20:16 até 00:20:34		Os alunos discutem sobre o símbolo
118	00:20:32	Aluno A1	[???] permanecer o movimento em linha reta, tal/

119	00:20:34	Aluno A3	É isso mesmo. Os fundamentos são as leis, sacou?
120	00:20:37	Aluno A5	É.
121	00:20:40	Aluno A2	E as justificativas seriam as explicações
122	00:20:42	Aluno A3	Exatamente. São essas coisas aí/
123	00:20:44	Aluno A1	Baseadas juntamente nas ideias de Aristóteles [???
124	00:20:47	Aluno A3	Tipo/ tipo as justificativas tem essa a da pedra, entendeu? As justificativas são essa da pedra eh:: aquela eh:: essa que ele botou aí.
125	00:20:58	Aluno A2	A gente já discutiu né vei?
126	00:20:59	Aluno A3	Ahn!
127	00:21:00	Aluno A2	A gente já discutiu
128	00:21:01	Aluno A3	Já. Já tudo aí. É só copiar.

APÊNDICE D: Transcrição dos turnos de
fala da aula 11 e 12.

Turno de fala	Aula 11 e 12, 28 set 2016		
	Tempo [h:m:s]	Autor	Fala ou Observação
	00:00:00 À 00:30:16		Esse intervalo de tempo é dedicado para que os alunos escrevam seu argumento sobre o problema das órbitas dos planetas de acordo com o <i>layout</i> em uma folha entregue a eles pelo professor.
1	00:24:29	Professor	Gente vou dar mais dois minutos para concluir essa etapa viu? [Os alunos estão reunidos em 4 grupos com 5 ou 6 pessoas]
2			[O professor se aproxima do grupo C] Terminou? Terminou?
3	00:27:22		[O professor está próximo ao grupo C] Oi! Presta atenção. Agora os 5 minutos finais pra fechar isso aí que eu já tô recolhendo. Quem já terminou? [Aluno B1 entrega seu layout ao professor. O professor que pega e observa o layout] Pronto vamos ver. Eh::, vou deixar vocês segurar isso. [Devolve o layout para Aluno B1]
4	00:27:35	Aluno B1	Agora se o senhor vai entender. Só Deus sabe.
5	00:27:40	Professor	Certo, então fique aqui que a gente vai discutir de acordo com o que está nesse papel aí. [O professor se dirige ao grupo B e pergunta]. Fechou?
	00:27:57		O aluno Aluno A2, do grupo A, que estava próximo ao grupo B, estende a folha com o argumento tentando entregá-lo ao professor.
6	00:27:59	Professor	Pronto. Pronto. Eu vou deixar vocês. [é interrompido pelo aluno Aluno A1. Não é possível transcrever o diálogo entre os dois]

	00:30:16		O professor interrompe a atividade para dar início às discussões.
7	00:30:16	Professor	Pessoal! Pessoal! Eh:: Ei vocês aí oh! [Se refere ao grupo D] Galera, galera Vamos. Eh:: se vocês quiserem podem desfazer o grupo para a gente fazer um debate entre as ideias de vocês, ou então, só virar para mim [o professor se dirige ao quadro, antes estava próximo às equipes. As equipes mantêm-se juntas virando apenas a cadeira para o professor] Eh:: presta atenção. Eu pedi a vocês para escolherem por afinidade ou o grupo escolher um dos argumentos neh? Aí o argumento 1 [o professor ia escrever no quadro mas o piloto estava ruim. O professor troca de piloto] temos o argumento 1 [O professor escreve <i>argumento 1</i> em um dos cantos do quadro] e a gente tem o argumento 2 [O professor escreve <i>argumento 2</i> no outro canto do quadro de vidro]. Tá. A gente tem o grupo A, B, C e D. O grupo A [O professor aponta para o grupo]. Quem é o grupo A aí? levanta a mão só pra eu [Um dos membros do grupo levanta a mão]. Pronto. O grupo escolheu que argumento?
8	00:31:36	Grupo A	Um
9	00:31:37	Professor	Tá. [Escreve no quadro abaixo de <i>argumento 1</i> a palavra <i>grupo A</i>] Ah eu vou pedir agora aquele favor de novo. Liguem [Aluno A1 interrompe o professor estendendo as mãos para entregar seu layout] Daqui a pouco eu pego. É para vocês consultarem se precisar. Liguem de novo por favor. Gravem para mim por favor o áudio da discussão [se refere ao celular que estava sendo utilizado por cada grupo para gravar as discussões entre seus membros]. Eh:: se quiserem tem até o meu emprestado aqui. É bom que eu faço menos uma coleta [Se dirige ao grupo C] Vai gravar aí é? Cadê vocês? Grava aí vai. [Entrega o celular ao grupo] Tá vendo? Eu disse que não era para andar muito com os duendes [O professor brinca com a equipe que se mostra preguiçosa]. Agora é sério vai. Cadê o celular pra gravar? Você tem um celular para gravar aí? [Pergunta a um dos membros da equipe. Eles respondem afirmativamente] Me dá isso aqui [se refere ao celular. Pega o celular de volta. Coloca o celular em cima da mesa] Presta atenção. Grupo A [fala se dirigindo para o quadro]. Presta atenção nas justificativas do grupo A. Porque vocês escolheram esse argumento? qual foi o critério que vocês utilizaram? Por afinidade ou o quê?
10	00:32:49	Aluno A3	Teve critério não.
11	00:32:51	Aluno A1	Por afinidade mesmo. A gente entendeu mais.
12	00:32:54	Professor	Como é?

13	00:32:51	Aluno A1	Explicou mais.
14	00:32:58	Professor	Todo mundo concorda com o que ele está falando? [Pergunta aos membros da equipe]
15	00:33:02	Aluno A2	Explicou mais e entendeu.
16	00:33:05	Aluno A3	Entendi mais.
17	00:33:06		Tá. Tá gravando?
18	00:33:09	Aluno A2	Aqui! Aqui! Tá [fala com a mão levantada]
19	00:33:15	Professor	Por identificação. Identificação [escreve no quadro. Aluno A2 interrompe a fala do professor]
20	00:33:20	Aluno A2	Também entendeu.
21	00:33:21	Professor	Tá. Vou botar. Entendimento [escreve no quadro]. Mais alguma coisa? Vamos dar a voz às mulheres né? já que dizem que a nossa sociedade é machista excludente e eu quero mudar isso [o professor muda de assunto] Se aproxima dos alunos. Antes estava perto do quadro] Eu faço parte de um grupo de pesquisa. Eu tô andando com as mulheres feminista. Você pode aprender muito com elas [Retoma o assunto da aula se dirigindo à única mulher do grupo A.]. Por favor, eu faço questão de ouvir a sua voz.
22	00:33:45	A menina	Não. Eu concordo com eles. [Diz rapidamente com timidez. A turma sorrir pela resposta inesperado]
23	00:33:50	Professor	E porque também concordo [Diz brincando. Escreve <i>concordo</i> no quadro].
24	00:33:54	Aluno A1	E porque concordo com o restante [Diz sorrindo]

25	00:34:00	Professor	Concordo e ponto final [Diz em tom de sorriso]. Só isso mesmo? [Pergunta ao grupo]. Eh:: Grupo B. Tem mais alguma coisa a acrescentar, o grupo A?
26	00:34:12	Aluno A2	Não. Mais nada.
27	00:34:14	Aluno B1	Argumento 1.
28	00:34:15	Professor	Argumento 1 [Se dirige ao quadro e coloca o nome do grupo B abaixo do Argumento 1]. E aí grupo B quais são as justificativas?
29	00:34:23	Aluno B1	Entendimento e afinidade.
38	00:34:38	Professor	Afinidade. Vou fazer uma pergunta. Eh:: Qual das/ Grupo A e Grupo B. Qual das teorias vocês acham que/ A gente tem que levar em consideração o contexto histórico. Hoje a gente tem informações, digamos assim, mais avançadas neh? A gente tem a relatividade geral, essas coisas. Aí eu estou falando isso pra quando vocês responderem responder dentro do contexto. Pra não trazer os duendes e cometas [Faz uma brincadeira remetendo a um fato ocorrido em aula passada]. Qual dessas teorias vocês acham que é mais correta? É a correta, vamos dizer assim. A que vocês escolheram ou a outra?
32	00:35:25	Aluno A2	A que a gente escolheu neh?
32	00:35:25	Professor	Anh?
33	00:35:26	Aluno A2	A que a gente escolheu neh?
34	00:35:28	Professor	Ah tá. Tudo bem. Ele falou a que ele escolheu. [Diz apontando para Aluno A2]. Eu escolheria a que eu acho correta neh? Grupo C [Aponta para o grupo]. Qual foi?
35	00:35:40	Aluno C2 e Aluno C1	Argumento 2 [Aluno C2 e Aluno C1 dizem simultaneamente]

36	00:35:40	Aluno B4	A gente é C? A gente é D né não?
37	00:35:45	Professor	É. É o C.
38	00:35:45	Aluno C1	É esse lei de Newton.
39	00:35:52	Professor	Vou botar aqui. Lei de Newton [escreve no quadro Lei de Newton embaixo do nome Argumento 2]
40	00:35:54	Grupo C	Não.
41	00:35:57	Aluno C1	É lady. Tipo L-A-D-Y [Diz soletrando]
42	00:36:04	Professor	Ah! vocês escreveram em inglês [O professor escreve errado].
43	00:36:10	Aluno C1	Não professor. L-A-D-Y. [O professor corrige o que tinha escrito] Agora Newton normal [O professor escreve no quadro Lady Newton. A turma dar risada achando legal a brincadeira. O professor entra no clima].
44	00:36:27	Professor	Vamos. Porque vocês escolheram isso? [O grupo pensa que o professor se refere ao nome da equipe. Dão alguma resposta indecifrável que faz a turma dar gargalhada. O professor sorrir com eles e diz]. Porque você escolheu esse argumento [Fala sorrindo e enquanto a turma todo sorrir]. Essa galera chegou na universidade agora. Imaginem. Não passem perto da senzala [Todos dão risada]. Não passem não gente. Vocês não precisam [Eles respondem alguma coisa em tom de brincadeira. Não dar pra escutar direito por conta dos risos da turma]. Vai.
45	00:36:52	Aluno C1	Eu achei o argumento 2 melhor porque ele se preocupa em pegar algo do cotidiano para ir além dele, então ele faz experimento aqui na terra pra poder, Eh:: criar leis gerais que ele possa aplicar mesmo fora [???]. E é por isso que acho que o argumento 2 seria mais válido [O professor escreve no quadra alguns pontos da fala do aluno].
46	00:37:14	Aluno C3	Eu me identifiquei com ele. O que disseram/ [diz algo intraduzível]
47	00:37:15	Aluno C2	Identificação.

48	00:37:22	Aluno C3	É.
49	00:37:23	Professor	Mais alguma coisa? [O grupo fala identificação e o professor acrescenta o nome no quadro]. Identificação. Mais alguma coisa? Mas alguma coisa?
50	00:37:47	Aluno C1	Acho que por ser matemática. Por ter uma matemática bem forte você:: você acaba tendo interpretações erradas.
51	00:37:54	Professor	Por causa de matemática também?
52	00:37:54	Aluno C1	É.
53	00:37:58	Professor	Por causa de matemática também?
54	00:37:58	Aluno C1	É. Coloca matematicamente.
55	00:38:01	Professor	Matematização/ [O professor escreve matematização no quadro]
56	00:38:02	Aluno C1	Algo mais teórico. E esse daí tem duas partes a teórica e a matemática.
57	00:38:10	Professor	Como é?
58	00:38:11	Aluno C1	É teórico-matemático.
59	00:38:13	Aluno A1	O argumento dois usa bastante geometria né? [Professor escreve no quadro teórico-matemático e geometria]
60		Professor	Teórico-matemático e geometria [Fala essas frases enquanto escreve-as no quadro]. Tudo Isso. Mais alguma coisa? Grupo C [o professor fala se referindo ao grupo D]?

61	00:38:30	Aluno A1	D [O aluno corrige o professor]
62	00:38:33	Professor	D. Argumento qual? Um não foi?
63	00:38:5	Aluno D1	Argumento 1.
64	00:38:40	Professor	E aí? Quais são as justificativas que vocês utilizaram?
65	00:38:45	Aluno D1	Na verdade Na verdade eu não entendeu muito bem nenhum dos dois, então eu peguei o que eu achei mais simples.
66	00:38:54	Algum aluno	O mais simples. Entendimento no caso.
67	00:38:56	Professor	Não. É diferente por entendimento e por simplicidade. Porque entendimento você [entende] os dois e não entendeu um. Simplicidade você está confuso com os dois daí você acha que o outro é mais fácil. [Enquanto o fala algum aluno diz: Justamente]. Tá, tudo bem. Então vamos fazer assim, Eh:: Então convençam/ convençam porquê. Grupo. Grupo quem escolheu o argumento um, porque vocês acham que a melhor explicação seria o argumento um, Eh:: Quem escolheu o argumento um e quem escolheu o argumento dois [fala apontando para o grupo C]. Porque o melhor argumento é o argumento 2, neh? [Fala apontando para as informações sobre o argumento dois escritas no quadro]. A gente poderia fazer uma discussão aqui sobre isso. [O professor ia falar alguma coisa mas foi interrompido por Aluno A1]
68	00:40:00	Aluno A1	Acho que os dois <não> estão um pouco páreo aí.
69	00:40:03	Professor	Han?
70	00:40:03	Aluno B1	Isso é uma pequena covardia [Levanta a mão mostrando três dedos. Se refere ao fato de que 3 dos 4 grupos escolheram o argumento um. Abre os braços com a as palmas para cima como se discordasse]
71	00:40:04	Professor	Não. Porque aqui a gente não está fazendo um discurso de autoritarismo. Neh? Não é a maioria que ganha. Nós estamos no discurso de autoridade. Quem ganha é o quê? É o argumento. Aqui quem ganha é quem conseguir fazer o argumento. A gente vai ser convencido pelo argumento. A gente não vai ganhar no grito no final das conta. Entendeu?

			É isso que eu quero dizer. [Aluno B1 balança a cabeça positivamente timidamente]. Então vamos [O professor é interrompido por Aluno A1]
72	00:40:34	Aluno A1	Eu acho, tipo/ o argumento dois leva uma leve vantagem que o argumento um justamente por usar mais matemática/ por usar mais geometria e aí enriquece mais o argumento a matemática. [O professor vai até a mesa pega a garrafa d'água e retorna]
73	00:40:46	Professor	Vai. Fala. [Diz a Aluno A1 que calou por ser interrompido por Aluno B4. Começa a beber água]
74	00:40:48	Aluno C1	Não tem uma ordem? Tipo, primeiro o argumento 1 vai falar, depois o argumento 2 [vários alunos falam juntos. Parece haver vários ponto de vista de como essa discussão pode ser realizada. Não dá para entender o resto da fala de Aluno C1]
75	00:40:54	Professor	Não. Vamos fazer assim/.
76	00:40:57	Aluno C1	Eu só tô perguntando! [Fala em resposta à polêmica que surgiu na sala]
77	00:40:58	Professor	Eu sei. Pode ser. Pode ser pra mim.
78	00:41:00	Aluno C1	Se existe isso de uma ordem pra falar.
79	00:41:03	Professor	Tipo assim. Eh:: Ele sugeriu que o argumento 1 falasse primeiro, depois viesse com o argumento 2 e aí a gente pode/ Tá! tudo bem. Então, argumento 1/ vocês todos do argumento 1, Eh:: em termo do que está aí [o professor vai até a mesa pagar uma folha semelhante à que deu para os alunos escrever seu argumento conforme o <i>layout</i> de Toulmin] apresenta pra gente o argumento 1, faça o favor. Em termos do que está aí, o que é que vocês escolheram como justificativas, como dados, como fundamentos neh? E de que forma, Eh::, vocês acham que esse argumento ele é capaz de explicar o problema das órbitas dos planetas? hein? [Pega o <i>layout</i> e retorna para a frente do quadro em um região mais próximo dos alunos] Vocês hoje estão caladerrimos neh? Todo dia discussão, hoje/ Bora aí. [Algum aluno fala: para ou não para. Essa fala é referente a um outro contexto de discussão que aconteceu em uma das aulas] Vai. Para ou não para?

80	00:41:55	Aluno A1	O que eu entendi do argumento 1 é que ele é baseado um conjunto de tendências. Quando corpo está em movimento/ [o professor pede que os outros alunos prestem atenção em seguida pede que Aluno A1 continue com a sua fala] Quando, como no caso, tá em movimento circular ele tem a tendência de, ele tem a/ O corpo no movimento circular ele tem a tendência de, Eh::, percorrer o movimento tangencial, no caso, por exemplo, a todo instante o corpo em círculo ele tem a tendência de sair da circunferência tangencialmente a ela. A velocidade a direção é sempre tangente à circunferência e a outra tendência seria a questão centrífuga que o corpo tende a se afastar da circunferência. Então o entendimento é baseado nessas duas tendências, parece que no movimento circular.
81	00:42:44	Professor	Eu vou botar aqui [Vai para o quadro] o cara falou as causas neh? [Divide o quadro em três partes] Argumento 1. O brother trouxe aqui oh [aponta para Aluno A1] Aluno A1 trouxe aqui, tendência centrífuga [escreve no quadro tendência centrífuga]. Vou botar aqui fuga tangencial. Neh isso? [Escreve no quadro fuga tangencial]. Tá. Tudo bem. Você queria explicar [aponta para Aluno A2]. Vai, fala.
82	00:43:23	Aluno A2	É assim, pelo que eu entendi, o argumento 1 fala assim: ele primeiro analisa a questão de/ o problema das leis naturais. [Professor: isso] A questão do que diz que um corpo quando permanece em movimento tem que permanecer em movimento até que alguém/ [Professor: até que algo] até que algo altere isso daí. Aí o problema deles foi porque eles se baseavam nessas leis naturais e queria explicar o problema dos corpos só que gerou um problema porque não tinha como explicar porque se fosse baseado pela lei, os corpos, as órbitas teriam que ficar em reta e o que é que explicaria essa curva? Aí eles criaram no caso tendência centrífuga que foi uma forma de explicar porque os corpos faziam essas órbitas [desenha um círculo no ar com o dedo indicador]
83	00:44:12	Aluno A3	Não! [fala ao retornar para a sala]
84	00:44:13	Aluno A2	O cara já chega tumultuando [fala brincando]
85	00:44:15	Professor	Vou sentar porque agora o cara chegou. Disse: não professor tá errado eu vou mostrar o que é certo [fala brincando]
86	00:44:21	Aluno A3	Eu tô brincando/ [os alunos dão risada]. Eu vou parar de brincar.
87	00:44:27	Professor	Não. Pode brincar. Você tá vendo que eu estou brincando também. Aqui pode. Mas brincar sério. Tá. [Se refere a Aluno A2]

88	00:44:34	Aluno A2	Eu acho que foi por causa disso. Por isso que, a primeira lei no caso, o argumento 1 se baseia nisso: na questão da lei em contradição, em contradição a essa lei ou uma nova informação. Pra partir dessas leis naturais ele criou uma nova proposição fundamental ou alguma ideia fundamental pra explicar o movimento das órbitas.
89	00:45:02	Aluno A1	Eu acho que também faltou nesse argumento 1, tipo, falar é de uma força externa centrípeta que no caso Eh:: algo que atraia o corpo pro centro.
90	00:45:15	Aluno A2	Mas é porque, assim, segundo o que/ porque como ele diz aqui que o/ que eles ficariam em linha reta, a centrífuga faria com que essa linha reta, no caso inclinasse, desviasse. Entendeu? É por isso que ele não abordou a centrípeta e sim a centrífuga pra fugir da linha central, no caso. Aí ficaria, tipo, uma centrífuga pra fugir da linha central, no caso, e ficaria uma/
91	00:45:39	Aluno A1	A tangencial?
92	00:45:41	Aluno A2	É. Ele pegou, tipo, a tangencial e botou uma força centrífuga.
93	00:45:45	Professor	Você acha que está incompleto o argumento, né? [Se refere a Aluno A1] O argumento dois [é interrompido por Aluno A3 aluno do mesmo grupo de Aluno A2 e Aluno A1]
94	00:45:53	Aluno A3	Agora, ôh Professor. Professor. Eu interpretei assim também. Por exemplo, você tem uma curva.
95	00:45:59	Professor	Presta atenção viu.
96	00:45:59	Aluno A3	Eu não sei se eu estou errado, se estou errado tranquilo. Se tiver uma curva, em cada ponto ele tende pro centro ôh [Fala querendo corrigir o que disse] pra tangencial.
97	00:46:14	Professor	Pronto, é isso aqui que você está falando [vai em direção ao quadro]. Vou desenhar aqui [desenha uma curva circular no canto superior esquerdo do quadro até este lado]. É isso aqui que você está falando. Desenhar aqui. Aqui vai ser o/. Aí você tá falando aqui nesse ponto, você tá dizendo que ele tende [desenha um vetor perpendicular a um ponto na curva]

98	00:46:23	Aluno A3	Não. Assim. [Faz um sinal com as mão representando a direção do vetor]
99	00:46:28	Aluno B1	Pra baixo [o professor e Aluno A3 repetem para baixo. Para baixo significa tangencial à curva. O professor desenha um vetor tangencial]
100	00:46:30	Aluno A2	Paralelo.
101	00:46:32	Aluno A3	Isso. Ai se ele estiver um pouquinho mais embaixo na curva ele vai estar mais um pouco pra esquerda [O professor desenha outro vetor tangente em outro ponto na curva]. Isso. Foi isso que entendi, da tendência centrífuga ser esse movimento retilíneo em cada ponto. Então o fato de, como em cada ponto ele vai tá em uma direção diferente, ele vai girar. Entendeu? Isso foi o que eu entendi.
102	00:46:51	Professor	Mas presta atenção. O que é a tendência Centrífuga? O que seria a tendência centrífuga?
103	00:47:00	Aluno A1	É a tendência de fugir do centro né? Se afastar do centro.
104		Aluno A2	É a tendência de. Fuga do/
105	00:47:03	Professor	Se afastar do centro. É a tendência de se afastar do centro. Presta atenção aqui. Eu fiz aqui de propósito para pegar esse botão aqui como centro. Então se a gente tá falando de tendência centrífuga a gente tá falando isso aqui, a tendência de se afastar do centro [Desenha uma seta que sai do centro da curva e passa perpendicular ao seu contorno. Apaga a parte da seta interna a curva] Seria nesse ponto aqui também. A gente teria a tendência centrífuga. [Desenha uma seta semelhante saindo por outro ponto do contorno da curva] Se fosse a centrípeta é só fazer aqui oh [completa a seta que representa a tendência centrífuga com uma seta apontando para o centro da curva]. Né isso? Aqui é centrífuga e aqui é centrípeta [Coloca as siglas TG na seta apontando para o fora da curva e TP para a seta apontada no sentido oposto]. Uma tem G e outra tem P. Fica melhor assim. Então presta atenção. Aí eu tô falando oh, tem a ver com o que você tá falando oh. Aqui seria a tendência::? [Pergunta a Aluno A3 apontando para a linha que ele pediu para desenhar na curva]
106	00:47:52	Algum aluno fala	Aí seria o movimento retilíneo.

107	00:47:53	Aluno A3	Aí seria a:: a::
108	00:47:56	Aluno A2	A tangencial.
109	00:47:58	Aluno A3	Isso. A tangencial.
110	00:48:00	Professor	Vou botar aqui tangencial [escrever a sigla TAG na linha tangente à curva] que pode ser TAG. Depois vocês vão aprender isso aí, Eh::, ok. Pra você, sim. É aquilo ali que você está falando. [Aponta para o desenho no quadro olhando para Aluno A3].
111		Aluno A2	A aceleração mesmo seria a resultante da tangencial com a centrípeta [???) foi o que a gente estudou hoje [Fala diretamente para o seu grupo]
112	00:48:32	Aluno A3	Isso. Aí você tem no caso aí, colocando a parte centrífuga e centrípeta, seria uma resultante, no caso. [Fala com o professor se referindo à tangencial]
113	00:48:44	Professor	Então me digam então como é que essa órbita aí ela é mantida. Aí você tá me dando duas tendências a centrífuga e a/ o que essa lei aqui oh [aponta para a Linha Tangente a curva]. Essa tangente aqui tá obedecendo ao o quê?
114	00:49:09	Aluno A3	A lei de Newton [Demora alguns segundos antes de responder]
115	00:49:10	Professor	Lei de Newton?
116	00:49:11	Aluno A3	Do movimento retilíneo.
117	00:49:13	Professor	Ah! você está falando do movimento retilíneo. Eu vou botar aqui oh MUV [escreve no MUV (movimento retilíneo uniforme) na linha TAG] Mas não vamos pensar no movimento retilíneo uniforme, vamos pensar só no movimento retilíneo. É MU não é? [Troca no quadro a sigla MUV para MU. Corrige seu erro]. É RU ou MRU. Eu botei MRU mas o movimento uniforme/

118	00:49:35	Aluno A3	Deixa MU mesmo.
119	00:49:38	Professor	MRU [Escreve no quadro]. Movimento retilíneo uniforme. Agora sim. Eu troquei movimento uniforme. Tá. A explicação dele é essa. Isso é suficiente para explicar? Vocês acham, quem escolheu o argumento 1, isso aqui é suficiente para explicar o, o/ [Faz um círculo no ar]
120	00:49:58	Aluno A2	Rapaz eu entendi outra forma. Eu entendi no caso, estaria em linha reta e, no caso, como ele tá puxando pro: /
121	00:50:05	Professor	Pro centro?
122	00:50:06	Aluno A2	Não. Ele tá se afastando do centro. Então, no caso, se eu tô em linha reta eu tô sendo empurrado pra cá [Faz um movimento com o braço como se estivesse desenhando os lados de um hexágono. O braço representa o vetor tangente a uma curva]. É por isso que movimentar, no caso, faria o movimento das órbitas, no caso, como se estivesse puxando essa tangencial pra fora [O professor desenha uma linha tangente à curva] e no caso por isso tá gerando a:: a:: a coisa. Como se tivesse um corpo em linha reta. É como se tivesse puxando esse corpo. Aí, no caso, ele estaria, essa tangencial, estaria variando.
123	00:50:35	Professor	Tem um negócio aí. Beleza só que a gente tem que dar voz ao pessoal e eu tô sem relógio [Aluno A3 diz as hora ao professor]. Vou chegar em vocês agora [Aponta para o grupo C]. É porque eu quero que eles tragam todos os elementos para depois vocês trazerem o de vocês e aí a gente discutir tudo isso que eu tô desenhando também. Ah o que você falou [Aponta para Aluno A2]. Oh, você falou que, Eh::, você entendeu isso aqui.
124		Aluno A2	Puxando não. Não seria o termo puxando. É porque eu não sei/
125	00:51:01	Aluno A2	Um corpo vem em linha reta.
126	00:51:02	Professor	Pah. Né isso? [Desenha no quadro sobre um ponto na curva a FG e a TAG mais uma direção resultante da combinação dos vetores]
127	00:51:04	Aluno A2	E no caso essa::

128	00:51:06	Professor	E tem isso aqui.
129	00:51:07	Aluno A2	Estaria no caso/ é que eu não sei o termo, mas um termo assim no cotidiano seria tá empurrando.
130	00:51:18	Professor	Tá, entendi. Mas vamos falar tendência centrífuga. Não, use a palavra sua que aí depois eu vejo o que significa.
131	00:51:24	Aluno A2	É que eu não sei o termo, mas no caso estaria empurrando e fazendo com que ele meio que fizesse essa curva assim.
132	00:51:31	Professor	Mas eu não tô entendendo. O que é que está fazendo ele [faz o sinal de girar com o braço]
133	00:51:35	Aluno A2	A tendência centrífuga
134	00:51:36	Professor	É a tendência centrífuga que tá fazendo ele [faz sinal de girar com o braço]
135	00:51:38	Aluno A2	Que empurraria/ É que eu não sei.
136	00:51:40	Professor	Mas eu quero saber a curva [Aluno B2 levanta a mão pedindo a fala].
137	00:51:44	Aluno A2	Mas, peraí deixa eu ir aí explicar [levanta da cadeira e se dirige ao quadro. O professor estende a mão oferecendo o piloto para Aluno A2]
138	00:51:48	Professor	Você agora/ calma. Lembra de Harry Potter da varinha? [Fala brincando. Os dois falam alguma coisa intraduzível em tom de brincadeira. A turma dar risada] Já vi que essa varinha não era pra ele não [fala isso porque o piloto não escreveu. A turma dar risada] Porque dizem que é a varinha que escolhe o dono neh? Ah essa aí [Pega um piloto que funciona].
139	00:52:18	Aluno A2	Aqui, por exemplo/ aqui, no caso, vou botar, no caso, um corpo aqui [Desenha um círculo no quadro] Aqui no caso para ele fazer essa curva aqui ele vai ter uma aceleração no caso pra cá [Escreve um vetor no sentido escapando do centro da curva]. Ai é como se, quando ele chegar aqui nesse ponto, vai ter outra aceleração aqui. Aí vai começar a ter uma

			aceleração tangencial. Aceleração centrípeta/ aí no caso essa aceleração vai fazer com que esse corpo quando aqui chegar aqui.
140	00:52:47	Professor	Tô entendendo. Ele se mantenha nessa curva [Aponta para a curva desenhado no quadro pelo aluno]
141	00:52:51	Aluno A2	Só que agora ele vai ficar meio que inclinado. Só que, no caso, vai percorrer toda a circunferência. [Aluno C1 pede a fala]
142	00:53:00	Professor	Pronto, vou chegar lá [aponta para o grupo A]. Vou pra você [Aponta para Aluno C2] aí volto rapidinho. Ah você quer falar disso aqui é?
143	00:53:06	Aluno C1	Isso você explica numa curva que tenha um limite material.
144	00:53:13	Professor	Pronto, alguma coisa que ele tá trazendo aqui.
145	00:53:16	Aluno C1	Porque quando você está em uma órbita, numa órbita não existe esse limite material pra poder fazer esse.
146	00:53:22	Professor	É porque ele tá ele tá sendo coerente com o argumento dele [o argumento dois não precisa de um universo preenchido para ter validade] olha o Aluno C1 tá dizendo que você está errado. Você vai deixar é? [Aluno B2 pede a fala]. Mete porrada nele, no argumento.
147	00:53:36	Aluno A2	Corajoso mexer com os caras dos duendes.
148	00:53:39	Aluno A1	Professor tá botando pressão.
149		Professor	Se eu fosse você agora pegava o <i>layout</i> de Toulmin na cabeça dele assim oh “você tá errado por causa disso e isso, isso e aquilo outro oh”. Ah! você quer falar [Aponta para Aluno B2]
150	00:53:52	Aluno B2	É porque também na conclusão ele fala que a matéria do espaço é superior as órbitas dos planetas, faz com que ele tenha essa [Desenha com o dedo um círculo no espaço]

151	00:54:05	Professor	Olha o que ele tá trazendo aí. O limite material que você [aponta para Aluno A2] Você tá dizendo que esse é o limite material é?
152	00:54:14	Aluno B2	Na conclusão ele fala que no espaço a matéria do espaço é superior às das órbitas dos planetas aí faz com que ele tenha essa [Desenha um círculo no espaço novamente]
153	00:54:24	Professor	Você tá vendo o que ele tá falando? Ele tá dizendo isso aí o veí [O professor sublinha a curva desenhado por Aluno A2]. Existe [escreve existe na linha]. Mas o que seria isso aí? como é que no texto fala?
154	00:54:38	Aluno A2	É porque ele fala que quanto maior for o corpo maior vai ser a tendência centrífuga dele.
155	00:54:46	Professor	E ele ainda tá dizendo que essa tendência, eu vou fazer uma coisa aqui, ela é proporcional à extensão. Botar aqui diretamente proporcional à extensão [Aluno A2 para o grupo: Que no caso seria a massa né?] e velocidade. Eu aproveitei pra trazer, aí ele tá trazendo isso aqui oh, a galera que tá fazendo campanha para o argumento 1 eles trouxeram isso aqui [Aluno C2 fala alguma coisa intraduzível. Parece solicitar discutir o argumento 2] Vamos chegar, calma [Responde a Aluno C2]. Eles trouxeram isso aqui [Seleciona algumas anotações no quadro]. Tendência centrífuga, curva tangencial [O professor solta duas outras anotações que fez no quadro] e aí ele tá trazendo outro elemento importante, a matéria do espaço né? [Anota isso no quadro] Matéria do espaço que foi ele que trouxe lá [Aponta para Aluno B2]. Esqueci teu nome. Como é?
156	00:55:55	Aluno B2	Aluno B2.
157	00:55:56	Professor	Aluno B2. Aluno B2 trouxe, bom guarda isso aí [aponta para o grupo C] vamos dar voz aos caras porque senão daqui a pouco os caras vão sair da sala porque vão dizer "ah! o professor não me dá atenção". Eu tô brincando. Vá.
158	00:56:08	Aluno C1	Primeiro, qual é o fundamento que você usa para justificar que existe essa, essa parede material aí? Isso que ele falou agora, qual o fundamento? Como é que você sabe que ele tá lá se, sei lá, você não tem nem um espectrômetro pra saber o tipo de material que tem lá? [Fala para o professor apontando para o desenho de Aluno A2]
159	00:56:25	Professor	Rapaz vira pra ele essa pergunta aí. E agora? Cara [Aluno C1 vira para o grupo A e refaz a pergunta].

160	00:56:34	Aluno A2	O que tu tá falando aí vei?
161	00:56:35	Aluno C1	Qual o fundamento que vocês utilizam para dizer que existe mesmo isso daí? [Fala virado para o grupo A].
162	00:56:45	Aluno A2	Aí eu acredito que seja a teoria, é:: que antes eles falam de teorias que ele se baseiam, aí eles falam do sistema copernicano, aí que ele fala que tem uma/ que ele conseguiu uma escala pro sistema solar e que determinou com precisão a distâncias dos planetas e seus tempos de revoluções.
163	00:57:03	Aluno C1	Mas/
164	00:57:03	Professor	Vejam [Aluno A4 levanta o braço pedindo a palavra]. Vou agora [fala apontando para Aluno A4]. Olha o que ele falou aqui oh. Uma coisa interessante. Veja como funciona/ e ele tava com/. [Aponta para Aluno B2] o que é justificativa [se refere a uma pergunta feita ao professor em outro momento]. Aí ele falou oh [aponta para Aluno C1] “em que vocês fundamentam?” porque você trouxe uma justificativa [Aponta para Aluno A2]. Aí ele tá falando lá [Aponta para Aluno B2] “teoria tal”. Tá vendo? Ele trouxe lá uma teoria. Eu queria pontuar isso porque ele ficou meio na dúvida do que é um fundamento, uma justificativa, quer dizer, ele deu uma justificativa [Aponta para Aluno A2] dizendo “Não, é assim que acontece” aí o cara fala “Não, pera aí, mas qual é a lógica disso?” aí ele traz aqui a ideia [Aponta para Aluno B2] entendeu? Voltando. Ah, tudo bem, então ele respondeu a sua pergunta assim oh “existe uma lei meu irmão” Lei, você sabe o que é lei? Tá. Ele trouxe uma lei né?
165		Aluno C1	Qual?
166	00:58:10	Aluno A2	Ele trouxe a questão do sistema copernicano. Ele disse que quando/ que o sistema copernicano foi capaz de fornecer uma escala pro sistema solar.
167	00:58:21	Professor	Mas aí você tá trazendo como? [Aluno C1 fala alguma coisa. O professor faz sinal com a mão para ele esperar]
168	00:58:22	Aluno A2	Justificativa.

169	00:58:24	Aluno C1	Só que esse fundamento não responde minha pergunta, tipo, eu quero saber/ imagina aquele meio material lá [aponta para o quadro] como se fosse aquela tendência que ele tá apontando agora [aponta para Aluno B2] isso aí que ele tá falando no espaço/ como é que você sabe que existe? O modelo copernicano não vai te dizer que isso existe.
170	00:58:47	Aluno A2	Porque você perguntou sobre a questão da massa, quero dizer, a questão da extensão, do volume, essa coisa assim.
171	00:58:50	Aluno A1	Você quer saber porque existe a tendência centrífuga?
172	00:58:54	Aluno C1	Tá vendo aquele meio material que ele tá falando [Aponta para o quadro]
173	00:58:58	Professor	É isso aqui que ele tá falando [se aproxima do quadro e destaca a curva]
174	00:59:00	Aluno C1	É tipo, entre aspas, o meio material. Essa paradinha que ele tá falando ali oh, é tipo, um meio material que fica no universo. Ele justificou, como é que foi que ele falou?
175	00:59:12	Professor	Ah! ele queria falar. Deixa ele falar aqui rapidinho, que ele pediu pra falar [Aponta para Aluno A4]
176	00:59:17	Aluno A3	Pra ver se existe esse meio material?
177	00:59:19	Aluno C1	É porque ele justifica que existe algo que faz ela tá sempre mudando ele pra cá e disse que é tipo em torno. Eu não entendi [Aluno B2 levanta a mão pedindo a palavra]
178	00:59:27	Aluno A2	É pela tendência centrífuga. Faz com que essa aceleração seja variada, entendeu? Conforme o, fazendo a curva, conforme você vai fazendo a curva essa tendência centrífuga faz com que essa aceleração, no caso essa tangencial, faz com que ela varia e você consiga fazer a curva.
179	00:59:47	Aluno A3	Aí né trajetória? Não entendi como um meio material não/ eu entendi como se fosse a trajetória [Se refere ao desenho de Aluno A2]

180	00:59:52	Professor	Não. Mas é:: o que eu entendi foi o seguinte/ realmente é trajetória. O que ele tá dizendo é o seguinte/ é que essa trajetória é mantida [Destaca a trajetória escrita no quadro] por conta do que você falou [Aluno B2 levanta a mão pedindo a palavra] isso aí só serve se tiver um meio material. Ele tá dizendo assim, se eu não entendi você me ajuda/ porque ele tá dizendo que existe sim esse meio material. Foi isso que você falou? [Aponta para Aluno A2. Aluno A2 responde afirmativamente].
181	01:00:16	Aluno C1	Eu quero saber do que é esse meio material?
182	01:00:18	Professor	Aí ele tá associando isso com a/ ele completou lá [Aponta para Aluno B2] associou à tendência né? Centrífuga. Ele falou que a tendência centrífuga é proporcional à matéria. Então no final das contas ele está dizendo que existe [se aproxima de Aluno A3]
183	01:00:40	Aluno A1	O meio material do ambiente? [Aluno A1 faz a pergunta a Aluno C1. O professor que falava cala e presta atenção nessa conversa paralela]
184	01:00:42	Aluno C1	Hein? É. É isso mesmo. Porque aqui ele tá colocando como se fosse uma rampa aí eu falei não dá esse limite não existe no ar. Então ele limita. Aí então ele falou não... [interrompe a fala]
185	01:00:56	Aluno A2	É que ele falou assim/ que a tendência centrífuga pode ser mensurada pelo produto da sua extensão com sua velocidade até certo limite do espaço. Então ele limita o lugar do espaço [ler um trecho do texto para o professor enquanto Aluno C1 responde paralelamente a Aluno A1. Aluno C1: É tipo isso porque ali onde ele botou como se fosse uma rampa/ aí eu falei não delimita o espaço]
186		Professor	Entendeu gente? [Aluno A4 levanta a caneta pedindo a palavra]
187	01:00:57	Aluno A3	Ah não, não tem meio material não.
188	01:00:59	Aluno C1	Tem meio material sim
189	01:01:00	Aluno A3	Tá no vácuo.

190	01:01:01	Aluno C1	Começa a ficar no vácuo a partir de agora
191	01:01:03	Professor	Deixo eu só rapidinho [fala tentando dar a voz ao Aluno A4, mas Aluno A3 continua falando]
192	01:01:04	Aluno A3	A gente, a gente vei [aponta para Aluno C1] não falou em momento algum em relação de material não.
193	01:01:10	Aluno C1	Ok. Eu vou repetir. Beleza, eu falei. Ele falou, vou tratar ali como se fosse uma rampa, você pode.
194		Aluno A2	Ali foi um exemplo para tentar explicar a parada. Eu tentei explicar a parada aí ficou mais confuso.
195	01:01:22	Aluno A3	Você que tá falando.
196	01:01:27	Aluno C1	Tá bom. Eu tô falando, alí é uma rampa. Aí eu digo/
197	01:01:29	Aluno A2	Uma rampa não vei. Ali é uma curva. Olha a abstração duendes, olha os duendes.
198	01:01:33	Aluno C1	Para aí, deixa eu falar.
199	01:01:34	Professor	Calma, deixa o cara falar.
200	01:01:36	Aluno C1	Eu tô levando aquilo como se fosse uma curva [aponta]/ eu falei/ aquilo alí se trata de um meio material/ e quando é de órbitas/ que os objetos não se tocam/ o que é que faz aquilo alí se mover?/ qual o limite material? qual é o limite que faz ele ter uma força inversa [O professor diz paralelamente: Essa é a pergunta dele][Enquanto Aluno C1 fala, diz o professor:calma eu vou passar pra você [aponta para Aluno A4]/ e depois pra você [aponta para Aluno B2]]
201	01:01:52	Aluno A3	Não tem diferença de órbita nem de rampa não/ não precisa de ter material pra trajetória/ inclusive a trajetória dos corpos/
202	01:02:02	Professor	Mas vocês entenderam?

203			[Muita gente conversando ao mesmo tempo. Áudio indecifrável]
204	01:02:09	Professor	Man/ man/ man/ entenda/ mas o que ele está dizendo é o seguinte/ o que ele está perguntando no final das contas/ olha aqui oh/ mas então o que é que faz/ na cabeça dele né/ eu tô dizendo na cabeça dele no sentido de que é uma [???] o que eu tô entendendo do argumento dele é que ele disse que isso que vocês trouxeram só se aplica se existir algum meio material que impeça o corpo sair dessa trajetória [percorre a trajetória com o piloto]/
205	01:02:40	Aluno C1	Nesse exemplo/
206	01:02:42	Professor	Nesse exemplo que ele trouxe/ e aí ele tá perguntando/ sim/ tá/ vamos pensar agora na órbita dos planetas/ se isso aqui só serve se tiver um meio [Aluno A3 interrompe o professor]
207	01:02:50	Aluno A3	Mas a gente não falou isso professor [fala o nome do professor]
208		Professor	Não [o professor coloca as mão na cabeça] eu sei que não tá/ mas entenda/ [Aluno A3 fala paralelamente ao professor. Aluno A3: A gente não falou isso que depende do meio/]
209	01:02:58	Aluno A2	Aqui/ Aqui oh/ ele fala/ aí ele fala aqui né? [Começa a ler o texto] Que esse constante desvio do planeta que é/ esse constante desvio é devido a matéria do espaço imediatamente superior à órbita do planeta [Aluno C1 conserta a postura erguendo o tronco e em seguida abre os os braços. Virado para Aluno A2 para falar. Aluno C1 : é essa matéria que eles não sabem o que é] que gira em torno do sol e que pode ser dotada de maior tendência centrífuga que o planeta que retém sua trajetória
210	01:03:12	Professor	Entendeu? [Pergunta para Aluno A3]
211	01:03:14	Aluno C1	Não falou/ Não falou de matéria agora? [Concomitantemente à sua fala, estende a palma da mão direita para Aluno A3 como se pedisse para ele esperar antes de falar alguma coisa]/ você tá percebendo que [???]. Levanta da cadeira e vai até o quadro]/ essa linha aqui [aponta para a trajetória] é o que ele acabou de chamar de matéria/
212	01:03:26	Professor	Espera um pouquinho/ aguarda um minutinho/ [pega no ombro de Aluno C1 empurrando-o cordialmente para a sua cadeira]/ aguarda um pouquinho aqui que eu quero ouvir o que os dois tem a falar [Aponta para a frente. Se refere a

			Aluno A4 e a Aluno B2]/ e depois você volta [Aluno C1 chega próximo a sua cadeira. Fica de pé e tenta esclarecer Aluno A3 de lá]/
213	01:03:33	Aluno C1	Em linhas gerais/ eu sei que é trajetória/ mas superior a ela/ não é essa regra?/
214	01:03:37	Aluno A3	Aí é com/
215	01:03:38	Professor	Tá entendendo [se dirige a Aluno A3]/
216	01:03:39	Aluno A4	Pra definir nosso argumento a gente só pode trazer elementos do texto/ correto? [Algum aluno responde “Exatamente”]
217	01:03:42	Professor	Vocês querem trazer coisas extras?
218	01:03:45	Aluno A4	O fato é o seguinte/ ninguém do grupo falou que a matéria do espaço é a trajetória e sim os corpo/ o que é que acontece/ desde de/ posso dizer/ desde a antiguidade clássica que a gente observa os astros/ e o fato é que a gente sabe que eles estão se movendo/ a gente sabe muito bem que eles se movem/ e é um fato também que não existe nada entre os planetas/ muito pelo contrário/ eles achavam que existia um/ Eh::/ um/ [Vários alunos falam: O éter]/ isso/ o éter/ que ligava e tal/ enfim/ mas/ essa/ essa força/ vou chamar de força central na linguagem newAluno C2ana/ essa força age à distância [estala os dedos]/ [Professor: Vocês estão prestando aqui né?]/ e se essa força age à distância não é necessário que exista uma/ uma ligação né/ [Aluno C1 ergue o braço pedindo a palavra]/ então não é uma força de contato/ é uma força de campo/ entendeu?/
219	01:04:31	Aluno C1	Não foi ele que trouxe essa ideia/ a partir do argumento de vocês que eu tô colocando um material/ uma matéria ali/ que desviava esse/
220	01:04:41	Aluno A2	É porque no/ no caso/ eu quis falar que é a aceleração no caso/ centrífuga que faz com que essa/ varie essa outra aceleração porque/ como a gente sabe no movimento circular que a gente estudou/ que alguma coisa vai ter que/ o movimento ele precisa de alguma coisa pra variar ele/ [Aluno C1 : Tá certo]/ no caso/ pode ser a aceleração/ aí geralmente é a aceleração que varia esse movimento/ no caso/ nesse caso foi a aceleração centrífuga que variou esse movimento/ o movimento/ mas não a trajetó/ não o corpo/

221	01:05:11	Professor	Peraí/ rapidinho/ deixa/ ele quer falar/ desistiu?/ desistiu?/ então eu vou embora/ se ele não falar/ terminou a aula/ fala rapaz/ fala rapaz/ que é isso?/ você vai guardar conhecimento para você/ cara egoísta/
222	01:05:31	Aluno B3	E que eu tava perguntando... [a discussão sobre o material continua]
223	01:05:35	Professor	Peraí/ peraí/ peraí/ [Fala para O grupo A e C que começa uma discussão paralela]
224	01:05:38	Aluno C2	Qual o fundamento desse meio material existir?/
225	01:05:40	Aluno A1	Provavelmente deve ser o éter de Aristóteles/
226	01:05:43	Aluno C1	Então/ pronto falou/ eu tô perguntando é isso [???]/ Aluno A1 eu tô perguntando no que você se baseia/ uma justificativa plausível/ pra que exista isso/ ele disse que é/
227	01:06:05	Aluno B4	Só que no texto fala que no final das contas/ [???] e não que o éter pode ser o limite/ e o desenho dele ali explica que na trajetória que ele vai tomar / [???]/ tanto é que na página no desenho explica que ele sofre a ação [???]
228	01:06:17	Professor	Peraí/ vamos deixar ele falar aqui/ fala/
229	01:06:21	Aluno B3	Eu tô querendo entender o que é que faz aquela tendência ali/ aquela curva neh/ eu ia só lhe falar que vei/ o argumento 1 se baseia que o universo é pleno/ que não tem o vazio/ então há uma matéria alí que faz com que ele faça isso/
230	01:06:34	Aluno C1	Então é isso o tempo todo/ que ele tava falando que a matéria/ [é interrompido]
231	01:06:44	Professor	Uma coisa boa que eu posso dizer pra vocês é que/ assim/ vocês conseguem pegar as informações que estão no texto e trazê-las/ você vê que/ por exemplo/ na hora de botar na folha fica [balançando o corpo no sentido de apresentar insegurança]/ mas na hora que está discutindo muitas coisas interessantes vocês trazem/ uma coisa que eu posso dizer a vocês/ a turma/ isso é fundamental/ porque tem turmas que é difícil trazer esses elementos que vocês trazem/ vocês trazem coisas/ assim/ dentro da possibilidade/ são coisas coerentes/ [Aponta para o grupo A] até os duendes

			pareceram aqui e os cometas [brinca com os alunos]/ Pronto/ eles querem falar agora [aponta para o grupo A]/ vamos escutar aqui o argumento 2 pra depois vocês/ [é interrompido por Aluno C1]/ vá/ fale/
232	01:07:39	Aluno C1	O argumento 2 começa baseando na lei 1 o qual/ Eh::/ eles tendem ao movimento em linha reta uniforme/ ele vai continuar a não ser que atrapalhe ele/
233	01:07:53	Professor	Botar aqui. Vou usar isso aqui como esquema [fazia um desenho no quadro]
234	01:07:56	Aluno C3	Posso desenhar?
235	01:07:58	Professor	Pronto/ se você quiser [o professor abandona o seu desenho]/
236	01:07:59	Aluno C3	Viu/
237	01:08:01	Aluno C1	Logo tomando como base que o movimento é/
238	01:08:03	Professor	Presta atenção gente/ presta atenção/
239	01:08:05	Aluno C1	Logo tomando como base que o movimento é sempre constante/ você pode definir que/ fazendo um esquema de triângulo/ [Aluno C3 vai até o quadro]/ você vai desenhar o que eu falo?
240	01:08:23	Aluno C3	Vou terminar de falar/
241	01:08:24	Aluno C1	Então faz um triângulo aí/ é só fazer assim [faz um triângulo no ar]/ ah/ pera aí eu vou desenhar/ [Vai até o quadro. Desiste e retorna para a cadeira]/ professor tomando como hipótese o argumento você vai fazer um curva assim [representa dois vetores perpendiculares com os braços] pra você definir que ele percorre espaços iguais em tempos iguais pois a mesma área que ele corrida/ você traçando daqui até aqui [desenha no ar uma hipotenusa no esquema representado com os braços]/ você tem a mesma área para todos os triângulos/ isso/ Eh::/ leva ao/
242	01:09:02	Professor	Você está se referindo ao quê?/

243	01:09:04	Aluno C1	Eu estou me referindo a esse triângulo aqui oh/ [mostra a triângulo no texto]/
244	01:09:06	Professor	Ele está falando da figura 4/
245	01:09:10	Aluno C1	Você percebe que o delta t é sempre igual/ e logo a área deles vai ser sempre igual/ pois você multiplica a base vezes a altura/ aí você tem a proposição 1/ "as áreas que os corpos descrevem ao girarem através de raios desenhados até o centro dos quais se movem estão de fato situados no mesmo plano imóvel e são proporcionais aos tempos dos quais elas são descritas" ok/ ele vai dizer que ela gira e você vai ter vários triângulos assim/
246	01:09:42	Professor	Qual a figura que você está falando?/
247	01:09:44	Aluno C1	Figura 5/
248	01:09:45	Professor	Ele já tá na figura 5/ Vá/
249	01:09:46	Aluno C1	Aí depois a gente vai procurar a figura a/ você vai ver que o movimento é sempre tangencial/ pelo esquema lá da funda/
250	01:09:59	Professor	Mas lembre que/ Aí no texto tem funda? [se refere ao argumento apresentado por Aluno C1]
251	01:10:00	Aluno C1	Mas ele Eh:: Não no argumento mas no texto ele já vem considerando a funda.
252	01:10:07	Aluno A1	A funda é do argumento 1/
253	01:10:08 até 01:10:19		Há um momento de discordância entre Aluno C1 e os membros do grupo de Aluno A1 sobre a funda. Aluno C1 parece se convencer que o exemplo da funda não é utilizada no argumento 2
254	01:10:19	Professor	Calma/ calma/ continue/ [diz a Aluno C1]

255	01:10:21	Aluno C1	Beleza/ aí ele definiu que o movimento ele é sempre tangencial e portanto você vai considerar os pontos aqui do triângulo [diz apontando para a figura do texto]/ e se você reduzir a área dos triângulos a um infinitesimal você vai ter uma curva/ aí/ Eh::/ ele diz que tem sempre uma força apontando para o centro/ aí você sempre vai ter uma curva por causa das áreas dos triângulos e das tangentes/ aí conclui que Eh::/ “em outras palavras” [ler o texto] dada a lei 1 o movimento circular é apenas possível quando uma tendência (que seria essa força [comenta]) de ser atraído para o centro ao qual o corpo se revoluciona desvia continuamente um corpo de sua trajetória retilínea/
256	01:11:06	Professor	Aí ele está trazendo o argumento 2/
257	01:11:09	Aluno A1	Que força é essa que gira?
258	01:11:11	Aluno C1	A força. Força.
259	01:11:13	Professor	Mas ele tá perguntando a natureza da força.
260	01:11:14	Aluno A1	Qual a direção da força? [alguém no grupo de Aluno C1 fala força centrípeta]
261	01:11:16	Aluno C1	Pro centro. É uma força.
262	01:11:20 até 01:11:58		O aluno Aluno D1 pede ao professor autorização para sair.
263	01:11:58	Aluno C3	Aí, olhe só/ um corpo.
264	01:12:00	Aluno A2	Deixa Aluno C3 explicar por favor professor.
265	01:12:03	Professor	Vai

266	01:12:03	Aluno C3	Ele vai retilineamente reta e no espaço sem que haja nenhuma força sobre ele. Quando ele passa perto de um corpo que atrai ele com a sua força gravitacional, um corpo basicamente maior que ele vai atraí-lo, então ele vai ter que essa força que atrai ele e essa força que tende, sei lá, pra lateral. Então vai ter uma resultante tangencial à trajetória então ele vai formar um círculo. A trajetória dele vai acabar sendo um círculo em volta da massa. Ele vai acabar fazendo isso a todo momento e isso vai ser a tangente.
267	01:13:00	Aluno C1	Aí você já está defendendo o argumento 1/
268	01:13:02		Vários alunos falam ao mesmo tempo
269	01:13:05	Professor	Calma! Calma! Qual a diferença do argumento 1? Será que ele tá mesmo contra o argumento 1? Qual a diferença do argumento 1 para o argumento 2?
270	01:13:16	Aluno B4	O argumento 2 está falando de um força que se direciona pro centro. O corpo está indo pro centro. O argumento 1 diz que o corpo está fugindo do centro.
271	01:13:33	Aluno A2	E esse aí tá dizendo que tá atraindo, quer dizer que um corpo quando tá/ um corpo passa e o outro tá querendo com a tendência centrífuga vou também com essa galera aqui. Até vamos ficar fazendo essas curvas loucas aqui, daí alguma coisa tá ligado?
272	01:13:38	Aluno B4	O que garante se o corpo fosse só na tangente ele, ele, [Aluno A2: ele fugiria em linha reta] fugiria então precisa de uma força que atraia pro centro ele pra que ele não fuja da trajetória entendeu?
273	01:13:55	Aluno C3	E o movimento é uniforme mas ele é feito de duas forças sobre ele, então, todo área em tempos iguais aqui. São áreas iguais em tempos iguais.
274	01:14:12	Aluno B4	É como se ele se movesse por uma força resultante
275	01:14:13	Aluno C3	ele se move com a mesma velocidade mas sem aceleração/

276	01:14:14	Professor	Você sempre fala né? hoje vai ficar calado? [Aponta para Aluno B1] Ele é do grupo da menina que sabe fazer fichamento. Vocês vão aprender a fazer fichamento viu. Tenham certeza que vocês vão aprender a fazer fichamento. [fala para a turma] Vai continue [Aponta para Aluno C3]
277	01:14:31	Aluno C3	Ele possui uma tendência para cá e [aponta para o centro do desenho] e outra tendência natural [apontada para a direção tangencial à trajetória]
278	01:14:51	Professor	galera presta atenção no argumento do colega. [Vários Alunos estavam com conversas paralelas] Vocês estão falando de Aísis é? [Os alunos falavam sobre o fichamento de Aísis]. Ok! Vocês prestaram atenção no argumento do colega?
279	01:15:07	Aluno A2	Foi abstrato mas a gente tentou entender. [estratégia de desqualificar o argumento do outro]
280	01:15:10	Aluno C1	Peraí. Não foi abstrato. Abstrato é dizer que há um meio material desviando um corpo.
281	01:15:13	Aluno A2	Eu quero saber qual a ideia do pikachu. O pikachu ali veio pra que? [estratégia de desqualificar o argumento do outro]
282	01:15:22	Aluno A1	Qual a intenção dele?
283			Vários alunos falam ao mesmo tempo.
284	01:15:29	Professor	Calma! Calma! Nos acalmemos aqui! Presta atenção!
285	01:15:33	Aluno C3	A tendência do corpo sem que haja nenhuma força sobre ele é ir reto até o infinito, em direção ao infinito. Mas como há uma força atuando sobre ele ele vai pra baixo [desenha um movimento circular no alto]
286	01:15:48	Aluno A2	Movimento circular uniforme?
287			Os alunos falam ao mesmo tempo

288	01:15:55	Professor	Layout de Toulmin. Vocês façam o seguinte oh, vocês peguem o layout de Toulmin. Escrevam um argumento e taca o layout de Toulmin na cara dele.
289	01:16:16	Aluno C1	Eu tenho uma observação quanto ao argumento 1
290	01:16:17	Professor	Espera
291	01:16:24 até 01:17:32		O aluno Aluno A3 pede ao professor para sair mais cedo. Eles conversam sobre isso.
292	01:17:33	Professor	Vamos voltar aqui.
293	01:17:33	Aluno C1	Eu ia falar sobre o argumento 1. Tipo ele pode descrever o movimento circular dos planetas [fala para o grupo A] só que quando eles estão formando uma elipse o argumento de vocês não dão conta pelo fato de que ele não descreve as áreas como fundamento. Quando você diz que ele percorre áreas iguais em tempos iguais ele também se aplica a uma elipse e portanto ele é mais geral e ele irá explicar de fato as órbitas que são elípticas e não circulares.
294	01:18:31	Professor	Vocês estão entendendo? Concordam com ele ou discordam?
295	01:18:35	Aluno A1	Eu acho que é a segunda lei de Kepler né?
296	01:18:36	Aluno C1	É a lei de Kepler porque ele desenha um sol aqui e aqui [esquematiza com a mão o que está dizendo] tem uma área mais gordinha e aqui tem uma área mais fina porém, então essa área é proporcional a essa área portanto ele percorre o mesmo espaço no mesmo tempo. [é área o termo correto]
297	01:18:53	Aluno A2	Espaços diferentes em tempos iguais.

298	01:18:55	Aluno C1	Não espaço o mesmo espaço.Ou, espaços diferentes no mesmo tempo. Mas são áreas iguais. O espaço é diferente mas as áreas são iguais.
299	01:19:10 até 01:19:15		Os alunos conversam entre grupo
300	01:19:16	Professor	Presta atenção. Presta atenção.
301	01:19:18		Os alunos falam sobre o aluno Aluno A3 que saiu chateado. Ninguém conseguiu entender o porque. Esse era o teor da discussão.
302	01:19:38	Professor	Ele estava aqui. Saiu. Voltou. Não foi? Deitou aí. Aí eu quis brincar com ele para ver se ele estava bem. Falei “Aluno A3, tá dormindo?”. Depois ele estourou. Eu não sei.
303	01:19:53	Aluno A1	Você viu que ele se contrariou mesmo. Você viu que [Não dá para transcrever o resto da fala]
304	01:19:57	Professor	E eu não... eu não... vocês viram né?
305	01:20:01	Aluno C1	Eu acho que ele não ver a validade do que está se feito aqui, que é tipo... crescer a gente enquanto pensadores. Eu acho bem válido.
306	01:20:09	Professor	Olha aqui oh, é porque a disciplina de fundamentos ela é para abordar essa questão histórica. Então, por exemplo, só pra exemplificar aqui. Na questão do fundamento vocês não vão estar, por exemplo, fazendo cálculo de derivada ou integral, é mais para discutir mesmo essa questão mais específica da/ e aqui vou fazer um desfecho ainda. Veja aqui que como a gente tá passando por essas discussões. São duas discussões históricas. Eu estou trabalhando aqui com vocês com os textos originais. Pouca gente trabalha com textos originais e vejam quantas coisa, quantos elementos apareceram na discussão. Coisa que, tipo assim, he:: quando a gente faz a leitura não vem. Aí você começou a trazer. Veja como você trouxe e essa é a grande sacada. Às vezes você não entende mas lá na frente você vai entender. Quando você trouxe isso aqui [aponta para informação escrita no quadro] aí o cara teve peraí [faz um gesto representando uma ideia] “mas pra isso é preciso da existência de, por exemplo, um meio material” e aí você trouxe lá

		<p>o argumento “mas o texto aqui fala tal tal e tal”, então se vocês forem participar de eventos, e vocês, tenha certeza disso/ quando vocês forem participar de eventos vocês vão ter que fazer resumo estendido. Se vocês forem fazer iniciação científica vocês vão fazer relatório e aí vocês vão entender. Vocês vão entender o que está passando por aqui. Lembra como vocês chegaram? como a gente começou? Quer dizer, justificativas gerais meio assim, meio, aí eu falei “não perai vamos ter uma preocupação em saber” oh! Essa justificativa aqui está apoiada em alguma coisa. Ela não é só uma questão de opinião né. Eu posso usar minhas justificativas mas elas tem que ter um fundamento. Na ciência é isso. Na ciência eu posso usar a teoria de Newton para explicar milhares de coisas. Quando eu estou explicando essas milhares de coisas eu estou dando uma justificativas. Aí o cara vai chegar lá quando você estiver apresentando um trabalho “Tá tudo bem. Está tudo bem, mas cadê? Porque você está falando isso?” aí você vai falar “aqui oh! eu estou baseado nessa teoria”. Eu quando tava fazendo iniciação científica eu trabalhava com medidas equipotenciais e aí lá na rede/ oh! o que aconteceu. Era de simular/ é até um trabalho bonito cara, mas eu vou retomar. É porque eu estou terminando o mestrado, mas depois eu volto. Cara e aí o que acontece? Mas a gente trabalhando a gente fez uma simulação. Tem um experimento que vocês vão fazer em física III na cuba eletrolítica só que a gente tá fazendo na malha de resistores e aí simulava as equipotenciais, uma coisa linda. [Aluno C1 diz que viu o trabalho no laboratório] Exato. Aquilo que você ver lá é o meu trabalho. O banner. A rede que eu montei. Aí o que é que acontece? A gente submeteu o trabalho. A gente apresentou em alguns eventos e aí o que é que aconteceu? a gente recebeu um parecer dizendo “isso não pode. Não pode porque é incompatível” E aí? e agora o que fazer? Fomos pesquisar. Fomos pegar os livros. Agora a questão das justificativas. Eu posso fazer isso por causa da teoria tal. quer dizer, dei um fundamento. Você ver que eu tinha as justificativas. Eu tinha as equipotenciais. Eu tinha os resultados que eram os resultados que estavam na literatura. Tava tudo ali. Tá. Se você fosse partir só por isso/ você dizer tá, seu trabalho está pronto. Não, mas o cara quis saber “porque você está falando isso? eu quero os fundamentos” então eu fui lá e apresentei os fundamentos. Então cientificamente a gente não trabalho só com justificativas. É necessário provar dentro do campo da ciência que a gente tá correto e é essa coisa aqui que eu tô trabalhando com vocês, que vocês não terão. infelizmente vocês não trabalham na formação porque o que se espera é que o professor chegue aqui e vá aplicar cálculo, vá aplicar cálculo, vá aplicar cálculo. Você aplica uma prova conceitual/ pode perguntar a qualquer professor. Você pega uma prova conceitual “agora eu não quero que vocês só respondam. Agora me explique porque eu vou usar lei tal, lei tal”. isso é diagnosticado. Pessoas que estão no sétimo semestre. Quer fazer uma brincadeira? Peguem um aluno já do último semestre assim ou mais avançado. “Ah me ajuda que eu quero resolver um problema e tal” depois você pergunta assim a ele, Eh::, “mas porque?”, “porque eu vou usar essa derivada e não...porque a derivada tem que ser desse jeito e não daquele?”. Quer dizer/ quer dizer, a gente não está sendo formado para ter essa consciência na produção. Aconteceu aí essa descoberta dos bóson de higgs. A galera tá discutindo. Discutindo. Aí a galera foi discutir quântica. Aí a galera foi discutir relatividade. Eu estou explicando porque eu escolhi fazer o trabalho desse jeito. Mas a galera pensa que quando você está falando de de Einstein/ passa da relatividade de Newton para a de Einstein pensa que mudou as contas. A transformada de Lorentz. Vamos usar tensores. Não é. A natureza mudou. Então quando você está na relatividade de Einstein você está dizendo que a matéria tem um comportamento totalmente diferente da matéria quando você está na relatividade de Newton. A mesma coisa acontece com esses dois textos, eles têm diferenças ontológicas. São diferenças de universos. Dizer que o universo, dizer que as coisas</p>
--	--	--

			<p>funcionam como o argumento 1 é diferente de dizer que o universo funciona como o argumento 2. Isso não é simples, simplesmente uma diferença de dizer que a força está nessa direção aqui ou não. É o comportamento da matéria. Entendeu? É como se você dissesse “é cadeira? não. Agora é mesa” ou outra coisa. Você não está aplicando só, quer dizer, essa reflexão infelizmente a gente tem que fazer sabe quando? No momento de um concurso, quando você está no final, quando você vai participar de bancas, você vai fazer mestrado. Poxa! peraí. Tem coisa que é necessário desenvolver. Entendeu? a questão é: a gente pretende é que o ensino em si deveria apresentar isso desde as bases. Tá entendendo? quer dizer, você começa com uma aula como essa, mas, oh! vai estar sempre trabalhando, trabalhando. [faz um gesto representando o exercício de pensar] Pense no cara como sai formado vei. A pessoa agora reconhece o que é da teoria de outra forma. Entendeu? Mas tem gente ainda que acha que só tá ganhando tempo quando o cara está lá resolvendo derivada. Resolvendo derivada. Que dizer/ vocês estão desenvolvendo questões mecânicas, não estou dizendo que é aprender derivada... é aprender derivada e saber porque. Porque se discute ciência assim oh. [faz um gesto representando um discurso de autoridade e não de autoritarismo] Tô com os meus fundamento. Como o religioso. O religioso discute religião com a bíblia não é? Você diz qualquer coisa ele vai lá né? Tá qui se discute ciência assim [repete o mesmo gesto] ok? Se discute ciência assim e é isso que eu espero que vocês desenvolvam/ é essa ideia da/ [diz algo difícil de tradução por quanta da qualidade da gravação] e eu vejo que vocês têm essa potencialidade. Eu já falei isso aqui não foi? Ele [se refere a Aluno A3] já era aluno da universidade [estala os dedos querendo dizer fazer tempo] ele fazia matemática. Ele entrou junto com as minhas irmãs eu acho. Saiu. Voltou. São que hora?</p>
307	01:28:17	Alunos	Onze e vinte e três.
308	01:28:21	Professor	Vem cá. Eu quero/ Eh:: Tá. Uma coisa interessante que o Brother trouxe aqui. Aluno A1. Ele disse que agora se convenceu. Ele agora acha que/
309	01:28:40	Aluno A1	Porque eu agora entendi o argumento eu sou mais o argumento 2.
310	01:28:42	Professor	Oh? ele é mais o argumento 2. Então vamos fazer o seguinte/
311	01:28:46	Aluno C1	O cara pulou do barco oh! [os alunos dão risada] Não volta mais viu?
312	01:28:48	Professor	Eu vou recolher agora esse papel que vocês fizeram [se refere ao argumento] e eu quero que vocês façam o seguinte/ na próxima aula vocês me tragam o mesmo layout. Eu vou deixar uma folha dessa lá em Fernando [rapaz da xerox] ou então se vocês não quiserem peguem uma folha, bota dados, conclusão, justificativas, fundamentos tal e a partir dessa

			discussão vocês tragam o layout de vocês ou reafirmando o que vocês disseram aqui [mostra a falha com o argumento de um dos alunos] entendeu? ou mudando eu só quero saber o que/ em termos da discussão, o quanto isso ajudou a vocês melhorarem o argumento de vocês ou/
313	01:29:36	Aluno A1	Comparar.
314	01:29:37	Professor	Comparar o argumento de vocês. Entendeu?
315	01:29:38	Aluno A1	Pode mudar o argumento ou tem que ser o mesmo?
316	01:29:40	Professor	Não. Você vai fazer um outro argumento. Você não mudou? então muda.
317	01:29:46	Aluno A1	Vou fazer do argumento 2?
318	01:29:47	Professor	É. Se você agora acredita no argumento 2 você vá fazer o argumento 2.
319	01:29:54		O professor se despede dos alunos e combina como vai pegar os áudios das discussões.

APÊNCIDE E: Justificativas e
Fundamentos apresentados nas aulas 11 e
12.

Turno 80 – Aluno A1 – O que eu entendi do argumento 1 é que ele é baseado um conjunto de tendências. Quando corpo está em movimento... Quando, como no caso, tá em movimento circular ele tem a tendência de, ele tem a.... **O corpo no movimento circular ele tem a tendência de, eh, percorrer o movimento tangencial, no caso, por exemplo, a todo instante o corpo em círculo ele tem a tendência de sair da circunferência tangencialmente a ela. A velocidade a direção é sempre tangente à circunferência e a outra tendência seria a questão centrífuga que o corpo tende a se afastar da circunferência.** Então o entendimento é baseado nessas duas tendências, parece que no movimento circular

Justificativa A1(1): *porquanto que o corpo tem a tendência de escapar tangencialmente em cada ponto de sua trajetória circular e é dotado de uma tendência centrífuga.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 (x)	1 ()	2 ()
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 90 – Aluno A2 – Mas é porque, assim, segundo o que... **porque como ele diz aqui que o... que eles ficariam em linha reta, a centrífuga faria com que essa linha reta, no caso inclinasse, desviasse.** Entendeu? É por isso que ele não abordou a centrípeta e sim a centrífuga pra fugir da linha central, no caso. Aí ficaria, tipo, uma centrífuga pra fugir da linha central, no caso, e ficaria uma... [tangencial]

Justificativa A2(1): *porquanto que a tendência centrífuga desviaria o corpo de seu movimento tangencial.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 (x)	1 ()	2 ()
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 96 – Aluno A3 – /.../ Se tiver uma curva em cada ponto ele tende /.../ pra tangencial.

Turno 101 – Aluno A3 – Ai se ele estiver um pouquinho mais embaixo na curva ele vai estar mais um pouco pra esquerda. Foi isso que entendi, da tendência centrífuga ser esse movimento retilíneo em cada ponto. Então o fato de, como em cada ponto ele vai tá em uma direção diferente, ele vai girar

Justificativa A3(1): *porquanto que a tendência centrífuga é a responsável pelo movimento tangencial do corpo e o faz mudar de direção em cada ponto da curva.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 (x)	1 ()	2 ()
Coerência e Suficiência:		
0 (x)	1 ()	2 ()

Turno 120 – Aluno A2 – Rapaz eu entendi outra forma. Eu entendi no caso, estaria em linha reta e, no caso, como ele tá puxando pro...
Turno 122 – Aluno A2 – /.../ Ele tá se afastando do centro. Então, no caso, se eu tô em linha reta eu tô sendo empurrado pra cá [Faz um movimento com o como se estivesse desenhando os lados de um hexágono. O braço representa o vetor tangente a uma curva]. É por isso que movimentar, no caso, faria o movimento das órbitas, no caso, como se estivesse puxando essa tangencial pra fora [O professor desenha uma linha tangente à curva] e no caso por isso tá gerando a... a... a coisa [se refere à órbita].
Turno 122 – Aluno A2 – Como se tivesse um corpo em linha reta. É como se tivesse puxando esse corpo. Aí, no caso, ele estaria, essa tangencial, estaria variando.

Justificativa A2(2): *porquanto que a tendência centrífuga desviaria o corpo de seu movimento tangencial.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 (x)	1 ()	2 ()
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 139 – Aluno A2 – /.../ Vou botar, no caso, um corpo aqui [Desenha uma curva no quadro] Aqui no caso para ele fazer essa curva aqui ele vai ter uma aceleração no caso pra cá [Desenha a seta Tc1]. Aí é como se quando ele chegar aqui nesse ponto vai ter outra aceleração aqui [Desenha a seta Tc2]. Aí vai começar a ter uma aceleração tangencial [Desenha as setas Tg1 e Tg2]. Aceleração centrípeta/ aí no caso essa aceleração vai fazer com que esse corpo quando aqui chegar aqui <mude de direção e mantenha o movimento circular>

Justificativa A2(3) : *por quanto que em cada ponto da curva a aceleração centrífuga será desviada instantaneamente pela aceleração tangencial.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 143 – Aluno C1 – Isso você explica numa curva que tenha um limite material.

Turno 145 – Aluno C1 – Porque quando você está em uma órbita/ numa órbita não existe esse limite material pra poder fazer esse <trajetória>

Justificativa C1(1): *as justificativas não são válida porquanto que não há nenhum meio material preenchendo os interstícios do Universo.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Turno 150 – Aluno B2 – É porque também na conclusão ele [o texto] fala que a matéria do espaço é superior as órbitas dos planetas/ faz com que ele tenha essa [Faz um círculo no ar com o dedo]

Justificativa B2(1): porquanto que a matéria do espaço possui extensão superior à dos Planetas.

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 154 – Aluno A2 – É porque ele fala que quanto maior for o corpo maior vai ser a tendência centrífuga dele.

Fundamento A2(1): o que está garantido pelo fato de que a tendência centrífuga é proporcional à matéria de um corpo.

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 (x)	1 ()	2 ()
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 158 – Aluno C1 – Primeiro qual é o fundamento que você usa para justificar que existe essa/ essa parede material aí? Isso que ele falou agora. Qual o fundamento? Como é que você sabe que ele tá lá? se/ sei lá/ você não tem nem um espectrômetro pra saber o tipo de material que tem lá.

Fundamento C1(1): o que é garantido pelo fato de que não há nenhum espectrômetro capaz de verificar a existência do meio material.

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Turno 162 – Aluno A2 – Aí eu acredito que seja a teoria eh:: que antes eles falam de teorias que ele se baseiam/ aí eles falam do sistema copernicano/ aí que ele fala que tem uma::/ que ele conseguiu uma escala pro sistema solar e que determinou com precisão a distância dos planetas e seus tempos de revoluções.

Fundamento A2(2): O que está garantido pelo modelo copernicano que conseguiu determinar com precisão as distâncias e os tempos de revolução dos planetas.

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 (x)	1 ()	2 ()
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 169 – Aluno C1 – Só que esse fundamento não responde minha pergunta/ tipo eu quero saber/ imagina aquele meio material lá [aponta para o quadro] como se fosse aquela tendência que ele tá apontando agora [aponta para Aluno B2]. Isso aí que ele tá falando no espaço como é que você sabe que existe? **O modelo copernicano não vai te dizer que isso existe.**

Justificativa C1(2): *porquanto que o modelo copernicano não prova a existência do meio material.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Turno 178 – Aluno A2 – É pela tendência centrífuga. Faz com que essa aceleração seja variada, entendeu? **Conforme o... fazendo a curva, conforme você vai fazendo a curva, essa tendência centrífuga faz com que essa aceleração, no caso essa tangencial, faz com que ela varia e você consiga fazer a curva.**

Justificativa A2(3): *porquanto que a tendência centrífuga desviaria o corpo de seu movimento tangencial.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 (x)	1 ()	2 ()
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 (x)	2 ()

Turno 218 – Aluno A4 – O fato é o seguinte, ninguém do grupo falou que a matéria do espaço é a trajetória e sim os corpo. O que é que acontece? Desde de, posso dizer, desde a antiguidade clássica que a gente observa os astros e o fato é que a gente sabe que eles estão se movendo. A gente sabe muito bem que eles se movem e é um fato também que não existe nada entre os planetas, muito pelo contrário, eles achavam que existia um/ Eh::/ um [Vários alunos falam: O éter]. Isso. O éter que ligava e tal, enfim. Mas essa, essa força, vou chamar de força central na linguagem newtoniana. Essa força age à distância e se essa força age à distância não é necessário que exista uma, uma ligação né? Então não é uma força de contato. É uma força de campo, entendeu?

Justificativa A4(1): *porquanto que a força centrípeta age à distância não é preciso nenhum meio material.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Fundamento A4(1): *que está garantido pelo fato de que a interação é intermediada pelo campo [gravitacional].*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Turno 224 – Aluno C2 – Qual o fundamento desse meio material existir?
Turno 225 – Aluno A1 – Provavelmente deve ser o éter de Aristóteles.

Fundamento A1(1): *que está garantido pelo fato pelo éter de Aristóteles.*

Qualidade do conteúdo do argumento

Aceitabilidade e Relevância:

0 (x) 1 () 2 ()

Coerência e Suficiência:

0 () 1 (x) 2 ()

Turno 229 – Aluno B3 – Eu tô querendo entender o que é que faz aquela tendência ali/ aquela curva neh? Eu ia só lhe falar que/ **veio o argumento 1 se baseia que o universo é pleno que não tem o vazio, então há uma matéria ali que faz com que ele faça isso.**

Fundamento B3(1): *o que está garantido pelo fato de que o Universo é pleno (não tem o vazio).*

Qualidade do conteúdo do argumento

Aceitabilidade e Relevância:

0 () 1 () 2 (x)

Coerência e Suficiência:

0 () 1 () 2 (x)

Turno 232 - Aluno C1 - O argumento 2 começa baseando na lei 1 o qual **Ele:: eles tendem ao movimento em linha reta uniforme ele vai continuar a não ser que atrapalhe ele.**

Turno – 239 - Aluno C1 - Logo tomando como base que o movimento é sempre constante você pode definir que/ fazendo um esquema de triângulo /.../

Turno 241 - Aluno C1 - Professor, tomando como hipótese o argumento você vai fazer um curva assim [representa dois vetores perpendiculares com os braços] pra você definir que ele percorre espaços iguais em tempos iguais pois /.../ você tem a mesma área para todos os triângulos /.../

Turno 245 - Aluno C1 - Você percebe que o delta t é sempre igual e logo a área deles vai ser sempre igual, pois você multiplica a base vezes a altura aí você tem a proposição 1 **"as áreas que os corpos descrevem ao girarem através de raios desenhados até o centro dos quais se movem estão de fato situados no mesmo plano imóvel e são proporcionais aos tempos dos quais elas são descritas"** ok. Ele vai dizer que ela gira e você vai ter vários triângulos assim. [figura 5 do texto]

Justificativa C1(3): *porquanto que as áreas que os corpos descrevem ao girarem através de raios desenhados até o centro dos quais se movem estão de fato situados no mesmo plano imóvel e são proporcionais aos tempos dos quais elas são descritas*

Qualidade do conteúdo do argumento

Aceitabilidade e Relevância:

0 () 1 () 2 (x)

Coerência e Suficiência:

0 () 1 (x) 2 ()

Fundamento C1(1): *o que é garantido pelo fato de que na lei da inércia: os corpos tendem permanecer em movimento retilíneo e uniforme a não ser que os obriguem a mudar de estado.*

Qualidade do conteúdo do argumento

Aceitabilidade e Relevância:

0 () 1 () 2 (x)

Coerência e Suficiência:

0 () 1 () 2 (x)

Turno 266 – Aluno C3 <um corpo> vai retilineamente reta e no espaço sem que haja nenhuma força sobre ele. Quando ele passa perto de um corpo que atrai ele com a sua força gravitacional, um corpo basicamente maior que ele vai atraí-lo, então ele vai ter que essa força que atrai ele e essa força que tende, sei lá, pra lateral <centro>. Então vai ter uma resultante tangencial à trajetória então ele vai formar um círculo. A trajetória dele vai acabar sendo um círculo em volta da massa. Ele vai acabar fazendo isso a todo momento [ser desviado] e isso vai ser a tangente [aponta para o vetor desenhado].

Justificativa C3(1): *porquanto que o planeta será puxado para o centro da curva ao qual se move, por um corpo com massa maior que a dele, causando, dessa forma, constantes desvios na sua trajetória.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Fundamento C3(1): *o que é garantido pela força gravitacional.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Turno 275 – Aluno C3 – Ele se move com a mesma velocidade mas sem aceleração/
Turno 277 – Aluno C3 – Ele possui uma tendência para cá e [aponta para o centro do desenho] e outra tendência natural [apontada para a direção tangencial à trajetória]
Turno 285 – Aluno C3 – A tendência do corpo sem que haja nenhuma força sobre ele é ir reto até o infinito, em direção ao infinito. Mas como há uma força atuando sobre ele ele vai pra baixo [desenha um movimento circular no alto]

Justificativa C3(2): *porquanto que a força gravitacional que muda a trajetória retilínea do corpo.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

Turno – 293 Aluno C1 – Eu ia falar sobre o argumento 1. Tipo ele pode descrever o movimento circular dos planetas [fala para o grupo A] só que quando eles estão formando uma elipse o argumento de vocês não dão conta pelo fato de que ele não descreve as áreas como fundamento. Quando você diz que ele percorre áreas iguais em tempos iguais ele também se aplica a uma elipse e portanto ele é mais geral e ele irá explicar de fato as órbitas que são elípticas e não circulares.

Justificativa C1(4): *porquanto que as órbitas dos Planetas são elípticas.*

Qualidade do conteúdo do argumento		
Aceitabilidade e Relevância:		
0 ()	1 ()	2 (x)
Coerência e Suficiência:		
0 ()	1 ()	2 (x)

