

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

JEFFERSON ADRIANO NEVES

**INTERAÇÕES DISCURSIVAS, PRÁTICAS E MOVIMENTOS
EPISTÊMICOS NO ENSINO DE RELATIVIDADE
RESTRITA**

São Carlos – SP

2020

JEFFERSON ADRIANO NEVES

**INTERAÇÕES DISCURSIVAS, PRÁTICAS E MOVIMENTOS
EPISTÊMICOS NO ENSINO DE RELATIVIDADE RESTRITA**

Tese apresentada ao Centro de Educação e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Doutor em Educação pelo Programa de Pós-graduação em Educação.

Área de concentração: Educação em Ciências

Orientador: Profa. Dra. Alice Helena Campos Pierson

São Carlos – SP

2020

Neves, Jefferson Adriano

Interações discursivas, práticas e movimentos epistêmicos no ensino de relatividade restrita / Jefferson Adriano Neves -- 2020.
304f.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador (a): Alice Helena Campos Pierson

Banca Examinadora: Lúcia Helena Sasseron, Fábio Marineli, Frederico Augusto Toti, Marlon Caetano Ramos Pessanha

Bibliografia

1. Interação discursiva. 2. Práticas epistêmica. 3. Teoria da Relatividade Restrita. I. Neves, Jefferson Adriano. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Educação

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Jefferson Adriano Neves, realizada em 10/08/2020.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Alice Helena Campos Pierson (UFSCar)

Profa. Dra. Lúcia Helena Sasseron (USP)

Prof. Dr. Fábio Marineli (UFLA)

Prof. Dr. Frederico Augusto Toti (UNIFAL)

Prof. Dr. Marlon Caetano Ramos Pessanha (UFSCar)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação.

Dedico este trabalho para todas as pessoas que foram fundamentais em minha vida e formação. Dedico, especialmente, ao meu avô, José Miranda, à minha mãe, Márcia, e aos meus irmãos, Nilsson e Genilson, que fizeram o possível e o impossível para que eu pudesse estudar. Dedico à minha esposa, Juliane e aos meus filhos, Antônio e Andrei, que me deram todo o suporte e apoio durante esta empreitada.

Agradecimentos

Não pense que sou o único autor desta tese. Sua autoria é compartilhada com diversas pessoas, seja da academia seja de amigos próximos. Por meio deste singelo e humilde texto, agradeço a algumas pessoas, que representam centenas, e me ajudaram no desenvolvimento desta pesquisa.

Imagine a tese como uma casa feita por blocos de encaixe e cada pessoa contribuiu com uma peça ou com um novo encaixe à peça já existente.

Agradeço à minha orientadora, a professora Dra. Alice Helena Campos Pierson, por aceitar o desafio de me orientar. Que em nossas reuniões sempre, magistralmente, encontrava maneiras de encaixar todas as peças, que por muitas vezes não tinha sequer imaginado e fazendo magia ao propor novos encaixes para construirmos esta tese.

Agradeço aos professores Iraziet, Antônio Marcelo, Helena, Antonio dos Anjos, Sílvia Maria, Fábio, Alexandre, Ulisses e aos demais professores do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, por me proporcionarem os primeiros passos na vida acadêmica e por me ouvir e auxiliar no decorrer deste trabalho. Ao professor Antônio Marcelo, agradeço pela paciência, compreensão e conversas, seja relacionada à tese ou não; à professora Helena, por toda ajuda nas mais diversas esferas, saiba que serei eternamente grato; e à professora Iraziet, por apresentar as possibilidades para a realização da tese. Sem vocês não existiria nenhum bloco de encaixe. Obrigado!

Agradeço aos professores Wagner, Marco Aurélio, Jean, Lígia, Jaime, Ana Paula, Aline, Paulo Victor e aos demais professores do Instituto Federal do Rio de Janeiro, campus Volta Redonda, pela acolhida e por proporcionar um espaço onde os diversos questionamentos foram realizados e investigados. E pelas parcerias que levo pro resto da vida. Saibam que vocês foram fundamentais por organizar e lapidar os blocos para dar o primeiro passo na realização deste trabalho.

Agradeço aos Celso, Patrícia, Rafael e Sara pelas longas conversas que auxiliaram na formulação do problema de pesquisa. À Patrícia, agradeço por compartilhar angústias e discussões relacionadas às disciplinas.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, que possibilitou a realização desta pesquisa sem as preocupações e os encargos de um docente regular.

Agradeço à Juliane, Antônio e Andrei, que compartilharam toda essa caminhada e me ajudaram a equilibrar todos os blocos.

Agradeço a todos os estudantes que participaram da pesquisa.

Agradeço a todas as pessoas que auxiliaram na realização desta tese, saibam que este trabalho não é só meu. Sem vocês, ele não teria existido.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender.”

(Paulo Freire)

Resumo

NEVES, Jefferson Adriano. **INTERAÇÕES DISCURSIVAS, PRÁTICAS E MOVIMENTOS EPISTÊMICOS NO ENSINO DE RELATIVIDADE RESTRITA**. 2020. 304 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, 2020.

No presente trabalho, buscamos analisar e compreender as interações discursivas que emergem em sala de aula durante a realização de uma sequência de ensino sobre os conceitos de espaço e tempo de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita, e identificar as práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes e o papel do professor nesse processo, com o objetivo de responder aos seguintes problemas de pesquisa: Aulas de introdução a Teoria da Relatividade Restrita planejadas para fomentar interações discursivas favorecem o desenvolvimento de quais práticas epistêmicas? Quais ações discursivas e epistêmicas do professor favorecem ou não o desenvolvimento de tais práticas? Entende-se por práticas epistêmicas aquelas socialmente organizadas, padronizadas e realizadas de maneira interativa, em que membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam o conhecimento. No campo da educação científica, diversos autores defendem que aprender ciências está relacionado a aprender práticas científicas e epistêmicas. A sequência planejada para o contexto desta pesquisa foi realizada com estudantes que estavam cursando em 2018 o primeiro semestre do curso de Licenciatura em Física. A investigação ocorreu no espaço da sala de aula, sendo todas as atividades gravadas em áudio e vídeo, e descritas na forma de um diário de campo. Fizeram também parte do processo as atividades escritas que foram entregues pelos alunos. Com o material coletado, organizamos sete episódios de ensino que foram transcritos e analisados por meio dos Processos e Produtos Argumentativos e das Práticas e Movimentos Epistêmicos. Para investigarmos as Práticas Epistêmicas, propusemos um conjunto de práticas relacionadas especificamente à Física Moderna e Contemporânea. O instrumento proposto é composto por 13 práticas organizadas nas instâncias sociais de Produção de Sentido, Comunicação e Avaliação de conhecimento. Na análise, identificamos o envolvimento dos estudantes em nove práticas epistêmicas. Esse processo teve alto grau de inferência e o contexto foi essencial na distinção entre as práticas. Outro elemento fundamental na realização da sequência foi o professor e suas ações ao longo dos episódios, que foram modificando-se de acordo com a situação-problema ou devido aos objetivos pedagógicos. Nas interações discursivas, presentes nos episódios, reconstruímos 17 argumentos que foram influenciados, em maior ou em menor grau, pelas ações do professor.

Palavras-chaves: Educação Científica. Práticas Epistêmicas. Movimentos Epistêmicos. Argumentação. Física Moderna e Contemporânea. Argumento. Teoria da Relatividade Restrita. Ensino Superior.

Abstract

NEVES, Jefferson Adriano. **DISCURSIVE INTERACTIONS, PRACTICES AND EPISTEMIC MOVEMENTS IN THE TEACHING OF RESTRICTED RELATIVITY**. 2020. 304 f. Thesis (Doctorate in Education) - Center for Education and Human Sciences, Federal University of São Carlos, 2020.

In this work, we analyze and comprehend the discursive interactions that emerge in the classroom during the realization of a teaching sequence on the concepts of space and time according to the Theory of Special Relativity, and identify the epistemic practices mobilized by students and the role of the teacher in this process, in order to answer the following research problems: Introductory classes in Theory of Special Relativity designed to encourage discursive interactions support the development of which epistemic practices? What discursive and epistemic actions of the teacher support or not the development of such practices? What discursive and epistemic actions of the teacher support or not the development of such practices? Epistemic practices are those that are socially organized, standardized and performed in an interactive way, in which the members of a community propose, justify, evaluate and legitimize knowledge. In the field of science education, several authors argue that learning science is related to learning scientific and epistemic practices. The designed sequence for this research context was performed with students who were studying in the first semester of the Physics Degree course in 2018. The investigation took place in the classroom space, with all activities recorded in audio and video, and described in the form of a field diary. The written activities that were written by the students were also part of the process. With the collected material, we organized seven teaching episodes that were transcribed and analyzed using the Argumentative Processes and Products and Practices and Epistemic Movements. In order to investigate Epistemic Practices, we proposed a set of practices specifically related to Modern and Contemporary Physics. The proposed instrument is composed of 13 practices organized in the social instances of Sense Production, Communication and Knowledge Assessment. In the analysis, we identified the student involvement in nine epistemic practices. This process had a high degree of inference and the context was essential in distinguishing between practices. Another fundamental element in carrying out the sequence was the teacher and his actions throughout the episodes, which were modified according to the problem situation or due to the pedagogical objectives. In the discursive interactions, present in the episodes, we reconstructed 17 arguments that were influenced, to a greater or lesser degree, by the teacher's actions.

Keywords: Science Education. Epistemic Practices. Epistemic Movements. Argumentation. Modern and Contemporary Physics. Argument. Theory of Special Relativity. Academic Education.

Lista de figuras

Figura 1 – Estrutura “simples” para um argumento.	41
Figura 2 – Estrutura “completa” para um argumento.	42
Figura 3 – Losango Didático	79
Figura 4 – Relação dos cinco elementos para a construção da TLS.	80
Figura 5 – Argumento Padrão sobre o conceito de tempo relativo.	87
Figura 6 – Argumento Padrão sobre o conceito de espaço relativo.	87
Figura 7 – Elementos para estrutura o Argumento	104
Figura 8 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 01	164
Figura 9 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 02	167
Figura 10 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 03.	170
Figura 11 – Representação do Processo Argumentativo por meio das Funções Argumentativas do Episódio 04.	173
Figura 12 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 05.	176
Figura 13 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 06.	179
Figura 14 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 07.	182
Figura 15 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 01.	209
Figura 16 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 01.	212
Figura 17 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 02.	215
Figura 18 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 02.	217
Figura 19 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 03.	220
Figura 20 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 03.	223
Figura 21 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 04.	226
Figura 22 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 04.	228
Figura 23 – Representação dos Movimentos epistêmicos realizado pelos professores no Episódio 05.	231
Figura 24 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 05.	233
Figura 25 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 06.	236
Figura 26 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 06.	238
Figura 27 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 07.	240
Figura 28 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 07.	242

Figura A.1 – Fluxograma da Sequência de Ensino organizado de acordo com as ações
do professor, dos estudantes e do coletivo 270

Lista de quadros

Quadro 1 – Exemplos de práticas epistêmicas com orientações na investigação científica e nas questões sócio-científicas.	31
Quadro 2 – Instâncias sociais e suas relações com as práticas epistêmicas.	68
Quadro 3 – Práticas Epistêmicas propostas Araújo (2008)	70
Quadro 4 – Movimentos Epistemológicos proposto por Lidar, Lundqvist e Ostman (2006)	72
Quadro 5 – Movimentos Epistêmicos empregados pelo(a) professor(a) em sala de aula	73
Quadro 6 – Operações Epistêmicas identificadas no discurso do professor para fomentar o processo argumentativo	75
Quadro 7 – Processos Argumentativos	75
Quadro 8 – Práticas Epistêmicas para fomentar argumentação em situação de ensino.	76
Quadro 9 – Exemplo de problema que aborda a Teoria Concorrente.	89
Quadro 10 – Breve descrição das atividades que compõem a Sequência de Ensino e aprendizagem, bem como o tempo previsto para sua realização.	89
Quadro 11 – Relação dos episódios de ensino	98
Quadro 12 – Quadro de referência para a transcrição dos episódios de ensino.	99
Quadro 13 – Ferramenta para análise das Funções Argumentativas e sua descrição.	102
Quadro 14 – Instrumento para analisar a Complexidade do Produto Argumentativo.	105
Quadro 15 – Práticas sociais e suas relações com as práticas epistêmicas gerais e específicas.	106
Quadro 16 – Instâncias sociais e Práticas epistêmicas que serão analisadas, inicialmente, em sala de aula	108
Quadro 17 – Movimentos Epistêmicos empregados pelo(a) professor(a) no espaço da sala de aula.	110
Quadro 18 – Exemplo do Instrumento de Análise do Processo Argumentativo.	113
Quadro 19 – Trecho do episódio 02 apenas com as interações argumentativas.	116
Quadro 20 – Instrumento de Análise e o Argumento reconstruído.	119
Quadro 21 – Instrumento de Análise e argumento reconstruído, versão final.	120
Quadro 22 – Problema abordado no episódio 01, que foi extraído da Atividade X.	121

Quadro 23 – Instrumento de Análise e o argumento reconstruído no episódio 01. . .	122
Quadro 24 – Apresentação dos turnos, interações discursivas e argumentos reconstruídos relacionados à tentativa de persuasão.	124
Quadro 25 – Interações discursivas relativos ao processo de convencimento do Episódio 01	127
Quadro 26 – Problema abordado no episódio 02, que foi extraído da Atividade X. .	128
Quadro 27 – Instrumento de Análise e argumento reconstruído no episódio 02. . . .	128
Quadro 28 – Construção do Produto Argumentativo, para o momento de persuasão, primeira situação	130
Quadro 29 – Construção do Produto Argumentativo, para o momento de persuasão, do episódio 02.	132
Quadro 30 – Construção do Produto Argumentativo, para o momento de persuasão, segunda situação.	134
Quadro 31 – Problema realizado pelos estudantes na Atividade VII (A).	135
Quadro 32 – Elementos de um argumento construído por meio das alíneas (a) e (b) do material escrito na Atividade VII (A).	136
Quadro 33 – Identificação dos elementos utilizados como persuasão presente no material escrito.	137
Quadro 34 – Argumento reconstruído para o grupo 01 da atividade VII.	138
Quadro 35 – Análise do episódio de ensino 103.	138
Quadro 36 – Análise do episódio de ensino 103.	140
Quadro 37 – Situação-Problema abordado no episódio 04	141
Quadro 38 – Justificativas apresentadas pelos estudantes ao responder a situação-problema	141
Quadro 39 – Interações discursivas que discutem os motivos da não observação da dilatação temporal.	143
Quadro 40 – Interações discursivas que abordam as condições para observar a dilatação temporal no dia a dia.	144
Quadro 41 – Situação-Problema abordado no episódio 05	146
Quadro 42 – Respostas apresentadas pelos estudantes ao solucionar a situação-problema.	146
Quadro 43 – Situação-Problema abordado no episódio 06.	152
Quadro 44 – Organização dos materiais escritos com base nas alíneas (a) e (b). . .	153

Quadro 45 – Respostas apresentadas aos materiais escritos e a alínea (c).	154
Quadro 46 – Falas e os Argumentos Reconstruídos no episódio 06.	154
Quadro 47 – Situação-Problema do episódio 07	156
Quadro 48 – Interações discursivas acerca da problemática central do episódio 07.	157
Quadro 49 – Interações discursivas e o argumento reconstruído do episódio 07(A).	160
Quadro 50 – Interações discursivas e o argumento reconstruído do episódio 07(B).	161
Quadro 51 – Argumentos Reconstruídos no decorrer da seção 9.2.	186
Quadro 52 – Produto Argumentativo, os níveis de complexidade e seus respectivos pesos.	189
Quadro 53 – Exemplos de Prática Epistêmicas presente no Episódio 03.	194
Quadro 54 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 04	195
Quadro 55 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 04.	196
Quadro 56 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 01.	197
Quadro 57 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 07.	198
Quadro 58 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 03.	200
Quadro 59 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 07.	201
Quadro 60 – Fragmento do Quadro de Análise dos Aspectos Epistêmicos do Episódio 01.	203
Quadro A.1 – Breve descrição das atividades que compõem a Sequência de Ensino, bem como o tempo previsto para sua realização.	268

Lista de tabelas

Tabela 1 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 01.	165
Tabela 2 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 01.	165
Tabela 3 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 02.	168
Tabela 4 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 02.	168
Tabela 5 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 03.	171
Tabela 6 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 03.	171
Tabela 7 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 04.	174
Tabela 8 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 04.	174
Tabela 9 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 05.	177
Tabela 10 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 05.	178
Tabela 11 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 06.	180
Tabela 12 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 06.	180
Tabela 13 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 07.	183
Tabela 14 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 07.	183
Tabela 15 – Percentual em relação à duração ao tempo das Funções argumentativas.	184
Tabela 16 – Estrutura de análise dos Produtos Argumentativos.	190
Tabela 17 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 01.	208
Tabela 18 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 01. . . .	211
Tabela 19 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 02.	214
Tabela 20 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 02. . . .	216
Tabela 21 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 03.	219
Tabela 22 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 03. . . .	221
Tabela 23 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 04.	225
Tabela 24 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 04. . . .	227
Tabela 25 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 05.	230

Tabela 26 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 05. . . .	232
Tabela 27 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 06.	235
Tabela 28 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 06. . . .	237
Tabela 29 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 07.	239
Tabela 30 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 07. . . .	241
Tabela 31 – Relação das Práticas Epistêmicas mobilizadas pelos estudantes ao longo de todos os episódios de ensino.	244
Tabela 32 – Relação dos Movimentos Epistêmicos realizados pelos professores ao longo dos episódios.	245

Lista de abreviaturas e siglas

AC	Alfabetização Científica
DBR	Design-Based Research
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
ENPEC	Encontro Nacional de Educação em Ciências
FMC	Física Moderna e Contemporânea
TAP	Toulmins Argument Pattern
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TLS	Teaching-Learning Sequences
TRR	Teoria da Relatividade Restrita

Sumário

1	Introdução	23
I	Construção Teórica	27
2	Atividade Científica como práticas sociais e a Educação Científica	28
3	Interações discursivas, argumentação e práticas epistêmicas no ensino de ciências	34
3.1	<i>Interações discursivas e Práticas epistêmicas em aulas de ciências</i>	34
3.2	<i>Argumentação e Educação Científica</i>	37
3.2.1	Padrão Argumentativo de Toulmin	41
3.3	<i>Explicação e Argumentação</i>	44
4	Pesquisa Bibliográfica: Práticas Epistêmicos em Situação de Ensino	50
4.1	<i>Os Aspectos Epistêmicos e as publicações no ENPEC</i>	50
4.2	<i>Práticas Epistêmicos em Dissertações e Teses</i>	57
5	Instrumentos de Análise das Práticas Epistêmicas	68
5.1	<i>Instrumentos Analíticos para investigar as Práticas Epistêmicas</i>	68
5.2	<i>Investigando as ações do professor ao fomentar as Práticas Epistêmicas</i>	71
II	Aspectos Teóricos e Metodológicos	77
6	Construção da Sequência de Ensino e Aprendizagem	78
6.1	<i>A Pesquisa Baseada em Design, a Comunidade Epistêmica e Teorias Concorrentes</i>	78
6.1.1	A Pesquisa Baseada em Design e Proposição das Sequências de Ensino	78
6.1.2	Alguns elementos teóricos para compor os Princípios de Design	81
6.2	<i>Os Princípios de Design e a Sequência de Ensino</i>	86

7	A Pesquisa	92
7.1	<i>Breve descrição do Contexto Instrucional</i>	93
7.2	<i>Construção dos Episódios de Ensino</i>	97
7.3	<i>Transcrição dos Episódios de Ensino</i>	98
8	Os Instrumentos para Análise dos Dados	101
8.1	<i>Processos e Produtos Argumentativos</i>	101
8.1.1	Processo Argumentativo	102
8.1.2	Produto Argumentativo	104
8.2	<i>Práticas e Movimentos Epistêmicos: Instrumentos de Análise</i>	106
8.2.1	Práticas Epistêmicas dos Estudantes	106
8.2.2	Os Movimentos Epistêmicos dos Professores	109
III	Resultados e Discussões	111
9	O Processo e o Produto Argumentativo nos Episódios	112
9.1	<i>Da análise do Processo Argumentativo ao Produto</i>	112
9.2	<i>As interações discursivas e o produto argumentativo</i>	121
9.2.1	Episódio 01 – Existe limite para a velocidade dos corpos?	121
9.2.2	Episódio 02 – Dos postulados à construção da Ciência	128
9.2.3	Episódio 03 – Apenas uma Ficção?	135
9.2.4	Episódio 04 – Existe ou não dilatação temporal no dia a dia?	141
9.2.5	Episódio 05 – Uma conversa relativística.	146
9.2.6	Episódio 06 – Um resultado experimental	151
9.2.7	Episódio 07 – Nunca Viajamos na Velocidade da Luz!!!	156
9.3	<i>O Processo Argumentativo nos Episódios de Ensino</i>	162
9.4	<i>Os argumentos e os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita</i>	186
10	Práticas e Movimentos Epistêmicos nos episódios de ensino	193
10.1	<i>As Práticas Epistêmicas: Definições e exemplos</i>	193
10.1.1	Produção de Sentido	193
10.1.2	Comunicação do Conhecimento	196
10.1.3	Avaliação do Conhecimento	199
10.2	<i>Práticas e Movimentos Epistêmicos nos Episódios de Ensino</i>	201

10.2.1	Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 01	208
10.2.2	Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 02	213
10.2.3	Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 03	218
10.2.4	Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 04	224
10.2.5	Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 05	229
10.2.6	Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 06	234
10.2.7	Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 07	239
10.3	<i>Análise das Práticas Epistêmicas e dos Movimentos Epistêmicos</i> . . .	243
11	Considerações Finais	247
11.1	<i>Reflexões sobre os Episódios de Ensino</i>	247
11.2	<i>Respondendo aos problemas de pesquisas</i>	251
11.3	<i>Desdobramento da Pesquisa</i>	254
11.4	<i>Reflexões Presentes</i>	256
	Referências^a	259
	Apêndice A – Relatividade Restrita	268
	Apêndice B – Software para Construção e Organização dos Dados	301
	Anexo A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido . . .	303

^a De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

Apresentação

O problema de pesquisa que norteou esta tese foi motivado por aspectos profissionais, relacionados aos meus anos como professor da educação básica, e também por aspectos acadêmicos, na realização de pesquisas e estudos concretizados ao longo do mestrado e doutorado. Nesta breve apresentação, focamos em alguns elementos relacionados à atuação profissional e que orientaram, em alguma medida, o problema de pesquisa.

O primeiro contato com temas e discussões sobre a importância da Física Moderna e Contemporânea para a formação de um cidadão cientificamente letrado aconteceu durante a Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Lavras, entre os anos de 2009 e 2013. Nesse período, os estudos aconteceram em duas frentes, uma voltada para compreender essa “nova Física”, e outra para pensar sua importância nos currículos e salas de aula da educação básica.

Com o término do curso, em meados de 2013, comecei a lecionar em uma escola estadual e veio a vontade de levar para a sala de aula todas as discussões e estudos realizados na formação inicial. Depois de algumas aulas, os estudantes começaram a fazer questionamentos relacionados a temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Nesses questionamentos, eram utilizados termos como Einstein, Quântica, Buraco Negro, $E = mc^2$, viagem no tempo, entre outros. Ao longo dos anos, em diferentes escolas, sejam elas estaduais, particulares, sejam federais, tais questionamentos se repetiam e me fizeram refletir sobre como poderia inserir algumas temáticas em minhas aulas. Em diversos momentos, temas como, por exemplo, radiação do corpo negro, física nuclear, radioatividade e efeito fotoelétrico fizeram parte do meu planejamento anual. Ao planejar cada ação relacionada à FMC, sempre buscava na literatura formas de realizá-la com o objetivo de favorecer a Alfabetização Científica.

Ao ingressar no corpo docente do Instituto Federal de Rio de Janeiro, campus Volta Redonda, esses questionamentos aumentaram e, com o passar do tempo, encontrei a possibilidade de expandir a presença da FMC em sala de aula. Parte do problema de pesquisa tem como origem os anos como professor da Educação Básica, visto que nesses espaços sempre que possível buscava abordar temas de Física Moderna e Contemporânea, sendo os estudantes o elemento central no processo de ensino e aprendizagem. Contudo, com a mudança de local de trabalho para a Universidade Federal de Lavras, a formação

de professores passou a ser um elemento a ser considerado, mesmo não sendo abordado explicitamente na tese.

Outro elemento que contribui para o estabelecimento do problema de pesquisa foram os contatos com as pesquisas realizadas por diversos estudiosos, os quais abordavam, entre outras temáticas, a Argumentação, a Explicação e as Práticas Epistêmicas em sala de aula (situação de ensino).

O problema de pesquisa, apresentado ao longo da Introdução, esteve relacionado com dois olhares, um com perspectiva profissional, relativo aos anos de atuação como professor da educação básica; e outro com perspectiva acadêmica, por meio do contato com estudos presentes na literatura. Com a primeira perspectiva, encontrei a possibilidade de investigar situação de ensino que aborde conceitos dentro da Física Moderna e Contemporânea, passo importante no estabelecimento e a realização da pesquisa. Isso posto, no decorrer dos capítulos seguintes apresentarei o problema a ser investigado e alguns estudos que constituem a perspectiva acadêmica, bem como a pesquisa realizada.

1 Introdução

Na Educação Científica para o século XXI, é imprescindível que os estudantes compreendam a Ciência como uma construção humana e socialmente localizada, na qual um grupo de pessoas que compõem a comunidade científica constroem valores e negociam significados (KELLY, 2008; KELLY; DUSCHL, 2002; SILVA, 2011). O conhecimento científico não é formado por opiniões, mas por significados negociados e construídos no interior da comunidade científica, que o sustentam por meio de modelos em que evidências, afirmações e raciocínios são compreendidos e analisados. No ensino de ciências, como na comunidade científica, espera-se que os estudantes compreendam a atividade científica como uma prática social, ou seja, como práticas epistêmicas e práticas científicas (KELLY; DUSCHL, 2002; KELLY, 2008; ARAÚJO, 2008; STROUPE, 2015; SASSERON, 2018b).

As práticas epistêmicas, propostas por Kelly e Duschl (2002), consistem nas práticas envolvidas na produção, comunicação e avaliação do conhecimento e estão associadas às maneiras como membros de uma comunidade inferem, justificam, avaliam e legitimam o conhecimento (SILVA, 2008; SILVA, 2015; KELLY, 2010).

Aprender Ciências consiste em aprender práticas epistêmicas e científicas (SASSERON, 2018b; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CRUJEIRAS, 2017). Em sala de aula, essas práticas podem ser compreendidas como ações cognitivas, atitudinais e discursivas, em que os estudantes estão envolvidos na produção, comunicação e avaliação do conhecimento (ARAÚJO, 2008; KELLY, 2010; SASSERON, 2018b) e na compreensão da natureza da ciência (SILVA, 2008; ARAÚJO, 2008; SILVA, 2009; SILVA, 2011; SILVA, 2015).

Pautado no estudo de Sandoval (2005), Araújo (2008) afirma que investigar as interações discursivas, em sala de aula, é uma possibilidade para compreender as práticas epistêmicas mobilizadas em situação de investigação escolar. No contexto da pesquisa da autora, a investigação é compreendida como o processo de fazer e/ou solucionar questões, que resulte em estratégias ao solucionar, comunicar e avaliar os resultados (ARAÚJO, 2008). Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) e Jiménez-Aleixandre e Bustamante (2003), por sua vez, entendem que a argumentação está diretamente relacionada às práticas epistêmicas, pois é por meio delas que os estudantes justificam e avaliam os conhecimentos construídos em sala de aula.

Estudos como Silva (2015), Silva (2011), entre outros, destacam a importância dos estudantes negociarem entre si a fim de produzirem, interpretarem dados e refletirem, coletivamente, sobre a legitimidade do conhecimento construído, fomentando práticas epistêmicas. Sessa (2013) apresenta que o “fazer e aprender ciência” estão relacionados ao processo argumentativo, visto que, em certa medida, são ações fundamentais para compreender ideias, aplicar modelos e construir explicações.

Com objetivo de compreender como as práticas epistêmicas, em situação de ensino, vêm sendo investigadas em situação de ensino nas pesquisas brasileiras, realizamos um levantamento nos anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) (NEVES; PIERSON, 2018). Em nossa pesquisa, identificamos que: (a) em alguns estudos, as práticas e os movimentos epistêmicos foram importantes para compreender o desenvolvimento da argumentação, seja ela escrita, seja oral; e, (b) as práticas epistêmicas foram os objetos de pesquisa, cujos estudos apresentam ferramentas analíticas para categorizá-las ou as investigam em atividades investigativas. Nas produções analisadas não foi encontrado nenhum estudo voltado para o Ensino de Física.

Outro levantamento com foco nas dissertações e teses produzidas, que aborda as práticas epistêmicas, é apresentado no Capítulo 4. Nele, observamos que todas as pesquisas investigaram situações de ensino em que o conhecimento é construído por meio de interações sociais numa perspectiva histórico-cultural, que, em certa medida, ocorrem por meio das práticas epistêmicas. Nessa busca, encontramos duas pesquisas que investigaram as práticas epistêmicas relacionadas ao campo da Física.

Proporcionar a formação de um cidadão contemporâneo com o ensino focado apenas na física clássica é quase impossível, pois não se podem deixar fora da sala de aula os conceitos, transformações e práticas científicas e epistêmicas promovidos pela Física Moderna e Contemporânea, uma vez que essas transformações moldaram o mundo em que vivemos (MACHADO; NARDI, 2006).

Tendo como pressupostos teóricos os estudos que investigam e fundamentam as práticas epistêmicas, os movimentos epistêmicos e as interações discursivas, em situações de ensino, que abordaremos com mais detalhes nos capítulos seguintes, a presente pesquisa busca apresentar uma possível resposta para os seguintes problemas de pesquisas:

Aulas de introdução a Teoria da Relatividade Restrita planejadas para fomentar interações discursivas favorecem o desenvolvimento de quais

práticas epistêmicas? Quais ações discursivas e epistêmicas do professor favorecem ou não o desenvolvimento de tais práticas?

Portanto, a pesquisa tem como objetivo analisar e compreender as interações discursivas que emergem em sala de aula durante a realização de uma sequência de ensino sobre os conceitos de espaço e tempo de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita, e identificar as práticas epistêmicas desenvolvidas pelos estudantes e o papel do professor nesse processo.

Já os objetivos específicos da pesquisa são: (a) investigar as práticas epistêmicas que os estudantes desenvolvem ao estudarem os conceitos de espaço e tempo de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita por meio de uma sequência de ensino planejada para favorecer interações discursivas; (b) analisar e compreender os processos e produtos argumentativos empregados pelos estudantes e professor ao longo da sequência; e, (c) compreender em que medida as interações discursivas e as ações do professor favorece no desenvolvimento de práticas epistêmicas.

A tese, dividida em três partes, é composta por 11 capítulos. Na primeira parte, formada pelos capítulos 2, 3, 4 e 5, realizamos a revisão da literatura e a construção teórica que fundamenta a pesquisa. Os estudos relacionados às práticas científicas e epistêmicas no campo da educação científica são iniciados no capítulo 2. Ao longo do capítulo 3, abordamos diversos estudos com o objetivo de apresentar os conceitos de interações discursivas, argumentação e explicação; e suas relações com as práticas epistêmicas. No quarto capítulo, focalizamos alguns estudos que investigaram as práticas epistêmicas no Brasil. Por fim, no quinto capítulo, detalhamos alguns instrumentos de análise utilizados para investigar argumentação e as práticas epistêmicas em situação de ensino.

Na segunda parte, constituída pelos capítulos 6, 7 e 8, detalharemos os aspectos teóricos e metodológicos da pesquisa. A sequência de ensino é apresentada no sexto capítulo, além de abordarmos os elementos teóricos utilizados na sua construção. No capítulo 7 são detalhados os procedimentos metodológicos da pesquisa, bem como a descrição do contexto educacional, os instrumentos de coletas dos dados e a organização dos episódios de ensino que compuseram o corpus da análise. Por fim, no oitavo capítulo, são apresentadas as ferramentas de análise dos dados e sua relação com a construção teórica.

Os resultados e discussões são apresentados na terceira parte, composta pelos capítulos 9 e 10. No nono capítulo, são detalhados e apresentados os resultados e análises

do processo e do produto argumentativo nos episódios de ensino. No décimo capítulo, temos os resultados e análises das práticas e movimentos epistêmicos. Por fim, no décimo primeiro capítulo, a título de conclusão, delineamos possíveis respostas para os problemas de pesquisas, além de destacarmos algumas perspectivas com relação a futuras pesquisas.

Parte I

Construção Teórica

2 Atividade Científica como práticas sociais e a Educação Científica

Estudos do campo da sociologia, da filosofia e da história da ciência, que investigam a atividade científica e a produção de conhecimento científico, apontam essa atividade como uma atividade social, realizada por meio de práticas sociais e locais, que acontecem no interior de uma comunidade (KELLY, 2008; SILVA, 2008; SILVA, 2011; SASSERON, 2018c).

Desses estudos, podemos destacar os realizados por Latour e Woolgar (1986 apud SASSERON, 2018c) e Longino (2002 apud SASSERON, 2018c) que, de acordo com Sasseron (2018c), sociologizam^a a atividade científica e nos auxiliam a compreender o processo de produção do conhecimento e as relações que acontecem no interior de uma comunidade particular (SILVA, 2008; SILVA, 2011).

Preocupado em compreender a construção do conhecimento em uma comunidade específica - como é o caso da comunidade científica - (KELLY, 2008) apresenta que o conhecimento é construído e justificado por meio de práticas sociais, que consistem em ações padronizadas e realizadas por membros de uma comunidade que possuem expectativas, valores, ferramentas e significados culturais compartilhados. Considerando os estudos que sociologizam a ciência, Silva (2011, p. 39) destaca que “o conhecimento científico é resultado de processos de invenção que estão intrinsecamente relacionados à comunidade da qual o cientista faz parte”

As práticas e valores comunitários se tornam essenciais para definir o que conta ou não como conhecimento científico (KELLY, 2008; SILVA, 2011). Visto que:

as práticas sociais das comunidades epistêmicas em campos científicos governam e orientam as pesquisas, controlam as publicações, definem a socialização com os pares e constroem a formação de conhecimentos através de pesquisa colaborativas (KELLY, 2008, p. 101, tradução do autor).

Uma prática social consiste em um conjunto de práticas padronizado, realizado por membros de uma comunidade, com propósitos e expectativas comuns, com valores, ferramentas e significados culturais compartilhados (KELLY, 2008; SILVA, 2011). Quando essas

^a Sociologizam, pois não corresponde a um estudo sociológico da atividade científica e sim de um estudo sociologizado (SASSERON, 2018c)

ações se referem ao conhecimento, pode-se rotulá-las como práticas epistêmicas^b (KELLY, 2008; SILVA, 2011). Kelly (2008, p. 99, tradução do autor) define “as práticas epistêmicas como formas específicas de membros de uma comunidade proporem, justificarem, avaliarem e legitimarem as afirmações de conhecimento no quadro disciplinar”.

Kelly e Licona (2018, p. 140, tradução do autor) apresentam que as práticas epistêmicas são:

interacionais (construídas entre as pessoas), contextuais (situadas em práticas sociais e normas culturais), intertextuais (comunicadas através de uma história de discursos coerentes, sinais e símbolos) e consequentes (o conhecimento legitimado instancia o poder e a cultura).

Compreender a construção do conhecimento na comunidade científica nos possibilita pensar, planejar e realizar ações na comunidade científica escolar, pois um dos desafios para o Ensino de Ciências é proporcionar à Alfabetização Científica (AC) dos estudantes.

Reconhecendo a dificuldade em definir o conceito de AC na literatura, adotamos algumas considerações realizadas por Sasseron e Carvalho (2008), Sasseron e Carvalho (2011a) e Sasseron (2015) que apresentam a AC como um processo que favorece a promoção de uma cultura científica e tecnológica.

Em sala de aula a AC é um processo que está em constante desenvolvimento e o foco não é apenas o ensino de conceitos e métodos das ciências, mas nas suas implicações e relações com a sociedade, o meio ambiente e a tecnologia e a compreensão sobre o processo de construção do conhecimento científico.

Portanto, não podemos pensar as ações educacionais apenas pautados no ensino de conteúdo, como aconteceu em boa parte do século passado. É necessário pensá-lo por meio de práticas nas quais os estudantes se envolvam na produção, comunicação e avaliação do conhecimento, possibilitando que eles aprendam conceitos, leis e teorias da ciências e a algumas práticas e normas realizadas no interior da comunidade científica (KELLY, 2008; SILVA, 2011).

Na literatura, diversos estudos investigam as práticas epistêmicas em situações de ensino e para fomentá-las, estão as interações discursivas, que abordaremos na ??, que emergem durante a solução de problemas considerados autênticos. Os problemas autênticos

^b O termo epistemologia é associado ao estudo do conhecimento ou sua construção. O adjetivo epistêmico está associado às ações que acontecem em uma área do conhecimento específica (SASSERON, 2018c, p. 29).

consistem em problemas nos quais os estudantes buscam informações e se engajam para solucioná-los, que são atitudes bem distantes dos exercícios realizados em aulas tradicionais (SILVA, 2011).

Aprender Ciências, aqui compreendido como as Ciências da Vida, Física, Terra e do Espaço, se baseia em aprender práticas epistêmicas associadas à produção, comunicação, avaliação e legitimação desse conhecimento (KELLY, 2008; KELLY, 2010). Alguns exemplos de práticas epistêmicas, em contexto escolar, para investigação científica e questões socio-científicas foram apresentados por Kelly e Licona (2018) e as reproduzimos no Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplos de práticas epistêmicas com orientações na investigação científica e nas questões sócio-científicas.

Abordagem disciplinar	Investigação Científica	Questões sócios científicos
Práticas Epistêmicas:		
Produção	Apresentar questões científicas; Projetar investigações científicas para solucionar problemas; Fazer observações; Utilizar evidências relevantes baseadas em uma investigação; Construir modelos e refutações.	Posicionar sobre questões - científicas, econômicas, morais, religiosas, ecológicas; Projetar investigações para responder aos problemas; Balancear múltiplas linhas de raciocínio; Construir uma refutação.
Comunicação	Desenvolver raciocínio científico; Fornecer justificativa específica para reivindicação do conhecimento; Escrever explicação científica; Comunicar explicação científica verbalmente; Construir explicação científica baseada em evidências e raciocínio.	Construir evidências com base em investigações; Tomar posição; Construir (múltiplos) argumentos baseados em evidências e raciocínio; Apresentar argumento; Participar de debates.
Avaliação	Avaliar os méritos das afirmações científicas, evidência ou modelo; Avaliar o raciocínio científico; Avaliar explicação científica; Considerar explicações alternativas.	Avaliar os méritos de uma reivindicação científica; Avaliar as evidências (o que conta como evidência - moral, ético, científico, etc.); Avaliar as linhas e tipos de raciocínio; Avaliar os argumentos de forma holística.
Legitimação	Construir o consenso do grupo para explicações cientificamente sólidas, de acordo com o valor da explicação que mais se aproxima das teorias cientificamente aceitas; Reconhecer o conhecimento pela comunidade epistêmica relevante.	Construir o consenso ou aceitação do argumento mais convincente; Reconhecer o valor das posições tomadas no debate.

Fonte: Extraído e adaptado de Kelly e Licona (2018, p. 142, tradução do autor).

No Quadro 1 observamos que as práticas epistêmicas estão associadas aos objetivos educacionais das atividades a serem estudadas. Segundo Kelly e Licona (2018), embora haja semelhanças entre algumas práticas epistêmicas relacionadas às disciplinas, cada ciência exige dos estudantes diferentes maneiras de construir o conhecimento, pois possuem práticas específicas. Portanto, existem várias práticas relacionadas as diferentes ciências e cumprindo diferentes objetivos pedagógicos. Tal situação contrasta-se com o “método científico” rígido e linear, muitas vezes abordado no contexto escolar (GIL-PÉREZ et al.,

2001), em que os professores, muitas vezes, seguem a estrutura apresentada pelos livros didáticos.

A construção de conhecimento na comunidade científica se difere da construção do conhecimento na educação, quanto ao objetivo principal. Na comunidade científica, busca-se a produção de novos conhecimentos e na educação o foco está em comunicar e compartilhar modos de pensar (que perpassam os aspectos conceituais, processuais e atitudinais e a natureza da ciência). No espaço escolar, espera-se que os estudantes sejam iniciados em práticas culturais científicas (SILVA, 2015) e epistêmicas por meio da linguagem, ao interagir com membros já familiarizados com essas práticas.

Além dos estudos que investigam as práticas epistêmicas em situação de ensino, que abordaremos no Capítulo 4, Erduran (2015) destaca o número crescente de pesquisas relacionadas às práticas científicas no campo da Educação Científica. Stroupe (2015), pautado por estudos da História e Filosofia da Ciência e na abordagem da Ciência, Tecnologia e Sociedade, discute a relação entre uma prática científica e as atitudes e procedimentos que os estudantes aprendem ao participar e se envolver em atividades disciplinares.

Stroupe (2015, p. 1034, tradução do autor) define:

a prática científica como as dimensões aprendidas e valorizadas do trabalho disciplinar, tácito e explícito, que as pessoas desenvolvem ao longo do tempo em um local específico, como um laboratório, estação de campo ou sala de aula.

A prática científica está relacionada à comunidade e ao contexto, pois eles moldam as características das atividades disciplinares. Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) entendem que os estudantes podem envolver-se em práticas científicas por meio de modelagem, argumentação ou investigação em atividades realizadas em sala de aula. Por exemplo: as atividades experimentais em sala de aula podem favorecer o desenvolvimento de algumas práticas científicas relacionadas às áreas empíricas da Física Clássica, como a Mecânica, e não favorecer práticas relacionadas à Física Moderna e Contemporânea, pois algumas áreas possuem uma construção fundamentalmente teórica.

Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) ainda propõem inserir as práticas científicas em primeiro plano no processo de ensino e aprendizagem, justificando que para promover a Alfabetização Científica é necessário envolver os estudantes em atividades científicas aliadas aos conceitos e teorias científicas às práticas científicas.

Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017) e Sasseron (2018b) reconhecem a existência das práticas epistêmicas e práticas científicas como práticas intercambiáveis, podendo os estudantes se envolver em ambas de maneira colaborativa e mútua. Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017, p. 70, tradução do autor) defendem:

que possamos pensar na prática epistêmica como um construto mais amplo e nas práticas científicas como práticas epistêmicas no contexto específico de aprendizagem ou áreas de conteúdo.

Sasseron (2018b) alerta que pensar o ensino de ciências apenas por meio das práticas científicas poderia resultar em ações educacionais sem reflexão e realizadas de maneira mecânica, nas quais os estudantes passam a cumprir protocolos rígidos sem indagá-los, destacando que as práticas epistêmicas possibilitam pensar o processo de ensino e aprendizagem de maneira reflexiva e com liberdade intelectual.

Com o objetivo de distinguir teoricamente as práticas científicas das práticas epistêmicas, no contexto educacional, Sasseron (2018b) entende:

(...) práticas científicas realizadas em aula de ciências como sendo: o trabalho com novas informações; o levantamento e o teste de hipóteses; e a construção de explicações, a elaboração de justificativas, limites e previsões das explicações (...)
 (...) práticas epistêmicas para o ensino de ciências, utilizamos aqui as ideias já consolidadas e apresentadas por Kelly (2008), reconhecendo que elas se associam à proposição, comunicação, avaliação e legitimação de ideias (SASSERON, 2018b, p. 1067).

As práticas científicas são relacionadas à resolução de problemas e as práticas epistêmicas às instâncias de produção, comunicação e avaliação do conhecimento (SASSERON, 2018b). Portanto, em uma comunidade de práticas podemos estabelecer tanto práticas científicas quanto práticas epistêmicas. Contudo, nesta tese estamos interessados em compreender “como sabe e o que se sabe” (SASSERON, 2018c), ou seja, nas práticas epistêmicas presentes em um ambiente que busca fomentar interações discursivas ao abordar conceitos da Teoria da Relatividade Restrita.

Com o objetivo de explicitar a relação entre as práticas epistêmicas, as interações discursivas e a argumentação organizamos a próxima seção. Além disso, apresentarmos o que se compreende por argumentação e argumento e sua importância para a Educação Científica, além de buscar elucidar a relação entre argumentação e explicação em sala de aula.

3 Interações discursivas, argumentação e práticas epistêmicas no ensino de ciências

No decorrer da seção anterior, destacamos que o processo de construção do conhecimento científico é uma atividade social em que membros se envolvem em práticas sociais para sustentá-lo. Além disso, defendemos que no ensino de ciências os estudantes sejam engajados em práticas ciências, visto que elas possibilitam compreender alguns processos de construção de conhecimento pela comunidade científica. Portanto, no ensino de ciências é fundamental que os estudantes compreendam e aprendam práticas epistêmicas da ciências, para além dos conceitos, leis e teorias.

Nesta seção têm-se como objetivo discutir as interações que acontecem em sala de aula e sua importância para o estabelecimento das práticas epistêmicas, (seção 3.1), além de abordar o que compreendemos por argumentação e processo argumentativo (seção 3.2). Por fim, elucidamos alguns pontos que destacam as diferenças entre argumentação e explicação e como essas interações discursivas se aproximam em ações realizadas em sala de aula (seção 3.3).

3.1 Interações discursivas e Práticas epistêmicas em aulas de ciências

A sala de aula é um espaço em que acontecem várias interações de diversas natureza e por diferentes meios. A natureza das interações está relacionada às ações entre os envolvidos, que nesse caso são: o professor; os estudantes, os materiais e o conhecimento. Os meios, por sua vez, relacionam como as interações acontecem e podemos destacar: as interações discursivas e as interações entre os conhecimentos (SASSERON, 2018c). Assim, cada um dos envolvidos podem interagir com os demais por meio de interações discursivas e interações entre os conhecimentos.

Nesta tese nosso maior interesse estão nas interações discursivas que acontecem em aulas que abordam os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita. Contudo, reconhecemos que as interações discursivas emergem, em sala de aula, associadas com outras interações.

Acerca das interações discursivas, Sasseron (2018c, p. 52) apresenta que:

são modos pelos quais professor e estudantes relacionam-se em sala de aula e com os materiais e conhecimentos que ali estão à disposição e são construídos e que estas interações se associam ao desenvolvimento de práticas científicas e epistêmicas em sala de aula.

É por meio das interações que se constituem uma comunidade de práticas. Portanto, analisar e acompanhar as interações discursivas consistem em maneiras de compreender desde a construção à negociação de ideias, conceitos, leis e teorias para solucionar uma situação-problema. Além disso, é por meio das interações discursivas que podemos identificar as práticas epistêmicas desenvolvidas ou em desenvolvimento em sala de aula (SASSERON, 2018c).

Em todo processo educacional o professor é fundamental, e não seria diferente no estabelecimento de uma comunidade de práticas em sala de aula. Nesse espaço, o professor é a autoridade social e a autoridade epistêmica. Como autoridade social, é o responsável por propor e gerenciar as interações que acontecem em sala de aula e; como autoridade epistêmica é quem domina a epistemologia do campo e os conceitos a serem estudados (SASSERON, 2018c).

Como as aulas são conduzidas e propostas pelo professor, na maior parte das vezes, suas ações influenciam na participação dos estudantes e nas interações discursivas. Em aulas, cujo o professor apenas apresenta informações e tem ações conteudista, em que há apenas a exposição de conceitos, leis e teorias dificilmente há participação dos estudantes. A abertura para que tais interações aconteçam em sala de aula possibilita a quebrar a tríade I-R-A (Iniciação do Professor, Resposta do Estudante e a Avaliação do Professor) (AMARAL; MORTIMER, 2006; MORTIMER; SCOTT, 2002), tão presente em aulas convencionais.

Berland (2008) endossa que encorajar os estudantes a apresentar suas explicações, sem contestá-las ou compará-las com outras explicações, não favorece a construção do conhecimento, pois os estudantes não participam de interações discursivas nem epistêmicas.

Por outro lado, aulas em que os estudantes buscam as soluções para os problemas, se envolvam em explicações e apresentem seus pontos de vista podem favorecê-los a participarem de interações discursivas e no processo de construção do conhecimento. O professor, como autoridade epistêmica e social, auxilia os estudantes nas situações apresentadas anteriormente e proporciona o desenvolvimento de sua autoridade epistêmica, visto que se engajam em interações discursivas e práticas epistêmicas (SASSERON, 2018c).

Acerca do Ensino de Ciências, concordamos com Sasseron (2018c), ao reconhecê-lo como constituído por práticas híbridas uma vez que guarda características da escola e da ciências. Contudo, destacar tais práticas não consiste em simplificá-las. São práticas híbridas, pois:

permitir aos estudantes, no ambiente escolar, cercados pelas práticas escolares e por temas escolares o contato com as práticas das ciências pela discussão e desenvolvimento de entendimento de temas científicos e modos de fazer das ciências (SASSERON, 2018c, p. 47).

Sasseron e Duschl (2016) advogam a importância das interações discursivas no ensino de ciências como meio de se promover o desenvolvimento de práticas epistêmicas. Sendo o papel do professor engajar os estudantes por meio de interações discursivas.

Duschl (2008), pautado por pesquisas acerca da ciência da aprendizagem, da educação científica e de estudos científicos, propõem que ensino de ciências seja abordado:

em três domínios integrados: (a) as estruturas conceituais e os processos cognitivos usados quando raciocinam cientificamente, (b) os enquadramentos epistêmicos utilizados no desenvolvimento e avaliação de conhecimento, e (c) os processos sociais e contextos que moldam como o conhecimento é comunicado, representado, discutido e debatido (DUSCHL, 2008, p. 277, tradução do autor).

O autor defende que a educação científica se dê em torno dos objetivos conceituais, epistêmicos e de processos sociais. Conforme Kelly e Licona (2018), esses objetivos estão interligados e possibilitam a construção de uma visão de ciência pautada em evidências e nas práticas socioculturais, em que os estudantes participam de interações discursivas.

Pautado nos estudos realizados por Duschl (2008), Sasseron (2018c) e Kelly e Licona (2018), em sala de aula, não podemos focar apenas nos objetivos conceituais, em que busca a construção de conceitos, leis e teorias científica, é necessário pensá-lo como um espaço de práticas em que os se envolvam em interações discursivas e práticas epistêmicas, realizando afirmações e avaliações, para sustentar o conhecimento em construção (SASSERON, 2018c).

Compreender as características das interações discursivas em sala de aula é fundamental, pois espera-se que nesse espaço se constitua uma comunidade em que os estudantes produzam, comuniquem, avaliem e legitimem o conhecimento. Berland (2008) apresenta as interações discursivas como “diálogo epistêmico” quando associados a resolução do problema, sendo explicação e/ou argumentação, relacionadas ao conhecimento e conceitos e não apenas à simples solução do problema. A autora defende que o “diálogo epistêmico”, alinhado à cultura científica, inclua a construção de consenso e revisão por pares como pontos centrais para a cultura científica escolar. Portanto, o “diálogo epistêmico” é aquele que emerge em uma comunidade na qual se faz uso de práticas argumentativas para definir

o que conta ou não como conhecimento, utilizando-se de diversas práticas epistêmicas (BERLAND, 2008; CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014).

A argumentação é uma prática científica fundamental para a comunidade científica. E como tal, ela é uma prática epistêmica. Por meio dos processos argumentativos podemos compreender as interações discursivas entre os estudantes, o professor e os materiais instrucionais (SASSERON, 2018c) e das práticas epistêmicas desenvolvidas.

Ao longo dessa seção, destacamos que na sala de aula acontecem múltiplas interações, das quais estamos interessados nas interações discursivas. Destacando o professor como autoridade epistêmica e social que pode, na maioria das vezes, atuar como facilitador para que os estudantes se envolvam em interações discursivas e em práticas epistêmicas, uma vez estabelecida uma comunidade de práticas. Portanto, fomentar o desenvolvimento de interações discursivas e dos processos argumentativos possibilita o desenvolvimento de práticas epistêmicas, visto que é por meio das interações discursivas que os estudantes podem participar das ações em sala de aula e se envolver no fazer ciências.

Na próxima seção, teceremos considerações sobre o que compreendemos por argumentação e argumento, detalhando sua importância para a educação científica e para a compreensão das práticas epistêmicas.

3.2 Argumentação e Educação Científica

Nas últimas duas décadas observa-se um movimento no campo da Educação Científica que defende a argumentação como fundamental para aprendizagem da Ciência, tanto como conhecimento quanto como prática (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; SIMON; ERDURAN; OSBORNE, 2006; BERLAND; REISER, 2008; BERLAND, 2008; LEITÃO, 2011; VIEIRA, 2011; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; AGRASO, 2006; CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014; KELLY, 2008; DUSCHL, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2007; SASSERON, 2015; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; AGRASO, 2006; NASCIMENTO; VIEIRA, 2008; OSBORNE; PATTERSON, 2011; BERLAND; MCNEILL, 2012, entre outros). Estudiosos como (SASSERON, 2018c) e (SILVA, 2015) defendem a argumentação como prática epistêmica, em sala de aula, e favorece a Alfabetização Científica dos estudantes (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2007; SASSERON; CARVALHO, 2011c; SASSERON, 2015).

Na literatura, de acordo com Berland (2008), há duas vertentes de discussões sobre a argumentação no contexto educacional. Na primeira, ela está associada ao entendimento das ideias científicas, possibilitando aos estudantes internalizar os conceitos. Na segunda, trata-se da natureza argumentativa, visto que os estudantes podem utilizá-la para interagir em sala de aula para a produção, comunicação e avaliação do conhecimento escolar.

Leitão (2011), por sua vez, destaca que a relação entre a argumentação e o processo de construção do conhecimento vem ocorrendo em dois caminhos. No primeiro, ela surge como interação discursiva que possibilita aos estudantes compreender temas, ideias, conceitos e teorias, “*argumentar para aprender*”. No segundo, ela passa a ser vista como uma competência que será construída por meio de práticas específicas, “*aprender a argumentar*”.

As considerações acerca da argumentação nas pesquisas em contextos educacionais e no processo de construção do conhecimento se aproximam. Nesta tese não delimitamos uma vertente em relação à pesquisa, pois buscamos desenvolver um ambiente em que interações discursivas possam emergir e nele os estudantes possam “argumentar para aprender” e “aprender para argumentar” como uma prática epistêmica. Ou seja, é por meio dos processos argumentativos que os estudantes compreendem ideias, conceitos e teorias, argumentam para aprender e, por meio do processo argumentativo que os estudantes se envolvem em práticas epistêmicas.

Segundo Vieira e Nascimento (2013), a argumentação tem:

- 1) Potencial para desenvolver compreensões conceituais e epistêmicas dos estudantes;
- 2) Possibilidade dos estudantes construírem afirmações baseadas em evidências, podendo refletir e criticar suas próprias afirmações e as dos colegas, o que leva ao desenvolvimento do pensamento crítico;
- 3) Argumentação em salas de aula é publicamente reconhecível; assim, o pensamento dos estudantes pode ser avaliado pelo professor e por seus colegas;
- 4) Por meio da articulação de afirmações baseadas em evidências, discurso crítico e reflexão, processos cognitivos de ordem superior podem ser desenvolvidos;
- 5) Por fim, associamos à prática argumentativa a possibilidade de os estudantes desenvolverem autonomia em tomadas de decisões conscientes, em que eles podem assumir papel ativo na autorregulação de suas próprias ações (VIEIRA; NASCIMENTO, 2013, p. 16).

Vieira e Nascimento (2013) apresentam a argumentação com uma orientação discursiva que se diferencia das orientações: explicativa, narrativa, descritiva, dialogal e injuntiva. Por orientação discursiva compreende-se como uma prática discursiva que

acontece em sala de aula (VIEIRA; NASCIMENTO, 2013). Como prática discursiva, a argumentação é um processo tanto social (extra-discursiva) quanto individual (intra-discursiva) (LIMA-TAVARES, 2009). Social, na medida em que se pretende persuadir outros indivíduos sobre uma determinada opinião. E individual, em que se avalia internamente os prós e contras sobre seu ponto de vista (LIMA-TAVARES, 2009; LEITÃO, 2011; VIEIRA, 2011; VIEIRA; NASCIMENTO, 2013).

Essa visão não é consensual na literatura, Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) destacam que há autores que defendem a argumentação como estritamente social e outros como um processo individual. Concordamos com a autora e o autor ao destacarem que o argumento se refere ao produto ou parte do discurso fundamentado, e a argumentação ao processo argumentativo. Vieira (2011), Vieira e Nascimento (2013) apresentam o argumento como um processo de justificar uma opinião, que busca ser aceita coletivamente (socialmente) ou individual (no pensamento).

A argumentação não se constitui apenas em uma ação discursiva, mas também em uma forma de pensamento (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). Na comunidade científica, a argumentação tem um importante papel, pois é por meio dela que os cientistas fazem alegações, desafiam teorias abertas e questionam os resultados de seus pares. É por meio do argumento que tornam públicos seus resultados em conferências e revistas e é esse processo de verificação e críticas que mantém a qualidade das ciências (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Christodoulou e Osborne (2014) destacam que:

A prática da argumentação pode promover o engajamento com os processos de construção e avaliação do conhecimento (FORD, 2008a; FORD; WANGO, 2012), o que requer o uso de critérios para a seleção e avaliação de evidências, a criação de contra-argumentos e o fornecimento de justificativas. Assim, a aprendizagem baseada em argumentos é considerada como potencialmente promotora para o discurso epistêmico na sala de aula de ciências e proporcionando aos estudantes oportunidades de ver a ciência como uma “prática epistêmica” (DUSCHL, 2008a, b; KELLY, 2008), ou seja, uma prática geradora de conhecimento e não apenas como uma coleção de conhecimento factual (CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014, p. 1277, tradução do autor.).

Promover a argumentação em sala de aula permite quebrar a visão positivista das disciplinas científicas, em que se buscam apenas as respostas corretas e os dados sempre nos levam às conclusões esperadas (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000), para uma

visão da ciência como um processo de construção social, em que os indivíduos legitimam, avaliam, comunicam e produzem o conhecimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2007; KELLY, 2008; KELLY, 2010).

Nascimento e Villani (2003) apresentam a argumentação em sala de aula de ciências como uma interação discursiva, social, intelectual e de comunicação verbal e não verbal utilizada para justificar ou refutar uma opinião sobre um assunto de ciências. Por meio dela, os estudantes justificam e avaliam os conhecimentos inseridos em um contexto escolar. Leitão (2011), por sua vez, destaca que engajar os estudantes em processos argumentativos, nos quais fundamentam suas opiniões, consideram e respondem a contra-argumentos, confere-lhes uma dimensão epistêmica e os privilegia em situações de ensino e aprendizagem. Aprender ciências está relacionado a aprender a argumentar sobre ciências no interior de uma comunidade escolar (CARVALHO; SASSERON, 2015). Silva (2011, p. 267) *“entende que o aprender ciências está relacionado ao aprendizado da linguagem científica e à participação em processos discursivos da ciência”*.

No processo argumentativo, os estudantes podem apresentar suas opiniões fundamentadas em justificativas que serão julgadas pelos colegas, que concordam ou não com ela. Nesse cenário de persuasão, estarão em lados opostos quem propõe e quem se opõe, sendo que o primeiro deve justificar suas afirmativas, analisar e responder aos contra-argumentos (seja reafirmando, seja modificando suas opiniões); e o segundo deve questionar as opiniões (LEITÃO, 2011). O sucesso no processo argumentativo está relacionado à possibilidade de os envolvidos compartilharem do mesmo conhecimento, e caso exista uma grande diferença entre eles, o processo ficará prejudicado (LEITÃO, 2011; VIEIRA; NASCIMENTO, 2013).

Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) destacam que: (a) nem toda interação discursiva é argumentativa, as interações argumentativas, por exemplo, devem abordar ações de formular conclusões, sustentá-las com evidências, ou avaliar conclusões, ou evidências de dados; (b) o argumento deve possuir ao menos dados e/ou justificativas; e (c) o argumento pode ser individual, por exemplo, em informes escritos individuais, ou ser produto de colaboração, ser construído por várias pessoas, como em uma sala de aula de ciências.

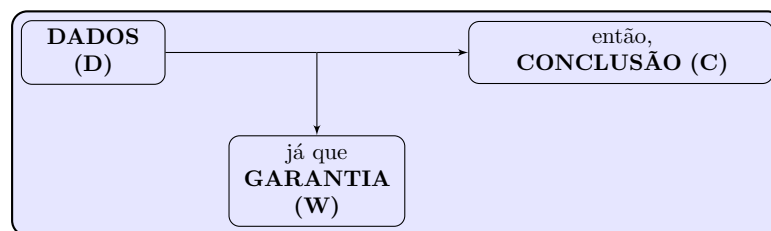
Buscando elucidar a estrutura de um argumento, na próxima subseção é abordado o Padrão Argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006), que apresenta uma possibilidade para avaliar e validar um argumento.

3.2.1 Padrão Argumentativo de Toulmin

Com o objetivo de estruturar um argumento e seus elementos fundamentais, o filósofo Stephen E. Toulmin (TOULMIN, 2006) propôs o Padrão Argumentativo de Toulmin (TAP - sigla em inglês para Toulmins Argument Pattern), como é reconhecido na literatura. O TAP foi desenvolvido no campo do Direito e, logo, começou a ser utilizado em outros campos, inclusive na Educação. O padrão representa uma ruptura com a lógica formal e técnica, uma vez que aborda o argumento dentro uma lógica informal, presente no cotidiano (TOULMIN, 2006; NASCIMENTO; VILLANI, 2003).

Toulmin (2006) compara um argumento com um organismo vivo, que é composto de estrutura bruta, a anatômica, e outra mais fina, a fisiológica. Essas estruturas possibilitam analisar e validar um argumento. A estrutura básica é apresentada na Figura 1, e a estrutura completa encontra-se na Figura 2.

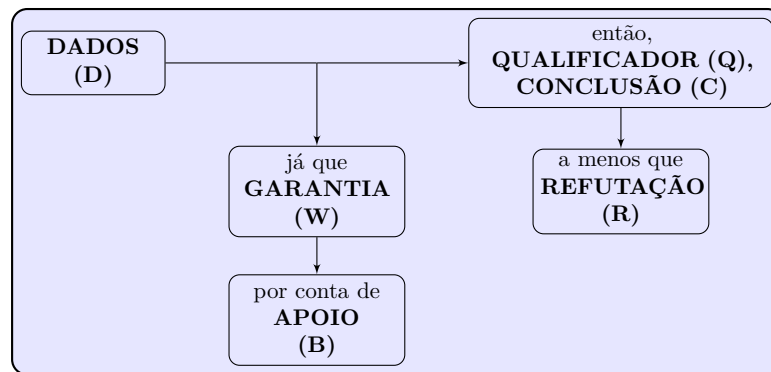
Figura 1 – Estrutura “simples” para um argumento.



Fonte: Extraído de Toulmin (2006, p. 143)

O modelo de argumento apresentado na Figura 1 é uma estrutura básica, na qual a seta simboliza a relação do dado (D) com a conclusão (C), sendo sustentada pela garantia (W), que tem a função de “ponte” do dado (D) para a conclusão (C). Em outras palavras, “sabendo do dado (D), já que a garantia (W) é válida, então a conclusão (C)” (TOULMIN, 2006).

Figura 2 – Estrutura “completa” para um argumento.



Fonte: Extraído de Toulmin (2006, p. 150)

O TAP, presente na Figura 2, é a estrutura completa composta por seis elementos. Em relação à Figura 1 foram inseridos o apoio (B) à garantia (W), o qualificador modal (Q), que expressa a força da conclusão (C) devido à garantia (W) e, para invalidar a garantia, é apontada a refutação (R). Em suma, tem-se um argumento com a seguinte estrutura: a conclusão (C) está baseada no dado (D), devido à garantia (W) fundamentada no apoio (B), que pode ser refutada (R) mais facilmente a depender do qualificador (Q).

Sobre a estrutura apresentada na Figura 2, Nascimento e Vieira (2008, p. 7) apresentam que:

uma conclusão (C) é afirmada sobre a base de um dado (D). Esse passo argumentativo é autorizado por uma lei de passagem (W), ela mesma retirada de um conhecimento de base ou apoio (B). A refutação (R) especifica as condições que invalidam tal passagem. Considerando os “pesos” dos elementos restritivos (refutação) e justificatórios (garantia e apoio), o qualificador Q (ou modalizador) atenua ou reforça o status da conclusão considerada.

O TAP no campo da Educação Científica possibilita analisar a estrutura do argumento. Estudos como os de Driver, Newton e Osborne (2000), Mendonça e Justi (2013), Nascimento e Villani (2003), Nascimento e Vieira (2008), Vieira e Nascimento (2013), Vieira (2011), Erduran, Simon e Osborne (2004), Sasseron e Carvalho (2011b), Lima-Tavares (2009), entre outros, apresentam a potencialidade do padrão para compreender o processo de construção do conhecimento. Apesar de sua importância para o campo, pesquisadores como Vieira e Nascimento (2013), Nascimento e Vieira (2008), Nascimento e Villani (2003), Lima-Tavares (2009), Driver, Newton e Osborne (2000), entre outros, apresentam limitações ao utilizar o padrão em suas pesquisas.

Driver, Newton e Osborne (2000) destacam que o modelo possibilita compreender a estrutura do argumento, tendo como principal limitador a falta de contexto em que ele ocorreu, e a falta de contexto nos processos interacionais que ocorreram para a construção do argumento analisado. Os autores ainda destacam que:

(a) a mesma afirmação pode ter um significado diferente em um contexto diferente; portanto, o contexto precisa ser levado em conta ao inferir o significado; (b) partes de argumentos, (...), muitas vezes não são explicitamente declarados na fala, mas são implícitos; (c) no fluxo natural dos pontos de convergência, não são necessariamente desenvolvidos sequencialmente e a referência deve ser feita através de seções extensas do texto para identificar características do argumento; e (d) nem todos os pontos são feitos através da fala, pois alguns são feitos através de gestos semióticos, apontando para objetos, assentindo, etc., especialmente na ciência, onde materiais manipuláveis são usados (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000, p. 294, nossa tradução).

Berland e Reiser (2008) reforçam que o TAP foi proposto para o argumento pronto e sua simples transição para o processo argumentativo, como realizado em sala de aula, pode inviabilizar a análise dos argumentos em tal processo. Lima-Tavares (2009) concorda com Driver, Newton e Osborne (2000) em relação às limitações apresentadas anteriormente, que podem ser acentuadas em estudos que envolvem uma perspectiva sociocultural do ensino e aprendizagem. Contudo, a autora destaca que Toulmin (2006), ao focalizar o estudo nos microargumentos, reconhece a importância de olhar para o nível macro a fim de compreender o papel que está sendo desempenhado pelo microargumento.

As limitações abordadas nas pesquisas anteriores não inviabilizam o uso do Padrão Argumentativo de Toulmin como ferramenta analítica para compreender o argumento que emerge em situação de ensino (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008). Nascimento e Vieira (2008, p. 17) apontam que:

as limitações apontadas do padrão são mais fruto da sua utilização fora do campo que Toulmin inicialmente lhe deu ao concebê-lo do que propriamente devido à lacunas que o filósofo tenha deixado dentro do seu campo de concepção.

O TAP também pode ser utilizado como ferramenta didática, seja com o objetivo de ensino dos elementos de um argumento seja para fomentar o planejamento da sequência de ensino.

Em nossa pesquisa, o Padrão Argumentativo de Toulmin esteve presente no planejamento da sequência de ensino e uma adaptação da TAP foi utilizada com o objetivo de compreender e analisar os argumentos que emergiram na realização da sequência de ensino.

Na próxima seção, abordaremos a relação entre argumentação e explicação com o objetivo de elucidar as divergências presentes na literatura e como ambas vem sendo abordadas em algumas pesquisas relacionadas em situação de ensino.

3.3 Explicação e Argumentação

A explicação e a argumentação são práticas fundamentais na construção do conhecimento, tanto na comunidade científica quanto na comunidade científica escolar. Portanto, cientistas e estudantes, em processo de construção do conhecimento, propõem, justificam, avaliam e legitimam (KELLY, 2008; KELLY, 2010; KELLY; LICONA, 2018) por meio de debates públicos ou mentais, a partir dos quais se buscam as melhores maneiras de explicar e argumentar os fenômenos estudados (BERLAND; REISER, 2011).

Pesquisas como as realizadas por Berland e Reiser (2008), Berland e McNeill (2012), Braaten e Windschitl (2011), Osborne e Patterson (2011), Osborne e Patterson (2012), Rodrigues e Pereira (2018) destacam que não existe um consenso para a definição do termo “explicação” no campo da Educação Científica. Essa falta de clareza, citada pelos autores e autoras, enfraquece o campo, dificulta a formulação de currículos escolares (OSBORNE; PATTERSON, 2011) e não propicia a formação de professores de maneira a fomentar a construção de explicação em sala de aula (BRAATEN; WINDSCHITL, 2011).

O termo “explicação” tem um problema semântico, pois muitas vezes está alinhado com o esclarecimento das palavras ou do raciocínio, diferindo de uma explicação científica que visa a esclarecer fenômenos do “mundo natural” (BRAATEN; WINDSCHITL, 2011).

Braaten e Windschitl (2011) buscaram na Filosofia da Ciência e nas Pesquisas em Educação Científica uma conceituação para “Explicação Científica” com o objetivo de projetá-la em sala de aula. Partindo desse levantamento e fundamentados nos estudos em Filosofia da Ciência, os autores identificaram cinco tipos (modelos) de explicação científica, sendo eles:

- **Lei de Cobertura** – os fenômenos são explicados pela recorrência, logo o fenômeno é um resultado possível de uma lei. Em sala de aula, esse modelo possibilita que os estudantes construam “tentativas” para explicar o fenômeno abordando uma parte da lei. E o professor pode conhecer suas “tentativas” para posteriormente apresentar a explicação. Entretanto, o modelo pode desenvolver um raciocínio algoritmo e não conceitual da construção de leis.
- **Estatístico-probabilístico** – a explicação é construída com os padrões dos dados, que podem ou não abordar as causas do fenômeno. A confiabilidade está relacionada à coerência e correlação entre dados e explicação. Em sala de aula, os estudantes podem engajar-se na análise de dados possibilitando ao professor envolvê-los em suas interpretações e nas “tentativas de inferência”. Tal ação pode dar muita atenção aos dados e não às explicações dos fenômenos.
- **Causal** - a explicação ocorre baseada nos padrões dos dados, em que se buscam as causas dos fenômenos por meio da relação dos dados e sua causa. Em sala de aula, os estudantes se envolvem na teorização das causas, que podem não ser observáveis, e os professores podem incentivar os estudantes a fazer inferências por meio dos dados. Esse modelo pode criar uma relação linear entre causa e efeito, no lugar de uma rede de causalidade.
- **Pragmática** – a explicação se dá por meio da negociação e da aceitação dos envolvidos, que parte da discordância da causa do fenômeno para construir uma explicação satisfatória para os envolvidos. Em sala de aula, permite promover a “comunicação” dos envolvidos ao construir e negociar uma explicação e, ao professor, possibilita compreender o raciocínio dos estudantes ao longo de diversas indagações. Tal modelo depende da explicação apresentada pelos estudantes, visto que ocorre uma forte relação entre explicação, estudantes e professor.
- **Unificação** – ao abordar fenômenos simples, a explicação se dá por meio de uma teoria unificadora. Em sala de aula, os estudantes se concentram em leis e princípios fundamentais existentes na ciência: ao professor cabe a possibilidade de avaliar as explicações. Tal modelo pode favorecer a construção de princípios fundamentais.

Com as pesquisas de Educação em Ciências, Braaten e Windschitl (2011) apontam três possibilidades para o uso da explicação científica em sala de aula, sendo:

- a) **Explicação como Explicação:** procura esclarecer o significado de um termo ou explicação do raciocínio sobre o problema. Em sala de aula, os estudantes são incentivados a “explicar seus raciocínios e resultados”. As pesquisas apresentam que o objeto da explicação pode não ser claro e, nesse caso, a explicação é focada na terminologia, no significado e no raciocínio, enquanto as explicações científicas são focadas nos fenômenos naturais;
- b) **Explicação como Causalidade:** procura explicar o fenômeno natural por meio de propriedades mecanicistas, como relação de causa e efeito. As pesquisas apresentam uma simplificação das relações de causa e efeito, que pode levar à ideia de que a explicação causal é o modelo único e aceito da explicação científica, quando na verdade existem muitos modelos aceitáveis para tais explicações;
- c) **Explicação como Justificação:** procura apoiar-se na construção e defesa de explicações, enfatizando tanto a construção de argumentos quanto as ideias explicativas. As pesquisas apresentam que ao usar evidências para justificar as afirmações omite-se o poder explicativo das afirmações, visto que são, frequentemente, afirmações descrições em vez de afirmações explicativas (como/por que).

Com o objetivo de fomentar a explicação científica em sala, Braaten e Windschitl (2011) propõem uma ferramenta que pretende auxiliar o professor a planejar e avaliar o desenvolvimento de explicação científica em sala de aula, que busca causas teóricas para fenômenos observáveis na natureza e a utilização de modelos matemáticos para descrever padrões em dados. A visão de explicação presente na ferramenta é uma “abordagem pragmática”, que contempla os modelos de explicação causais e explicação unificadora (BRAATEN; WINDSCHITL, 2011).

Segundo Berland e Reiser (2008), as explicações estão relacionados com o ato de explicar o que aconteceu e/ou por que o fenômeno aconteceu. Já Osborne e Patterson (2011) destacam que explicar consiste em dar sentido a um fenômeno baseado em fatos científicos, uma resposta para uma pergunta, que muitas vezes descrevem como o fenômeno surgiu, tentando torná-lo inteligível ou eliminar suas dúvidas. Portanto, uma explicação científica visa a responder “*ao que sabemos (questão ontológica), por que acontece (questão causal) e como sabemos (questão epistêmica)*” (OSBORNE; PATTERSON, 2011, p. 631, tradução do autor). Sobre “*ao que sabemos*”, busca-se apresentar respostas descritivas. Já

o “*por que acontece*” está relacionado à construção de modelos. Por fim, o “*como sabemos*” procura questionar o que sabemos e como sabemos (OSBORNE; PATTERSON, 2011). Logo, uma explicação não busca persuadir ou reivindicar o conhecimento, mas responder a perguntas do tipo “*o quê e por quê*”.

A argumentação, conforme Osborne e Patterson (2011), busca justificar conclusões, certas ou não, utilizando afirmações sustentadas por dados, ou seja, um argumento busca dados e garantias para justificar uma afirmação. Os autores destacam que o argumento possui premissas bem estabelecidas que podem sustentar conclusões menos certas. Já na explicação temos conclusões certas e premissas menos estabelecidas. Essa assimetria acontece, pois:

no argumento raciocinamos a partir do que acreditamos serem premissas seguras para uma conclusão provisória. O objetivo é uma tentativa de persuadir o ouvinte sobre a validade das conclusões. A suposição básica aqui é que as premissas são sólidas, enquanto a conclusão é menos certa. Em contraste, ao construir uma explicação, o que deve ser explicado não está em dúvida e raciocinamos a partir de uma premissa provisória para uma conclusão definitiva (OSBORNE; PATTERSON, 2011, p. 634, nossa tradução).

A confusão entre argumentação e explicação, segundo Osborne e Patterson (2011), acontece, pois os argumentos consistem no processo de justificar a validade das explicações, uma vez que a explicação busca apresentar “o quê e o por quê” e a argumentação analisa sua validade. Osborne e Patterson (2011) retratam que:

(...) a diferença essencial entre os dois atos linguísticos – argumento e explicação – reside na sua função epistêmica. A explicação procura esclarecer, gerar esse sentido de maior compreensão, enquanto o argumento procura justificar uma reivindicação de conhecimento ou persuadir (OSBORNE; PATTERSON, 2011, p. 633, nossa tradução).

Na construção do conhecimento científico, as explicações e suas avaliações são práticas argumentativas. Sandoval e Millwood (2005 apud BERLAND; REISER, 2008, p. 24, nossa tradução) abordam que “*as explicações são um artefato central da ciência, e sua construção e avaliação implicam práticas científicas centrais de argumentação*”. A argumentação em sala de aula, conforme Berland e Reiser (2008), consiste em uma maneira discursiva colaborativa na qual os estudantes trabalham juntos para justificar suas explicações.

Berland e Reiser (2008), Berland (2008), Berland e McNeill (2012) abordam a explicação e argumentação como práticas científicas complementares, uma vez que a explicação pode fornecer produto para que a argumentação ocorra. Vale ressaltar que as autoras reconhecem a diferença entre as práticas discursivas nas comunidades escolares e científicas, porém que são indissociáveis na construção do conhecimento, dado que a explicação se dá por meio de negociação de significados nos quais os indivíduos criam sentidos e se engajam na persuasão. Berland e McNeill (2012, p. 809, tradução do autor) destacam que:

persuadir enfatiza a construção social do conhecimento em que os cientistas precisam convencer seus pares da qualidade da explicação, usando evidências. Esse objetivo se alinha com a prática da argumentação científica, na qual os cientistas constroem e debatem alegações usando evidências e raciocínios.

Ao abordar a explicação e a argumentação como práticas consonantes no processo de construção do conhecimento, Berland e McNeill (2012, p. 809, tradução do autor) apresentam que “*cientistas construindo explicações para um fenômeno, argumentam sobre ele usando evidências, e que a argumentação permite que os cientistas melhorem suas explicações*”. Portanto, essas práticas discursivas são complementares e cooperativas em sua combinação (BERLAND; REISER, 2008; BERLAND; MCNEILL, 2012).

Berland e McNeill (2012, p. 810, tradução do autor) apresentam que

engajar-se na ciência é uma atividade de construção de conhecimento, e a argumentação é uma parte fundamental desse processo. Além disso, sob cada uma dessas práticas está um conjunto comum de compromissos epistêmicos que são centrais para a ciência.

Berland e Reiser (2008), Berland (2008), Berland e Reiser (2011), reconhecendo a sinergia entre explicação e argumentação, entendem que participar das práticas sociais das comunidades científicas requer aprender habilidades que vão desde os objetivos de construção até a defesa de explicações.

Com o objetivo de caracterizar o discurso argumentativo em sala de aula, Berland (2008), pautado no estudo de Toulmin (2006) e nos diálogos de Walton, apresenta-o composto por cinco características, sendo elas: (a) professor e estudantes participam; (b) professor e estudantes realizam afirmações; (c) professor e estudantes defendem suas afirmações; (d) professor e estudantes respondem a questionamentos da sala de aula; e, (e) professor e estudantes revisam suas afirmações.

Pautados nas pesquisas que buscam promover a argumentação em sala de aula, Berland e Reiser (2008), Berland (2008) identificaram três objetivos distintos nessas pesquisas, sendo eles:

- (a) usar evidências e conceitos científicos para entender os fenômenos estudados; (b) articular esses conceitos e evidências; e (c) persuadir o público por meio de ideias da ciência onde se busca conectar evidências e afirmações (BERLAND; REISER, 2008, p. 16, tradução do autor).

Julgando esses objetivos como fundamentais para compreender a Ciência como conhecimento e prática, Berland e Reiser (2008), Berland (2008) propõem os objetivos de *fazer sentido*, em que se espera que os estudantes compreendam os fenômenos investigados; *articular*, que busquem entender sobre o quê ou por que o fenômeno ocorreu; e *persuadir*, que busquem o convencimento para estabelecer uma explicação final mais robusta, construída de maneira colaborativa e persuasiva.

Reconhecendo a importância da comunidade científica escolar, Berland e Reiser (2008) defendem uma mudança de postura na sala de aula, pois entendem que a sala “*tradicional*” inibe o desenvolvimento de explicação e argumentação, visto que quase todas as ações consistem em questionamentos que são elaborados pelo professor e aos quais ele responde de forma que os estudantes têm poucas ou nenhuma oportunidade de participar da construção do conhecimento.

Uma possibilidade para mudar esse cenário seria planejar atividades nas quais os estudantes investiguem fenômenos com múltiplas explicações plausíveis, para que possam relacionar e defender a explicação que acharem mais precisa e utilizar evidências para reconciliar as diferentes explicações (BERLAND; REISER, 2008).

No Capítulo 4, continuamos nossa construção teórica focalizando as dissertações, teses e alguns artigos dos anais Encontro Nacional de Educação em Ciências (ENPEC) que investigaram as práticas epistêmicas em situações de ensino.

4 Pesquisa Bibliográfica: Práticas Epistêmicos em Situação de Ensino

No capítulo anterior, abordamos diversas pesquisas que sustentam teoricamente o conceito das práticas epistêmicas, argumentação e explicação, e sua importância para o campo da Educação Científica. Neste capítulo, elencaremos algumas pesquisas que investigaram as práticas epistêmicas no campo da Educação Científica no Brasil, com o objetivo de apresentar uma visão panorâmica das pesquisas na área. Para isso, buscamos no banco de dissertações e teses da Capes e nos anais do Encontro Nacional de Educação em Ciências (ENPEC) por estudos que abordaram as práticas epistêmicas em situação de ensino. Os resultados dessas buscas resultaram nas seções 4.2 e 4.1.

4.1 *Os Aspectos Epistêmicos e as publicações no ENPEC*

Com o objetivo de compreender os contextos nos quais os aspectos epistêmicos, aqui compreendidos como as práticas epistêmicas e os movimentos epistêmicos, estão sendo empregados em pesquisas publicadas nos anais do Encontro Nacional de Educação em Ciências (ENPEC), organizamos esta seção^a.

Compreende-se os movimentos epistêmicos como ações discursivas realizadas pelo professor durante a produção, comunicação e avaliação do conhecimento. A escolha pelo ENPEC se deu por refletirem as pesquisas desenvolvidas ou em desenvolvimento no país voltadas para o ensino de Ciências. Para cumprir o objetivo desse trabalho, buscamos nos anais do ENPEC pelas palavras chaves: “práticas epistêmicas” e “movimentos epistêmicos”. A análise dos artigos ocorreu de maneira qualitativa, realizando leituras e releituras buscando compreender o contexto nos quais os aspectos epistêmicos foram investigados.

A busca nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Física – ENPEC resultou em 14 trabalhos, sendo dois publicados na VII edição (2009), dois na VIII edição (2011), quatro na IX edição (2013), três de na X edição (2015) e outros três na XI (2017). Para compreender o contexto no qual as práticas epistêmicas estavam inseridas e as estruturas das pesquisas, analisamos os artigos buscando compreender seus objetivos, os aspectos

^a Esta seção consiste na reprodução parcial do trabalho de autoria do autor da tese e de sua orientadora, intitulado “Os aspectos epistêmicos nas pesquisas no ensino de ciências: um olhar sobre os trabalhos apresentados nos anais dos ENPEC”, apresentado no XVII EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física) realizado no ano de 2018 em Campos do Jordão – SP.

teóricos e metodológicos e as principais considerações e contribuições para o campo. Cabe ressaltar que os dados serão apresentados de maneira panorâmica.

Analisando os trabalhos, foram identificamos autores presentes em diferentes produções, o que possibilitou organizarmos quatro grupos encabeçados por: Adjane da Costa Tourinho e Silva, autora e/ou coautora de quatro trabalhos; Marcelo Tadeu Motokane, coautor em três trabalho; Sílvia Luzia Frateschi Trivelato, coautora de três trabalhos; e Eduardo Fleury Mortimer, coautor de dois trabalhos. Nesse grupo foi incluído o trabalho de Silva (2009), pois ambos fazem parte do mesmo grupo de pesquisa. Estes autores são os orientadores dos demais trabalhos. Por fim, temos um único trabalho de Maceno e Giordan (2017)

Estudo com autoria e/ou coautoria de Silva

Os trabalhos com autoria e/ou coautoria de Adjane da Costa Tourinho e Silva foram: Silva (2011), intitulado “Práticas e movimentos epistêmicos em atividades investigativas de química”; Freire et al. (2013), intitulado “Atividades investigativas: um olhar sobre as práticas epistêmicas”; Borges et al. (2013), intitulado “Movimentos epistêmicos em uma atividade investigativa de química”; e, Silva et al. (2015), intitulado “Práticas epistêmicas – discussões em uma atividade investigativa de química”.

Os trabalhos de Silva (2011), Freire et al. (2013) e Borges et al. (2013) consistem em diferentes olhares sobre uma atividade investigativa realizada com estudantes do oitavo e nono ano do ensino fundamental do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Sergipe (UFS) sobre reações químicas. Esses trabalhos destacam o papel das intervenções do professor, durante a realização de uma atividade investigativa, no surgimento de práticas epistêmicas que contribuiriam para a evolução conceitual dos estudantes; uma real compreensão da natureza da ciência; e a construção de novos conceitos.

Para analisar os dados obtidos a partir da gravação e transcrição das falas durante o desenvolvimento da atividade, os trabalhos supracitados utilizaram categorias inspiradas nos estudos de Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud ARAÚJO, 2008) e/ou de Lidar, Lundqvist e Ostman (2006).

O trabalho de Silva et al. (2015) teve como objetivo analisar as práticas epistêmicas desenvolvidas por um grupo de estudantes do ensino médio, ao realizar uma atividade investigativa, considerando os movimentos epistêmicos da professora. Os dados foram gravados, transcritos e analisados por meio de categorias para as práticas epistêmicas e os movimentos epistêmicos e com padrão argumentativo de Toulmin. Com a análise, identi-

ficaram como surgiram as práticas epistêmicas de descrição, explicação e argumentação. Destacando que as ações da professora foram fundamentais uma vez que o movimento de elaboração e reelaboração permitiu aprofundar o olhar dos estudantes sobre os fenômenos investigados. Portanto, a busca por explicações fez com que os estudantes elaborassem desde as hipóteses até os dados experimentais.

Estudo com coautoria de Motokane

Os trabalhos com a coautoria de Marcelo Tadeu Motokane foram: Nunes e Motokane (2013), intitulado “Práticas epistêmicas presentes em sequência didática de ecologia”; Ratz e Motokane (2015), intitulado “Aspectos epistêmicos da construção do dado de um argumento em uma sequência didática investigativa em ecologia”; Camargo, Motokane e Castro (2017), intitulado “A relação entre os movimentos epistêmicos de professores em formação inicial e os elementos dos argumentos construídos pelos estudantes em uma sequência didática investigativa sobre biodiversidade”. Os trabalhos desenvolvidos pelo grupo utilizam a produção sobre práticas e movimentos epistêmicos em estudos focados na construção da argumentação.

O trabalho de Nunes e Motokane (2013) teve como objetivo identificar as práticas epistêmicas (discursivas) mobilizadas pelo professor durante a realização de uma sequência de didática sobre ecologia, fundamentada pela “predição – observação – explicação”. Com a sequência didática gravada e transcrita, as práticas epistêmicas foram grupadas por meio das categorias apresentadas por Simon, Erduran e Osborne (2006). Com a análise, constataram que a intervenção docente e a abordagem metodológica foram essenciais para dar suporte aos estudantes no levantamento de hipóteses e para a emergência das práticas epistêmicas em sala de aula.

No trabalho produzido por Ratz e Motokane (2015) o Padrão de Argumento de Toulmin fornece a dimensão estrutural dos argumentos em termos de seus elementos: dados, conclusão, garantias, apoios e refutadores e os aspectos epistêmicos são utilizados na busca por uma visão mais ampla de como se dá o processo de construção desses argumentos. Utilizando dessas referências teóricas, o objetivo do trabalho é analisar os movimentos epistêmicos do formador e sua relação com as práticas epistêmicas mobilizadas pelos professores para a construção do dado de um argumento em uma oficina de formação de professores. São conclusões do trabalho que, apesar de o formador ter um papel importante na condução do que conta como conhecimento relevante para o prosseguimento das atividades, não houve, na situação pesquisada, questionamentos sobre esses dados por

parte dos professores, indicando não terem sido colocadas em avaliações características pertinentes a esses dados, ação importante no ensino de Ciências investigativo.

Reconhecendo a importância da construção de argumentos pelos estudantes em aulas de ciências, o trabalho de Camargo, Motokane e Castro (2017) procura relacionar os argumentos orais de um grupo de estudantes do 2º ano do ensino médio com os movimentos epistêmicos realizados por bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), durante suas intervenções em três atividades investigativas. Assim, como no trabalho anterior, o Padrão de Argumento de Toulmin é utilizado na caracterização do argumento, entretanto, nesse caso, para análise dos movimentos epistêmicos, aqui entendidos como as intervenções do professor nas atividades investigativas de um grupo de estudantes que favorecem a adoção da argumentação como prática epistêmica, são utilizadas as categorias propostas por Adjane da Costa Tourinho e Silva, autora dos trabalhos apresentados anteriormente. Com o trabalho, concluíram que os movimentos epistêmicos dos bolsistas estavam conectados com o argumento e que os mesmos estavam corretos e que solucionavam os problemas propostos.

Estudo com coautoria de Trivelato

Os trabalhos com a coautoria de Sílvia Luzia Frateschi Trivelato foram: Ricci e Trivelato (2013), intitulado “Operações epistêmicas e elementos empíricos empregados para trabalhar a adaptação dos organismos na aula de campo”; Silva e Trivelato (2015), intitulado “Práticas de inscrição literária promovidas por uma atividade de ensino baseada em investigação sobre crescimento populacional”; e, Silva, Gerolin e Trivelato (2017), intitulado “Ensino de biologia por investigação: caracterização das práticas epistêmicas no contexto de uma atividade investigativa de ecologia”.

O primeiro trabalho, Ricci e Trivelato (2013), teve como objetivo investigar como as atividades de campo podem contribuir com o desenvolvimento de conceitos sobre adaptação, no ensino fundamental. O início e o desenrolar do estudo sobre adaptação teve como ponto de partida questões problematizadoras e diversas interações dialógicas nas quais os estudantes buscaram compreender as características do Costão Rochoso. Com o objetivo de entender o papel que as atividades de campo podem ter no ensino do conceito de adaptação, foi investigada a forma como o monitor trabalha o tema numa aula de campo expositiva, focalizando quais operações epistêmicas^b empregadas e como os elementos

^b As operações epistêmicas consistem em ações do professor, por meio de interações discursivas e epistêmicas, para fomentar as práticas epistêmicas em sala de aula (SILVA, 2008)

empíricos do ecossistema são utilizados nessa discussão. As operações epistêmicas são um dos elementos utilizados na análise buscando caracterizar aspectos do discurso e da linguagem empregadas no desenvolvimento do conteúdo e designam ações envolvendo descrição, questionamento, generalização contextualizada e exemplificação.

O trabalho de Silva e Trivelato (2015) teve como objetivo analisar os relatórios científicos produzidos por estudantes do primeiro ano do ensino médio após realizar uma atividade investigativa. A atividade consistia na observação de um fenômeno biológico, coleta de dados, análise dos resultados e a organização de um relatório científico, do qual foi analisado o engajamento em práticas de inscrições literárias^c. Os resultados mostram que as atividades de ensino baseadas em investigação favorecem o engajamento em práticas epistêmicas da cultura científica, especialmente aquelas relacionadas à produção e comunicação do conhecimento.

O último trabalho destacado (SILVA; GEROLIN; TRIVELATO, 2017) teve como objetivo caracterizar as práticas epistêmicas desenvolvidas em sala de aula por estudantes envolvidos em uma atividade investigativa sobre dinâmica populacional. Para analisar as práticas epistêmicas, os autores investigaram as interações discursivas dos estudantes e as organizaram em torno das seguintes categorias: proposição, comunicação, avaliação e legitimação. Como resultado, os autores destacam que ações da professora foram de extrema importância na condução e engajamento da atividade e conseqüentemente com o desenvolvimento das práticas epistêmicas.

Estudo com coautoria de Mortimer

Os trabalhos com a coautoria de Eduardo Fleury Mortimer foram: Araujo e Mortimer (2009), intitulado “As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de química”; e, Silva e Mortimer (2011), intitulado “As práticas epistêmicas e justificativas presentes nos processos de tomada de decisão em uma atividade investigativa escolar”.

O primeiro trabalho, Araujo e Mortimer (2009), visa responder que tipos de texto e práticas epistêmicas são mobilizadas pelos estudantes ao realizarem atividades investigativas em sala de aula. Para tal, é apresentada uma ferramenta analítica para estudar as práticas epistêmicas e investigar estas práticas nos discursos dos estudantes. A

^c Silva e Trivelato (2015, p. 2) as inscrições literárias consistem em “*ferramentas culturais fundamentais para a construção da linguagem científica, pois são utilizadas como evidências para as conclusões e, portanto, constituem-se como matéria prima para a elaboração de argumentos*”

atividade investigativa foi realizada com estudantes do segundo ano e foram gravadas e as falas separadas em turnos e analisadas a luz da nova ferramenta analítica. Desta análise, destacaram: que as práticas epistêmicas de produção, comunicação e a avaliação estiveram presentes no estudo; e, que a análise das práticas epistêmicas possuem limitações devido ao alto grau de inferência.

O segundo trabalho, Silva e Mortimer (2011), teve como objetivo analisar os processos discursivos e interativos vivenciados por um grupo de estudantes de nível superior que se dedicaram a uma atividade de investigação, na tentativa de compreender a autonomia dos estudantes na tomada de decisão. Nesta atividade, os estudantes tiveram que deliberar, por meio de diversas justificativas, sobre os procedimentos mais adequados para a condução dos experimentos. Os dados foram obtidos por meio dos discursos gravados e do artigo científico produzido no final da atividade. E analisados de acordo com os discursos e as práticas epistêmicas. Com as análises, constataram que as justificativas, que no início da atividade eram mais pragmáticas, no decorrer do estudo, se tornaram mais elaboradas e passam a ser consideradas nas definições.

Já o trabalho de (SILVA, 2009) intitulado “O ensino por investigação e as práticas epistêmicas: referências para a análise da dinâmica discursiva da disciplina projetos em bioquímica”, teve como objetivo apresentar os referenciais teóricos que orientaram a análise da dinâmica discursiva de uma disciplina do curso de Ciências Biológicas, apresentado em sua tese (SILVA, 2011), que no momento do encontro se encontrava na fase de coleta e organização de dados. No trabalho, são abordados os referenciais sobre o ensino por investigação e das práticas epistêmicas.

Trabalho de Maceno e Giordan

O trabalho de Maceno e Giordan (2017), intitulado “Os movimentos epistêmicos de um professor de química numa aula sobre o tema “obesidade infantil”: análise dos processos avaliativos”, teve como objetivo descrever e caracterizar os processos avaliativos em circunstâncias de práticas de interação com aprendizagem dos conhecimentos químicos. Foram investigados três episódios de um conjunto de oito de uma sequência didática elaborada por estudantes no final do curso de licenciatura e realizada com estudantes de duas séries diferentes do ensino médio. Os episódios foram gravados, transcritos e os movimentos epistêmicos foram analisados de acordo com categorias presentes na literatura. Com a análise, concluíram que combinações dos movimentos epistêmicos e das categorias

de interação podem ser fontes importantes de informações da aprendizagem permitindo ao professor considerá-las no plano de ensino.

Análise das publicações do ENPEC

Com o levantamento, constatou-se que treze trabalhos investigaram as práticas epistêmicas e/ou os movimentos epistêmicos no ambiente de construção do conhecimento (em situação de ensino), e um trabalho apresentou os referenciais teóricos e metodológicos para realização de estudo das práticas epistêmicas e/ou movimentos epistêmicos. Em relação aos níveis de escolaridade, constatou-se que quatro trabalhos foram desenvolvidos com estudantes do ensino fundamental, sendo que três consistem em diferentes olhares de uma mesma atividade, sete foram com estudantes do ensino médio, um com estudantes do ensino superior e um em curso de formação de professores.

Para investigar as práticas epistêmicas em situação de ensino, os autores gravaram (12 trabalhos) as atividades investigativas e as transcreveram em turnos para analisarem de acordo com as categorias presentes na literatura ou com adaptações das mesmas. Em muitos casos, os objetivos dos trabalhos foram além de apenas categorizar os aspectos epistêmicos com a realização das atividades investigativas. Os estudos de Silva et al. (2015), Ratz e Motokane (2015) e Camargo, Motokane e Castro (2017) investigaram as práticas epistêmicas objetivando analisar a estrutura do argumento apresentado pelos estudantes por meio de Padrão Argumentativo de Toulmin. Os trabalhos de Silva (2011), Nunes e Motokane (2013), Borges et al. (2013), Ricci e Trivelato (2013), Ratz e Motokane (2015), Camargo, Motokane e Castro (2017), Silva e Trivelato (2017) e Maceno e Giordan (2017) investigaram as ações dos professores para o desenvolvimento das práticas epistêmicas. Em todos estes trabalhos, o desenvolvimento das práticas epistêmicas estava relacionado com as ações dos professores. Já os trabalhos de Silva (2009), Araujo e Mortimer (2009) e Camargo, Motokane e Castro (2017) propõem diferentes ferramentas analíticas para investigar as práticas epistêmicas.

Os trabalhos analisados corroboram com os estudos teóricos apresentados por Kelly (2008), Kelly (2010), Kelly e Duschl (2002), Kelly e Licon (2018) e Sandoval (2005), que apontam que as práticas epistêmicas favorecem a construção do conhecimento por uma comunidade, uma vez que seus membros estejam engajados na investigação de problemas autênticos, neste caso, as atividades investigativas. Ainda reconhecem a importância do professor na construção do conhecimento, pois, segundo Kelly (2008), Kelly (2010), para

adentrar em uma comunidade é fundamental a presença de um membro que já conheça as normas da comunidade na qual serão inseridos.

Com o levantamento, constata-se que os aspectos epistêmicos, as práticas epistêmicas e os movimentos epistêmicos, são investigados em contexto de sala de aula, sendo realizadas em duas vertentes. Na primeira, os aspectos epistêmicos são importantes para compreender o desenvolvimento da argumentação, do discurso e dos materiais escritos e produzidos pelos estudantes – encontram-se neste grupo os trabalhos com coautoria de Motokane e Trivelato, Silva e Mortimer (2011), Silva e Trivelato (2015) e Maceno e Giordan (2017). Na segunda vertente, os aspectos epistêmicos surgem como objeto de pesquisa, sendo apresentadas ferramentas analíticas para categorizá-los ou estudos que investigam as práticas e movimentos epistêmicos que estiveram presentes na realização de determinada atividade investigativa - estão neste grupo os trabalhos de Araujo e Mortimer (2009), Silva (2009), Silva (2011), Freire et al. (2013), Borges et al. (2013).

Não foi encontrada, nas produções analisadas, nenhuma pesquisa que abordasse aspectos epistêmicos no ensino de física, abrindo possibilidades para pesquisas futuras. Acredita-se que investigar as práticas epistêmicas no ensino de Física possibilitará compreender o processo de produção, construção e legitimação do conhecimento desta ciência, ou ainda, investigar as categorias epistêmicas específicas da Física, as ações do professor para desenvolver tais práticas epistêmicas, entre outras possibilidades para favorecer um processo de Alfabetização Científica.

4.2 Práticas Epistêmicos em Dissertações e Teses

No banco de dissertações e teses da Capes^d, buscamos por pesquisas que investigaram as práticas epistêmicas no ensino de ciências. A busca foi limitada até meados de 2018 e teve como palavras-chave os termos Práticas Epistêmicas e Movimentos Epistêmicos, que são amplamente difundidos na literatura nacional e internacional. Como resultado obtivemos 16 estudos, sendo 8 teses e 8 dissertações. Para a apresentação dos resultados, organizamos os trabalhos identificando o(a) orientador(a).

A professora Dra. Dominique Colinvaux orientou a tese de Machado (2007), pautada por estudos que compreendem o processo de ensino e aprendizagem em uma perspectiva

^d Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

sociocultural. Nessa investigação, a autora planejou e realizou uma unidade de ensino, ao longo de um semestre, com estudantes do primeiro ano do ensino médio na disciplina de Biologia. Com os dados coletados, seguiu-se o percurso metodológico proposto por Mortimer e Scott (2002) e Mortimer, Lima-Tavares e Jiménez-Aleixandre (2007) para caracterizar a sala de aula e analisar os episódios cujas práticas epistêmicas relativas ao processo de construção/produção de significados estivessem presentes. Dentre os resultados, podemos destacar a importância de pensar a sala de aula como uma comunidade de práticas, pois, nesse espaço, os estudantes se engajam ao negociar significados e reelaboram as relações que possuem com os objetos de estudos.

O segundo conjunto de estudos faz parte do grupo de pesquisa Linguagem e Cognição em Sala de Aula de Ciências, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que, segundo Silva (2011), busca compreender as dinâmicas discursivas em diversos níveis de ensino. As pesquisas desenvolvidas por Silva (2008), Araújo (2008), Lima-Tavares (2009) e Silva (2011) foram orientadas pelo professor Dr. Eduardo Fleury Mortimer.

Silva (2008), em sua tese, investigou estratégias enunciativas de dois professores de Química do segundo ano do Ensino Médio. Entre outros referenciais, a autora parte das teorias de Vygotsky e de Bakhtin para fundamentar a pesquisa e propor o sistema de análise com o objetivo de compreender como as estratégias enunciativas das professoras promovem oportunidades de aprendizagem. A estratégia metodológica utilizada foi proposta por Mortimer et al. (2007) e adaptada para o contexto da pesquisa. Os enunciados foram categorizados de acordo com o Engajamento Disciplinar Produtivo e as Práticas Epistêmicas para compreender o envolvimento dos estudantes no discurso acerca da ciência. Entre outros resultados, a autora identifica que a visão de ciência dos professores influencia em suas ações em sala de aula, pois, por exemplo, um professor utiliza práticas experimentais para investigar conceitos enquanto outro as encara como unicamente forma de comprovação da teoria, além de divergir quanto à abertura para que as interações discursivas ocorram.

Algumas das atividades que compunham os objetos de estudo de Silva (2008) foram revisitadas por Araújo (2008) em sua dissertação. Esse novo olhar teve como objetivo investigar as práticas epistêmicas presentes em aulas de química. Nessas atividades, buscou-se analisar como o tempo foi utilizado nas aulas práticas e as práticas epistêmicas que estiveram presente nas interações discursivas. Na busca por identificar tais práticas, a autora partiu da proposta de Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud ARAÚJO, 2008). Contudo, no decorrer da pesquisa, outras práticas epistêmicas se tornaram necessárias, o

que resultou em uma nova ferramenta. As práticas epistêmicas propostas por Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud ARAÚJO, 2008) foram inseridas no contexto do ensino por investigação, com natureza experimental. Logo, algumas das práticas epistêmicas não foram observadas principalmente pela natureza das atividades realizada em sala de aula. Dentre os resultados da pesquisa, podemos destacar que no processo de categorização há um alto nível de inferência, que pode resultar em uma limitação para a pesquisa, se não existir um processo de validação por pares.

Na tese de Lima-Tavares (2009), fundamentada nos estudos de Vygostsky e de Bakhtin, é investigada a construção de argumentos em discussões que abordam a Teoria Sintética da Evolução e as práticas epistêmicas que emergem neste ambiente de construção do conhecimento. Os dados foram construídos com a realização de uma sequência de ensino, planejada e realizada com estudantes do terceiro ano de Ensino Médio em três contextos educacionais diferentes. Para analisar as práticas epistêmicas, a autora partiu da ferramenta proposta por Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud ARAÚJO, 2008) e Araújo (2008), e fez algumas adaptações para contemplar seus objetivos de pesquisa. Dentre os resultados, destacamos que duas turmas apresentaram argumentos mais elaborados, com maior domínio conceitual sobre a teoria sintética da evolução e com maiores níveis epistêmicos. Essas turmas estudavam em escolas em que atividades investigativas estavam mais presentes nas salas de aula, podendo esse ser um dos fatores que influenciaram nos resultados.

A tese de Silva (2011) teve como ponto de partida as pesquisas de Silva (2008), Araújo (2008), Lima-Tavares (2009) as quais buscavam responder: o que se aprende e como se aprende quando se vivencia uma atividade de investigação oportunizada pela disciplina Projetos de Bioquímica? Em sua tese é investigada uma situação de ensino, desenvolvida em um curso superior de Ciências Biológicas, na qual os estudantes analisam um problema aberto, visando à tomada de decisão. Como marcos teóricos, o autor utilizou as atividades investigativas, as práticas epistêmicas e a Teoria da Atividade. O uso da Teoria da Atividade, como defendida por Kelly (2008), possibilita relacionar as práticas epistêmicas com as operações epistêmicas no ambiente de produção do conhecimento científico.

Como outras pesquisas do grupo, as práticas epistêmicas foram importantes para compreender a construção do conhecimento em sala de aula. Silva (2011) buscou compreender as práticas epistêmicas, no ensino por investigação, realizadas por cientistas em

formação. As práticas foram empregadas como instrumentos de análise das interações discursivas em sala de aula, buscando compreender como as ações dos professores podem potencializar as práticas epistêmicas e como influenciam nas situações argumentativas.

Entre outros resultados, Silva (2011) destaca que sua pesquisa pode oferecer subsídios para compreender o potencial das atividades investigativas que podem ou não criar oportunidades para os estudantes participarem, compartilharem e vivenciarem práticas semelhantes às que são encontradas nos laboratórios das ciências naturais.

Do terceiro grupo constam as teses de Sessa (2013), Valle (2014) e Silva (2015) e a dissertação de Ricci (2014), todas orientadas pela professora Dra. Sílvia L. Frateschi Trivelato, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Sessa (2013) investigou como os estudantes constroem significados em atividades de campo. A pesquisa revisita dados obtidos por outros pesquisadores, tendo a linguagem, oral ou corporal, papel fundamental na construção de significados, e a argumentação é um dos elementos centrais no processo de ensino e aprendizagem. Nesse estudo, as práticas epistêmicas emergem no processo de construção do conhecimento, abordadas como uma prática social.

A autora investiga as interações discursivas que emergem em atividades de campo, realizadas por estudante do sexto ano do ensino fundamental, por meio de ferramentas culturais baseadas na Teoria da Ação Mediada. Para analisar as operações epistêmicas, o ponto de partida é a proposta de Christodoulou (2012). Dentre os resultados da pesquisa, podemos destacar que as práticas epistêmicas e o uso dos gestos nas atividades favorecem a construção de significados, que ampliam a natureza do conhecimento e das práticas científicas. Em atividade de campo é fundamental o envolvimento dos estudantes nas interações discursivas.

A autora ainda aborda que:

a construção de significados se faz pela incorporação do objeto no discurso, quer por sua presença como parte do cenário, quer como representação em gestos, os quais assumem um papel em cada enunciado, fazendo parte do que um sujeito diz, alterando a direção da atenção, manipulando objetos ou até revelando o aspecto atitudinal do emissor (SESSA, 2013, p. 170).

Valle (2014), baseado na perspectiva sociocultural de Vygotsky e Bakhtin para educação científica, investiga as relações entre os movimentos epistêmicos e práticas epistêmicas de uma professora, e as práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes

na construção de argumentos. Os objetos de pesquisa foram as interações discursivas que emergiram quando os estudantes do sétimo ano do ensino fundamental estudam o “Problema do Costão Rochoso”. Os dados foram construídos por meio das aulas gravadas em áudio e vídeo e dos materiais escritos produzidos pelos estudantes ao investigarem o referido problema. Ao analisar os movimentos epistêmicos, as práticas epistêmicas e os argumentos presentes no episódio de ensino, Valle (2014) utilizou e adaptou diversas ferramentas analíticas apresentadas nos estudos de Silva (2011), Araújo (2008) e Simon, Erduran e Osborne (2006) e o processo e produtos argumentativos proposto por Berland e McNeill (2010).

Em relação à complexidade do processo argumentativo, Valle (2014) acredita que pode estar associada à dificuldade dos estudantes em avaliar e reelaborar justificativas, visto que a maior parte deles ficou questionando opiniões dos colegas. Quando comparado o discurso oral com o escrito, a autora reforça resultado de outros pesquisadores, ao apresentar que o “discurso oral é mais elaborado e estruturado que o discurso escrito, o que se justificaria pelo esforço cognitivo maior requerido na produção escrita” (VALLE, 2014, p. 100).

Fundamentado na perspectiva sociocultural de Mortimer e Scott (2003), Ricci (2014) investiga o processo de ensino e aprendizagem em atividades de campo, ao analisar como os conceitos e os elementos dos ambientes visitados foram mobilizados nas interações discursivas. Para compreendê-las, a autora propôs categorias de análise que foram baseadas no gênero do discurso, na linguagem social de Bakhtin e nas práticas epistêmicas. Com a pesquisa, ela destaca que o mundo dos objetos e eventos foi predominante nos discursos, independente do conteúdo e das operações epistêmicas, e nas interações dos monitores, que conduziram as atividades de campo, e os elementos dos ambientes que se relacionavam aos conceitos e teorias estudados foram enfatizados com o objetivo de apresentar evidências para os conceitos e teorias.

Silva (2015), em sua tese, busca identificar as características das inscrições literárias e como os estudantes as utilizam ao produzir explicações e argumentos. Os objetos de pesquisa foram os relatórios produzidos pelos estudos do primeiro ano do ensino médio ao realizarem um conjunto de atividades investigativas sobre o crescimento populacional de *Lemna-SP*. Por se tratar de um ambiente de produção de conhecimento, espera-se que existam práticas epistêmicas que estejam relacionadas ao ato de explicar e argumentar.

Para analisar os relatórios, Silva (2015) buscou por situações explicativas ou argumentativas, além de identificar as práticas epistêmicas com um instrumento de análise construído tendo como fundamentação outros estudos presentes na literatura, como Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud ARAÚJO, 2008). Ao analisar os relatórios, entre outros resultados relevantes, a autora constatou a presença em maior número das práticas de descrever e explicar. Por mais que os dados dos relatórios estivessem diferentes, a natureza descritiva das perguntas e a mediação da professora foram fundamentais no engajamento das práticas da cultura científica.

Silva (2015) defende que o:

engajamento em diferentes práticas epistêmicas nessas diferentes categorias de relatório seja resultado da hibridação entre as culturas escolar e científica, considerando que a primeira é mediadora do acesso dos estudantes à segunda. Isso porque os estudantes que trabalharam com dados ajustados ao modelo explicativo, já tinham a “resposta certa” para explicá-los, bastando, para isso, aplicar a teoria que já fora compartilhada pela professora, ao passo, que, diante de dados anômalos, os demais estudantes tiveram que elaborar uma explicação alternativa e encontrar dados para justificá-la (SILVA, 2015, p. 154).

Analisando as explicações e os argumentos produzidos pelos estudantes, a autora constatou que, em diversas situações, os estudantes não justificavam suas explicações. Esse resultado vem sendo retratado por outras pesquisas e “(...) diferentes autores avaliam que esta baixa produção de argumentos está associada a problemas na compreensão da natureza do trabalho científico e, em particular, da natureza e função das evidências” (SILVA, 2015, p. 155). A autora defende que o engajamento em práticas epistêmicas relacionadas às inscrições literárias auxilia na produção de explicações e argumentos, visto que isso aumenta o reportório dos estudantes.

‘Do quarto grupo, o professor Dr. Marcelo Tadeu Motokane, da Universidade de São Paulo, foi orientador das dissertações Freire (2014) e Ratz (2015) e da tese Freire (2018).

Freire (2014) investiga a construção e a defesa de argumentos e explicações por professores em formação continuada ao participarem de uma oficina para a resolução de um problema sobre ecologia, por meio de uma sequência didática. Cem professores, divididos em dois grupos, participaram dessa oficina, que foi gravada e mapeada. Os episódios de ensino selecionados foram categorizados com o objetivo de identificar situações explicativas

e/ou discursivas. Com essas análises, o autor destaca que, do ponto de vista científico, as explicações e argumentações não foram espontâneas e o professor formador teve importante papel ao mediar as interações e promover aumento na complexidade do discurso.

Ratz (2015), por sua vez, investiga a relação entre os aspectos epistêmicos, compreendidos como as Práticas e Movimentos Epistêmicos, ao construir argumento no Ensino de Ecologia por meio de uma sequência de ensino. A pesquisa investiga uma situação de ensino por meio das interações discursivas entre o professor formador e os professores em formação continuada que participaram de uma oficina de formação.

Para investigar as práticas epistêmicas, a autora partiu da proposta de Araújo (2008) e Lima-Tavares (2009) e realizou adaptações para sua pesquisa, como, por exemplo, separar as categorias de textualização por considerá-las ações muito gerais e que podem estar presentes em outras atividades sociais. Para investigar os movimentos epistêmicos, a autora considerou a proposta presente em Silva (2011). Já o argumento foi analisado por meio de um argumento de referência construído de acordo com o Padrão Argumentativo de Toulmin (2006). O uso do TAP permitiu identificar elementos durante as interações discursivas. Contudo, tal análise mostrou-se limitada ao compreender em que medida a condução da sequência influencia no argumento construído. A autora destaca a necessidade de compreender o que conta como conhecimento fundamental e em como construí-lo em cursos de formação de professores, seja inicial, seja continuada.

Freire (2018) buscou compreender as concepções epistêmicas de 80 professores por meio de questionários. Desse universo de professores, dois com concepções opostas propuseram e realizaram atividades investigativas em sala de aula, que foram gravadas e analisadas. Como resultado dos questionários, o autor relata que muitos professores apresentaram visão limitada sobre a ecologia. Com a análise das aulas, constatou-se que a professora que apresentou melhor cognição epistêmica^e foi a que realizou uma abordagem mais alinhada com o ensino por investigação. A outra professora, com cognição não informada, não conseguiu realizar tal abordagem. O autor destaca que os aspectos epistêmicos que foram abordados na investigação constituem obstáculos no ensino de ecologia e que nos cursos de formação de professores deve-se buscar uma cognição mais

^e Freire (2018, p. 23) apresenta que “*a cognição epistêmica engloba todos os tipos de cognições, explícitas e implícitas, relacionadas a tarefas epistêmicas (...) processo por meio do qual o sujeito reflete sobre como deve agir perante uma tarefa que envolve a construção de conhecimento*”

epistêmica, pois isso está diretamente relacionado ao trabalho do professor, o que o deixaria mais próximo da Alfabetização Científica.

Do quinto grupo, a professora Dra. Lúcia Helena Sasseron, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, foi orientadora da tese de Bastos (2017) e da dissertação de Saca (2017). Nessas pesquisas, as práticas epistêmicas estão associadas ao processo de construção de conhecimento, sendo reconhecidas como fundamentais no processo de Alfabetização Científica.

Tomando por base a teoria trevelyanas, numa perspectiva histórico-cultural, Bastos (2017) investigou o movimento de significação de problemas presentes na abordagem didática do ensino por investigação. Pautada na Alfabetização Científica, a autora elenca duas noções de problemas: os didáticos, pensados previamente, e os problemas novos, que decorrem da interação em sala de aula. Construindo o arcabouço teórico, analisa uma sequência de ensino investigativa realizada com estudantes do terceiro ano do ensino fundamental. Como resultado, identifica que o movimento de significação do problema didático pode ser separado em três grandes momentos, sendo o primeiro marcado na transformação do problema didático em objeto de conhecimento, tornando motivo da atividade; o segundo, nas tensões, ao enfrentar o problema; e por fim, na resolução do problema por meio de mediação com estratégias utilizadas pela professora. A autora defende que os problemas didáticos presentes no ensino por investigação podem ter aspectos que envolvem a humanização, visto que podem estabelecer relações com elementos significadores como necessidades, contradições, colaborações e imaginações em potenciais problemas significativos.

Saca (2017) investiga a relação entre a participação do professor nas interações discursivas em sala de aula e os objetivos das atividades investigativas. A pesquisa faz uso do estudo de caso para analisar a participação discursiva do professor em aulas investigativas sobre a dualidade onda – partícula do elétron. Na pesquisa, analisou a implementação de uma sequência de ensino investigativa, realizando entrevista antes e depois de ser inserida em sala de aula. Para analisar a implementação, foi proposta uma ferramenta analítica, baseada no referencial teórico, que aborda as dimensões dos conteúdos, a didática e a epistêmica. Com esse instrumento buscou-se identificar os elementos nos discursos do professor. Entre outros resultados, podemos destacar que quando o professor trabalhava práticas investigativas havia um predomínio do professor como agente epistêmico.

Do sexto grupo, a professora Dra. Adjane da Costa Tourinho e Silva, autora da tese Silva (2008) e atualmente na Universidade Federal de Sergipe, foi orientadora de duas dissertações, os estudos de Silva (2014) e Nascimento (2015).

Silva (2014) analisou os movimentos de contextualização e descontextualização no discursivo de um professor de química do ensino médio para compreender as relações desses movimentos com as características das representações semióticas. A metodologia foi pautada nos estudos de Silva (2008) e Silva (2009). Os dados foram gravados, transcritos e categorizados segundo o grau de modelagem, nível de referencialidade e operações epistêmicas. De posse desses dados, o autor buscou caracterizar movimentos de contextualização e descontextualização, com base nas categorias epistêmicas, objetivando compreender a passagem de uma a outra no desenvolvimento das ideias construídas em sala de aula. Para caracterizar as representações semióticas, foi utilizada a proposta de Pierce por meio da relação signo – objeto em cada segmento. Nesse espaço, para construir generalizações, o professor faz uso de descrições e explicações de fenômenos estudados.

Nascimento (2015), por sua vez, investigou as práticas epistêmicas que os estudantes mobilizam ao realizarem um conjunto de atividades investigativas de Física. Essas atividades abordam o conceito de dilatação térmica e suas aplicações. Para analisar as práticas epistêmicas, foram utilizadas as ferramentas propostas por Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud ARAÚJO, 2008) e Araújo (2008). Já a análise dos movimentos epistêmicos ocorreu por meio do instrumento apresentado por Silva (2011). O autor constata que as práticas epistêmicas estão relacionadas às ações do professor e à estrutura da atividade. Destaca ainda que a estrutura da atividade foi essencial na evolução conceitual dos estudantes e na construção do conhecimento.

Finalmente, o sétimo grupo, a professora Dra. Rosária Justi, da Universidade Federal de Minas Gerais, foi orientadora da dissertação de Oliveira (2013), que buscou compreender como uma professora e os estudantes utilizaram as representações nas explicações e argumentações, buscando identificar como as ações da docente podem favorecer o uso dessas representações. Na pesquisa, a autora investiga as práticas epistêmicas de argumentar, explicar e representar. Os dados foram coletados em aulas de química, por meio de atividades investigativas baseadas em modelagem. Com as aulas filmadas, selecionaram-se trechos em que as representações estão presentes e os transcreveram buscando evidenciar situações argumentativas e explicativas. Na pesquisa, a autora apresenta que as representações mais utilizadas foram os modelos concretos, que condizem com os objetivos das

atividades. Outras representações aparecem com o objetivo de reforçar a fala, substituir vocabulário científico específico, entre outros. Portanto, as representações, gestuais, visuais ou concretas, são partes fundamentais das argumentações e explicações dos estudantes e da professora.

Com as pesquisas apresentadas anteriormente, constatamos um crescente interesse em investigar as práticas epistêmicas em situações de ensino, conforme agenda proposta por Kelly e Duschl (2002), em que o processo de ensino e aprendizagem ocorre por meio de atividades sociais, localizado em um contexto histórico-cultural (SILVA, 2008), e a construção do conhecimento, em certa medida, se dá quando os estudantes se engajam em práticas epistêmicas (KELLY, 2008; KELLY, 2010).

Ao olharmos para os sujeitos dessas pesquisas, vemos que: (a) um estudo envolvia estudantes do curso de Ciências Biológicas; (b) três estavam relacionadas com professores em formação continuada; e (c) as demais, com estudantes da educação básica, seja do Ensino Fundamental, seja do Ensino Médio, que abordavam conceito da Física, da Química e da Biologia.

As pesquisas que têm como objetivo identificar as práticas epistêmicas em sala de aula são realizadas em torno de atividades que investigam o trabalho prático, o trabalho de laboratório. Em relação ao ensino de Física, temos apenas duas pesquisas, uma investiga a dualidade onda-partícula do elétron e a outra a dilatação térmica e suas aplicações por meio de atividades experimentais.

As práticas epistêmicas em alguns estudos emergem como relacionadas ao processo de construção do conhecimento e, como afirma Sandoval (2005), acessada por meio da argumentação. Esses estudos investigam como ocorre o processo argumentativo, seja por meio de elementos, como as representações, seja por meio da estrutura do argumento, ou investigam como as ações do professor influenciam em tal processo.

As pesquisas a que tivemos acesso investigam as práticas epistêmicas a partir de dois fios condutores: (a) o primeiro está relacionado ao processo de construção do conhecimento; (b) e o segundo busca investigar situações relacionadas ao processo argumentativo. Essas perspectivas apresentam diversas complexidades e problemas de pesquisa que foram investigados ao longo desses fios condutores.

Na pesquisa de Silva (2011), as práticas epistêmicas emergem com um instrumento que possibilita compreender como os estudantes aprendem ao realizarem uma atividade investigativa. Lima-Tavares (2009) estava interessada no uso do argumento em um processo

de construção de conhecimento, nesse caso, em um processo em que se mobilizam as práticas epistêmicas. Em Silva (2008), as práticas epistêmicas emergem como uma ferramenta para analisar as diferenças de estilos dos professores, para verificar a estrutura do espaço de conhecimento e como as características dos professores influenciam nesse processo. Araújo (2008) investiga um contexto em que os estudantes se mobilizam para a realização de uma ação educacional, que não pode ser considerada como investigativa, pois boa parte do procedimento é realizada ou apresentada pelo professor. Silva (2015) busca identificar as práticas epistêmicas em um contexto de investigação para analisar o uso de inscrições literárias e como elas são utilizadas ao construir explicações e argumentos, porém a autora observou que em diversas situações as explicações não foram acompanhadas de justificativas.

Com a análise das práticas epistêmicas nos artigos, nas dissertações e nas teses, constatamos que diversos estudos propõem ou utilizam um conjunto de instrumentos analíticos com o objetivo de compreender as práticas epistêmicas e o processo argumentativo mobilizado em sala de aula. No próximo capítulo apresentamos alguns instrumentos de análise, com os quais tivemos contato em nossas pesquisas, pois alguns deles foram fundamentais na organização das nossas ferramentas de análise, presentes no Capítulo 8.

5 Instrumentos de Análise das Práticas Epistêmicas

Neste capítulo, apresentaremos os instrumentos de análise abordados por diversas pesquisas, ao investigar as práticas epistêmicas (seção 5.1) e os movimentos epistêmicos dos professores (seção 5.2) em situação de ensino. Tais instrumentos foram visitados com o objetivo de estruturar as ferramentas de análise desta pesquisa, presentes na Capítulo 8.

5.1 Instrumentos Analíticos para investigar as Práticas Epistêmicas

Para identificar as práticas epistêmicas em sala de aula, é necessário investigar o discurso oral ou escrito de estudantes que participam de comunidades de prática, nas quais produzem, comunicam, avaliam e legitimam o conhecimento (KELLY, 2008; ARAÚJO, 2008). Araújo (2008) reconhece a importância de investigar as práticas epistêmicas em situações de ensino e aponta diversos estudos que propõem ferramentas analíticas que procuram retratar essas práticas presentes nos discursos e nas ações dos estudantes.

As pesquisas que investigaram as práticas epistêmicas no Brasil utilizaram-se, em um primeiro momento, do instrumento analítico proposto por Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud ARAÚJO, 2008) reproduzido no Quadro 2.

Quadro 2 – Instâncias sociais e suas relações com as práticas epistêmicas.

Instâncias Sociais	Práticas epistêmicas gerais	Práticas epistêmicas específicas
Produção	Articulação dos próprios saberes Dando sentido aos padrões de dados	Monitorando o progresso Performando investigações Usando conceitos para planejar e performar ações (por exemplo no laboratório) Articulando conhecimento técnico e conceitual Construindo significados Considerando diferentes fontes de dados Construindo dados
Comunicação	Interpretar e construir as representações Produzir relações Persuadir os outros membros da comunidade	Relacionando diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica Transformando dados Aprendendo a escrever no gênero informativo Apresentando suas próprias ideias e enfatizando pontos-chave Negociando explicações
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
Avaliação	Coordenar teoria e evidência (argumentação)	Distinguindo conclusões de evidências Usando dados para avaliação de teorias Usando conceitos para interpretação dos dados Olhando dados de diferentes perspectivas Recorrendo à consistência com outros conhecimentos
	Contrastar as conclusões (próprias ou alheias com as evidências (avaliar a plausibilidade))	Justificando as próprias conclusões Criticando declarações de outros Usando conceitos para configurar anomalias

Fonte: Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud SILVA, 2015, p. 75)

Ao analisar o Quadro 2, vemos que na primeira coluna são apresentadas as instâncias sociais de produção, comunicação e avaliação, conforme proposto por Kelly e Duschl (2002), Kelly (2008), e nas demais colunas são apresentadas as práticas epistêmicas relacionadas a cada instância. Silva (2015) aponta que a separação entre as instâncias sociais nem sempre é clara ao analisá-las em situações de ensino.

As categorias (Quadro 2), de acordo com Silva (2008), estão relacionadas às atividades investigativas e como elas possibilitam aos estudantes mobilizar diferentes práticas epistêmicas. Essas categorias foram utilizadas como ponto de partida nos estudos de Silva (2008), Araújo (2008), Lima-Tavares (2009) e Ratz (2015), entre outros, e foram adaptadas para suas pesquisas, resultando em novas práticas epistêmicas.

Os estudos de Silva (2011), Nascimento (2015) e Silva (2015) investigaram as práticas epistêmicas presentes nas interações discursivas que emergiram durante a realização de atividades investigativas em situação de ensino, utilizando a proposta de Jiménez-Aleixandre e Bustamante (2007 apud SILVA, 2008) ou Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud SILVA, 2015).

Dos estudos que partiram da proposta de Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud SILVA, 2015), Araújo (2008) adaptou o instrumento para analisar aulas práticas, que não podem ser consideradas atividades investigativas, pois algumas ações ficaram por conta do professor. As práticas epistêmicas propostas são apresentadas no Quadro 3.

No Quadro 3 não temos a separação entre práticas específicas e gerais. Araújo (2008) apresenta que na adaptação para sua pesquisa a separação das práticas epistêmicas de produção e comunicação, como apresentado do contexto do ensino por investigação,

Quadro 3 – Práticas Epistêmicas propostas Araújo (2008)

Atividades Sociais	Práticas Epistêmicas
Produção do conhecimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Problematizando 2. Elaborando hipóteses 3. Planejando investigação 4. Construindo dados 5. Utilizando conceitos para interpretar 6. Articulando conhecimento observacional e conceitual 7. Lidando com situação anômala ou problemática 8. Considerando diferentes fontes de dados 9. Checando entendimento 10. Concluindo
Comunicação do conhecimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Argumentando 2. Narrando 3. Descrevendo 4. Explicando 5. Classificando 6. Exemplificando 7. Definido 8. Generalizando 9. Apresentando ideias (opiniões) próprias 10. Negociando explicações 11. Usando linguagem representacional 12. Usando analogias e metáforas
Avaliação do conhecimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Complementando ideias 2. Contrapondo ideias 3. Criticando outras declarações 4. Usando dados para avaliar 5. Avaliando a consistência dos dados

Fonte: Extraído de Araújo (2008, p. 48)

ficou debilitada, visto que ao mesmo tempo em que os estudantes estavam produzindo conhecimento ao solucionar os problemas, estavam pensando em como comunicá-las. A autora manteve as separações das instâncias sociais de produção e comunicação para dialogar com a literatura.

Lima-Tavares (2009) utilizou a proposta de Araújo (2008) sem as oito primeiras categorias da atividade social de comunicação do conhecimento, justificando que elas seriam práticas gerais que estariam presentes em diversas situações de ensino e aprendizagem.

Araújo (2008) e Lima-Tavares (2009) relatam alto grau de inferência ao categorizar as práticas epistêmicas e que algumas interações discursivas sofrem sobreposição nas instâncias de produção, comunicação e avaliação. Em relação à sobreposição nas instâncias sociais, Silva (2011, p. 268-269) destaca que:

Ao postular que as práticas epistêmicas se relacionam ao nível das operações da atividade humana, foi superado o problema de sobreposição das categorias de produção, comunicação e avaliação do conhecimento científico (...). A noção de operações epistêmicas não impõe limites à sua mobilização. Afinal, uma ação de produção do conhecimento, como a realização de um ensaio experimental, pode suscitar a avaliação de um procedimento ou considerações sobre as limitações da investigação, que são operações epistêmicas de natureza avaliativa.

Para investigar as práticas epistêmicas em situação de ensino, pesquisadores como Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud SILVA, 2015), Araújo (2008) e Lima-Tavares (2009) propuseram um conjunto de ferramentas para categorizá-las, pois em cada contexto de ensino emergem diversas práticas epistêmicas que estão associadas às naturezas das ciências e do contexto disciplinar (KELLY; LICONA, 2018).

5.2 Investigando as ações do professor ao fomentar as Práticas Epistêmicas

No ensino de ciências, defendemos que os estudantes sejam engajados em práticas epistêmicas por meio das interações discursivas. A postura do professor, ao interagir com a sala de aula, influencia no ambiente de construção do conhecimento e nas interações discursivas, uma vez que os estudantes podem assumir o centro do processo de ensino e aprendizagem. Nesse espaço, o professor se utiliza da linguagem e de outras ferramentas culturais das ciências (CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014).

Reconhecendo a importância do professor para o sucesso da aprendizagem, das práticas epistêmicas e dos discursos epistêmicos, nesta seção busca-se abordar alguns estudos em situação de ensino, que, entre outros objetivos, identificam as ações e intenções ao promover um ambiente de ensino e aprendizagem propício para fomentar as práticas epistêmicas. Nesse sentido, estamos interessados em compreender como foi realizado o processo de análise das interações e intenções do professor para promover tais práticas.

Ao analisar um conjunto de interações entre o professor e os estudantes em um ambiente de construção do conhecimento, Lidar, Lundqvist e Ostman (2006) apresentaram um conjunto de Movimentos Epistemológicos (Epistemological Moves), reproduzidos no Quadro 4, relacionado com a epistemologia prática dos estudantes. Segundo Lidar, Lundqvist e Ostman (2006, p. 148-149), os movimentos epistemológicos consistem na maneira como o professor orienta os estudantes ao expor o que conta como conhecimento

e as formas apropriadas de obter conhecimento nessa prática social específica. Tanto as práticas quanto os movimentos podem ser denominados epistemológicos, uma vez que buscam diferenciar o que conta como conhecimento no contexto estudado.

Quadro 4 – Movimentos Epistemológicos proposto por Lidar, Lundqvist e Ostman (2006)

Movimento Epistemológico	Descrição
Confirmando	Confirma que os estudantes estão reconhecendo o fenômeno e os eventos corretos ou confirma que eles estão fazendo um experimento válido, concordando com o que os estudantes dizem ou fazem
Reconstruindo	Faça com que os estudantes prestem atenção ao fato de que os “fatos” que eles já perceberam, mas que não são considerados válidos são importantes para reconhecer e escrever
Instrutivo	Dá aos estudantes uma instrução direta e concreta sobre como agir para poder ver o que vale a pena notar. Em outras palavras, o que os estudantes precisam fazer para encontrar a solução
Gerando	Para permitir que os estudantes gerem explicações, o professor resume o que, no experimento, são fatos importantes a serem observados.
Reorientar	Salienta que pode haver outras propriedades que vale a pena investigar. Isso exige que os estudantes tomem outra direção diferente daquela em que começaram.

Fonte: Extraído (LIDAR; LUNDQVIST; OSTMAN, 2006, p. 159, tradução do autor)

Os Movimentos Epistemológicos podem assumir diferentes funções em sala de aula. Porém, Lidar, Lundqvist e Ostman (2006) citam que não existe uma forma geral de promover tais movimentos em sala de aula, visto que tais ações dependem das situações em que estão inseridas.

Inspirada no estudo de Lidar, Lundqvist e Ostman (2006), Silva (2011) propõe os Movimentos Epistêmicos como sendo as intervenções do professor ao conduzir as ações no ambiente de construção do conhecimento, como questionamentos, sugestões e orientações para a construção do conhecimento e o favorecimento das práticas epistêmicas (SILVA, 2015).

Estudiosos como Silva (2008), Valle (2014), Silva (2014) e Nascimento (2015) investigaram os movimentos epistêmicos do professor em suas pesquisas. No Quadro 5 é apresentado um instrumento que possibilita investigar os movimentos epistêmicos por meio das interações discursivas. Tal instrumento é composto por sete movimentos epistêmicos que pode ser empregados pelo professor na condução de uma atividade que busca compreender o que conta ou não como conhecimento.

Quadro 5 – Movimentos Epistêmicos empregados pelo(a) professor(a) em sala de aula

Movimento Epistêmicos	Descrição
Elaboração	Ações do professor no sentido de possibilitar aos estudantes, em geral através de questionamentos, construírem um olhar inicial sobre o fenômeno.
Reelaboração	Ações do professor no sentido de instigar os estudantes, por questionamentos ou breves afirmações, a observarem aspectos desconsiderados inicialmente, ou a trazerem à tona novas ideias, favorecendo uma modificação ou problematização do pensamento inicial.
Instrução	Ocorre quando o professor apresenta novas informações para os estudantes.
Confirmação	Ocorre quando o professor concorda com as ideias dos estudantes e/ou permite que eles executem determinados procedimentos planejados.
Correção	Ocorre quando o professor corrige explicitamente as afirmações e procedimentos dos estudantes.
Síntese	Ocorre quando o professor explicita as principais ideias alcançadas pelos estudantes.
Compreensão	Ocorre quando o professor busca compreender através de questionamentos e breves afirmações determinados procedimentos e ideias desenvolvidos pelos estudantes.

Fonte: (SILVA, 2015)

Para fomentar as práticas epistêmicas em sala de aula, o professor investe em diversas práticas discursivas e epistêmicas. Essas ações podem ser denominadas de operações epistêmicas (SILVA, 2008). Silva (2008) destaca que as operações epistêmicas englobam as mesmas ações relacionadas às práticas epistêmicas. Silva (2008, p. 54) destaca que

por estarem relacionadas ao conhecimento mais consensual da sala de aula, aliadas ao discurso de autoridade do professor, recorrem a um repertório de práticas discursivas e epistêmicas que são mais previsíveis que o são aquelas das práticas epistêmicas em si.

As operações epistêmicas propostas por Silva (2008) são compostas dos seguintes elementos: Generalização; Explicação; Descrição; Definição; Classificação; Comparação; Analogia; Cálculo; e, Exemplificação.

Christodoulou e Osborne (2014), em um estudo de caso, investigaram os diálogos do professor com uma turma de estudantes ao realizarem um conjunto de atividades, que foram desenvolvidas tendo a argumentação como objetivo instrucional. A argumentação esteve presente tanto nos diálogos com a classe quanto na proposição das atividades. Os dados foram submetidos à análise temática, que consiste identificar padrões ou temas. A operação epistêmica foi categorizada com base na unidade de ideia, que poderia representar

uma oração inteira ou parte dela, desde que permitisse identificar o contexto em que estava inserida.

Christodoulou e Osborne (2014) propõem analisar as operações epistêmicas do professor e como essas ações discursivas envolveram os estudantes na produção, comunicação e avaliação do conhecimento. As operações epistêmicas, segundo Christodoulou e Osborne (2014, p. 1283, tradução do autor), são definidas “*como ações discursivas ou movimentos de fala cuja função é promover a criação e desenvolvimento de conhecimento e compreensão*”.

Christodoulou e Osborne (2014) apresentam que:

Examinar as ações epistêmicas dos estudantes através do discurso falado, que é usado para “realizar um trabalho cognitivo sobre conhecimento ou compreensão” (Baker, 2002, p. 308), pode ser um indicador da extensão em que o aprendizado e a compreensão de ordem superior se desenvolvem e das etapas que os estudantes devem seguir para desenvolver seu entendimento (CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014, p. 1283, tradução do autor).

Investigar os processos discursivos nos quais os estudantes estão inseridos, segundo Christodoulou e Osborne (2014), permite-nos compreender as ações do professor ao proporcionar oportunidades até o conhecimento ser aceito dentro da comunidade científica escolar.

Christodoulou e Osborne (2014) apresentam que o conjunto de operações epistêmicas, no Quadro 6, foi construído tendo como ponto de partida os estudos na literatura. As categorias propostas nos estudos anteriores não foram consideradas definitivas e com o desenrolar das investigações, outras categorias foram sendo propostas. Nesse quadro, podemos observar duas grandes categorias: a primeira consiste nas interações discursivas do professor; e a segunda, nas intenções de interagir com os estudantes que buscam envolvê-los nas práticas epistêmicas e no discurso epistêmico.

Simon, Erduran e Osborne (2006) propõem uma ferramenta analítica para avaliar as operações epistêmicas visando a fomentar o processo argumentativo em sala de aula, conforme Quadro 7. Essa ferramenta foi adaptada por Valle (2014), onde a pesquisadora buscava identificar as práticas epistêmicas do professor. Esse instrumento é apresentado no Quadro 8.

Quadro 6 – Operações Epistêmicas identificadas no discurso do professor para fomentar o processo argumentativo

Professor realizando	Professor solicitando
Argumento	Solicitação para Argumento
Comparação e contrastação	Solicitação para classificação
Contra-argumento	Solicitação para comparação
Definição	Solicitação para contra-argumento
Descrição	Solicitação para definição
Avaliação	Solicitação para descrição
Exemplificação	Solicitação para avaliação
Explicação	
Generalização	Solicitação para justificativa
Justificação	Solicitação para modelagem
Modelagem	Solicitação para previsão
Previsão	Solicitação para evidências
Fornecer evidência	

Fonte: (CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014, p. 1286, tradução do autor)

Quadro 7 – Processos Argumentativos

Categorias do Processos Argumentativo	Enunciado do Professor
Conversando e ouvindo	Incentiva o diálogo Incentiva a ouvir
Saber o significado do argumento	Define o argumento Exemplifica o argumento
Posicionamento	Incentiva ideias Incentiva o posicionamento Valoriza diferentes posições
Justificando com evidência	Verifica o conhecimento Fornecer explicação Solicita justificativa Enfatiza justificativa
Avaliando argumentos	Encoraja a avaliação Avalia o processo de argumentos com evidência
Contra-argumentando / debatendo	Incentiva o contra-argumento Encoraja o debate
Refletindo sobre o processo de argumentação	Incentiva a reflexão
Refletindo sobre o processo de argumentação	Pergunta sobre mudança mental

Fonte: Simon, Erduran e Osborne (2006, p. 248, tradução do autor)

Uma das ações de Valle (2014) foi reorganizar e hierarquizar as categorias de Simon, Erduran e Osborne (2006), separando as práticas genéricas e as específicas, sendo que as

primeiras estão relacionadas à condução do diálogo e as segundas, às ações do professor voltadas para avaliação (Quadro 8).

Quadro 8 – Práticas Epistêmicas para fomentar argumentação em situação de ensino.

Categorias	Objetivos	Práticas epistêmicas
Práticas Genéricas	Estimular o diálogo	Estímulo a ideias; Estímulo a discussão; Estímulo a posicionamento; Contraposição de ideias; Estímulo a debate; Estímulo a ouvir; Verificação do entendimento
	Enriquecer o diálogo	Problematização; Verificação do conhecimento; Explicação de conceitos; Correção de conceitos; Complementação de ideias; Estímulo a apresentação de suas próprias ideias; Formulação de hipótese
	Estimular à produção escrita	Estruturação do texto; Atenção ao interlocutor; Correções ortográficas
Práticas Específicas	Esclarecer o problema	Explicação da investigação, objetivos
	Construir argumentos	Definição do argumento; Avaliação do argumento; Solicitação de justificativa; Construção de contra-argumentos; Auxílio na construção de argumento – fornecimento de apoio; Avaliação de hipótese (ou justificativa); Verificação da interpretação de dados/evidências; Contraposição de ideias usando a natureza da evidência (avalia a consistência dos dados)

Fonte: Valle (2014, p. 52).

Os estudos apresentados neste capítulo serão revisitados no Capítulo 8, no qual realizamos apontamentos dos referenciais teóricos e como eles se articulam com a pesquisa ao organizarmos os instrumentos para análise dos dados. Outros elementos teóricos serão destacados no Capítulo 6 ao abordamos a sequência de ensino e discutirmos como os referenciais teóricos influenciaram nas atividades e em sua realização em sala de aula.

Parte II

Aspectos Teóricos e Metodológicos

6 Construção da Sequência de Ensino e Aprendizagem

Este capítulo é dividido em duas seções em que apresentaremos e detalharemos a sequência de ensino e aprendizagem e os elementos teóricos utilizados em sua proposição. Na seção 6.1 abordamos outros elementos teóricos, além das pesquisas apresentadas nos capítulos anteriores, e na seção 6.2 apresentaremos a sequência de ensino.

6.1 *A Pesquisa Baseada em Design, a Comunidade Epistêmica e Teorias Concorrentes*

6.1.1 A Pesquisa Baseada em Design e Proposição das Sequências de Ensino

A Pesquisa Baseada em Design, do inglês *Design-Based Research* (DBR), consiste em uma metodologia intervencionista que iniciou nos anos 1990 em meio aos movimentos de inovação curricular e metodológica no espaço escolar (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). A DBR enfoca a relação entre as teorias e as práticas educacionais, aproximando as pesquisas educacionais às questões práticas do ambiente de sala de aula. Portanto, combina a pesquisa educacional empírica com a pesquisa teórica, visando compreender como, quando e por que as inovações educacionais funcionam ou não (Design-Based Research Collective, 2003; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Segundo o Design-Based Research Collective (2003, p. 5, tradução do autor) “*a Pesquisa Baseada em Design pode ajudar a criar e ampliar o conhecimento sobre o desenvolvimento, a promulgação e a sustentação de ambientes de aprendizado inovadores*”.

Compreendemos por ambiente inovador aquele que busca inserir e/ou compreender alguma mudança no ambiente de ensino e aprendizagem.

Kneubil e Pietrocola (2017) destacam que:

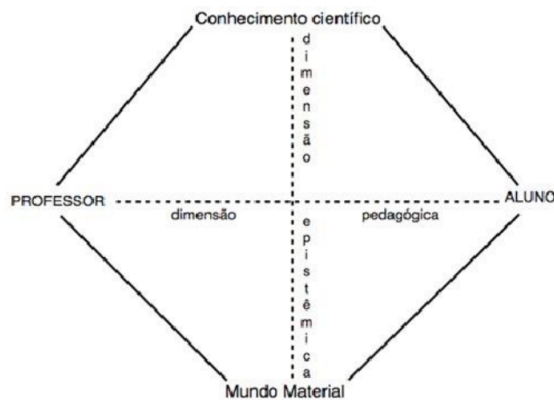
DBR enquanto metodologia de pesquisa e intervenção educacional traz a vantagem de se aproximar dos problemas reais oriundos do campo escolar. A possibilidade de tratar problemas como a atualização curricular, o ensino e aprendizagem de conteúdos inovadores ou outras novas demandas no campo do social fazem dela uma poderosa ferramenta de pesquisa (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017, p. 12).

Uma possibilidade para implementar a DBR no ensino de ciências é por meio das Sequências de Ensino e Aprendizagem, traduzido de Teaching-Learning Sequences

(TLS), que são planejadas, implementadas e avaliadas no espaço escolar (PESSANHA; PIETROCOLA, 2016; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Méheut e Psillos (2004 apud KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017) orientam que, para a confecção das TLS, o pesquisador deve considerar o professor, os estudantes, o mundo material e o conhecimento científico. Estes elementos estão relacionados no Losango Didático, Figura 3, no qual o conhecimento científico e o mundo material são interligados pela dimensão epistemológica e os elementos professor e estudante pela dimensão pedagógica.

Figura 3 – Losango Didático



Fonte: Extraído de Kneubil e Pietrocola (2017, p. 7)

O planejamento da sequência de ensino e aprendizagem pode ser realizado em cinco etapas: a seleção do tema e proposição dos princípios de design, o design, a implementação, a avaliação e o redesign (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). Antes de desenvolver a sequência é necessário ter clareza acerca das questões de pesquisa, pois são estas questões que servirão de referência para orientar as etapas da construção da sequência (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

A primeira etapa, seleção do tema e proposição dos princípios de design, visa escolher a temática e os princípios de design e estão diretamente relacionados ao problema de pesquisa. Os princípios de design consistem em pressupostos teóricos e metodológicos que fundamentarão o design, que é a próxima etapa. Estes princípios podem ser caracterizados como epistemológicos, didáticos, axiológicos, de aprendizagem ou, ainda, uma combinação deles (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

Ainda em relação aos Princípios de Design, Méheut e Psillos (2004) destacam que eles podem ser apoiados em quatro dimensões: (a) a dimensão epistemológica está

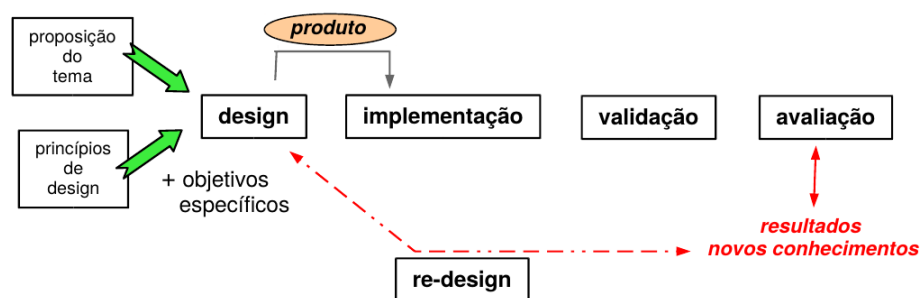
associada ao conteúdo a ser ensinado, aos problemas que respondem e ao processo de construção histórica; (b) a dimensão psico cognitiva é relativa às características cognitivas dos estudantes; (c) a dimensão didática está associada ao papel do professor no processo de ensino e aprendizagem; e (d) a dimensão sociocultural é relativa às interações sociais que ocorrem no espaço escolar e as questões morais e éticas (PESSANHA; PIETROCOLA, 2016).

Na etapa do design é construída a sequência e preparada para implementação, tendo como fundamento os princípios de design que foram utilizados. Para a construção é necessário estabelecer os objetivos específicos para a sequência de ensino e aprendizagem, que devem estar relacionados ao conteúdo específico e as habilidades a serem desenvolvidas. Os mesmos princípios de design podem resultar em diversas sequências diferentes (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). A etapa de implementação pode ser realizada por um ou mais professores, que participaram ou não da sua construção, e, com ela, busca-se a coleta dos dados para solucionar os problemas de pesquisa (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

A avaliação é realizada de acordo com os objetivos da sequência e dos princípios de design. É importante observar se a implementação ocorreu ou não de modo a favorecer os resultados esperados. Por fim, o redesign consiste em reprojeter a sequência baseada na avaliação e na implementação. Kneubil e Pietrocola (2017, p. 12) apresentam que *”o redesenho assemelha-se a um manual preventivo, alertando o professor, para as futuras implementações, de dificuldades e obstáculos que aparecem em sala de aula, tanto em relação ao conteúdo, como em relação à aprendizagem dos estudantes e à dificuldade do professor”*.

Uma organização das etapas descritas anteriormente é apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Relação dos cinco elementos para a construção da TLS.



Fonte: Extraído de Kneubil e Pietrocola (2017, p. 10)

Sobre a potencialidade da Pesquisa Baseada em Design e das Sequências de Ensino e aprendizagem, Pessanha e Pietrocola (2016) destacam que:

a metodologia DBR e os estudos envolvendo as sequências de ensino e aprendizagem (Teaching-Learning Sequences – TLS) são abordagens potenciais que podem trazer elementos importantes e contribuir para uma melhor consolidação de conhecimentos específicos e diretamente relacionados com a prática docente e os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula (PESSANHA; PIETROCOLA, 2016, p. 383).

Concordamos com Kneubil (2014), Nicolau, Gurgel e Pietrocola (2013), Pessanha (2014), Pessanha e Pietrocola (2016) ao destacarem que os problemas da inserção da Física Moderna e Contemporânea na Educação, seja Básica ou Superior, tem os contornos que podem ser tratados na perspectiva da Pesquisa Baseada em Design. Para se aprofundar no estudo da DBR e da TLS, recomendo os trabalhos supracitados.

Sabendo da importância dos Princípios de Design na proposição da sequência de ensino e aprendizagem, na próxima seção abordaremos outros elementos teóricos, além dos apresentados no referencial teórico, que fundamentaram os princípios de design e influenciaram na construção da sequência.

6.1.2 Alguns elementos teóricos para compor os Princípios de Design

Nesta seção, apresentaremos alguns elementos teóricos que julgamos importantes e influenciaram nos Princípios de Design e na sequência de ensino. A seção está dividida em duas subseções. Na primeira, destacamos um conjunto de elementos que nos ajudaram a pensar e planejar um ambiente argumentativo propício para a avaliação do conhecimento em sala de aula. Na segunda, abordamos a estratégia didática das “Teorias Concorrentes”.

A Comunidade Epistêmica e Argumentação em sala de aula

Com o objetivo de criar condições para a aprendizagem e avaliação das ciências, Duschl (2008, p. 277, tradução do autor) apresenta que há melhoras, se:

(a) os ambientes de aprendizagem promovem a aprendizagem ativa e produtiva; (b) há sequências instrucionais que promovem a integração da aprendizagem científica em cada domínio (conceituais, epistêmicos e sociais); (c) há atividades e tarefas que tornam o pensamento dos estudantes visível em cada um dos três domínios; (d) há práticas de

avaliação concebidas por professores que monitoram a aprendizagem e fornecem *feedbacks* que levem a pensar e aprender em cada um dos três domínios.

Por mais que a construção da argumentação seja desejável, o espaço da sala de aula convencional não favorece o seu desenvolvimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2007). Estudos como Duschl e Jiménez-Aleixandre (2012) e Jiménez-Aleixandre (2007) reconhecem a importância de uma comunidade epistêmica ao fomentar a argumentação em sala de aula.

Jiménez-Aleixandre (2007), ao discutir as características de um ambiente de ensino para favorecer a construção de argumentação em sala de aula, defende a promoção de ambiente sócio-construtivista centrado na avaliação do conhecimento e rodeado pelo(a): papel dos estudantes; papel do professor; currículo; avaliação; metacognição e abordagem de comunicação. Tais elementos não podem ser encarados isoladamente, mas de maneira complementar.

Esses elementos podem constituir princípios de design que visam a contribuir para o estabelecimento de argumentação em sala de aula, uma vez que a aprendizagem da argumentação não está desconexa da aprendizagem científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007). Na construção de conhecimento e da argumentação, os estudantes se envolvem em práticas epistêmicas como propor, justificar e avaliar o conhecimento (KELLY, 2008).

Em sala de aula, é fundamental que o estudante justifique as afirmações de conhecimentos e/ou que avalie as afirmações de seus colegas. Ao olhar para o papel dos estudantes, Jiménez-Aleixandre (2007, p. 97) defende que eles: (a) se envolvam na produção de produtos ou respostas ao investigarem e solucionarem problemas; (b) se envolvam na escolha entre duas ou mais explicações acerca do fenômeno investigado; (c) sustentem as afirmações com evidências, seja na forma de dados, empíricos ou hipotéticos, seja por conhecimentos que geram justificativas; (d) avaliem o conhecimento, como critérios para separar bons argumentos e avaliar o uso das evidências apresentadas; e, (e) escrevam e falem sobre ciência, como formular hipótese e projetar experimentos, escrever e avaliar relatos e relatórios.

O professor, como autoridade epistêmica, conforme Sasseron e Duschl (2016), que auxilia os estudantes a perceberem que suas escolhas podem ser adequadas ou inadequadas para a solucionar os problemas, tendo como papel facilitar e orientá-los, seja na realização das tarefas, seja nos objetivos de aprendizagem. Logo, ele é responsável por: (a) modelar e

orientar a investigação; (b) incentivar os estudantes a fornecer evidências para justificar uma posição, por meio de perguntas para obter justificativa ou apontar limitações e inconsistências das afirmações e justificativas; (c) desenvolver e fornecer critérios para a construção e avaliação de argumentos e componentes de argumentos; (d) apresentar os objetivos epistêmicos associados à argumentação; e (e) incentivar a reflexão dos estudantes sobre seus posicionamentos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007, p. 98).

Para esse contexto argumentativo, o currículo deve ser: (a) estruturado em atividades autênticas, podendo os estudantes se envolverem em procedimentos de pesquisas ao solucioná-las, de forma que investiguem e/ou apliquem seus conhecimentos; (b) planejado em torno de atividades que produzam diversos resultados em que os estudantes possam envolver-se em várias explicações, possibilitando compreender o conhecimento construído socialmente e por diferentes perspectivas; (c) profundo em relação à amplitude; e (d) planejado para o desenvolvimento de práticas epistêmicas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007, p. 101).

Jiménez-Aleixandre (2007) destaca a necessidade de os estudantes e o professor compartilharem os critérios e a autoridade ao avaliar as ações em sala de aula. Assim, espera-se que os estudantes: (a) participem da escolha dos temas e conteúdos e que avaliem os objetivos das atividades; (b) avaliem suas produções e performance no decorrer das atividades; (c) compartilhem os processos cognitivos; e (d) reflitam sobre a própria aprendizagem (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007, p. 101).

Com a regulação, reflexão e a metacognição busca-se o monitoramento do pensamento e aprendizagem, com o objetivo de “(...) desenvolvimento da compreensão epistemológica ao nível do pensamento avaliativo” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007, p. 102). O monitoramento do pensamento ocorre em diferentes estágios, indo da reflexão à metacognição. A metacognição é o processo de pensar o pensamento. Em sala de aula isso pode acontecer quando os estudantes se referem explicitamente aos processos de pensamento e conhecimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007).

Assim, espera-se dos estudantes: (a) a reflexão sobre o conhecimento e, por ventura, ampliação e aplicação em tomadas de decisões; (b) a tomada de consciência sobre suas ideias, compreendendo as diferenças entre os posicionamentos iniciais e finais e os elementos que as influenciaram; (c) reflexões metacognitivas e epistêmicas ao avaliar as explicações científicas.

Em relação à comunicação, temos uma abordagem interativa e dialógica (MORTIMER; SCOTT, 2003) que busca estabelecer uma comunidade de discurso em que: (a) a aprendizagem é colaborativa e o conhecimento construído socialmente, tendo a cognição compartilhada

(...) uma vez que a discussão, o questionamento, a avaliação, a crítica são o modo e não a exceção. O discurso colaborativo permite que os participantes negociem significados, explicações e padrões para evidências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007, p. 103)

(b) os contextos são interativos e as interações discursivas consistem em tentativas de convencimento, de negociação ou de explorações cooperativas; e, (c) há cooperação para a construção de explicações e argumentos.

Jiménez-Aleixandre (2007, p. 104, tradução do autor), ao concatenar os elementos supracitados, apresenta que:

Os estudantes assumem esses papéis de produtores de conhecimento porque o currículo (tarefa, recursos, etc.) exige que eles o façam. Eles são apoiados neles pelo desempenho e modelagem dos professores. A abordagem colaborativa e dialógica fornece um contexto adequado para o compartilhamento de critérios de avaliação. A reflexão sobre o conhecimento e o aprendizado é construída nas tarefas. Como resumo, a argumentação é uma habilidade que é aprendida através da prática. Os ambientes argumentativos são ambientes de aprendizagem construtivistas e compartilham muitas características com eles, mas enfatizam a avaliação de alegações de conhecimento (científicas).

Teorias Concorrentes

As “Teorias Concorrentes” que, segundo Erduran (2006), consistem em estratégias didáticas para fomentar a argumentação em sala de aula. Essa estratégia reside em apresentar para os estudantes duas ou mais explicações e um conjunto de evidências, sobre um determinado fenômeno ou situação-problema, que serão utilizadas para justificar a teoria escolhida, possibilitando aos estudantes relacionarem evidência à afirmação por meio de um raciocínio, podendo, ainda, envolverem-se em movimentos de persuasão, nos quais se interagem para avaliar o melhor argumento.

O termo “concorrente”, segundo o dicionário Michaelis ^a, utilizado como adjetivo pode significar aquilo que acontece simultaneamente, no mesmo momento, ou que é competidor, que concorre. Assim, as “Teorias Concorrentes” podem ser utilizadas para situações que, no mesmo momento, expliquem um determinado fenômeno ou que competem para apresentar a melhor explicação. Em nossa pesquisa, as “Teorias Concorrentes” são utilizadas com o objetivo de apresentar um candidato à teoria vigente, no caso a Mecânica Clássica.

Erduran (2006) afirma que, ao realizar atividades com a estratégia das “Teorias Concorrentes”, espera-se que os estudantes saibam:

- (a) avaliar afirmações e justificar por que uma afirmação específica e não outra; (b) gerar critérios para avaliar as afirmações, por exemplo, relevância da evidência; e (c) opor-se à contra-teoria, construindo contra-argumentos e fornecendo uma explicação do motivo pelo qual a outra teoria não é plausível (ERDURAN, 2006, p. 47, tradução do autor).

Tal proposta didática esteve presente no planejamento de atividades que compuseram as pesquisas de Valle (2014) e Ratz (2015), em que investigaram os aspectos epistêmicos e argumentação em sala de aula. Essas duas propostas foram realizadas na educação básica, sendo que Valle (2014) discute o “*Problema do Costão Rochoso*” e Ratz (2015) investiga a “*Influência dos fatores abióticos na vegetação de restinga*”.

Uma possibilidade de trabalhar as “Teorias Concorrentes” em propostas didáticas seria por meio das noções paradigmáticas distintas da proposta por (KUHN, 2007). No livro, “A Estrutura da Revoluções Científicas”, de autoria de Thomas Kuhn, é indicado que o processo de evolução de uma teoria científica é marcado por períodos de continuidade que ele denominou de “ciência normal”, mas que também ocorrem rupturas chamadas de “revoluções científicas”.

Durante a “ciência normal” ocorrem soluções de quebra-cabeças, trata-se de um período de empreendimentos altamente cumulativos, extremamente bem-sucedida como ampliação contínua do conhecimento dentro de um mesmo paradigma. As “revoluções científicas”, por sua vez, estão relacionadas aos problemas que geram anomalias e violam as expectativas do paradigma vigente. A acomodação do problema só se encerra quando a teoria for ajustada ou abandonada, fazendo que a expectativa tenha se convertido no esperado. Uma teoria somente é considerada inválida quando existir uma alternativa

^a <<https://michaelis.uol.com.br/>>

possível para substituí-la. Rejeitar um paradigma é sempre decidir, simultaneamente, aceitar outro.

6.2 Os Princípios de Design e a Sequência de Ensino

O tema escolhido para a Sequência de ensino está localizado no escopo da Física Moderna. Por Física Moderna compreende-se o período da Física construída no final do século XIX e início do século XX, que trouxe diversas rupturas com a Física Clássica (KUHN, 2007; PATY, 2009). A temática envolve os conceitos de espaço e tempo no escopo da Teoria da Relatividade Restrita. A interpretação desses conceitos por parte da Física Moderna apresenta rupturas com a Física Clássica^b.

Tendo como fundamentação os estudos no campo da educação científica sobre argumentação, explicação e práticas epistêmicas, a sequência de ensino foi desenvolvida pautada em três princípios, que estruturaram a produção da atividade, sua realização em sala de aula e a concepção de produção do conhecimento científico.

Nossos princípios de design foram:

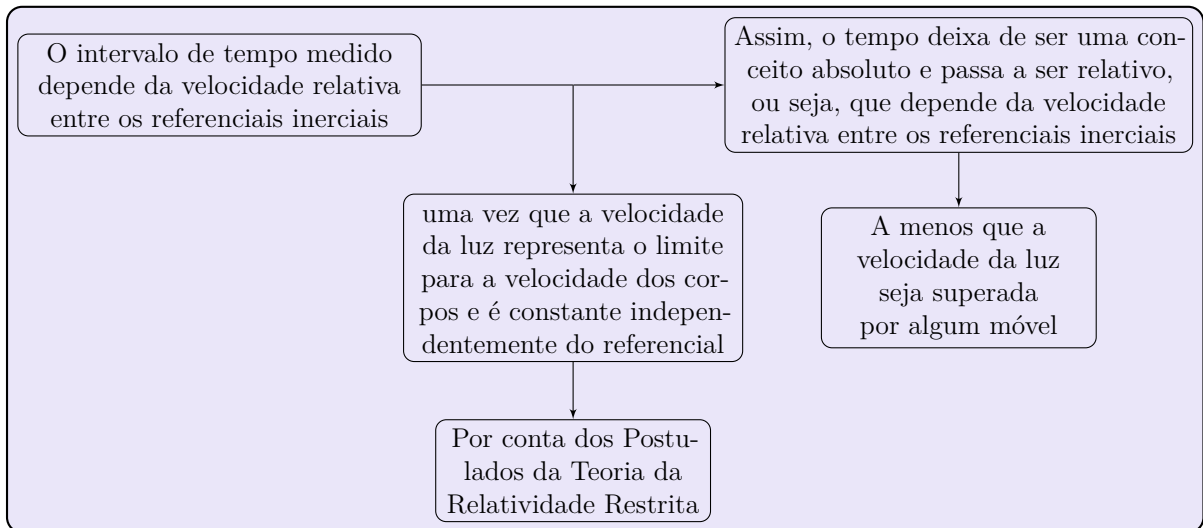
- o *Princípio Epistemológico* – abordar o contexto histórico e epistemológico no qual a Física Moderna foi construída, dando ênfase a sua ruptura com a Física Clássica, pautado pelos estudos de Kuhn (2007), Paty (2009);
- o *Princípio Didático* – constituir uma comunidade epistêmica na sala de aula para reinterpretar os conceitos de espaço e tempo, fazendo uso de interações discursivas e práticas epistêmicas, pautado pelos estudos de Jiménez-Aleixandre (2007), Duschl (2008), Berland (2008), Christodoulou e Osborne (2014), Kelly e Licona (2018); e,
- o *Princípio Sociocultural* – visto que o processo de construção do conhecimento ocorre por meio da argumentação com o estabelecimento da comunidade epistêmica, onde seus membros constroem, negociam, legitimam e avaliam o conhecimento, pautado pelos estudos de Kelly (2008), Kelly (2010), Kelly e Licona (2018).

Com os princípios estabelecidos, o Padrão Argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006) foi utilizado para organizar os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita, que esperávamos que os estudantes construíssem ao término da sequência, e identificar elementos que estariam presentes na sequência. Os argumentos padrões que orientaram na construção

^b Aqui ruptura compreendido na perspectiva de Thomas Kuhn (KUHN, 2007)

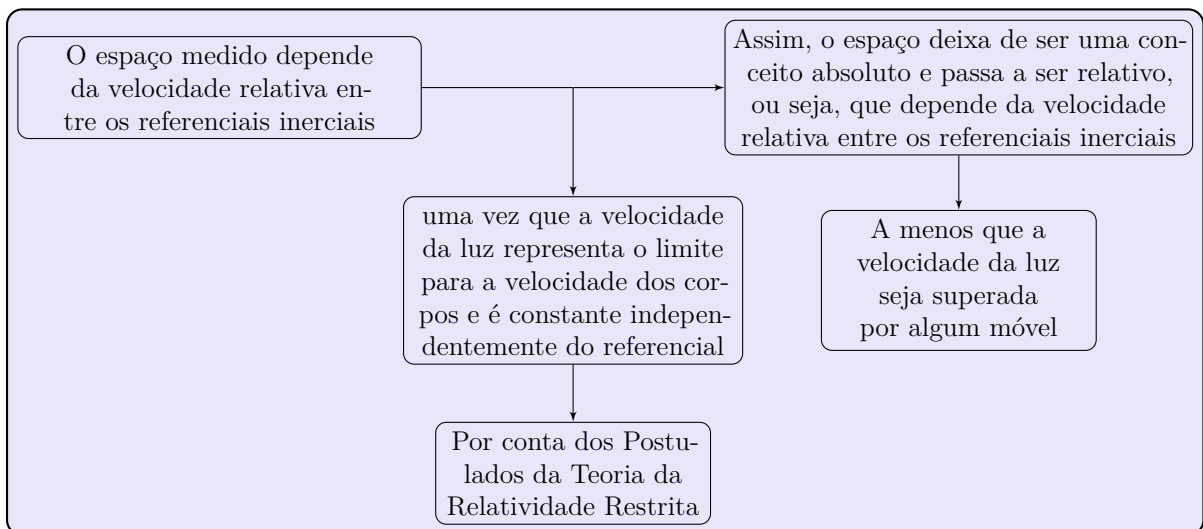
da sequência são apresentados na Figura 5 e na Figura 6, que representam os conceitos de tempo relativo e espaço relativo.

Figura 5 – Argumento Padrão sobre o conceito de tempo relativo.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 6 – Argumento Padrão sobre o conceito de espaço relativo.



Fonte: Próprio Autor.

Os argumentos foram organizados dentro do Padrão Argumentativo de Toulmin e foram expressos em sua forma geral, conforme Figura 2. Os elementos que compõem os argumentos são abordados durante a realização da sequência, seja na forma de atividade específica, seja por meio de interações discursivas nos grupos e/ou de maneira coletiva.

A sequência de ensino aborda os conceitos de espaço e tempo de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita. Na sua elaboração, assumimos que a maioria dos estudantes (ingressantes no curso de Licenciatura em Física) compreendem tais conceitos de acordo com a Física Clássica, isto é, a velocidade relativa sendo dada por meio da adição de Galileu e os conceitos de espaço e tempo como sendo absolutos.

As atividades que compõem a sequência foram construídas tendo como base os princípios de design e com a adaptação das “Teorias Concorrentes” para o contexto da pesquisa.

Na construção da sequência, partimos das interações discursivas como elementos fundamentais na produção, comunicação e avaliação do conhecimento. Em nossa proposta, a estratégia das “Teorias Concorrentes” foi utilizada propondo aos estudantes uma situação-problema, que envolve um resultado experimental ou situação ficcional, em que se deve escolher entre duas explicações, uma relacionada à visão clássica e outra, à relativística.

Para explicar, no Quadro 9, apresentamos o problema (c) da atividade VII. Nele, temos o posicionamento de dois cientistas, o cientista A expõe uma explicação de acordo com a Teoria da Relatividade; e o B, de acordo com a Física Clássica. Assim, os estudantes eram colocados para defender uma explicação, alínea (a), sendo na sequência questionados sobre os motivos dessa escolha, alínea (b), e, por fim, eram convidados a apresentar um argumento para que o outro cientista mudasse de ideia, alínea (c).

Com as atividades e as ações do professor buscamos construir um ambiente discursivo em que os estudantes pudessem interagir ao solucionar as situações-problema e se engajar na argumentação, explicação e nas práticas epistêmicas. Todas as atividades foram planejadas para acontecer em dois momentos. No primeiro, os estudantes interagiram no pequeno grupo, com auxílio do professor, fazendo uso de interações discursivas. No segundo, os estudantes interagiram no grande grupo, como auxílio do professor, buscando o estabelecimento da palavra final.

A sequência é composta por 8 atividades, planejada para ser realizada em 12 horas-aulas de 45 minutos. No Quadro 10 apresentamos as atividades com uma pequena descrição, bem como o tempo para a realização de cada uma delas.

Quadro 9 – Exemplo de problema que aborda a Teoria Concorrente.

No ano de 1971 foi realizado o seguinte experimento. Relógios de cézio foram embarcados em dois aviões a jato que dariam a volta à Terra, um rumando para leste e o outro para oeste. No início e no fim das viagens, os relógios foram comparados com um relógio de referência do Observatório Naval dos EUA em Washington. No término do experimento, os relógios não coincidiam mas quanto à hora do dia. O relógio enviado para o leste perdera uma média de 59 nanossegundos (bilionésimos de segundos) em relação ao relógio de referência, e o enviado para oeste ganhará 273 nanossegundos.

Extraído da obra “Gigantes da Física: Uma história da física moderna através de oito biografias” de Brennan (1998, p. 79).

Pautada na situação descrita anteriormente, dois cientistas apresentaram as seguintes afirmações:

Cientista A: a relatividade permite que eventos ocorram mais lentamente para um observador que para outro, até mesmo os eventos da vida, como o envelhecimento.

Cientista B: essa situação seria impossível uma vez que o tempo é absoluto, ou seja, o mesmo e todas as situações, logo a conclusão do experimento é inapropriado.

Baseado no exposto acima, responda: a) Qual cientista está correto?
b) Quais são as justificativas para vocês afirmarem isto?
c) O que o cientista correta poderia fazer para convencer o outro?

Fonte: Próprio Autor.

Quadro 10 – Breve descrição das atividades que compõem a Sequência de Ensino e aprendizagem, bem como o tempo previsto para sua realização.

Atividade	Tempo	Breve Descrição
I	90 min	Aborda o conceito de evento utilizando duas tarefas. Na primeira, os grupos devem buscar compreender o que ocorreu durante um acidente por meio de relatos de oito testemunhas. Na segunda eles devem solucionar questões que buscam consolidar o conceito de evento.
II	45 min	Discute o conceito de referencial por meio uma abordagem expositiva dialogada, centrada no professor e, em um segundo momento, trabalhar um conjunto de questões que envolvem a temática.
III	45 min	Aborda questões que envolvem o conceito de velocidade relativa (adição Galileana) em uma atividade em grupos.
IV	45 min	Discute o conceito de velocidade limite dentro da Física Clássica, por meio da apresentação de exemplos do cotidiano. Estudar as velocidades do elétron ao ser acelerado por um acelerador de partícula através de um conjunto de dados experimentais.
V	45 min	Apresenta os postulados da Teoria da Relatividade Restrita numa perspectiva expositiva dialogada.
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
VI	90 min	Abordar algumas questões que serão resolvidos pelos grupos, envolvendo o conceito de velocidade relativística contrastando com a adição Galileana.
VII	90 min	Discute a dilatação temporal através da exploração de um problema que deverá ser discutido, inicialmente, nos grupos e depois no grande grupo.
X ^c	90 min	Retoma os questionamentos que emergiram com a realização das atividades anteriores, especialmente as IV, V, VI e VII. Assim, busca-se sistematizar a seqüência de ensino.

Fonte: Próprio Autor.

A seqüência, presente no Quadro 10, foi inspirada no material produzido pelo Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular (NUPIC^d), da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), para o curso de formação de professores, que tem como objetivo apresentar a possibilidade de inserir Relatividade Restrita e Geral no Ensino Médio. Das atividades planejadas, as I e IV são resultados direto de uma adaptação para o nosso contexto. As atividades II e III têm algumas questões retiradas do material do NUPIC. As demais atividades (VI, VII e X) foram desenvolvidas para abordar os conceitos de espaço e tempo na Física Relativística. As adequações que ocorreram buscavam desenvolver uma dinâmica que seria utilizada nas demais atividades.

As atividades I, II, III abordam os conceitos de evento, referencial e velocidade relativa, todos tratados sob a óptica da Física Clássica. A atividade IV busca problematizar o limite de velocidades, por meio dos dados de um experimento realizado em um acelerador de partículas, com o objetivo de discutir um limite superior para a velocidade. Tal atividade foi pensada como sendo um momento de ruptura, pois aborda uma situação não prevista pela Física Clássica e que possibilita questionar os conceitos absolutos. A atividade V apresenta os postulados da Teoria da Relatividade; e as atividades VI e VII abordam o movimento relativo e o conceito de tempo de acordo com a premissa da Teoria da Relatividade Restrita. A atividade de sistematização (atividade X) consiste na etapa de avaliação dos conceitos construídos pelos estudantes.

^c As atividades VIII e IX foram construídas depois do *redesign* e por isso mantivemos as numerações presentes na seqüência de ensino citada no Apêndice A. Portanto, a atividade de sistematização recebeu o número X.

^d <<http://nupic.fe.usp.br/>>

As atividades VI, VII e X foram construídas tendo como fundamentação as teorias concorrentes e nas demais os estudantes foram colocados para refletir sobre o processo. Nessas atividades, buscamos construir situações de conflitos teóricos, no caso a Teoria da Relatividade e a Física Clássica, para que os estudantes possam argumentar para solucionar os problemas e persuadir os colegas e/ou apresentar justificativas para as conclusões propostas por eles. A epistemologia de Kuhn e as Teorias Concorrentes se articulam, pois os estudantes, ao realizar as atividades, compreendem o conceito de tempo como sendo resultado de uma ruptura com aqueles abordados na Física Clássica.

A sequência de ensino e aprendizagem, presente no Apêndice A, não pode ser considerada como uma TLS, por ter um número considerável de aulas. Porém, sua estrutura foi de grande valia para nortear os problemas de pesquisas que se fizeram presentes na construção dos princípios de design e do design propriamente dito.

7 A Pesquisa

A presente pesquisa é de natureza social com abordagem qualitativa, na qual o ambiente de investigação é a sala de aula e as interações que acontecem nesse espaço. Em síntese, a pesquisa qualitativa consiste em uma investigação realizada em ambiente natural, com uma densa descrição das ações observadas em que os dados são construídos por meio da interpretação do contexto (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa possui as seguintes características: (a) o pesquisador é o elemento central com fontes diretas de dados; (b) a pesquisa é descritiva; (c) há interesse tanto no processo quanto no resultado; (d) há tendência de análise indutiva dos dados; e (e) o significado é o elemento primordial.

A escolha do espaço amostral ocorreu de maneira deliberada, pois surgiu a oportunidade de investigar as interações discursivas, as práticas epistêmicas e os movimentos epistêmicos ao realizar a sequência de ensino (seção 6.2) com estudantes do primeiro período do curso de Licenciatura em Física.

Durante a realização da sequência, o pesquisador atuou como observador, na maior parte do tempo, ou como professor (OLIVEIRA, 2008). Os instrumentos de coleta de dados da pesquisa foram as gravações de vídeo da turma, gravações de áudio dos grupos, o diário de campo e os materiais produzidos pelos estudantes. Para coleta dos dados utilizamos uma câmera filmadora, de alta definição (HD), instalada na frente da sala para captar áudio e vídeo de todo o ambiente de ensino. Já nos grupos foram colocados gravadores de áudio com o objetivo de captar as interações discursivas locais, dando-nos opção de analisar as ações dos grupos ao associar os áudios dos gravadores com as imagens da filmadora. Nos diários de campo foi descrito o contexto educacional ou situação consideradas como relevantes no momento.

A construção dos dados teve como fonte primária as gravações (áudio e vídeo) da sequência e, como secundária, o diário de campo e os materiais escritos. O processo de construção ocorreu por meio do material analisado e ações da professora e dos estudantes (CARVALHO, 2015), uma vez que, ao desenvolver a sequência em sala de aula, diversas mensagens foram trocadas por meio de textos escritos, desenhos e interações discursivas e, como consequência, diversas práticas epistêmicas e movimentos epistêmicos fizeram-se presentes.

Neste capítulo, apresentamos, na seção 7.1, o contexto instrucional no qual a sequência foi realizada. Na seção 7.2, o processo de construção dos episódios de ensino; e, por fim, na seção 7.3, a transcrição dos episódios de ensino.

7.1 Breve descrição do Contexto Instrucional

Antes da sequência de ensino ser realizada, os estudantes foram convidados a participar da pesquisa, explicitando o processo de coleta de dados, os objetivos da pesquisa e o sigilo dos dados coletados. A pesquisa foi submetida e aprovada pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) por meio da Plataforma Brasil e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), presente no Apêndice A, nos permitindo utilizar as imagens e áudios para a presente pesquisa. No processo de transcrição e apresentação dos dados, trocamos os nomes dos estudantes por códigos, com o objetivo de manter sigilo das identidades dos estudantes.

A pesquisa^a foi realizada na disciplina de Introdução à Licenciatura em Física A, obrigatória para todos os estudantes ingressantes (primeiro período) no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Tal disciplina, de acordo com a ementa^b, busca

desenvolver o gosto pelo estudo da Física, (...), utilizar as discussões conceituais sobre a relatividade de Einstein como motivador para o desenvolvimento dos hábitos, posturas e conceitos fundamentais para o futuro professor de física, (...), e discutir sobre o processo de desenvolvimento da ciência.

A sequência realizada em sala de aula foi organizada em conjunto com a professora da disciplina, para cumprir os objetivos pedagógicos e o número de encontros estipulados. A sequência de ensino foi apresentada à referida professora, junto com os objetivos da pesquisa, destacando a necessidade de criar um ambiente construtivista em que as interações discursivas estivessem presentes, tendo os estudantes no centro do processo de ensino e aprendizagem.

A professora da disciplina é doutora em Física e foi quem conduziu a realização da sequência de ensino em sala de aula. Ela atua há mais de 25 anos no Ensino Superior e

^a Cadastrada e aprovada na Plataforma Brasil sob o CAAE: 92886718.4.0000.5148.

^b Disponível em <https://sig.ufla.br/modulos/publico/matriz/matrizes_curriculares/gerar_ementa.php?cod_disciplina=4401>

nos últimos anos migrou para a área de Ensino de Física, envolvendo-se diretamente nas disciplinas voltadas para a formação de professores, especialmente aquelas relacionadas à compreensão da Física. Além disso, participou da implementação do curso de Licenciatura em Física na Universidade, sendo uma das idealizadoras da disciplina em que realizamos a sequência. A disciplina em questão está presente na estrutura curricular do curso desde o ano de 2014 e a professora já a ministrou por diversos semestres.

A professora é uma entusiasta da temática e reconhece a importância da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica e na Formação de Professores, tendo orientado diversas pesquisas no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, entre outras atuações relacionadas à formação de professores, como o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID).

A realização da sequência ocorreu no segundo semestre de 2018 e contou com a participação de 27 estudantes, tendo início em setembro e término em outubro daquele ano. Nesse período, nove encontros foram realizados, sendo que cada encontro teve uma duração de 90 minutos.

No primeiro encontro foi realizada a Atividade I, que aborda o conceito de evento. A professora iniciou apresentando a dinâmica adotada para o desenvolvimento da atividade, bem como seus objetivos. Os estudantes, em grupo, receberam três de oito depoimentos acerca de um evento ficcional e, pautados nos relatos, eles construíram uma história para retratar o acontecido. Cada grupo fez a apresentação da sua história e os demais grupos buscaram coletar informações até então desconhecidas para complementar as suas próprias histórias. Depois de reconstruí-las, a professora apresentou aos grupos a visão dos envolvidos e propôs quatro problemas para serem solucionados. Solucionados os problemas, a professora solicitou aos grupos que apresentassem suas respostas para que todos pudessem interagir, buscando a construção de um consenso coletivo acerca das problemáticas.

No segundo encontro foi realizada a Atividade II, que aborda o conceito de Referencial. A professora começou o encontro detalhando os objetivos da atividade, bem como sua dinâmica. O encontro foi organizado em dois momentos. No primeiro momento, os estudantes, em grupo, realizaram um conjunto de problemas que abordavam o conceito de referencial. No segundo momento, cada grupo apresentou suas respostas e, a partir delas, interagiram buscando a construção de um consenso coletivo.

No terceiro encontro foi realizada a Atividade III, que aborda o conceito de movimento relativo e a adição de velocidades de Galileu. A professora iniciou o encontro

apresentando a atividade. Como no encontro anterior, podemos dividi-la em dois momentos. No primeiro, os estudantes, em grupo, interagiram com objetivo de solucionar os problemas que compõem a atividade e a professora interagiu com eles para auxiliá-los. Constatamos que alguns estudantes utilizaram situações do cotidiano para justificar suas respostas. No segundo momento, nos quinze minutos finais, a professora propôs uma discussão coletiva para que os grupos apresentassem suas respostas, tentando construir um consenso coletivo. Dentre as diversas interações discursivas presentes nesse momento, observamos que diversos estudantes começaram a levantar questionamentos relacionados à velocidade da luz. Dentre os questionamentos podemos exemplificar o seguinte: “em uma situação onde um trem está viajando próximo à velocidade da luz e acende um farol, como uma pessoa dentro do trem vê essa situação? E fora do trem?”

No quarto encontro foi realizada a Atividade IV, que problematiza a existência de um limite para a velocidade dos corpos. A professora iniciou o encontro apresentando a atividade para os estudantes, bem como seus objetivos. Os estudantes, em grupos, realizaram a atividade e a professora interagiu com os grupos para orientar a construção do conhecimento e/ou elucidar algum elemento presente nas situações-problema. Depois de realizada a atividade, nos trinta minutos finais, os grupos apresentaram suas respostas e interagiram com o objetivo de construir consenso acerca das respostas.

No quinto encontro foi realizada a Atividade V, que aborda os postulados da Teoria da Relatividade Restrita. A professora centralizou as discussões e os estudantes interagiram no sentido de compreender os postulados da Teoria da Relatividade Restrita e as consequências que esses postulados trazem para a Mecânica Newtoniana.

No início do sexto encontro, a professora apresentou os objetivos da Atividade VI, que aborda o conceito de movimento relativístico. Os estudantes, em grupos, interagiram para solucionar as situações-problema e a professora foi auxiliando cada grupo. Em diversas interações vimos que os grupos buscavam validar as respostas apenas para o problema.

Antes de iniciar as interações coletivas, em que os grupos apresentaram suas respostas para a construção de consenso, a professora optou por realizar a primeira parte da Atividade VII, pois faltava pouco menos de 30 minutos para o término do encontro. Assim, os estudantes continuaram em grupos para solucionar uma situação-problema que envolve o conceito de dilatação temporal.

No início do sétimo encontro, a professora retomou as respostas dadas pelos grupos à Atividade VI para que os estudantes pudessem interagir para construir um consenso

acerca das respostas e dos conceitos físicos presentes. Depois desse momento de construção de consenso, a professora retomou as discussões sobre os postulados para abordar as consequências deles para a compreensão do conceito de tempo, destacando a dilatação temporal. Nesse momento, vemos que a professora tomou para si a discussão e os estudantes interagiram apenas no sentido de compreender os elementos apresentados. Em algumas falas os estudantes utilizaram o atraso no envio e recebimento de informação, como em conversas via internet, procurando relacioná-lo com o conceito de dilatação temporal.

No início do oitavo encontro os estudantes, em grupo, realizaram a segunda parte da Atividade VII (Parte B) discutindo e buscando solucionar um conjunto de situações-problemas que envolvem o conceito de dilatação temporal. O momento de construção de consenso e sistematização coletiva dessa atividade foi realizado em conjunto com a Atividade X. Assim, nos sessenta minutos finais, a professora e o professor¹ propuseram um conjunto de situações-problema, que envolvendo elementos das atividades anteriores e foi solicitado aos estudantes que se posicionassem frente aos problemas. As interações discursivas estiveram presentes no sentido da construção de consensos sobre os problemas apresentados.

No nono encontro, continuamos a atividade de sistematização, porém desta vez apresentando algumas respostas dadas pelos próprios estudantes para os problemas realizados ao longo da segunda parte da atividade VII. Como no encontro anterior, aos estudantes foi solicitado que se posicionassem frente às afirmações realizadas por eles durante o trabalho em grupo visando à construção de um consenso coletivo. Durante os nove encontros, as atividades I, II, III, IV e V foram realizadas de acordo com o planejamento presente no apêndice A. Nas atividades VI e VII ocorreram adequações apenas relacionadas aos momentos de sistematização e construção de consenso, no qual a professora propôs realizá-los juntos.

Durante a realização da sequência e ao longo dos nove encontros, observamos que diversas interações discursivas ocorreram e que os estudantes estiveram engajados, seja nas atividades realizadas em grupo, seja nos momentos de construção coletiva.

Reconhecendo a existência de uma enorme quantidade de dados, optou-se por olhar para a atividade de sistematização, que aconteceu durante um encontro e meio (metade do oitavo encontro e nono encontro), pois este é o momento em que temos os estudantes e os professores (aqui compreendido pela professora e pesquisador) realizando diversas interações discursivas no sentido de construção de consensos acerca de situações-problema

que envolvem os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita e que estão diretamente relacionados aos problemas de pesquisa.

Na próxima seção, partindo da atividade de sistematização, apresentamos os episódios de ensino que serão analisados com o objetivo de respondermos aos problemas de pesquisa.

7.2 Construção dos Episódios de Ensino

Com as gravações em vídeo e áudio dos encontros, organizamos os episódios de ensino, que consistem em momentos da aula cujos os elementos queremos analisar com a pesquisa. Partiu-se de um olhar macro, visão geral das aulas, para o micro, para ações que se pretendem analisar (CARVALHO, 2015). Com o olhar macro, buscávamos identificar momentos de interação coletiva entre a professora e os estudantes, nos quais eram abordados os conceitos relacionados à Teoria da Relatividade Restrita (TRR).

Depois de identificadas as ações coletivas, retornamos às fontes primárias, agora acompanhadas dos materiais escritos e do diário de campo, buscando construir os episódios de ensino a fim de identificar situações de ensino relacionadas à produção, comunicação e avaliação do conhecimento. Os episódios de ensino resultam da atividade de sistematização (Atividade X). Nos momentos de sistematização, a professora e o professor, como será tratado o pesquisador, retomam os problemas e suas afirmações para que os estudantes se posicionem sobre elas. Mesmo sabendo da importância do todo no desenvolvimento das práticas epistêmicas, essa separação nos possibilitou investigar as diferentes ações dos professores ao abordar situações que envolvem os postulados, os conceitos de tempo e velocidade relativa na perspectiva da TRR.

No Quadro 11 apresentamos os episódios utilizados na pesquisa, o número que os representam, o tempo de duração e uma breve descrição.

Quadro 11 – Relação dos episódios de ensino

Episódio	Tempo (mm : ss)	Descrição
01	11:28	Os estudantes avaliam afirmações sobre a possibilidade de existir um limite para a velocidade dos corpos.
02	20:48	Os estudantes analisam uma situação-problema que envolve o movimento relativo e a independência dos referenciais para o valor da velocidade da luz.
03	24:11	Os estudantes revisitam o problema ficcional, da primeira parte da Atividade VII, para analisar, em que medida, suas respostas respondem ou não aos problemas e como poderia complementá-las.
04	21:33	Os estudantes discutem a impossibilidade de observar os efeitos da Teoria da Relatividade Restrita em nosso dia a dia.
05	40:05	Os estudantes analisam os experimentos apresentados por eles como possibilidade de demonstrar a existência da dilatação temporal
06	11:10	Os estudantes revisitam uma situação-problema da segunda parte da Atividade VII para analisar em que medida as respostas apresentadas respondem ou não aos problemas e como poderia complementá-las.
07	12:04	Os estudantes se posicionam frente a uma afirmação sobre a impossibilidade de viajar na velocidade da luz que tem como consequência a invalidade da teoria.

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 11, vemos que nos episódios 01 e 02 os estudantes se posicionam frente a duas situações-problema, que fazem uso das “Teorias Concorrentes”, a fim de construir explicações e argumentos. Já nos episódios 03, 04, 05 e 06 são retomados os problemas discutidos nos grupos e, baseados neles, os estudantes foram questionados em que medida suas respostas ajudavam ou não a solucionar cada situação-problema. Por fim, o episódio 07 é fruto de uma afirmação proferida por um estudante ao realizar a sequência de ensino, essa afirmação foi problematizada no grande grupo para que avaliassem a validade da TRR.

7.3 *Transcrição dos Episódios de Ensino*

Todos os episódios de ensino foram transcritos com base no quadro de referência proposto nos estudos de Vieira e Nascimento (2013), Vieira (2011) e reproduzido no Quadro 12. Ao realizar a transcrição, observamos que em diversas situações os interlocutores realizavam pausas com o objetivo de reformular seus enunciados. Acreditando que tal situação é de extrema importância para compreender o contexto, inserimos no Quadro 12 uma ocorrência que permitisse observar tal situação.

Quadro 12 – Quadro de referência para a transcrição dos episódios de ensino.

Ocorrência	Símbolo
Pausas curtas	,
Pausas longas	.
Fala de um locutor que ocorre ao mesmo tempo que o turno de fala de outro locutor	fala entre barras
Entonação interpretada como exclamativa	!
Entonação interpretada como interrogativa	?
Outras pausas, interrupções e reformulações	...
Nome fictício atribuído a um estudante	[NOME]
Estudante não identificado	[?]
Palavras ou expressões inaudíveis ou Incompreensíveis	***
Grandes trechos incompreensíveis	{inaudível}
Comentários do analista referentes ao contexto Observado	(Expressões entre parênteses)
Turnos de fala	Numeração

Fonte: Adaptado de Vieira (2011)

Para realizar a transcrição dos episódios, os áudios e os vídeos foram editados utilizando o *Kdenlive*^c com o objetivo de focalizar o grupo e sincronizar os áudios, visto que tinham origem em duas fontes distintas, permitindo a análise dos gestuais, entonação das falas e a certeza nos discursos, dado o caráter multimodal das interações discursivas (MARTINS, 2015).

Em um primeiro momento todas as falas foram transcritas fielmente como apresentadas pelos interlocutores. Contudo, depois foram revisadas e os erros gramaticais e de concordância corrigidos. Os cacoetes de linguagem e vícios linguísticos foram suprimidos ou corrigidos. Acerca das correções nos enunciados, Carvalho (2015) aponta que existem duas visões na literatura: um grupo advoga contra as essas correções e, outros, as defendem, visto que há diferença entre a linguagem falada e a escrita. Colocamo-nos no segundo grupo, pois na linguagem oral é comum se utilizarem alguns marcadores, como, por exemplo, “né”. Essas pequenas adaptações não suprimem elementos importantes nas falas, como entonação, pausas, humor e grau de certeza nas afirmações. Além disso, tais medidas tornaram os dados mais claros para o leitor e facilitaram a análise.

Todos os softwares utilizados na organização dos dados, na transcrição, na categorização e na apresentação dos dados são classificados como *open source* ou *free*^d.

^c <<https://kdenlive.org/en/>>

^d Acreditando que esses softwares podem ser utilizados em outras pesquisas organizamos o Apêndice B.

No próximo capítulo apresentaremos os instrumentos que utilizamos para analisar os episódios de ensino.

8 Os Instrumentos para Análise dos Dados

Com o objetivo de responder aos problemas de pesquisa, organizamos os instrumentos de análises dos dados de acordo com o processo e o produto argumentativo, que apresentaremos na seção 8.1, e quanto às práticas e movimentos epistêmicos apresentados na seção 8.2.

8.1 *Processos e Produtos Argumentativos*

Dentre as diversas visões para argumentação em sala de aula, apresentadas seção 3.2 e seção 3.3, Berland e McNeill (2010) defendem que as interações discursivas podem ser analisadas de acordo com o processo argumentativo e como produto argumentativo, dado serem estes elementos fundamentais para a educação científica (BERLAND; MCNEILL, 2010; VALLE, 2014).

O produto argumentativo está relacionado à estrutura do argumento, que pode ser analisado, por exemplo, pelo Padrão Argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006). Um argumento consiste em uma interação discursiva, na sua completude ou em fragmento, em que uma afirmação é sustentada por uma justificativa (BERLAND; MCNEILL, 2010; VALLE, 2014; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2007).

O processo argumentativo acontece por meio de interações sociais de cuja argumentação os indivíduos participam, possuindo uma complexidade envolvida no processo (BERLAND; MCNEILL, 2010; VALLE, 2014). Valle (2014, p. 36), citando o estudo de Maloney e Simon (2006), destaca que:

o processo argumentativo é essencialmente dialógico, sendo que os argumentos podem ser construídos por estudantes trabalhando conjuntamente ou por meio de produções individuais, em que os estudantes levam em consideração as ideias de seus pares.

Em outras palavras, o produto argumentativo está relacionado ao argumento e sua estrutura, já o processo argumentativo está associado à argumentação.

Nas subseções seguintes apresentamos os instrumentos que utilizamos para analisar o processo argumentativo (subseção 8.1.1) e o produto argumentativo (subseção 8.1.2).

8.1.1 Processo Argumentativo

No processo argumentativo buscamos compreender os movimentos discursivos empregados pelos interlocutores durante a construção do conhecimento. Diversos estudos apresentam propostas para identificar essas ações em sala de aula, como, por exemplo, Erduran, Simon e Osborne (2004), Berland e Reiser (2008), Berland (2008), Berland e McNeill (2010), Valle (2014) e Christodoulou e Osborne (2014).

Com o objetivo de compreender os processos argumentativos, utilizamos as funções argumentativas, que consistem em contribuições argumentativas dos discursos em sala de aula para argumentação e que representam a cultura da investigação científica (BERLAND; MCNEILL, 2010). Ao destacar a importância das funções, Berland e McNeill (2010) e Berland e Reiser (2008) destacam quatro funções dos enunciados no processo argumentativo em que estudantes e professores: (a) declaram e defendem afirmações; (b) questionam as afirmações e defesas uns dos outros; (c) avaliam as afirmações e defesas uns dos outros; e, (d) revisam suas próprias afirmações e as dos outros.

No ambiente de construção de conhecimento, os questionamentos e as avaliações do professor devem desafiar e problematizar as ideias em discussões. As ideias científicas não podem ser tratadas como fatos a serem avaliados, mas serem desenvolvidas em um ambiente em que afirmações são questionadas e avaliadas (BERLAND; MCNEILL, 2010).

Com o objetivo de compreender o processo argumentativo em sala de aula, Berland (2008) propôs um conjunto de Funções Argumentativas, que teve como ponto de partida o Padrão Argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006), embora faça algumas ressalvas a esse modelos, visto que eles não permitem identificar discussões argumentativas, e o estudo de Simon, Erduran e Osborne (2006), que abordam as ações para fomentar a argumentação em sala de aula. As Funções Argumentativas, presentes no Quadro 13, consistem em 7 ações que foram identificadas nas interações discursivas.

Quadro 13 – Ferramenta para análise das Funções Argumentativas e sua descrição.

Função	Descrição
Afirmando	os envolvidos (o(a) estudante ou professor(a)) contribuem com uma ideia que é abordada, discutida, questionada, revisada, etc. Ou casos em que há várias respostas para uma única pergunta.
continua para próxima página	

continuação da página anterior	
Justificando	os indivíduos apoiam afirmações que contribuíram ou explicam por que a afirmação de outro está incorreta / precisa de revisão. Afirmações nem sempre necessitam de reivindicação. Perguntas e avaliações podem ser justificadas com: dados, conhecimento de fundo, princípios científicos, analogia, lógica, inferência ou não cientificamente.
Questionando	os indivíduos levantam questões que levam os outros a avaliar, revisar, justificar ou estender suas ideias.
Avaliando	Declarações explícitas que avaliam a qualidade ou a precisão da resposta de um indivíduo.
Dados	Descrições, exemplos ou situações apresentadas sem serem aplicadas ou utilizadas para responder a uma pergunta ou justificar uma afirmação.
Critério	Discussões epistemológicas sobre o processo de argumentação e os critérios de avaliação dos argumentos.
Autor de crédito	Nomeação do autor original de uma afirmação.
Não-argumentativo	Falas que ocorrem quando a aula está dando sentido à ciência (por exemplo: instruções, gerenciamento da sala de aula, pedindo participação dos estudantes, correções como ortografia e pronúncia, perguntas e respostas que não são retomadas e discussões fora da situação-problema ou do tópico)

Fonte: (BERLAND, 2008, p. 69-70, tradução do autor)

As funções afirmando e justificando têm como origem o Padrão Argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006), em que se pretende diferenciar uma afirmação e sua justificativa (BERLAND; REISER, 2008; BERLAND, 2008). Utilizando o instrumento, não pretendemos compreender como os estudantes utilizam os dados, as garantias ou apoio para justificar suas afirmações. As funções questionando, avaliando, dados, critério foram, segundo Berland (2008), adequações do estudo de Simon, Erduran e Osborne (2006).

A identificação das funções argumentativas está associada a como as interações discursivas são recebidas pelo outro interlocutor. Por exemplo, um “Ah...” pode ser compreendido como avaliação de uma afirmação, desde que os enunciados sucedidos ou pistas de contextualização denotem tal situação. Toda análise do processo argumentativo é realizada dentro do contexto, sempre verificando aquilo que antecede e/ou sucede cada fala (BERLAND, 2008).

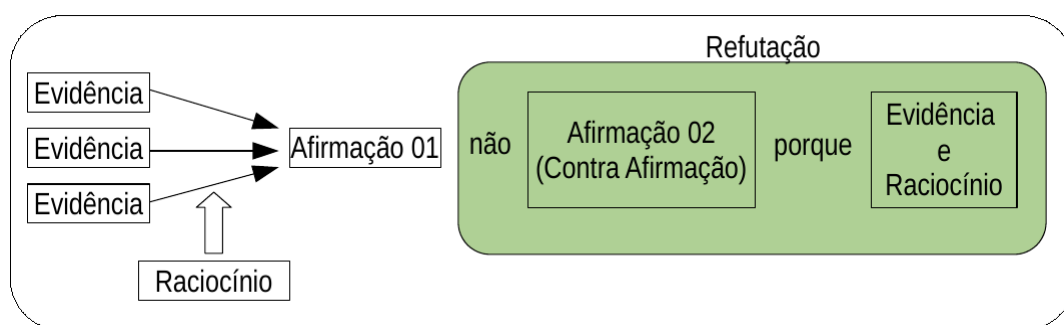
Com as funções argumentativas pretendemos observar como os estudantes e os professores participaram das interações discursivas ao solucionar as situações-problema, além de permitir identificar situações argumentativas, nas quais os envolvidos utilizam

uma argumentação científica para apresentar e defender suas afirmações, justificativas e responder às considerações dos demais envolvidos, conforme Berland (2008).

8.1.2 Produto Argumentativo

O produto argumentativo está relacionado ao argumento e sua estrutura. Para analisar os elementos que compõem um argumento, optamos por uma estrutura simplificada do Padrão Argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006), apresentada por Berland e McNeill (2010), presente na Figura 7, na qual vemos a relação entre os elementos de um argumento.

Figura 7 – Elementos para estrutura o Argumento



Fonte: Berland e McNeill (2010, p. 773, tradução do autor) adaptado da TAP (TOULMIN, 2006)

De acordo com a Figura 7, um argumento é composto por uma afirmação, que consiste em uma resposta a um problema; por evidências, que são dados (informações teóricas, experimentais ou dos problemas) que sustentam a afirmação; o raciocínio, no qual se apresenta a lógica e a articulação de como a evidência sustenta a afirmação; e a refutação, quando se utiliza de uma afirmação para contradizer ou contrapor a afirmação anterior, com evidência e raciocínio.

Tendo como fundamentação o estudo de Berland e McNeill (2010), adaptamos e adequamos os níveis de complexidade do produto argumentativo para analisar os argumentos construídos pelos estudantes e professores ao longo das interações discursivas. A complexidade do produto argumentativo, presente no Quadro 14, pode ser dividida entre os componentes do argumento e o conteúdo do argumento, que abordam, respectivamente, os elementos estruturais de um argumento e seu uso e o conteúdo presente nele.

Quadro 14 – Instrumento para analisar a Complexidade do Produto Argumentativo.

Componentes do Argumento		Conteúdo do Argumento
Defendendo afirmação	Afirmação Contrária	Coerência Interna
Afirmação é defendida	Afirmação contrária não é refutada	Componente (ou seja, evidência, raciocínio, refutação) é apropriado
Afirmação é defendida com evidência	Afirmação contrária é refutada	O componente (isto é, evidência, raciocínio, refutação) é apropriado e suficiente
Afirmação é defendida com evidência e raciocínio		

Fonte: Tradução e Adaptação de Berland e McNeill (2010, p. 770, nossa tradução).

O Quadro 14 apresenta em ordem crescente a complexidade do argumento. Os componentes do argumento estão divididos nas categorias, defendendo afirmação, em que se busca compreender como uma afirmação é sustentada, e afirmação contrária, em que se pretende identificar a refutação no argumento. Em relação ao conteúdo do argumento, pretende-se analisar se o argumento está de acordo ou não com o conhecimento científico e se traz elementos que possibilitam ser avaliado pelos pares.

Na categoria defendendo a afirmação, temos três níveis de complexidades. No primeiro nível, uma afirmação é defendida com algum elemento que não pode ser considerado como evidência nem raciocínio; no segundo, essa defesa se dá por meio de uma ou mais evidências, e no terceiro é adicionado um raciocínio ao segundo nível. Cabe ressaltar que afirmação sem sustentação não foi considerada, pois temos como pressuposto que um argumento consiste em uma afirmação que foi, em alguma medida, justificada, sustentada, seja com defesa, evidências, seja com raciocínio (BERLAND; MCNEILL, 2010). Sobre a possibilidade de encontrarmos uma afirmação defendida apenas por raciocínio, concordamos com Berland e McNeill (2010, p. 773, tradução do autor) ao apresentar que “(...) o componente de raciocínio foi projetado para explicar como as evidências sustentam a alegação. É preciso, portanto, ter evidência antes que eles possam ter raciocínio”.

Em relação à complexidade da categoria afirmação contrária, vemos que o menor nível de complexidade acontece quando há uma afirmação contrária e não é refutada; e o nível mais alto temos uma afirmação contrária e refutada. Assim, a presença do movimento de refutação eleva a complexidade do argumento como um todo.

Por fim, a complexidade da coerência interna está relacionada à existência ou não de apropriação e suficiência da evidência, do raciocínio e/ou da refutação de afirmação quanto ao conhecimento científico e à avaliação pública. O argumento apropriado é aquele em que o uso da evidência, do raciocínio e/ou da refutação, está relacionado ao problema abordado e é cientificamente preciso ou dentro do esperado. Já o argumento suficiente está relacionado à qualidade da evidência, raciocínio e/ou refutação no convencimento do público (BERLAND; MCNEILL, 2010). Portanto, o argumento com menor complexidade é apenas apropriado, e o com maior complexidade é considerado como apropriado e suficiente.

Na próxima seção apresentaremos os instrumentos para analisar as práticas epistêmicas (subseção 8.2.1) e os movimentos epistêmicos (subseção 8.2.2).

8.2 Práticas e Movimentos Epistêmicos: Instrumentos de Análise

8.2.1 Práticas Epistêmicas dos Estudantes

As práticas epistêmicas, em sala de aula, podem ser compreendidas como atividades cognitivas e discursivas em que estudantes e professores se envolvem ao inferir, justificar, avaliar e legitimar o conhecimento (SILVA, 2015).

Estudiosos como Araújo (2008), Silva (2008), Lima-Tavares (2009), Nascimento (2015), Valle (2014), Silva e Mortimer (2011) investigam as práticas epistêmicas em situação de ensino, e para identificá-las em sala de aula utilizam instrumentos de análise, como, por exemplo, a proposta de Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud SILVA, 2015). Tal instrumento foi apresentado na seção 5.1, a qual repetiremos (Quadro 15) abaixo para facilitar sua compreensão.

Quadro 15 – Práticas sociais e suas relações com as práticas epistêmicas gerais e específicas.

Instâncias Sociais	Práticas epistêmicas gerais	Práticas epistêmicas específicas
Produção	Articulação dos próprios saberes;	Monitorando o progresso; Performando investigações; Usando conceitos para planejar e performar ações (por exemplo no laboratório); Articulando conhecimento técnico e conceitual; Construindo significados.
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
	Dando sentido aos padrões de dados.	Considerando diferentes fontes de dados; Construindo dados.
Comunicação	Interpretar e construir as representações; Produzir relações; Persuadir os outros membros da comunidade.	Relacionando diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica; Transformando dados. Aprendendo a escrever no gênero informativo. Apresentando suas próprias ideias e enfatizando pontos-chave; Negociando explicações.
Avaliação	Coordenar teoria e evidência (argumentação); Contrastar as conclusões (próprias ou alheias com as evidências (avaliar a plausibilidade)).	Distinguindo conclusões de evidências; Usando dados para avaliação de teorias; Usando conceitos para interpretação dos dados; Olhando dados de diferentes perspectivas; Recorrendo à consistência com outros conhecimentos. Justificando as próprias conclusões; Criticando declarações de outros; Usando conceitos para configurar anomalias.

Fonte: Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud SILVA, 2015, p. 75)

As práticas epistêmicas estão relacionadas às áreas do conhecimento, e com a Física Moderna não é diferente. A maioria das pesquisas que buscaram identificá-las em situação de ensino estavam relacionadas a atividades experimentais (ARAÚJO, 2008; NASCIMENTO, 2015), ações dos professores (SILVA, 2008) e ensino por investigação (SILVA, 2011; SILVA, 2015; RATZ, 2015). Nesses estudos, o instrumento de análise estava, na maioria das vezes, associado a práticas epistêmicas relacionadas ao trabalho no laboratório (Quadro 15).

No Quadro 15, as práticas de “Executando estratégias orientadas por planos ou objetivos”; “Articulando conhecimento técnico na execução de ações”; e “Construindo dados”, relacionadas à instância social de produção de conhecimento, consistem em ações voltadas para a construção de dados empíricos a serem realizadas em espaço laboratorial e/ou em situações que se aproximem dele.

Na instância de Comunicação, temos as práticas “Relacionando/traduzindo diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica”, “Transformando dados” e “Seguindo o processo: questões, plano, evidências e conclusões” que podem ser melhor

compreendidas em um contexto de atividades práticas, pois estão associadas ao processo de comunicação relacionado aos dados empíricos.

Na instância de Avaliação, temos as práticas epistêmicas de “Utilizando conceitos para interpretar os dados” e “Contemplando os mesmos dados de diferentes pontos de vista” que estão relacionadas à avaliação dos dados empíricos.

Reconhecendo as diferenças epistemológicas da Teoria da Relatividade Restrita com outros conceitos relacionados à Física Clássica (KUHN, 2007; PATY, 2009), adequamos um novo instrumento para investigar situações de ensino relacionadas à Física Moderna e Contemporânea, que apresentamos no Quadro 16. Visto que as práticas epistêmicas estão associadas às áreas do conhecimento e com os objetivos educacionais, propomos um conjunto de práticas epistêmicas.

Para a proposição desse instrumento (Quadro 16) consideramos os seguintes pontos: (a) no espaço da Teoria da Relatividade Restrita a compreensão dos resultados experimentais e dos dados estão diretamente relacionados à compreensão da teoria; (b) no processo de ensino, que propomos por meio da sequência de ensino, está diretamente associadas as interações discursivas para propor, sustentar e avaliar afirmações, ou seja, é por meio das interações discursivas que os estudantes se engajam no processo de produção, comunicação e avaliação do conhecimento e apresentam “como sabe e o que se sabe”.

Quadro 16 – Instâncias sociais e Práticas epistêmicas que serão analisadas, inicialmente, em sala de aula

Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas Gerais	Práticas Epistêmicas Específicas
Produção de Sentido (Compreensão Apropriação)	Articular os próprios saberes;	Utilizar ideias, conceitos para construir novas compreensões; Construir significados;
	Dar sentido às situações propostas;	Dar sentido às situações propostas;
Comunicação	Socializar interpretações;	Explicitar o próprio saber; Apresentar suas próprias ideias e / ou seu processo de produção; Negociar explicações; Utilizar exemplos, analogias e metáforas.
Avaliação	Coordenar modelo teórico e situações propostas;	Distinguir evidências de previsão teóricas; Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico; Avaliar novas situações utilizando o modelo teórico.
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
	Contrastar as conclusões (próprias ou de outros) com evidências, analisando a plausibilidade do modelo teórico;	Justificar suas próprias conclusões; Criticar de forma fundamentadas conclusões de outros; Utilizar o modelo para identificar situações plausíveis ou não.

Fonte: Próprio Autor

Mesmo que os instrumentos tenham naturezas epistemológicas distintas, quando comparados às instâncias sociais do estudo de Jiménez-Aleixandre et al. (2008 apud SILVA, 2015), vemos que a única alteração está relacionada à instância de “produção”, que ampliamos para “produção de sentido”. Com a Teoria da Relatividade Restrita, bem como com outras temáticas da Física Moderna e Contemporânea, espera-se que os estudantes se envolvam na produção de sentidos para compreender e apropriar-se de modelos explicativos. No instrumento, temos um conjunto de 13 práticas epistêmicas específicas e 5 práticas epistêmicas gerais distribuídas ao longo das instâncias sociais de produção de sentido, comunicação e avaliação de conhecimento.

8.2.2 Os Movimentos Epistêmicos dos Professores

O professor é fundamental no processo de ensino e aprendizagem e não poderia ser diferente no desenvolvimento de um ambiente argumentativo e das práticas epistêmicas. As ações do professor, ao conduzir os estudantes na construção dessas práticas, denominadas de Movimentos Epistêmicos (SILVA, 2015), consistem em ações discursivas realizadas pelo professor visando a engajar os estudantes em práticas epistêmicas (SILVA, 2015). Tais movimentos podem estar relacionados a mais de uma prática epistêmica (VALLE, 2014). No Quadro 17, apresentamos a relação de movimentos epistêmicos com os quais buscamos identificar as ações realizadas pelo professor ao envolver os estudantes em práticas epistêmicas (SILVA, 2011; BORGES; SILVA; NASCIMENTO, 2014).

Quadro 17 – Movimentos Epistêmicos empregados pelo(a) professor(a) no espaço da sala de aula.

Movimento Epistêmicos	Descrição
Elaboração	Ações do professor no sentido de possibilitar aos estudantes, em geral através de questionamentos, construir um olhar inicial sobre o fenômeno.
Reelaboração	Ações do professor no sentido de instigar os estudantes, por questionamentos ou breves afirmações, a observarem aspectos desconsiderados inicialmente, ou a trazerem às tona novas ideias, favorecendo uma modificação ou problematização do pensamento inicial.
Instrução	Ocorre quando o professor apresenta novas informações para os estudantes.
Confirmação	Ocorre quando o professor concorda com as ideias dos estudantes e/ou permite que eles executem determinados procedimentos planejados.
Correção	Ocorre quando o professor corrige explicitamente as afirmações e procedimentos dos estudantes.
Síntese	Ocorre quando o professor explicita as principais ideias alcançadas pelos estudantes.
Compreensão	Ocorre quando o professor busca compreender através de questionamentos e breves afirmações determinados procedimentos e ideias desenvolvidos pelos estudantes.

Fonte:(SILVA, 2011; BORGES; SILVA; NASCIMENTO, 2014)

No decorrer deste capítulo, detalhamos os instrumentos que utilizamos para analisar argumentação e as práticas epistêmicas nos episódios de ensino. Nos capítulos seguintes, focaremos nos resultados e nas análises construídas com eles.

Durante a produção do dados, que apresentaremos nos capítulos seguintes, diversas codificações estiveram-se presentes, como descrevemos ao longo dessa seção, e o processo de validação ocorreu em pares, nesse caso o autor e sua orientadora, em que cada um realizava a categorização e depois se reuniam para compará-las. Em situações de divergência, os envolvidos apresentaram suas alegações até o estabelecimento de um consenso acerca da categoria escolhida.

Parte III

Resultados e Discussões

9 O Processo e o Produto Argumentativo nos Episódios

Devido a enorme quantidade de dados, como escolha metodológica, separamos as análises dos processos argumentativos e das práticas epistêmicas. Assim, durante a exposição dos processos e produtos argumentativos será possível identificar diversas práticas epistêmicas que destacamos no capítulo seguinte. Contudo, não podemos esquecer que elas estão diretamente relacionadas.

Nos episódios de ensino constatamos que diversos processos argumentativos e produtos argumentativos estiveram presentes e neste capítulo os apresentamos. Na seção 9.1, exemplificamos como o processo argumentativo, de acordo com as funções argumentativas apresentada na subseção 8.1.1, foi utilizado na reconstrução dos argumentos. Na seção 9.2, apresentamos o contexto das interações discursivas nos episódios, destacando os argumentos reconstruídos. Na seção 9.3, temos uma visão panorâmica do processo argumentativo ao longo dos episódios, por meio de uma representação gráfica, que nos permite acompanhar a evolução das funções argumentativas, e de duas tabelas, que apresentam os percentuais de cada função argumentativa e dos envolvidos. Finalmente, na seção 9.4, relacionamos o processo e o produto argumentativo com os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita.

9.1 *Da análise do Processo Argumentativo ao Produto*

Com as interações discursivas transcritas, construímos o Quadro de Análise do Processo Argumentativo, exemplificado no Quadro 18, em que destacamos o turno da fala, o tempo de início e de término, o participante, a sua fala e as funções argumentativas, identificadas de acordo com a seção 8.1. Para identificarmos as funções argumentativas nas falas, realizamos leituras e releituras dos dados, buscando minimizar equívocos e não perder o contexto em que foram apresentadas.

No Quadro 18, apresentamos um fragmento do episódio 02, composto dos turnos 092 ao 119, em que os estudantes buscam solucionar a situação-problema (turno 092).

Quadro 18 – Exemplo do Instrumento de Análise do Processo Argumentativo.

Turno	Início	Término	Participante	Discurso	Funções
92	42:21,2	42:58,7	Professor	(...) Uma espaçonave que está se afastando de você a uma rapidez igual a $0,8c$ dispara um pulso de luz de um laser no mesmo sentido em que está viajando. Pautado na situação descrita anteriormente dois alunos apresentaram as seguintes afirmações. Aluno A: "A velocidade da luz sempre dependerá de um referencial" e o Aluno B: "Independente do referencial a velocidade da luz sempre será igual a c ". (...) [Professor está lendo o problema no quadro]	Questionando
93	42:58,7	43:04,2	Professor	A dinâmica é a mesma. Quem está correto? E o que leva você a afirmar que este aluno está correto.	Questionando
94	43:04,2	43:07,9	Vários	Correto é o B.	Afirmando
95	43:07,9	43:14,2	Professor	Alguém acha que seria o A, o correto? E o B?	Questionando
96	43:14,2	43:18,6	Estudante 16	O B está correto porque a velocidade da luz é constante.	Justificando
97	43:18,6	43:20,4	Professor	Mas para todo referencial?	Questionando
98	43:20,4	43:22,4	Estudante 16	Sim.	Avaliando
99	43:22,4	43:25,6	Professor	Independente do referencial a velocidade da luz vai ser sempre a mesma?	Questionando
100	43:25,6	43:26,7	Vários	Sim, sempre a mesma coisa.	Avaliando
101	43:26,7	43:36,2	Professor	E agora. Como que eu convengo o aluno que está errado ou como que o aluno que está correto pode convencer o outro aluno?	Questionando
102	43:36,2	43:55,9	Estudante 10	Com aquele experimento da bolinha. E o experimento mais clássico. Né. É o experimento mental mais fácil de você mostra. Se a bolinha acrescentasse a velocidade da caixa você ia ver a bolinha primeira antes do vidro quebrando isso não acontece. (O aluno faz diversas articulações com o braço com o objetivo de elucidar sua fala)	Justificando
continua para próxima página					

continuação da página anterior					
103	43:55,9	44:40,3	Estudante 16	Tem um outro experimento que a gente até estava imaginando dentro da sala de aula. Tipo assim, por exemplo, dentro da sala de aula, você tampa os olhos e com as luzes acessas assim que você tira a mão dos olhos o que você vê primeiro a sala toda ou a luz primeiro e depois a imagem? Entendeu. No caso você veria a luz porque a luz viria mais rápido aquele clarão e depois as imagens que vem em segundo plano por conta da luz ser refletida. Corrija-me se eu estiver errado. (Alguns alunos falando juntos).	Justificando
104	44:40,3	44:57,3	Estudante 10	A luz e a imagem querendo ou não vai chegar ao mesmo tempo nos seus olhos só que esta percepção que você tem é por causa da dilatação da pupila. Quando você está com os olhos fechados a sua pupila está mais dilatada e quando você abre de uma vez a luz mais clara vai chegar mais rápido.	Avaliando
105	44:57,3	45:00,8	Estudante 16	Então a Luz refletida seria a mesma velocidade da luz?	Questionando
106	45:00,8	45:02,2	Estudante 10	Sim. Constante.	Afirmando
107	45:02,2	45:06,4	Estudante 17	A velocidade da luz não aumenta ela é constante.	Afirmando
108	45:06,4	45:12,3	Estudante 10	Sim, só que você não vai conseguir perceber a velocidade do processo.	Avaliando
109	45:12,3	45:22,3	Estudante 05	Qualquer luz vai ter esta velocidade. [Vários alunos falando juntos)	Avaliando
110	45:22,3	45:25,8	Estudante 16	Estão descarta o que eu pensei.	Afirmando
111	45:25,8	45:28,2	Professor	Mas a ideia é trazer está discussão pra aula.	Não-argumentativo
112	45:28,2	45:35,9	Estudante 02	Mas isso é muito difícil de ... [Vários falando juntos).	Não-argumentativo
113	45:35,9	45:39,6	Professor	Pessoal só um segundo, pegar o exemplo da bolinha [Pedindo atenção da turma para a fala do Estudante 05)	Não-argumentativo
114	45:39,6	46:03,3	Estudante 05	E explicar para ele, o que está acontecendo. Se a luz não fosse a velocidade limite, a velocidade continua, não lembro a palavra certa ... velocidade constante, ela iria tipo adiantar no tempo você iria ver a bolinha antes do vidro quebrar. Porque somaria a velocidade da caixa ela seria mais rápida do que ela mesma. Então isso seria errado.	Justificando
continua para próxima página					

continuação da página anterior					
115	46:03,3	46:13,5	Professor	Tá mais você está num referencial, que privilegiou para fazer esta situação. E se eu tiver num referencial dentro da caixa, eu estou junto com a Bolinha.	Questionando
116	46:13,5	46:17,4	Estudante 18	Para você ver a bolinha eu tenho que ter luz! Então.	Afirmando
117	46:17,4	46:23,9	Estudante 10	Dentro da caixa você vai ver a bolinha sempre o tempo todo. [Vários falando junto)	Afirmando
118	46:23,9	46:25,4	Estudante 07	Só se fosse ao contrário.	Questionando
119	46:25,4	46:27,4	Estudante 02	Não vai fazer diferença.	Avaliando

Fonte: Próprio Autor.

Com a análise do processo argumentativo, presente no Quadro 18, podemos acompanhar as interações discursivas realizadas pelos professores e estudantes na solução do problema (turno 092) e identificar quais delas podem ser consideradas como argumentativas e como não argumentativas. Contudo, não podemos esquecer a importância das interações não argumentativas no estabelecimento de um ambiente de construção do conhecimento argumentativo, já que estão relacionadas ao manejo de sala quando explicita situações ou conceitos que possibilitam integrar os estudantes no processo de ensino e aprendizagem.

Uma vez construído o Quadro de Análise do Processo Argumentativo, exemplificado no Quadro 18, identificamos os elementos que compõem um argumento, conforme proposta de Berland e McNeill (2012) (subseção 8.1.2), e organizamos o que denominaremos de argumento reconstruído, sendo analisado de acordo com o produto argumentativo (seção 8.1). Todo o processo de reconstrução do argumento e sua análise foram realizados em quatro etapas, que exemplificaremos utilizando o Quadro 18 e apresentaremos a seguir:

1º Passo – Montagem do novo quadro de análise com a exclusão das falas identificadas como não argumentativas e categorização das demais (Quadro 19).

2º Passo – Identificação, no fragmento argumentativo, das afirmações que, em certa medida, trazem alguma justificativa, seja com defesa^a, com evidência, seja com evidência e raciocínio, destacando o turno e o autor. Contudo, tais afirmações devem estar relacionadas aos problemas abordados no episódio ou ser relevantes para a compreensão teórica, considerados como interações primárias. As interações consideradas como secundárias não serão abordadas nem apresentadas na seção seguinte. No Quadro 19, destacamos as interações primárias, com objetivo de identificar nelas elementos que possam compor um ou mais argumentos.

Quadro 19 – Trecho do episódio 02 apenas com as interações argumentativas.

Turno	Início	Término	Participante	Discurso	Funções
continua para próxima página					

^a se refere a uma afirmação sem suporte de evidência ou raciocínio

continuação da página anterior					
92	42:21,2	42:58,7	Professor	(...) Uma espaçonave que está se afastando de você a uma rapidez igual a $0,8c$ dispara um pulso de luz de um laser no mesmo sentido em que está viajando. Pautado na situação descrita anteriormente dois alunos apresentaram as seguintes afirmações. Aluno A: "A velocidade da luz sempre dependerá de um referencial" e o Aluno B: "Independente do referencial a velocidade da luz sempre será igual a c ". (...) [Professor está lendo o problema no quadro)	Questionando
93	42:58,7	43:04,2	Professor	A dinâmica é a mesma. Quem está correto? E o que leva você a afirmar que este aluno está correto.	Questionando
94	43:04,2	43:07,9	Vários	Correto é o B.	Afirmando
95	43:07,9	43:14,2	Professor	Alguém acha que seria o A, o correto? E o B?	Questionando
96	43:14,2	43:18,6	Estudante 16	O B está correto porque a velocidade da luz é constante.	Justificando
97	43:18,6	43:20,4	Professor	Mas para todo referencial?	Questionando
98	43:20,4	43:22,4	Estudante 16	Sim.	Avaliando
99	43:22,4	43:25,6	Professor	Independente do referencial a velocidade da luz vai ser sempre a mesma?	Questionando
100	43:25,6	43:26,7	Vários	Sim, sempre a mesma coisa.	Avaliando
101	43:26,7	43:36,2	Professor	E agora. Como que eu convengo o aluno que está errado ou como que o aluno que está correto pode convencer o outro aluno?	Questionando
102	43:36,2	43:55,9	Estudante 10	Com aquele experimento da bolinha. E o experimento mais clássico. Né. É o experimento mental mais fácil de você mostra. Se a bolinha acrescentasse a velocidade da caixa você ia ver a bolinha primeira antes do vidro quebrando isso não acontece. (O aluno faz diversas articulações com o braço com o objetivo de elucidar sua fala)	Justificando
107	45:02,2	45:06,4	Estudante 17	A velocidade da luz não aumenta ela é constante.	Afirmando
continua para próxima página					

continuação da página anterior					
108	45:06,4	45:12,3	Estudante 10	Sim, só que você não vai conseguir perceber a velocidade do processo.	Avaliando
109	45:12,3	45:22,3	Estudante 05	Qualquer luz vai ter esta velocidade. [Vários alunos falando juntos)	Afirmando
110	45:22,3	45:25,8	Estudante 16	Estão descarta o que eu pensei.	Afirmando
114	45:39,6	46:03,3	Estudante 05	E explicar para ele, o que está acontecendo. Se a luz não fosse a velocidade limite, a velocidade continua, não lembro a palavra certa . . . velocidade constante, ela iria tipo adiantar no tempo você iria ver a bolinha antes do vidro quebra. Porque somaria a velocidade da caixa ela seria mais rápida do que ela mesma. Então isso seria errado.	Justificando
115	46:03,3	46:13,5	Professor	Tá mais você está num referencial, que privilegiou para fazer esta situação. E se eu tiver num referencial dentro da caixa, eu estou junto com a Bolinha.	Questionando
116	46:13,5	46:17,4	Estudante 18	Para você ver a bolinha eu tenho que ter luz! Então.	Afirmando
117	46:17,4	46:23,9	Estudante 10	Dentro da caixa você vai ver a bolinha sempre o tempo todo. [Vários falando junto)	Afirmando
118	46:23,9	46:25,4	Estudante 07	Só se fosse ao contrário.	Questionando
119	46:25,4	46:27,4	Estudante 02	Não vai fazer diferença.	Avaliando

Fonte: Próprio Autor.

3º Passo – Revisitação, reorganização e identificação dos elementos do argumento presentes nas interações discursivas, a fim de reescrevê-lo na forma do Argumento Reconstituído. Com o argumento reconstituído, os dados foram revistados com o objetivo de evitar perda de sentido por parte dos argumentos. No Quadro 20, apresentamos as interações discursivas e o argumento reconstituído do episódio 02 até o turno 100. Os turnos 101, 102 e 114 resultaram em outro argumento, que apresentaremos na subseção 9.2.2.

Quadro 20 – Instrumento de Análise e o Argumento reconstruído.

Turno	Participante	Discurso	Função	Argumento Reconstruído
92	Professor	E o outro é o seguinte. Outra situação. "Uma espaçonave que está se afastando de você a uma rapidez igual a $0,8c$ dispara um pulso de luz de um laser no mesmo sentido em que está viajando. Pautado na situação descrita anteriormente dois alunos apresentaram as seguintes afirmações. Aluno A: "A velocidade da luz sempre dependerá de um referencial" e o Aluno B: "Independente do referencial a velocidade da luz sempre será igual a c ". Então independente do referencial a velocidade será igual a C ." [Professor está lendo o problema no quadro]	Questionando	O aluno ^b B é o correto (Afirmação) porque a velocidade da luz é constante e independente do referencial (Evidência).
93	Professor	A dinâmica é a mesma. Quem está correto? E o que leva você a afirmar que este aluno está correto.	Questionando	
94	Vários	Correto é o B.	Afirmando	
95	Professor	Alguém acha que seria o A, o correto? E o B?	Questionando	
96	Estudante 16	O B está correto porque a velocidade da luz é constante.	Justificando	
97	Professor	Mas para todo referencial?	Questionando	
98	Estudante 16	Sim.	Avaliando	
99	Professor	Independente do referencial a velocidade da luz vai ser sempre a mesma?	Questionando	
100	Vários	Sim, sempre a mesma coisa.	Afirmando	

Fonte: Próprio Autor

De acordo com a Quadro 20, vemos que o professor, nos turnos 092 e 093, realiza um questionamento, ao qual vários estudantes responderam simultaneamente e constituiu uma afirmação que seria sustentada nas próximas falas. No turno seguinte, o professor questiona a possibilidade de outro aluno estar correto, e obtém do estudante 16 um pedaço de uma evidência para a afirmação já exposta. Na sequência, o professor realiza questionamentos com evidências explícitas que são avaliadas e aceitas pelos estudantes. Assim, baseados

^b No texto, o termo aluno(a) está relacionado ao problema que compõem a atividade e o termo estudante está relacionando aos autores dos discursos.

nas interações presentes no Quadro 20, reconstruímos o argumento apresentado na quinta coluna.

Em todas as análises, apresentadas na próxima seção, utilizamos uma estrutura denominada de Instrumento de Análise e argumento reconstruído, exemplificada no Quadro 21, que é composto por turno, interação discursiva e o argumento reconstruído.

Quadro 21 – Instrumento de Análise e argumento reconstruído, versão final.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
94	[Vários] Correto é o B.	O aluno B é o correto (Afirmção) porque a velocidade da luz é constante e independente do referencial (Evidência).
96	[Estudante 16] O B está correto porque a velocidade da luz é constante.	
97	[Professor] Mas para todo referencial?	
98	[Estudante 16] Sim.	
99	[Estudante 16] Independente do referencial a velocidade da luz vai ser sempre a mesma?	
100	[Vários] Sim, sempre a mesma coisa.	

Fonte: Próprio Autor

4º Passo – Análise da complexidade do argumento reconstruído por meio do Produto Argumentativo, de acordo com o instrumento de análise presente na subseção 8.1.2. A análise da complexidade do argumento reconstruído será apresentada na subseção 9.2.2.

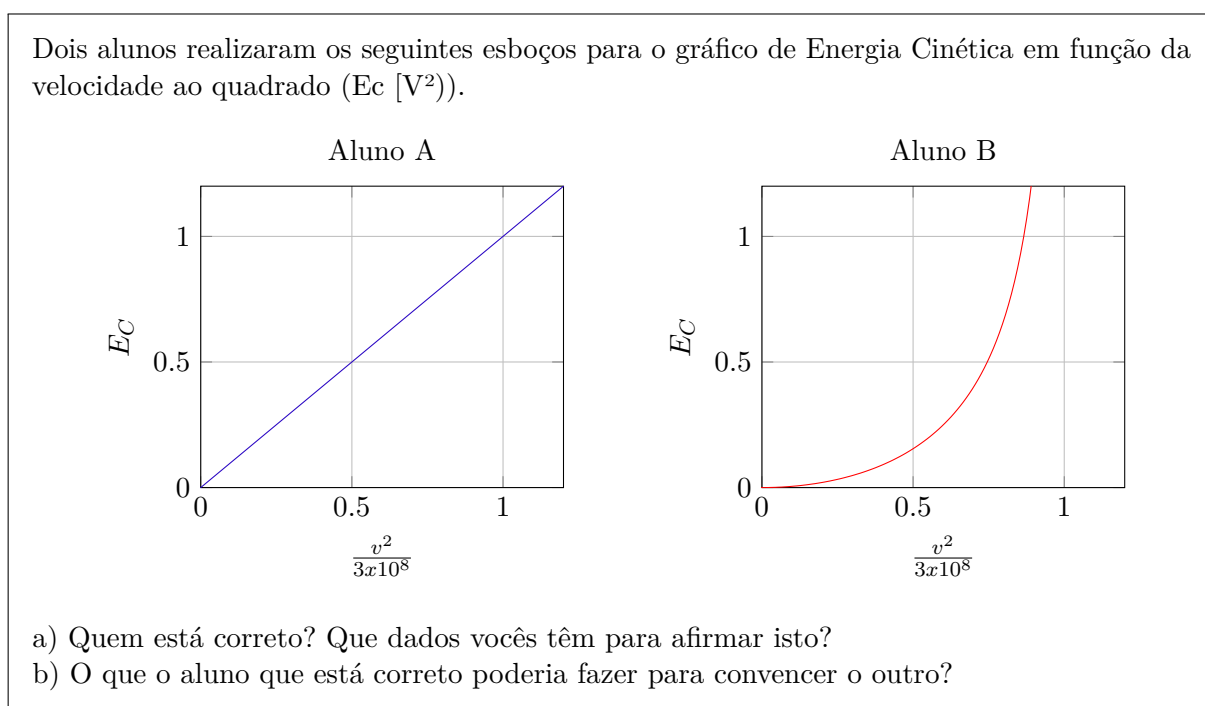
Na próxima seção, apresentamos os argumentos que foram reconstruídos por meio das interações discursivas nos episódios de ensino, tendo sua complexidade analisada de acordo com o produto argumentativo. Durante o processo de reconstrução dos argumentos, realizamos a descrição do contexto em que as interações foram apresentadas, visto que esse cenário é fundamental para compreender o ambiente de construção do conhecimento. Assim, inserimos no Instrumento de Análise e argumento reconstruído, exemplificado no Quadro 21, apenas as falas que influenciaram diretamente no argumento reconstruído. Os demais turnos, citaremos no decorrer do texto com o objetivo de construir um contexto para tais argumentos e para o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, nos episódios que envolvem as respostas apresentadas na forma de materiais escritos, essas respostas, quando possíveis, foram organizadas como um argumento, possibilitando identificar seus elementos e sua complexidade. A seção seguinte é composta por sete subseções, uma para cada episódio.

9.2 As interações discursivas e o produto argumentativo

9.2.1 Episódio 01 – Existe limite para a velocidade dos corpos?

O episódio se inicia com o professor apresentando aos estudantes a situação-problema, presente no Quadro 22, que foi desenvolvida conforme a Teoria Concorrente de Erduran (2006) e consiste no seguinte: dois alunos apresentaram os gráficos de energia cinética em função da velocidade ao quadrado, para discutir a possibilidade de os corpos em movimento terem ou não um limite para a sua velocidade.

Quadro 22 – Problema abordado no episódio 01, que foi extraído da Atividade X.



Fonte: Próprio Autor.

Com o objetivo de solucionar o problema, diversas interações discursivas foram mobilizadas pelos professores e estudantes na construção do conhecimento. Ao analisar as falas, diversos elementos que compõem o argumento puderam ser identificados, possibilitando reconstruí-lo.

Depois de expor os objetivos da atividade, o professor, no turno 03, apresentou o problema para a turma. Nos falas seguintes, os professores e os estudantes buscaram solucionar a alínea (a) do problema, resultando no Quadro 23. Nele, são apresentados

o argumento reconstruído, o responsável por tal discurso e o turno em que ele ocorreu. Quando necessário, algumas adaptações foram realizadas nos argumentos reconstruídos para produzir maior clareza na leitura e análise.

Quadro 23 – Instrumento de Análise e o argumento reconstruído no episódio 01.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
4	[Vários] Aluno B (Afirmção)	
6	[Estudante 01] O gráfico por ser ao quadrado, o gráfico é exponencial ... (Evidência 01)	O aluno B é o correto (Afirmção) visto que o gráfico é uma exponencial (Evidência 01)
8	[Estudante 10] ... porque existe um limite de velocidade. (Evidência 02)	O aluno B é o correto (Afirmção) porque existe um limite de velocidade (Evidência 02).
14	[Estudante 10] ... vai chegar num ponto ... máximo que não vai aumentar mais (Evidência 03)	O aluno B (Afirmção) porque a velocidade vai chegar num ponto ... máximo que não vai aumentar mais (Evidência 03) e o limite é a velocidade da luz (Evidência04).
16	[Estudante 16] o limite é a velocidade da luz (Evidência 04)	
9	É se olhássemos para o gráfico do aluno A?	
10	[Estudante 10] (Porque) não tem limite. O (gráfico) A não tem limite e o (gráfico) B tem um limite. [Estudante 17] No (gráfico A) vai aumentando, aumentando e nunca vai acabar	O correto não é o aluno A (Refutação), porque não tem limite (Evidência). No gráfico A não tem limite e o gráfico B tem um limite (Evidência). No gráfico A vai aumentando, aumentando e nunca vai acabar (Evidência).
11	[Professor] No (gráfico) A não tem limite, então vai aumentando a Energia Cinética, vai aumentando a velocidade.	Não o aluno A (Refutação), porque no gráfico A não tem limite, então vai aumentando a energia cinética vai aumentando a velocidade (Evidência)

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

Nas falas, presentes no Quadro 23, observamos que de uma interação para outra os elementos que compõem o argumento foram se modificando. Na primeira sustentação para a afirmação, “o correto é o aluno B”, no turno 006, vemos uma evidência obtida do problema, que seria a forma do gráfico. Contudo, o estudante confundiu sua nomenclatura ao afirmar que o gráfico era quadrático e por isso tinha a forma exponencial. No turno 008, é apresentada outra evidência em que a forma do gráfico pode estar relacionada com a existência de limite para velocidade dos corpos. Já nos turnos 014 e 016, as falas contêm duas evidências, a primeira relacionada à forma do gráfico e a segunda, ao limite de velocidade dos corpos.

Ainda em relação ao Quadro 23, no turno 009, o professor propôs um olhar para o aluno A, resultando em um movimento de contra-afirmação, ao questionar a possibilidade de o outro aluno estar correto. Tal ação fez com que os estudantes e os professores apresentassem diversas evidências para não o escolhê-lo. Essas evidências foram sustentadas por informações presentes no problema e em conhecimentos teóricos, neste caso, explicitados no discurso do professor.

O processo sintetizado anteriormente só foi possível devido às diversas interações dos professores com os estudantes, que, ao realizarem vários questionamentos, orientaram as discussões e resgataram conceitos importantes para a construção do argumento. Nesse processo, o argumento, em construção coletiva, foi absorvendo elementos, neste caso, evidências que foram se tornando mais elaboradas do ponto de vista científico, tendo a seguinte forma:

O aluno B é o correto (Afirmação) porque a velocidade vai chegar a um ponto . . . máximo que não vai aumentar mais (Evidência) e o limite é a velocidade da luz (Evidência). Não o estudante A (Refutação), porque no gráfico A não há limite (Evidência), aumentando a energia cinética com o aumento da velocidade (Evidência).

O argumento reconstruído foi analisado de acordo com a complexidade do produto argumentativo. A primeira categoria, defendendo a afirmação, aborda os elementos do argumento, que por sua vez é composto por afirmação e evidência, não explicitando como se relacionam por meio de um raciocínio. Isso resulta em um argumento de complexidade intermediária, segundo o qual a *afirmação é defendida com evidências*.

A segunda categoria, afirmação contrária, avalia a estrutura da refutação. O argumento apresenta uma afirmação contrária. No entanto, não está explícito o raciocínio que sustenta a refutação, o que resulta em afirmações contrárias não sustentadas, gerando uma baixa complexidade.

Com relação à categoria coerência interna, associada com o conteúdo, o argumento está apropriado, pois o conhecimento foi abordado dentro do esperado. Porém, novamente, o argumento não explicita o raciocínio, o que dificulta a avaliação pública e resulta em uma complexidade intermediária.

Com o argumento estabelecido, o professor, dando continuidade à solução do problema, no turno 022, leva para o grande grupo a alínea (b). Para reconstruir o argumento, consideramos que parte da afirmação foi apresentada de forma explícita na

alínea em que aparece “*para convencer o aluno A, poderia (...)*”, ou seja, teve como ponto de partida que era possível convencer o aluno A. No Quadro 24 apresentamos as principais interações que contribuíram na reconstrução do argumento.

Quadro 24 – Apresentação dos turnos, interações discursivas e argumentos reconstruídos relacionados à tentativa de persuasão.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
23	[Estudante 10] Experimentação.	
25	[Estudante 06] Construir aquela equação daquela atividade (se referindo a atividade VI ^c).	Para convencer o aluno A, poderia construir a equação da atividade VI (Afirmação), em que a velocidade nunca chega à velocidade da luz (Evidência), que no caso da teoria clássica seria $V_A + V_B$ e na relatividade seria $[V_A + V_B / (1 + V_A \cdot V_B / c^2)]$. No caso, apresentando esta equação ele entenderia que seria daquele jeito.
027	[Estudante 06] Construí aquela equação da atividade que no caso a velocidade nunca chegaria, que no caso da teoria clássica seria $V_A + V_B$ e na relatividade seria $[V_A + V_B / (1 + V_A \cdot V_B / c^2)]$. No caso, apresentando esta equação ele entenderia que seria daquele jeito.	
31	[Estudante 02] Eu acho muito difícil você convencer alguém mostrando uma fórmula.	
32	[Estudante 14] Ainda mais que estas fórmulas dão o mesmo resultado.	
33	[Estudante 10] É ... Eu penso que só com experimentação mesmo, porque mostrando a fórmula, ele vai querer saber de onde chegou aquela fórmula. Entendeu, e para chegar naquela fórmula foi necessário ... fazer um experimento.	Eu penso que só com a experimentação (Afirmação), porque mostrando a fórmula ele vai querer saber de onde veio aquela fórmula (Evidência). Entendeu, e para chegar naquela fórmula, foi necessário ... fazer um experimento (Raciocínio).
41	[Estudante 05] É exatamente isso (se referindo a fala do professor que faz referência ao turno 033), fazer um experimento que a gente viu em exercício da bolinha dentro da caixa (se referindo a situação abordada na discussão realizada na atividade V ^d , que abordava os postulados). Mostrando que a velocidade da luz ela é, ela é constante, você não consegue ultrapassar ela.	Para convencer o aluno A, poderia fazer o experimento que a gente viu no exercício da bolinha dentro da caixa (Afirmação) mostrando que a velocidade da luz é constante e você não consegue ultrapassá-la (Evidência). Assim, o gráfico não é linear e sim um gráfico exponencial. (Raciocínio).
45	[Estudante 10] É, um experimento mental.	

continua para próxima página

^c Na atividade é abordado a “*adição de velocidades*” de acordo com a TRR e os estudantes manipulam equações para solucionar problemas.

^d Na atividade é abordado os postulados da TRR.

continuação da página anterior	
48	[Estudante 05] Ai você mostra que a velocidade tem um limite. Que é a velocidade da luz. Mas ela não é linear, um gráfico linear. É de um gráfico exponencial.

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 24 temos duas afirmações, nos turnos 023 e 025, uma relacionada ao uso da experimentação e a outra, à comprovação matemática como possibilidade para convencer o aluno A. Com os turnos 025 e 027 foi construído um argumento que defende o uso de uma equação matemática. Contudo, nos turnos 031, 032 e 033, os estudantes começaram a refutar o argumento estabelecido e, com a fala presente no turno 032, diversas interações foram estabelecidas para elucidar que as equações não apresentam os mesmos resultados. Com as interações discursivas realizadas entre os turnos 025 e 033, foi possível reconstruir o seguinte argumento, que será intitulado como argumento 01:

Para convencer o aluno A, poderia construir a equação da atividade VI (Afirmação) em que a velocidade nunca chega à velocidade da luz (Evidência), que no caso da teoria clássica seria $V_A + V_B$ e na relatividade seria $[V_A + V_B / (1 + V_A \cdot V_B / c^2)]$ (Evidência). Acredito que só com experimentação mesmo (Refutação), porque, mostrando a fórmula, ele vai querer saber de onde ela veio (Evidência). Entendeu, e, para chegar àquela fórmula, foi necessário ... fazer um experimento (Raciocínio).

No argumento 01, é proposta a utilização da equação do movimento relativo relativístico para persuadir o aluno A, porém ela foi refutada, uma vez que para explicá-la seria necessário um experimento, conforme estudante 10. Esse estudante retoma a proposição da experimentação, que resultou em um argumento que parte de um experimento mental sustentado em conhecimento teórico, conforme os turnos 041, 045 e 048. Esse argumento é apresentado a seguir e foi intitulado de argumento 02:

Para convencer o aluno A, poderia fazer o experimento que a gente viu no exercício da bolinha dentro da caixa, que é um experimento mental (Afirmação), mostrando que a velocidade da luz é constante e você não consegue ultrapassá-la (Evidência).

Em relação à complexidade do primeiro argumento, ele foi sustentado apenas por evidência, não expondo como ela e a afirmação se relacionam por meio do raciocínio. A

evidência é pautada em conhecimento teórico, que utiliza elementos da teoria para sustentar a afirmação. No argumento, há um movimento de afirmação contrária, sendo sustentada em evidência e raciocínio. Em relação aos componentes do argumento, a primeira categoria e a segunda categoria têm complexidades intermediárias, dado que a *afirmação é defendida com evidência* e a *afirmação é refutada com raciocínio*, respectivamente. Por fim, em relação ao conteúdo, a terceira categoria, o argumento é considerado como *apropriado*, porém é insuficiente, visto que não explicita o raciocínio, o que dificulta a avaliação pública, com a complexidade intermediária.

Quanto à análise da complexidade do segundo argumento, ele foi sustentado apenas por evidência pautada em conhecimento teórico, sem a existência de um movimento de refutação, o que resulta em uma complexidade sobre a categoria, defendendo afirmação, de grau intermediário, dado que a *afirmação é defendida com evidências*. Quanto ao conteúdo, ele pode ser considerado como apropriado ao utilizar elementos que foram estudados para sustentar a afirmação, porém é insuficiente, pois não passaria no processo de avaliação pública, tendo complexidade intermediária.

Com o intuito de questionar a validade dos argumentos apresentados no processo de persuasão do aluno A, o professor, no turno 052, realizou a seguinte fala:

“Alguns propuseram o experimento da caixa (Argumento 02) o outro ... tinha colocado é descrever ... mostrar matematicamente o que poderia acontecer (Argumento 01). Será que mesmo assim, fazendo isso tudo, eu convenceria o aluno A?”

Nas interações discursivas seguintes (Quadro 25), os estudantes apresentavam diversas condições necessárias para que se pudesse convencer o aluno A. O estudante 10, no turno 055, relata que o processo de convencimento está relacionado às crenças do aluno. O estudante 12, por sua vez, no turno 058, vai além, passando a relacionar as crenças ao conhecimento básico. E o estudante 18, no turno 059, destaca a necessidade de um processo, afirmando que para convencê-lo seria necessário que o aluno compreendesse o novo conceito. Ao término, o professor, no turno 090, destaca elementos que diferem a Mecânica Newtoniana da Teoria da Relatividade Restrita. Em suma, conforme a literatura, para participar do processo de persuasão, é necessário ter conhecimento do mesmo paradigma, e partes dessa preocupação são expressas nas interações nos turnos 058 e 059 e destacadas pelo professor no turno 090.

Quadro 25 – Interações discursivas relativos ao processo de convencimento do Episódio 01

Turno	Interação Discursiva
055	[Estudante 10] Depende da crença dele na verdade. Se ele pensar (...) eu estou crente que estou correto. Ele vai pensar daquela forma eternamente.
058	[Estudante 12] Bom, se o aluno não tem conhecimento que objeto não pode chegar na velocidade da luz. Igual ele falou, ele vai crer que está correto porque pensa assim, não? Se pode ultrapassar a velocidade da luz então meu objeto [gráfico] vai ser uma função afim e não vai ser uma função quadrática (fazendo referência ao gráfico). Eu acho que vai muito do conhecimento básico dele.
059	[Estudante 18] Qual? Primeiro vamos supor que ele não sabe, então a gente tem que explicar que a velocidade da luz tem um limite, que não passa. Para depois explicar essa teoria que geral está falando. Porque se você pega um aluno do ensino médio, que não tem muita base. Sabe (...) que não tem esse conhecimento, ele não vai entender, assim. Só do jeito que vocês estão falando. Agora se você pegar do jeito que a gente está estudando isso, a gente vai saber, vai entender.
090	[Professor] Então vai está também associado a concepção que ele tem frente (...) esta percepção do universo ou de como vai acontecer (...) como se dá a construção das próprias leis físicas. Então, são alguns parâmetros e isso implica até mesmo aceitar a equação que ele coloca. Porque esta concepção aqui do aluno A, era uma discussão (...) que se tinha antes da Teoria da Relatividade. Não existia nada anteriormente que impunha este limite. Mas a partir do momento que existe (...) começasse (...) que é apresentado a Teoria da Relatividade, ela traz consigo algumas implicações e uma destas implicações (...) é a minha velocidade tem um limite. Para que minha velocidade tenha um limite. Se a minha velocidade tem um limite, a tendência é que esse gráfico aqui (apontando para o gráfico do aluno A) não é um gráfico válido. Porque ele não obedece este limite da velocidade. Mas isso (...) indica esta mudança na percepção de mundo. Aqui, eu teria a discussão que tivemos na atividade V. Que é uma visão da mecânica newtoniana e agora com as discussões da própria relatividade. Mas o ato de convencer o colega não está associado (...) só associado a mostrar um experimento, está associado a entregar para ele um óculos de como ele vai olhar para aquele experimento. Porque, como que eu vou olhar para o experimento e o entender, basicamente, vai está associado a concepção que eu tenho.

Fonte: Próprio Autor

Nesse episódio, foram reconstruídos três argumentos: o primeiro sustenta a escolha pelo aluno B, relativo à alínea (a) do problema; os outros dois estão relacionados ao convencimento do aluno A, alínea (b). Além disso, os seguintes pontos são destacados: (i) os professores tiveram ações fundamentais nos argumentos reconstruídos, pois em diversas situações fizeram uso dos discursos para guiarem os estudantes no processo de construção do conhecimento; (ii) em nenhum dos três argumentos, analisados de acordo com o produto argumentativo, foram explicitados os raciocínios, ou seja, nem os estudantes nem os professores explicitaram como as afirmações e as evidências se relacionavam; (iii) as evidências estavam relacionadas às informações do problema ou ao conhecimento teórico; (iv) o movimento de refutação aconteceu em dois momentos. No primeiro, devido ao

questionamento do professor; e, no segundo, por um estudante, ao questionar a afirmação de um colega; [V] os estudantes encaram a ciência como pronta e o que os cientistas fazem é demonstrar, que seus conhecimentos são verdadeiros por meio de experimentos.

9.2.2 Episódio 02 – Dos postulados à construção da Ciência

No episódio, discute-se a situação-problema, presente no Quadro 26, que foi planejada na perspectiva das Teorias Concorrentes, em que os estudantes foram estimulados a se posicionarem e justificarem suas escolhas ao abordar a dependência ou não do referencial no valor da velocidade da luz, conforme o segundo postulado da Teoria da Relatividade Restrita.

Quadro 26 – Problema abordado no episódio 02, que foi extraído da Atividade X.

Uma espaçonave que está se afastando de você a uma rapidez igual a $0,8c$ dispara um pulso de luz de um laser no mesmo sentido em que está viajando.
Pautado na situação descrita anteriormente dois estudantes apresentaram as seguintes afirmações.
Aluno A: A velocidade da luz sempre dependerá de um referencial.
Aluno B: Independente do referencial a velocidade da luz sempre será igual a c .
a) Que estudante está correto?
b) Como o estudante que está correto poderia convencer o outro?

Fonte: Próprio Autor.

Depois de exposto o problema, o professor (turno 092) pede ao estudantes que se posicionarem diante da afirmação dos alunos. Como a dinâmica já fazia parte das ações em sala de aula, esse momento foi mais curto que o anterior e no Quadro 27 são apresentados como os dados foram tratados até a reconstrução do argumento.

Quadro 27 – Instrumento de Análise e argumento reconstruído no episódio 02.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
94	[Vários] Correto é o B.	O aluno B é o correto (Afirmação) porque a velocidade da luz é constante e independente do referencial (Evidência).
96	[Estudante 16] O B está correto porque a velocidade da luz é constante.	
97	[Professor] Mas para todo referencial?	
98	[Estudante 16] Sim.	
99	[Professor] Independente do referencial a velocidade da luz vai ser sempre a mesma?	
100	[Vários] Sim, sempre a mesma coisa.	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 27, (turnos 096 e 098) nas interações discursivas do estudante 16, são apresentados elementos que comporiam uma evidência para o argumento, que tinha como afirmação que “*o correto é o aluno B*”. As interações dos professores nessa construção foram fundamentais, pois, em certa medida, encaminhavam a sustentação do argumento por meio de questionamentos com evidências explícitas, com os quais os estudantes apenas concordavam.

Ao analisar a complexidade do argumento (Quadro 27), quanto aos componentes, constatamos que não é apresentada nenhuma afirmação contrária, sendo ele sustentado apenas por evidência sem a presença do raciocínio, o que resulta em uma complexidade intermediária, na qual a afirmação é sustentada por evidência, nesse caso pautada em conhecimento teórico. Em relação ao conteúdo, ele é insuficiente, visto que não passaria por uma avaliação pública por não conter o raciocínio, porém é parcialmente apropriado por estar dentro do esperado pela comunidade científica escolar.

No turno 101, o professor, buscando solucionar a alínea (b) do problema, questiona como os estudantes poderiam convencer o aluno A de que sua afirmação não estava correta. Esse momento foi dividido em três situações, que estão inter-relacionadas. Na primeira, proposta de persuasão, os estudantes apresentam suas propostas de ações que poderiam convencer o aluno A. Na segunda, discutindo possibilidades, as interações caminham no sentido de avaliar essas propostas e compreender o que está sendo discutido. E na terceira, discutindo os postulados, as interações voltam para os postulados.

As interações discursivas, mais relevantes, da primeira situação, são apresentadas no Quadro 28, em que se pretende persuadir o aluno A.

Entre os turnos 101 e 114, os estudantes retomam o experimento mental, proposto como possibilidade de persuasão do episódio 01, para convencer o aluno A de que a velocidade da luz é constante, independente do referencial. Mesmo não respondendo diretamente a situação-problema (Quadro 26), o argumento é importante para compreender o processo de construção do conhecimento, visto que tal proposta foi apresentada anteriormente.

Ao analisar o argumento, em relação à sua complexidade, observamos que ele é composto por uma afirmação sustentada por evidência e raciocínio, tendo a maior complexidade da categoria defendendo afirmações. Contudo, não esteve presente uma afirmação contrária. Isso era esperado, pois os estudantes estavam apresentando situações e exemplos já consolidados. Em relação ao conteúdo, o argumento é apropriado, uma vez que os conceitos estão de acordo com a comunidade científica escolar. Porém, é insuficiente

Quadro 28 – Construção do Produto Argumentativo, para o momento de persuasão, primeira situação

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
101	[Professor] ... Como que eu convengo o aluno que está errado? Ou, como o aluno que está correto poderia convencer o outro?	O aluno B poderia utilizar o experimento da bolinha, que é um experimento mental (Afirmção). Porque se a bolinha acrescentasse a velocidade da caixa você veria a bolinha primeiro antes do vidro quebrando (Evidência). Se a velocidade da luz não fosse a velocidade limite, ela iria se adiantar no tempo. Assim, você veria a bolinha antes do vidro quebrar (Evidência). Porque somaria com a velocidade da caixa e ela seria mais rápida do que a velocidade da luz e isso seria errado (Raciocínio)
102	[Estudante 10] Com aquele experimento da bolinha. (Evidência) É o experimento mais clássico. Né. É o experimento mental mais fácil de você mostra. Se a bolinha acrescentasse a velocidade da caixa você ia ver a bolinha primeiro antes do vidro quebrando e isso não acontece.	
114	[Estudante 05] E explicar para ele o que está acontecendo. Se a luz não fosse a velocidade limite, a velocidade continua, não lembro a palavra certa ... velocidade constante, ela iria tipo adiantar no tempo você iria ver a bolinha antes do vidro quebrar. Porque somaria a velocidade da caixa ela seria mais rápida do que ela mesma. Então isso seria errado.	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

ao não responder ao problema solicitado. Em que pese o fato do argumento não solucionar o problema, ele é mais complexo que o argumento apresentado na subseção 9.2.1.

Na segunda situação, discutindo possibilidades (turnos 115 a 175), os estudantes discutiam o experimento mental, quando o professor propôs uma mudança de referencial para dentro da caixa, com o objetivo de conduzir as discussões para a necessidade de analisar situações em diferentes referenciais. Depois de diversas interações, a professora (turno 149) propõe analisar se o exemplo era adequado ou não à situação proposta. Os discursos, em quase sua totalidade, estavam relacionados à compreensão das propostas discutidas.

No turno 154, o estudante 05, ao discutir a viabilidade do exemplo, refere-se ao argumento analisado anteriormente para abordar o problema e afirma que ajuda em parte, que:

No outro caso, seria se eu também tivesse na velocidade da luz. Que é o caso tipo assim, se eu estou viajando na velocidade da luz e a luz tem um raio laser bem na minha direção. Ai você tem que utilizar uma outra perspectiva como conversei com a

senhora (se referindo à professora). No exemplo de velocidades comuns, velocidades pequenas, o exemplo da caixinha serve. Mas em velocidade muito alta, no exemplo se eu *tivesse na velocidade da luz eu teria que tipo ... mostrar a esta outra pessoa que a ideia do referencial que ... a velocidade da luz é constante e o tempo e o espaço já não são mais*. Ai eu teria que provar pra ele isso também, ai teria que ser um experimento um pouco melhor para provar. *Mas provar que o tempo e o espaço muda e não são mais constantes. Só a velocidade que é ... então primeiro exemplo da bolinha ajudaria a mostrar que a velocidade da luz é constante. Ai depois teria que introduzir ele também na ideia que o tempo e o espaço não são mais constantes e só a velocidade da luz. Ai eu já não sei por exemplo como provar.* [Estudante 05]

O discurso apresenta elementos importantes para compreender a construção do conhecimento. No primeiro grifo, o estudante elucida a ação de persuasão como um processo de convencimento e apresenta a ideia de que a velocidade constante no referencial afeta os conceitos de tempo e espaço. No segundo grifo, reforça o processo de persuasão, destacando que o experimento mental ajudaria a compreender que a velocidade da luz é constante e que queria demonstrar que os conceitos de espaço e tempo não são mais constantes. Contudo, essas interações não abordam a independência do referencial para a velocidade da luz.

A professora, no turno 160, propôs uma nova situação buscando discutir o problema. Em resposta ao questionamento (turnos 163 e 167), o estudante entende que o experimento não seria suficiente para persuasão e retoma a possibilidade do uso das equações, porém sua sustentação não foi discutida. No Quadro 29 vemos esse processo de reconstrução do argumento.

Quadro 29 – Construção do Produto Argumentativo, para o momento de persuasão, do episódio 02.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
160	[Professora] ... A velocidade com que a luz vai se propagar, ela vai mudar pro cara que está dentro e pro cara que está fora do trem?	E se for comprovado pela aquela equação que foi passada $(V_A + V_B) / 1 + (V_A \cdot V_B / c^2)$ (Afirmção). Porque se fosse depender só de experimentos mentais, eu acho que teria aquela dificuldade. Ela precisa de uma comprovação matemática. (Defesa)
163	[Estudante 12] E se for comprovado pela aquela equação que foi passada $(V_A + V_B) / 1 + (V_A \cdot V_B / c^2)$.	
167	[Estudante 12] Porque se fosse depender só de experimentos mentais, eu acho que teria aquela dificuldade. Ela precisa de uma comprovação matemática. Estudante 16: Seria pouco .	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

Depois dessas interações, os estudantes começam a avaliar o que seria necessário para persuadir o aluno A, apresentando outras defesas para a necessidade de comprovação matemática e experimental. Até o presente momento, os estudantes acreditavam que a comprovação experimental e uma equação matemática eram suficientes para convencê-lo. Contudo, como na situação anterior, eles não explicitaram como as falas se relacionam ao problema.

O terceiro momento, discutindo os postulados, entre os turnos 175 e 221, os postulados da Teoria da Relatividade são revisitados. No início (turno 175), o estudante 16 retoma a possibilidade de convencer alguém:

No caso a gente teria. A gente tem duas equações e a gente tem um experimento. Acho que seria bastante para poder convencer alguém [Estudante 16]

Nesse movimento de buscar a comprovação, o professor, no turno 176, questiona a possibilidade de comprovar os postulados e como o fazer ciência está relacionada a essa ação. Desse momento até o final da aula, os estudantes e os professores conduziram as discussões acerca dos postulados e de outras situações que envolvem os postulados e como eles são essenciais na Teoria da Relatividade Restrita.

No turno 181, o estudante 08 fez uma fala com o objetivo de elucidar alguns pontos e o professor solicita que a repetisse. No Quadro 30, apresentamos as principais interações que emergiram depois do questionamento do professor e o discurso do estudante 08.

No Quadro 30, vemos três argumentos reconstruídos relacionados aos postulados da TRR. No primeiro argumento, realizado pelo estudante 08, temos uma afirmação sustentada por uma defesa. Na interação seguinte, o segundo argumento, a professora amplia o argumento anterior em complexidade, que vai desde os componentes ao conteúdo. O terceiro argumento surge de um questionamento sobre a existência de provas diretas para o limite da velocidade da luz.

Os dois últimos argumentos, presentes no Quadro 30, foram realizados pela professora. Em relação à complexidade dos componentes dos argumentos, podemos considerar como idênticos, pois são compostos por afirmação sustentada por evidência e raciocínio, o que significa maior complexidade na categoria defendendo afirmações. Nesses argumentos não são apresentadas contraposições, visto que consistem em ação de consolidação dos elementos em discussão. A complexidade em relação ao conteúdo é alta, uma vez que são considerados como apropriados e suficientes.

Em síntese, nesse episódio constatou-se que: (a) os estudantes utilizaram exemplos e situações estudados anteriormente como elementos para sustentar suas afirmações; (b) quando as discussões abordam conceitos bases nas discussões, nesse caso a concepção de postulados, notou-se uma mudança de postura dos professores, pois foram os principais responsáveis por apresentar os elementos dos argumentos.

Quadro 30 – Construção do Produto Argumentativo, para o momento de persuasão, segunda situação.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
187	[Estudante 08] Não. É porque tipo assim. É que a velocidade da luz é um postulado. E um postulado é tipo assim. Você apresenta uma ideia. Você tem um fato que você não sabe explicar exatamente. Então você baseado neste fato você propõe um experimento. De modo que considerando isso você mostra o experimento lá aí você comprova, comprova com o experimento a teoria sem fazer o experimento. [Estudante 08]	É que a velocidade da luz é um postulado (Afirmção). O postulado é ... uma ideia. Então, baseado nessa ideia, propõem um experimento. De modo que, considerando isso, você mostra o experimento e comprova, comprova com o experimento a teoria sem fazer o experimento. (Raciocínio)
191	[Professora](...) Vou ajudar o Estudante 08. O que o Estudante 08 está dizendo é o seguinte. Quando se estabelece um postulado, que a velocidade da luz é absoluta, então isso é uma afirmativa, é um postulado. Certo? Quando você faz os experimentos, então o experimento mental ou este que a gente está falando da bolinha, toda esta discussão que a gente está fazendo, mesmo o experimento que vocês fizeram da velocidade limite para a curva de energia. Então tem vários tipos de experimentos, quando você faz este experimento, eles estão pondo em xeque o postulado. Certo? Viola ou não viola o postulado? Entendeu mas o postulado não tem uma prova.	O postulado não tem uma prova (Afirmção), quando se estabelece o postulado, que a velocidade da luz é absoluta, isso é uma afirmativa, é um postulado (Evidência). Quando você faz os experimentos, o experimento mental ou este que a gente está falando da bolinha ... ou mesmo o experimento que vocês fizeram da velocidade limite para a curva de energia. Então tem vários tipos de experimentos, quando você faz esses experimentos, eles estão pondo em xeque o postulado. Viola ou não viola o postulado? (Raciocínio)
194	[Estudante 18] A velocidade da luz não tem prova?	A velocidade da luz como limite é um postulado (Afirmção)
195	[Professora] Que ela é o absoluto? Não, o que tem é a não violação deste postulado. Entendeu?	o que se tem é a não violação deste postulado (Evidência).
197	[Professora] Então assim a ideia de postulado ... a ideia de postulado é esta. Postulado você não prova, se não ele deixa de ser um postulado. Um postulado é uma afirmativa. Certo? O que você faz é mostrar que ele não ... nunca foi violado. Então isso por enquanto é uma afirmativa válida. Esta afirmativa embasa uma teoria. A teoria é construída a partir dessa afirmativa.	Postulado você não prova, se não ele deixa de ser um postulado. Um postulado é uma afirmativa. O que você faz é mostrar que ele não ... nunca foi violado. Então isso por enquanto é uma afirmativa válida. Esta afirmativa embasa uma teoria. A teoria é construída a partir dessa afirmativa (Raciocínio).

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

9.2.3 Episódio 03 – Apenas uma Ficção?

Neste episódio, abordaremos o terceiro problema da atividade de sistematização, que foi construído para discutir as respostas dos estudantes apresentadas na Atividade VII, presente no Quadro 31. Esperávamos criar um ambiente no qual os estudantes pudessem avaliar suas respostas, desde as afirmações até os elementos que as sustentam, podendo modificá-las ou não. O episódio é o primeiro, de um total de quatro, em que as respostas dos estudantes foram retomadas para apreciação coletiva.

Quadro 31 – Problema realizado pelos estudantes na Atividade VII (A).

“Imagine que uma espaçonave tripulada está fazendo uma viagem interestelar para Arcturo, uma estrela de primeira grandeza a 33 anos-luz da Terra. Caso se desloque numa velocidade próxima à da luz (coisa só possível em ficção científica), a nave chegará às vizinhanças de Arcturo pouco mais de 33 anos após ter sido lançada, pelo tempo da Terra. Se voltar imediatamente, terão se passado cerca de 66 anos, pelo tempo da Terra. Como a nave se deslocou em alta velocidade relativamente à Terra, todos os processos a bordo tornaram-se mais lentos. Para a tripulação, a viagem de ida e volta a Arcturo não pareceria ter levado 66 anos. Para eles, essa jornada teria durado somente um dia. Quando a tripulação saísse da nave, de volta à Terra, descobriria que suas esposas, que eram jovens quando da partida, estavam agora 66 anos mais velhas ou haviam morrido. Alguns membros da tripulação veriam seus filhos e filhas cerca de 66 anos mais velhos, com mais idade que eles.”

Extraído da obra “Gigantes da Física: Uma história da física moderna através de oito biografias” de Brennan (1998, p. 80).

Cientista A: A situação é plausível, pois a relatividade permite que eventos ocorram mais lentamente para um observador que para outro, até mesmo os eventos da vida, como o envelhecimento.

Cientista B: A situação é absurda, pois o tempo é algo absoluto, verdadeiro e flui uniformemente, sem relação com nenhuma coisa externa, o mesmo em todas as situações, logo a conclusão do experimento é inapropriada.

- a) Quem está correto?
- b) Que dados vocês têm para afirmar isto?
- c) O que o cientista que está correto poderia fazer para convencer o outro?

Fonte: Próprio Autor

O problema, presente no Quadro 31, consiste em uma situação ficcional em que os efeitos da dilatação temporal foram abordados por meio do paradoxo dos gêmeos. Contudo, esse paradoxo não foi tratado ao longo da sequência e julgou-se que a situação foi relevante por apresentar efeitos exagerados da dilatação temporal, que em certa medida favoreceu no engajamento dos estudantes durante as discussões. Nas alíneas (a) e (b), os estudantes se posicionaram e apresentaram suas motivações na escolha do cientista. Na alínea (c),

buscamos identificar quais elementos são utilizados pelos estudantes como relevantes no convencimento do outro cientista.

Nos materiais escritos analisamos as alíneas (a) e (b) como complementares, podendo assim identificar os elementos que compõem um argumento. O Quadro 32 é resultado dessa junção, em que (a) estão relacionadas a afirmação e (b) a sustentação da afirmação, podendo estar presentes defesas, evidências e raciocínios. Em algumas respostas realizaram-se alguns ajustes para elucidar as respostas dos estudantes.

Quadro 32 – Elementos de um argumento construído por meio das alíneas (a) e (b) do material escrito na Atividade VII (A).

Grupo	Alínea (a)	Alínea (b)	Argumento Reconstruído
1	Cientista A	[Porque) o tempo não é absoluto na velocidade da luz, ele é relativo	O correto é o cientista A (Afirmação) porque <i>o tempo não é absoluto na velocidade da luz</i> , ele é relativo (Defesa).
2	Cientista A	Podemos afirmar com base nos experimentos mentais de Albert Einstein e toda sua teoria desenvolvida que todos os cálculos envolvendo velocidades próximas da luz, considerando o espaço e o tempo absolutos como previstos na mecânica clássica, possui resultados diferentes do que é observado.	O correto é o cientista A (Afirmação) <i>podemos afirmar com base nos experimentos mentais de Albert Einstein e toda sua teoria desenvolvida que todos os cálculos envolvendo velocidades próximas da luz considerando o espaço e o tempo absolutos como previstos na mecânica clássica possui resultados diferentes do que é observado</i> (Defesa).
3	Cientista A	Baseado no experimento relativístico os quais temos conhecimento, o tempo varia de acordo com a velocidade em que os corpos viajam.	O correto é o cientista A (Afirmação). Baseado no experimento relativístico, os quais temos conhecimento, <i>o tempo varia de acordo com a velocidade em que os corpos viajam</i> (Defesa).
4	Cientista A e B	Se tratando de uma perspectiva fictícia com o texto os dois cientistas está correto	Tanto o cientista A como o B estão corretos (Afirmação), pois se trata de uma perspectiva fictícia com o texto, os dois cientistas esta correto (Defesa)

Fonte: Próprio Autor

Nos quatro argumentos, temos afirmações sustentadas apenas com defesas e, por motivos distintos, elas necessitam de correções ou de esclarecimentos (trechos grifados no Quadro 32). A primeira defesa destaca que o tempo é relativo apenas quando os deslocamentos se dão na velocidade da luz; a segunda carece de esclarecimentos, visto que os estudantes não articulam os diversos elementos de sua defesa; a terceira relaciona o

tempo com a velocidade dos corpos, e não com os movimentos relativos entre eles; e a quarta não realiza nenhum posicionamento, já que o grupo considerou o problema como sendo apenas uma situação ficcional. Essa última foi considerada como defesa, pois serviu de justificativa para a afirmação. Acreditamos que ela ocorreu, porque os estudantes não compreenderam o objetivo da atividade, o que reforça a necessidade de auxiliá-los durante sua realização.

Na alínea (c), os estudantes deveriam apresentar elementos para o convencimento do outro cientista, ou seja, persuadi-lo. Nas respostas, buscamos identificar os elementos do argumento frente à afirmação já explícita no questionamento, que seria: “o cientista correto poderia persuadir o outro cientista”. No Quadro 33, são apresentadas as respostas dos grupos e seus elementos estão entre parênteses.

Quadro 33 – Identificação dos elementos utilizados como persuasão presente no material escrito.

Grupo	Alínea (c)
1	O cientista correto poderia apresentar que o tempo para o pessoal da nave se dilatava e passaria mais devagar (defesa)
2	O cientista correto poderia propor experimentos mentais (defesa)
3	O cientista correto poderia utilizar o relógio atômico, alguns físicos comprovaram essa teoria ao comparar o tempo dentro e fora de uma aviação comercial, tornando assim o fato científico (defesa)
4	Cientista A e Cientista B deve provar que sua teoria é correta.

Fonte: Próprio Autor

Os argumentos dos grupos 01, 02 e 03, presentes no Quadro 32 e no Quadro 33, foram analisados quanto a sua complexidade, sendo possível destacar que: (a) as afirmações foram sustentadas apenas por defesa, que foram elementos utilizados para apoiar a afirmação; (b) não se esperava a presença de contraposição, pois foram solicitados que defendessem um posicionamento; (c) em nenhuma resposta esteve presente o raciocínio, porém isso era esperado pois estavam ainda no início do estudo sobre dilatação temporal.

O episódio se inicia com o professor explicando para os estudantes a dinâmica e os objetivos da atividade. Depois de ler o problema e as respostas dos grupos, o professor, no turno 229, começou a estabelecer a construção de consenso acerca das respostas. No Quadro 34, são apresentados os principais turnos e as interações que contribuíram com o argumento reconstruído do grupo 01. As linhas mescladas apresentam o contexto no qual o argumento foi construído.

Quadro 34 – Argumento reconstruído para o grupo 01 da atividade VII.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
229	[Professor] Alguém quer mudar a resposta ... Mudaria a resposta do grupo 01 e/ou acrescentaria alguma coisa? E o que acrescentaria?	O correto é o cientista A (Afirmção) porque o tempo não é absoluto em nenhuma hipótese, não só quando é na velocidade da Luz (Evidência) devido ao segundo postulado (raciocínio)
230	[Estudante 10] Na verdade o tempo não é absoluto em nenhuma hipótese, não só quando é na velocidade da Luz. Ele não é absoluto mesmo.	
234	[Estudante 13] (devido ao) segundo postulado.	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

Os discursos presentes no Quadro 34 se iniciaram com o estudante 10 corrigindo elementos da defesa (turno 230), aumentando sua complexidade ao inserir um raciocínio que relaciona a afirmação com a evidência. Em relação ao conteúdo, ele pode ser considerado apropriado e suficiente, uma vez que a utilização dos conceitos físicos ocorre dentro do esperado e podem ser utilizados em um processo de avaliação coletiva.

O processo de persuasão iniciou-se com o professor (turno 273) realizando a seguinte interação: “*como você convence o cara que o tempo não é absoluto?*” Nesse questionamento há a seguinte afirmação explícita: “Para convencer o outro cientista que o tempo não é absoluto”. A professora, no turno 279, revisitou o exemplo dos gêmeos para elucidar outros elementos como a evidência e o raciocínio que compõem o argumento. As interações discursivas ligadas ao argumento são apresentadas no Quadro 35.

Quadro 35 – Análise do episódio de ensino 103.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
280	[Estudante 05] No caso, se a pessoa já acredita que a velocidade da luz é constante, constante não absoluta, aí você coloca naquela fórmula da velocidade. Velocidade é igual distância sobre o tempo. Se a velocidade é absoluta, então a distância e o tempo não são mais. Porque se variar mudaria a velocidade da luz então os dois têm que ser relativos, para a velocidade da luz ser constante.	Para convencer o outro cientista que o tempo não é absoluto, depende se ele já acredita que a velocidade da luz é constante (Afirmção) Aí você coloca naquela fórmula da velocidade, velocidade é igual distância sobre o tempo. Se a velocidade é absoluta, então a distância e o tempo não são mais (Evidência). Porque se variar, sem mudar a velocidade da luz, então os dois têm que ser relativos, para a velocidade da luz ser constante. (Raciocínio).

continua para próxima página

continuação da página anterior		
282 284	[Estudante 10] No caso ali, o nosso grupo chegou à conclusão por questão do experimento que fizeram. Colocaram um relógio atômico de césio, um na terra e outro no avião, dois relógios na terra e dois no avião que foi andar rapidamente e deu diferença e ... O tempo não é absoluto. Ele é relativo de acordo com a velocidade.	Para convencer o outro cientista que o tempo não é absoluto (Afirmção) poderia realizar o experimento que fizeram, colocando um relógio atômico de césio, um na terra e outros dois relógios no avião que andam rapidamente dando diferença entre os relógios (Evidência) porque o tempo não é absoluto, ele é relativo de acordo com a velocidade (Raciocínio).

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

O primeiro argumento, presente no Quadro 35, não é uma reconstrução das propostas apresentadas no Quadro 32, mas sim uma nova proposta para persuasão. O argumento tem como ponto de partida o conhecimento do segundo postulado da TRR, conforme discurso da professora no turno 281. O segundo argumento, por sua vez, está relacionado à defesa do grupo 03, no Quadro 33, ao elucidar com maior clareza o experimento e o sustentam, relacionando o tempo relativo com a velocidade.

Analisando a complexidade desses argumentos em relação aos componentes, constatamos que são compostos por afirmações sustentadas por evidências e raciocínios, tendo, portanto, o maior grau de complexidade. Em relação ao conteúdo, eles podem ser considerados como apropriados e suficientes, uma vez que utilizam os conceitos físicos dentro do esperado e passam pelo processo de persuasão coletiva.

Interações relacionadas ao processo de persuasão são retornadas nos turnos 344, 349, 351, 357 e 359. O estudante 05 reitera o primeiro argumento e a professora, no turno 359, destaca a importância da linguagem científica ao elucidar os motivos para não se utilizar o termo “acreditar”. Conforme, discurso a seguir:

Mas acreditar em uma palavra ... pra ciência é bem complicado. Não é uma questão de fé. Entendeu... Não é uma questão acredita, você pode acreditar de cara e pronto, acabou, sem nem pensar sobre isso... Tá {inaudível}. Acreditar, aceitar. Trabalhando nisso, tentando mostrar que esta teoria tem algum sentido.

Dando continuidade na apresentação das sustentações da afirmação, presente no Quadro 32, o professor (turno 288) aborda a resposta do grupo 02. No turno 295, o

estudante 10, ao defendê-la, alega que a resposta apresenta os experimentos mentais de Einstein, ... *que é uma das teorias mais aceitas hoje, na atualidade, ou seja, é apresentar esta teoria para o cientista ... provavelmente ele deveria aceitar*. Na sequência, a professora questiona se a Teoria da Relatividade era aceita quando proposta e se todos a aceitam hoje. As discussões seguem o caminho para abordar que nem toda teoria é aceita logo de início, nem sendo aceita por todos, porém, dentro da comunidade científica, é a mais aceita.

Em relação às respostas do grupo 03, o professor, no turno 329, depois de lê-las, questiona se elas seriam suficientes para sustentar que o cientista A estaria correto. Após vários estudantes afirmarem que sim, o estudante 10, no turno 332, expõe que: *Sim e Não. É sim porque é baseado nos experimentos que já foram feitos, porém ele deveria explicar quais são esses experimentos também*. Ou seja, o estudante apresenta a necessidade de detalhar o experimento, a evidência, e como ele está relacionado a afirmação, o raciocínio. Em relação ao grupo 04, suas respostas foram mudando ao longo das interações.

No episódio, além de revisitar as respostas dos grupos, os professores e estudantes participaram de diversos discursos que abordavam vários conceitos dentro da TRR. No Quadro 36, apresentamos uma situação que aborda o conceito de tempo.

Quadro 36 – Análise do episódio de ensino 103.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
315	[Estudante 08] Só uma dúvida, tem algum perigo da pessoa que estiver dentro da nave ser afetada fisicamente, ou seja, envelhecer rapidamente ao chegar na Terra?	Ao chegar na Terra o tripulante da nave não teria os efeitos de aceleração no tempo (Afirmação), pois todos os átomos vão ficar mais lentos, até o próprio pulsar dos átomos vai ficar mais lento (Evidência). Dentro da nave o tempo passa do mesmo jeito (Evidência). Então o sujeito que está viajando. Para ele, o tempo é o que está marcando no relógio dele, não existe outra contagem de tempo (Raciocínio)
323	[Estudante 10] Na verdade todos os átomos eles vão ficar mais lentos.	
325	[Estudante 10] Até o próprio pulsar dos átomos vai ficar mais lento.	
326	[Professora] O que acontece é que dentro da nave. Dentro da Nave. O tempo passa do mesmo jeito. Então o sujeito que está viajando. Para ele, ele está marcando no relógio dele, vai ter passado uma hora. Entendeu, pra ele é isso que está acontecendo. Não existe outra contagem de tempo. Pra ele.	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

O estudante 08 questiona a possibilidade de o tempo passar diferente para duas pessoas e elas sentirem o efeito todo de uma vez. Depois de diversas interações, foi possível construir um argumento composto por afirmação, evidência e raciocínio, sendo as evidências foram apresentadas pelos estudantes e o raciocínio pelo professor.

Em síntese, nesse episódio, constatou-se que, por mais que as interações não promovam mudanças diretas nas afirmações, o ato de revisitar as respostas foi fundamental para criar um espaço que possibilitou discutir diversos conceitos que elucidaram a compreensão sobre a Teoria da Relatividade Restrita.

9.2.4 Episódio 04 – Existe ou não dilatação temporal no dia a dia?

No episódio, os estudantes são confrontados com as respostas dadas ao problema, apresentado no Quadro 37. Tal ação foi realizada com o objetivo de criar um ambiente de avaliação do conhecimento, dando possibilidade aos estudantes de revisitarem e avaliarem suas respostas e as respostas dos colegas.

Quadro 37 – Situação-Problema abordado no episódio 04

Por qual motivo não conseguimos observar o fenômeno da dilatação do tempo no dia a dia?

Extraído do material do NUPIC.

Fonte: Próprio Autor.

No problema (Quadro 37), há uma afirmação explícita “*não se observa a dilatação do tempo no dia a dia*”, que foi considerada como elemento para o argumento. No Quadro 38, são apresentadas as respostas dos estudantes e, entre parênteses, são apresentados os elementos do argumento.

Quadro 38 – Justificativas apresentadas pelos estudantes ao responder a situação-problema

Grupo	Respostas
1	Pois estamos no mesmo referencial, expostos à mesma gravidade. Ninguém está na velocidade da luz (Defesa)
2	Porque estamos inseridos no referencial e na sua velocidade, e quando comparamos com outro referencial observamos a dilatação (Evidência)
3	Porque a relação de dilatação temporal é muito pequeno (Evidência)
4	Depende do ponto de referência de cada um para observar o tempo (Defesa)

Fonte: Próprio Autor

Tendo como base as respostas dos estudantes, organizaram-se quatro argumentos, dois compostos por defesa, grupo 01 e 04, e dois, por evidências, grupos 02 e 03. Em relação aos conteúdos: no primeiro argumento (grupo 01), temos uma defesa que não apresenta a necessidade de movimento relativo como condição para observar a dilatação temporal e destaca a necessidade da gravitação; no segundo argumento (grupo 02), temos uma evidência que destaca a necessidade do movimento relativo e o fato de vivermos em baixas velocidades; no terceiro argumento (grupo 03), há uma evidência que aborda que a dilatação temporal é muito baixa para ser observada; e, no quarto argumento (grupo 04), temos uma defesa que associa a dilatação com o referencial.

Ao reconstruir os argumentos, as seguintes hipóteses foram levantadas: (a) os estudantes encaram que as respostas necessitam apenas de afirmação e evidência, sem necessidade de se explicitar como elas se relacionam; (b) o problema não deixa clara a necessidade de explicitar o raciocínio.

O episódio inicia-se com o professor apresentando as respostas dos grupos para análise coletiva. Ao término do turno 377, foi solicitado que os estudantes avaliassem as respostas com as quais concordavam mais e realizassem as correções necessárias. Nas primeiras interações, alguns estudantes concordaram com suas respostas. O estudante 13, no turno 390, 392 e 394, apresentou que não se observa a dilatação do tempo no dia a dia porque ela não é de conhecimento público, ou seja, nem todos conhecem esse conceito.

Posteriormente, o professor, no turno 399, realizou o questionamento, presente no Quadro 39, que contém a seguinte afirmação explícita, que deve ser analisada na reconstrução do argumento: *não se observa a dilatação no dia a dia*. O resultado desse processo de reconstrução do argumento é apresentado no Quadro 39.

Quadro 39 – Interações discursivas que discutem os motivos da não observação da dilatação temporal.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
399	[Professor] ... Por que motivo eu não consigo observar a dilatação temporal no dia a dia?	Não se observa a dilatação do dia a dia (Afirmção) porque ela é tão pequena que não dá para perceberam (Evidência). Ela realmente existe como foi demonstrado no experimento dos caças, que os caças foram e tal com relógios diferentes. Existe, mas são nanossegundos é muito pouca coisa (Raciocínio)
402	[Estudante 02] É aí nós usamos tipo essa diferença. Tipo que a dilatação ela existe no nosso dia a dia só que é tão pequena, é tão pouca coisa que tipo, não dá para perceber.	
404	[Estudante 02] Não, foi o exemplo que nós usamos, não exatamente pra isso, mas foi pra gente entender que existe a dilatação, ela existe realmente até por causa do negócio do caça lá que nós tínhamos lido também, que os caças foram e tal com relógios diferentes. Existe, mas é tipo, nanossegundo Professor: Alguém? É muita pouca coisa.	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

Ao explicar a não existência da dilatação no dia a dia, o estudante 02 iniciou descrevendo uma situação que envolve o *delay* em uma transmissão no sinal de TV. Ao ser esclarecido que a situação não abordava a dilatação temporal, o estudante apresentou elementos, como evidência e raciocínio, que possibilitaram reconstruir o argumento, presente no Quadro 39.

Na construção desse argumento, algumas adequações foram necessárias para identificar seus componentes, pois nas interações são apresentados elementos que respondem primeiramente ao questionamento e depois elementos que sustentam o argumento em segundo plano.

Ao analisar a complexidade do argumento, constatamos, em relação aos componentes, que a afirmação foi sustentada por evidência e raciocínio, que resulta no maior grau de complexidade. Já em relação ao conteúdo, ele pode ser considerado como apropriado e suficiente, visto que utilizam os conceitos e situações estudadas dentro do esperado, podendo passar pelo processo de avaliação pelos pares.

Ao continuar explorando os motivos de não se observar a dilatação do tempo no dia a dia, o professor, no turno 407, investigou as condições necessárias para se observar esses efeitos. No Quadro 40 são apresentadas as interações e os argumentos. A reconstrução do argumento partiu de afirmação explícita no questionamento: *Para se observar a dilatação temporal no dia a dia.*

Quadro 40 – Interações discursivas que abordam as condições para observar a dilatação temporal no dia a dia.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
407	[Professor] Mas tem ... algumas condições para ... se observar a dilatação, não? Ou eu estou aqui agora e o tempo tá dilatando? ...	Para se observar a dilatação temporal no dia a dia (Afirmação) tem que ter uma diferença de velocidade entre cada observador e não vivemos em uma realidade com altas velocidades (Evidência) Tipo se tiver uma diferença muito grande entre um referencial e outro você consegue, dependendo dessa diferença você consegue observar com mais facilidade ou menos facilidade essa dilatação. Sendo difícil perceber a dilatação do tempo, porque eles precisam de uma velocidade quase a velocidade da luz pra perceber realmente a dilatação do tempo. (Raciocínio)
408	[Estudante 12] Tem que ter velocidade no meio. Ou uma força gravitacional grande. Na minha opinião. Tem que ter um referencial.	
409	[Estudante 08] Tem que ter uma diferença de velocidade entre cada observador. Tipo se tiver uma diferença muito grande entre um referencial e outro você consegue, dependendo dessa diferença você consegue observar com mais facilidade ou menos facilidade essa dilatação.	
411	[Estudante 19] Eu concordo com o que ele falou, acho que depende da velocidade. E no caso a dilatação temporal é mínima, dependendo até imperceptível. Assim na nossa realidade.	
412	[Estudante 13] Eu concordo com o Estudante 02. Porque é difícil perceber a dilatação do tempo, porque eles precisam de uma velocidade quase a velocidade da luz pra perceber realmente a dilatação do tempo.	
422	[Estudante 19] Porque a gente não tem uma realidade com velocidades muito altas.	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

O professor, no turno 407, questiona a existência de dilatação temporal no dia a dia e nos turnos 408, 409, 411, 412 e 422 os estudantes realizam diversas falas com o objetivo de responder ao problema, possibilitando reconstruir o argumento. Em cada interação, os elementos que compõem o argumento foram apresentados ou modificados, tornando-o mais complexo. Na primeira interação, estiveram presentes três evidências, a princípio sem conexão. Na segunda, o estudante exclui a gravidade e destaca que a dilatação está relacionada ao movimento relativo entre os corpos, sendo esta evidência complementada no último discurso, quando é apresentado um raciocínio. Na terceira e quarta interações, os estudantes ampliam com mais detalhes o raciocínio ao abordar as condições de como a evidência e afirmativa se relacionam.

O argumento, presente no Quadro 40, foi analisado de acordo com sua complexidade. Em relação aos componentes, ele é composto por uma afirmação, evidência e raciocínio, caracterizando uma maior complexidade, pois a afirmação é sustentada por evidência e

raciocínio. Já em relação ao conteúdo, o argumento apresenta coerência interna, denotando uma maior complexidade, uma vez que seus componentes são apropriados e suficientes, ou seja, os conceitos físicos foram empregados de acordo com o conhecimento científico, e passam no processo de avaliação pelos pares, resultando em suficiente.

Ao avaliar as respostas, presentes no Quadro 38, o estudante 19 (turno 422) destaca que a mais correta é do grupo 02, porém não oferece maiores detalhes a fim de modificar a resposta apresentada. No turno 429, o estudante 13 defende a resposta do grupo 01, porém destaca a necessidade da gravidade para se observar a dilatação do tempo. Contudo, em sua fala, é apresentado que não se observa a dilatação no dia a dia porque são valores insignificantes, conforme o exemplo do avião, modificando o argumento do grupo 01.

As interações que se seguem, entre os turnos 438 e 465, foram realizadas com o objetivo de elucidar os motivos dos estudantes para apresentar a gravidade como necessária para a dilatação temporal no dia a dia. Nelas, alguns estudantes se referiram a situações relacionadas à Teoria da Relatividade Geral, que não foi abordada no presente estudo. Assim, no turno 464, o professor apresenta a necessidade de utilizar os conhecimentos discutidos até aquele momento para que possam, em alguma medida, sustentar suas afirmações.

Depois dessas interações, o estudante 02, no turno 469, propõe retirar o trecho sobre a gravidade para corrigir a resposta do grupo 01 e, no turno 473, destaca que ninguém está na velocidade da luz. Isso posto, o argumento reconstruído do grupo 01 é:

Não se observa a dilatação do tempo no dia a dia (Afirmação), pois *estamos no mesmo referencial*, porque ninguém está na velocidade da luz (Evidência).

No argumento acima não é apresentado o raciocínio, porém parte da evidência necessita de correção, visto que não apresenta a necessidade de movimento relativo e sim que estão no mesmo referencial (trecho sublinhado).

A resposta do grupo 03 foi retomada no turno 489, com o professor apresentando novamente sua resposta e questionando os estudantes: vocês acham que essa resposta é suficiente para o problema, presente no Quadro 33? Depois do apresentado, a professora (turno 495) destaca que a resposta está sendo redundante. No turno 500, o estudante 13 modifica a evidência do argumento presente no Quadro 33. Assim, o novo argumento passou a ser: *não se observa a dilatação do tempo no dia a dia (Afirmação), a dilatação temporal*

é muito pequena porque ninguém está na velocidade da luz (Evidência). O professor, no turno 505, complementa a resposta dos grupos 03, ao apresentar que:

Eu só consigo pensar em dilatação temporal se eu comparar em outro referencial. Então, eu tenho basicamente dois referenciais e, por obrigação, um desses dois referenciais tem que estar em movimento relativo em relação ao anterior, e aí, automaticamente, esse outro referencial tem que estar numa velocidade próxima à velocidade da luz.

Nesse episódio, as ações dos professores foram fundamentais na construção dos argumentos, pois em diversas interações eles orientaram e fomentaram as interações por meio de questionamento e sintetização das interações.

9.2.5 Episódio 05 – Uma conversa relativística.

Neste episódio, como no anterior, os estudantes são colocados para analisar suas respostas ao problema, presente no Quadro 41, realizado na segunda parte da atividade VII.

Quadro 41 – Situação-Problema abordado no episódio 05

Suponha que dois observadores em referenciais inerciais diferentes, com velocidade relativa muito alta (mas menor do que c), possam se comunicar por meio telefone, fax, ondas de rádio, e-mail, televisão, cartas enviadas pelo correio etc. Tente imaginar um experimento que permita comprovar a dilatação do tempo prevista pela relatividade

Extraído do material do NUPIC.

Fonte: Próprio Autor

No problema, presente no Quadro 41, é solicitado que os estudantes apresentem um experimento que permita comprovar a dilatação temporal. Assim, era previsto que apresentassem uma afirmação sustentada por defesa ou por evidência e raciocínio. No Quadro 42 são apresentadas as respostas dos estudantes ao material escrito.

Quadro 42 – Respostas apresentadas pelos estudantes ao solucionar a situação-problema.

Grupo	Material Escrito
continua para próxima página	

continuação da página anterior	
1	Dentro de um ônibus em movimento, o observador A joga uma bolinha verticalmente para cima a uma certa altura que em seguida cai em sua mão fazendo movimento retilíneo, mas para o observador B, que está em repouso de fora do ônibus verá um movimento de uma parábola da bolinha.
2	Se fizermos um experimento utilizando ondas de rádio conseguiremos ver através da frequência das ondas a diferença do tempo para cada pessoa
3	Haverá uma dessincronização no tempo da conversa de ambas as pessoas
4	Se duas bombas idênticas em repouso relativo são acionadas simultaneamente, estes eventos, o acionar de cada uma das bombas, não são simultâneos para observadores que se movem com velocidade constante paralelamente à direção definidas pelas posições das bombas. Por outro lado, o intervalo de tempo entre os acionar a bomba e o explodir delas, é sempre maior no referencial em movimento em relação às bombas. Em outras palavras, o intervalo de tempo no referencial de repouso de um evento (tempo próprio), é sempre menor que o medido no referencial que se move em relação ao evento paralelo a eles.

Fonte: Próprio Autor

Ao analisarmos as respostas dos grupos, constatamos que nenhuma delas estava relacionada ao problema proposto, caracterizando-se como argumentos não válidos. Por outro lado, as respostas apresentadas mostram que o problema não estava claro para os estudantes e que, logo, não poderiam apresentar argumentos.

No primeiro discurso do episódio (turno 511), o professor apresenta aos estudantes a situação-problema que seria abordada. E, na sequência, os estudantes começaram a discutir sobre a plausibilidade da resposta do grupo 01, do ponto de vista físico, mas sem relação com a problemática em questão, as interações nesse sentido aconteceram até o turno 517.

Do turno 518 ao 531, as interações discursivas tentavam corrigir a resposta do grupo 01, passando a abordá-lo do ponto de vista relativístico, levantando a possibilidade de trocar a bola por feixe de luz e aumentar a velocidade do ônibus para próximo da velocidade da luz. Porém, essas discussões ainda não estavam diretamente relacionadas à proposta problemática, presente no Quadro 41.

As discussões começaram a convergir para a problemática (Quadro 41), com a professora, nos turnos 532 e 534, abordando a necessidade de construir uma resposta que destacasse diretamente elementos do problema. Nas interações ocorridas entre os turnos 532 e 548, foram feitas várias afirmações, porém sem justificá-las, e, quase todas, ainda relacionadas à compreensão do problema.

No turno 548, o estudante trouxe para a discussão a necessidade de se fazer correções relativísticas no GPS. As interações até o turno 553 giram em torno desse fato. Em seguida, buscando retomar a discussão proposta, o professor em um mesmo turno procura fechar a discussão do GPS apresentando uma explicação para os últimos questionamentos e, em seguida, apresenta a resposta dada pelo grupo 02 e propõe sua análise e discussão. As interações discursivas que se seguem (turnos 555 a 561) estão focadas na compreensão do efeito doppler, visto que foi apresentado como uma possibilidade.

As interações discursivas descritas até o momento estavam relacionadas direta ou indiretamente à compreensão do problema. Desse momento em diante, emergiu um novo problema que relacionava parte do problemática inicial e das falas até aqui apresentadas, que organizamos na forma seguinte:

Suponha que dois observadores em referenciais inerciais diferentes, com velocidade relativa muito alta (mas menor do que c), possam comunicar-se por meio de um telefone. Isso posto, como as falas são percebidas pelo observador na nave e pelo observador na Terra?

Nas interações seguintes, entre os turnos 562 ao 568, os estudantes e os professores interagiram com o objetivo de compreender a situação colocada, a fim de tentar prever como ela se desenrolaria. O estudante 02, no turno 569, questiona (...) *se vai demorar para chegar no outro cara, ou se o cara vai ouvir muito devagar ou muito rápido*. Essa fala foi importante para construir um posicionamento dos estudantes.

No turno 575, o estudante 18 realizou a seguinte fala, em que apresenta uma afirmação relacionada à nova situação-problema:

Então, mas os corpos, vamos supor que está muito rápido. E a velocidade das ondas é a da luz, então vai continuar normal (Evidência). *Vai receber do mesmo jeito (Afirmação)*. Porque é muito mais rápido. Porque a velocidade das ondas é muito mais rápido do que a dos corpos [Estudante 18].

O professor (turno 576) questiona como as pessoas se comunicaram na situação-problema. Na sequência, as falas dos estudantes e dos professores são realizadas para compreender elementos abordados pelo estudante 18, turno 575, discutindo situações relacionadas à propagação de onda no vácuo.

O estudante 13, no turno 596, propõe um olhar para a outra afirmação, uma vez que o tempo para a pessoa que estava na nave seria diferente, apresentando algumas

possibilidades para sustentar essa segunda afirmação. Posteriormente, o estudante 08 participou de diversas interações, do turno 610 ao 629, apresentando alguns elementos que sustentavam a segunda afirmação. O resultado desse processo é apresentado na forma do argumento na sequência.

A pessoa que está em movimento vai ouvir muito mais rápido que a outra pessoa na Terra (Afirmação), porque o cara que está na velocidade da luz, o tempo para ele vai passar mais devagar (Evidência). Então, eles estão conversando, e ele fala até chegar no cara, o tempo de reação do outro para isso vai ser mais lento. Aí vai estar dessincronizada a conversa. Para ele lá vai estar toda normal, mas pra esse aqui aquele lá está demorando pra falar. Mas como ele está falando no rádio, a captação do ambiente vai parecer dele falando normal. Por exemplo, eu to falando no telefone lá né, o tempo está mais lento. Pra mim não está mais lento. Pro aparelho que tá gravando que está mais lento. Ele vai gravar tudo normal e vai mandar, só que pra esse aqui até ele falar, demorou muito mais. É tipo isso. Ai então, o tempo que você (Raciocínio).

O argumento apresentado anteriormente é composto por afirmação, evidência e raciocínio, sendo que os estudantes constroem um raciocínio que demonstra como a evidência, de natureza teórica e experimental, sustenta a afirmação. Nas interações, entre os turnos 629 e 664, as falas foram no sentido de concordar ou discordar do argumento exposto anteriormente.

Na tentativa de apresentar um experimento, exemplos de situações que envolvessem algum tipo de dessincronização, como o atraso na transmissão de sinal e problemas de lentidão da internet, foram realizadas. As interações nesse sentido ocorreram a partir do turno 638. Com o objetivo de auxiliar os estudantes e exemplificar um possível experimento, o professor, no turno 647, propõe pensarem no exemplo apresentado da conversa pelo telefone, que acontecia sem movimento relativo entre eles, para uma situação que envolvesse o movimento relativo. Nessa situação, o professor questiona como aconteceria essa conversa, destacando como seria o “oi” ouvido pela pessoa que estava na Terra e pela pessoa na nave viajando próximo à velocidade da luz.

Nas interações decorrentes do questionamento, os estudantes apresentaram duas afirmações opostas sobre como o sinal seria recebido pela pessoa que estava na Terra. A primeira foi apresentada nas interações do estudante 12 (turnos 646 e 648) que, reconstruídas, tem a seguinte forma: *A pessoa na Terra vai ouvir normal quando o sinal chegar. Mas, quando ele for responder, pelo tempo passar diferente na nave, quando o sinal chegar*

na Terra ele vai ouvir normal. A segunda afirmação foi apresentada pelo estudante 10 (turno 653) que, reconstruído, tem a seguinte forma: *A pessoa que está em movimento vai ouvir muito rápido e a outra na Terra vai ouvir normal*. A segunda afirmação e sua defesa foram questionadas pelo estudante 18, ao destacar que essa situação não seria possível pois não há possibilidade de somar as velocidades.

Com o intuito de defender a primeira afirmativa, o estudante 15, no turno 664 e 666, apresentou um exemplo para elucidar que a conversa seria normal, porém o tempo que ela duraria estaria relacionado ao movimento relativo, conforme discurso apresentado no turno 666:

É, imaginei, tipo assim, dois pontos. Um A e um B. O A é uma pessoa a pé com destino de ir a uma lanchonete, por exemplo. E uma pessoa com um carro com destino de ir a essa lanchonete também. A pessoa que está de carro... ela tem 10 minutos no percurso e a pessoa que está de a pé, ela vai demorar 10 minutos só para chegar na lanchonete. A que está de carro vai demorar 5, vai dar tempo dela chegar na lanchonete comer uma coxinha, e, tipo assim, voltar no meio do caminho, por exemplo. Então a pessoa que está de carro ela esticou o tempo dela, o tempo dela dá para mais coisa do que a pessoa que está de a pé.

O estudante 15, nesse exemplo, descreve uma situação na qual o tempo para realizar a mesma ação será de 5 minutos para um e de 10 minutos para outro, porém a ação seria a mesma. Nesse caso, a conversa seria idêntica, só que para a pessoa na nave passaria um tempo x e para alguém que está na Terra um tempo maior que x . Para consolidar essa interação, o professor retoma a situação retratada no paradoxo dos gêmeos para elucidar como o tempo passaria para cada um deles, e nesse contexto o tempo de duração da conversa será diferente (turnos 667 e 686).

Na última interação do episódio, a professora, no turno 686, estabelece a última palavra sobre as discussões que aconteceram, além de destacar cada uma das interações apresentadas, desde o exemplo de *delay* na internet ao exemplo da lanchonete. Com base nessa interação, é possível reconstruir o seguinte argumento:

Então, *na verdade, não vai ter distorção da conversa ela será normal* porque a conversa é transmitida na velocidade da luz e ela vai ser sempre transmitida na velocidade da luz, independe dos referenciais (Evidência). Então, se eu estou pensando que o sinal que está sendo transmitido é um sinal por onda eletromagnética, independente de eu estar parado ou estar em uma nave na velocidade, velocidade muito alta, este sinal está sendo transmitido e a

velocidade que eu vou observar é a velocidade da luz, então ele não depende disso. Só que o tempo dessa conversa é que vai depender, se, por exemplo, se eu estou na nave e eu estou conversando, sei lá, 5 minutos, pra mim, esses cinco minutos não são as mesmas coisas pro cara que está na Terra. Pro cara que ficou na Terra, estes 5 minutos viram outra coisa (Raciocínio).

Ao analisar a complexidade do argumento anterior, ele possui o maior grau de complexidade, pois ele é composto por afirmação, evidência e raciocínio, além de ser considerado como apropriado e sustentado.

Em síntese, ao longo das interações, constatamos que parte do problema foi abandonado pelo grupo, pois os estudantes não o compreenderam: *“tente imaginar um experimento que permita comprovar a dilatação do tempo prevista pela relatividade”*. Assim, os estudantes e os professores interagiram com o objetivo de solucionar a seguinte problemática secundária: *suponha que dois observadores em referenciais inerciais diferentes, com velocidade relativa muito alta (mas menor do que c), possam se comunicar por meio telefone. Isso posto, como as falas são percebidas pelo observador na nave e pelo observador na Terra?* Tal problemática é um misto do problema inicial, da compreensão dos envolvidos e das interações que aconteceram no início do episódio.

Esse episódio é um bom exemplo para demonstrar a importância das ações dos professores na construção do conhecimento, especialmente quando a situação-problema (Quadro 41) não foi compreendida pelos estudantes. No início do episódio, observamos que os estudantes e os professores, em suas falas, apresentaram diferentes percepções sobre o problema inicial até o estabelecimento do novo problema, que recupera parte do problema original.

9.2.6 Episódio 06 – Um resultado experimental

Neste episódio, as respostas dos grupos ao problema realizado na segunda parte da Atividade VII, presente no Quadro 43, são revistas buscando construir um ambiente de avaliação do conhecimento com os estudantes, modificando ou não suas respostas.

Quadro 43 – Situação-Problema abordado no episódio 06.

No ano de 1971 foi realizado o seguinte experimento. Relógios de cézio foram embarcados em dois aviões a jato que dariam a volta na Terra, um rumando para leste e o outro para oeste. No início e no fim das viagens, os relógios foram comparados com um relógio de referência do Observatório Naval dos EUA em Washington. No término do experimento, os relógios não coincidiam mais quanto à hora do dia. O relógio enviado para o leste perdera uma média de 59 nanossegundos (bilionésimos de segundos) em relação ao relógio de referência, e o enviado para oeste ganhara 273 nanossegundos.

Extraído da obra “Gigantes da Física: Uma história da física moderna através de oito biografias” de Brennan (1998, p. 79).

Pautados na situação descrita anteriormente, dois cientistas apresentaram as seguintes afirmações:

Cientista A: a relatividade permite que eventos ocorram mais lentamente para um observador que para outro, até mesmo os eventos da vida, como o envelhecimento.

Cientista B: essa situação seria impossível uma vez que o tempo é absoluto, ou seja, é o mesmo em todas as situações, logo a conclusão do experimento é inapropriada.

Baseado no exposto acima, responda:

- (a) Quem está correto;
- (b) Que dados vocês têm para afirmar isto?
- (c) O que o cientista que está correto poderia fazer para convencer o outro?

Fonte: Próprio Autor

Este problema, realizado na segunda parte da Atividade VII, problematiza o resultado de um experimento que elucida os efeitos da dilatação temporal. Com as alíneas (a) e (b), os estudantes se posicionaram e apresentaram suas motivações para tais escolhas. Na alínea (c), busca-se identificar quais elementos são utilizados pelos estudantes no convencimento do outro cientista.

Nos materiais escritos, analisamos as alíneas (a) e (b) como complementares, podendo, assim, identificar os elementos que compõem um argumento. O Quadro 44 é resultado dessa junção, onde (a) está relacionado à afirmação e (b) à sustentação da afirmação, em que podem estar presentes defesas, evidências e raciocínios.

Quadro 44 – Organização dos materiais escritos com base nas alíneas (a) e (b).

Grupo	Alínea (a)	Alínea (b)	Argumento Reconstruído
1	Cientista A	Dependendo de sua velocidade ou gravidade, o tempo pode se dilatar e passar mais devagar em relação a alguém que está num referencial diferente, e numa velocidade “comum”	O correto é o cientista A (Afirmção) porque dependendo de sua velocidade ou gravidade, o tempo pode se dilatar e passar mais devagar em relação a alguém que está num referencial diferente, e numa velocidade “comum” (Evidência)
2	Cientista A	Há diferença de tempo entre os dois relógios após o fim do experimento.	
3	Cientista A	Equação de Lorentz e os experimentos mentais de Einstein mostra que o cientista A está correto e B está errado	O correto é o cientista A (Afirmção) por causa da equação de Lorentz e dos experimentos mentais de Einstein (Evidência)
4	Cientista A	O relógio enviado apresenta uma velocidade mais lenta do que o relógio que está em repouso na Terra	

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 44, temos a presença de dois argumentos e duas afirmações. Os argumentos são compostos por afirmações que são sustentadas por evidências, de natureza teórica. Sobre as evidências, destacamos que o grupo 01 relaciona a dilatação temporal como dependente da velocidade e da gravidade; e o grupo 03 por meio de conhecimento teórico. As respostas das alíneas (a) e (b) não foram exploradas como no episódio 03, por considerá-las semelhantes, dando maior ênfase na alínea (c).

Na alínea (c), os estudantes deveriam apresentar elementos para o convencimento do outro cientista, ou seja, persuadi-lo. Nas respostas, buscamos identificar os elementos do argumento frente à afirmação explicitada no questionamento, que seria: “o cientista correto poderia persuadir o outro cientista”. No Quadro 45 são apresentadas as respostas dos grupos.

Com as respostas, presentes no Quadro 45, constata-se que o grupo 01 não deixa claro como a informação apresentada por eles pode ajudar no convencimento do cientista. Os demais grupos focam no próprio experimento como elemento possível no processo de persuasão, que constitui como evidência no argumento, porém nenhum grupo relaciona como a evidência sustenta a afirmação, que seria o argumento a ser utilizado pelo Cientista A.

Quadro 45 – Respostas apresentadas aos materiais escritos e a alínea (c).

Grupo	Justificativa
1	O relógio que viajou para o leste foi contra a rotação da terra, isso aumentando sua velocidade e atrasando a hora e o que viajou para o oeste, sua velocidade somou a da Terra ganhando mais tempo
2	Através do experimento, ele poderia usá-lo para provar que ele está correto
3	Propor os experimentos mentais de Einstein do relógio de luz
4	Convencendo-o que se o tempo fosse absoluto não haveria diferença de nanossegundos

Fonte: Próprio Autor

O episódio inicia-se (turno 711) com o professor apresentando o problema e expondo as respostas dos grupos, estendendo-se até o turno 717. O professor, no turno 718, questiona se os dados eram suficientes para afirmar que o cientista A era o correto. No turno 720, é problematizada a resposta do grupo 03, sempre no intuito de lembrar que as respostas necessitam de um raciocínio. O professor, no turno 722, destacando o movimento realizado no item (c), questiona os elementos que os estudantes utilizariam para persuadir o outro cientista. Ao final, é proposto analisar a resposta do item c, do grupo 04. As principais interações que auxiliaram na reconstrução do conhecimento são apresentadas no Quadro 46.

Quadro 46 – Falas e os Argumentos Reconstruídos no episódio 06.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
723	[Estudante 13] Porque se um atrasou 53 sei o que e o outro atrasou 250 não é isso. Não haveria essa diferença, porque se o tempo fosse absoluto isso seria tudo igual.	O cientista correto poderia convencê-lo mostrando que se o tempo fosse absoluto não haveria diferença de nanossegundos dos relógios (Afirmção). Porque se um atrasou 53 e o outro atrasou 250 não é isso. Não haveria essa diferença, porque se o tempo fosse absoluto isso seria tudo igual (Evidência).
737	[Estudante 10] Não que vai dá, não vai bater os mesmos segundos, porque, vai ter variação da velocidade, porém se em todos os ciclos em todos os experimentos que eles fizer der a diferença a gente vai comprovar, que está certo, se ele fizer isso várias vezes.	Se o experimento for repetido várias vezes, o tempo não vai bater os mesmos segundos, porque, vai ter variação da velocidade, porém, se em todos os ciclos em todos os experimentos que eles fizerem der a diferença, a gente vai comprovar, que está certo, se ele fizer isso várias vezes. (Raciocínio)

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 46, o estudante 13 apresenta uma evidência que pode ser utilizada no processo de convencimento. Na sequência, o professor, entre os turnos 724 e 736, questiona

a possibilidade de existir um erro experimental ou o relógio estar com problema. Depois dessas discussões, no turno 737, o estudante 10, em sua fala expõe um raciocínio para o argumento em construção.

O argumento reconstruído destaca que o resultado experimental seria uma possibilidade para demonstrar que os resultados são diferentes, propondo ainda a realização de diversos experimentos que refutariam o erro experimental. Ao analisar a complexidade do argumento, em relação aos conteúdos, percebe-se que ele é composto por afirmação, evidência e raciocínio, tendo a maior complexidade na categoria defendendo afirmação. Contudo, não é apresentada uma afirmação contrária. Acredito que isso tenha ocorrido porque estava no processo de estabelecimento da última palavra, com a professora avaliando a proposta no turno 740. Já em relação ao conteúdo, na categoria coerência interna, o argumento tem complexidade elevada, pois é considerado como apropriado e suficiente, ou seja, apropriado, pois os conceitos são empregados de maneira correta e suficiente, pois existe boa relação entre os componentes, possibilitando avaliação pública.

Nas interações seguintes, entre o turno 743 e 746, foi abordado o exemplo do GPS como uma aplicação tecnológica que teve sucesso graças aos resultados obtidos com a Teoria da Relatividade. Nas interações finais, a professora apresenta, nos turnos 748 e 750, as propostas do grupo 03 e reforça a necessidade de um processo para a construção do conhecimento. No turno 748, a professora apresenta:

O cara não conhece a Teoria. Então vamos supor que você vai apresentar esse resultado experimental para alguém que não conhece a teoria, não sabe nada da Teoria da Relatividade. E aí eu acho que assim, pra convencer, né, como é que você faz um cara perceber, né, que isso é possível? Esse é o desafio, eu acho, é pensar assim, de que jeito alguém que não conhece a teoria vai entender isso e vai se convencer que isso é possível, né? É essa que é a questão, né. E aí, isso é complicado mesmo, os resultados experimentais são talvez a forma mais plausível de você convencer alguém de alguma coisa. Não é possível que a pessoa não tenha conhecimento, suficiente, por quê? Porque são resultados fundamentais é coisa que . . . mas se a pessoa não conhece nada sobre isso, ela não vai entender da precisão deste instrumento, então.

Na interação, a professora destaca a importância do experimento na construção da teoria e processo de ensino e aprendizagem, possibilitando aos estudantes e os professores interagirem para a construção e avaliação do conhecimento.

9.2.7 Episódio 07 – Nunca Viajamos na Velocidade da Luz!!!

Por fim, no episódio 07, problematizou-se a fala, presente no turno 372, realizado pelo estudante 13. Com esse problema, presente no Quadro 47, buscamos que os estudantes avaliassem a afirmação e que mobilizassem os conceitos estudados para defendê-la ou refutá-la.

Quadro 47 – Situação-Problema do episódio 07

Um aluno questionando a legitimidade da Teoria da Relatividade Restrita apresentou a seguinte afirmação: “Como ninguém nunca viajou na velocidade da luz não existe como provar a velocidade da luz, logo a Teoria da Relatividade não pode ser aceita”.

(a) Você concorda com este aluno?

(b) O que você faria para convencer este aluno?

Fonte: Próprio Autor.

O episódio inicia-se com o professor, no turno 751, apresentando o problema, presente no Quadro 47. Depois das interações iniciais, quando os estudantes e os professores constroem uma compreensão sobre o problema, o estudante 13 realizou, no turno 761, uma fala em defesa da afirmação presente no problema, que possibilitou reconstruir o seguinte argumento:

Como ninguém nunca viajou na velocidade da luz, não há prova que ela é limite. Logo, a Teoria da Relatividade não pode ser aceita (Afirmação). Porque não tem como comprovar que o postulado está errado e não posso concordar com o postulado (Defesa).

Na defesa do argumento, o estudante apresenta a necessidade de comprovar experimentalmente o postulado (que reflete ao empirismo), ou seja, de se construir uma nave e verificar se existe limite de velocidade e se é no valor da velocidade da luz. Essa defesa foi fundamental para as interações que ocorreram na sequência, uma vez que permitiu elucidar o *fazer ciência* no espaço da Física Moderna e Contemporânea. Tal processo é apresentado no Quadro 48, com os questionamentos relacionados aos postulados.

Quadro 48 – Interações discursivas acerca da problemática central do episódio 07.

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
762	[Professor] Você quer provar um postulado?	
770	[Estudante 08] É tipo assim, ao invés pegar e provar por experimentos, puro, tipo assim, eu posso falar isso não porque eu fui, eu posso provar isso porque eu observei esse resultado em outras coisas que tem a velocidade próxima à da luz, eu acho é mais isso. Não tem como você falar por experiência própria e sim por que você observa outra coisa que eu queria. É Professora: Então igual aquele acelerador da atividade.	Não é possível realizar comprovação experimental direta de um postulado (Afirmção). Eu posso provar isso porque eu observei esse resultado em outras coisas que tem a velocidade próxima à da luz ... Não tem como você falar por experiência própria e sim por que você observa outra coisa ... igual aquele acelerador da atividade. (Evidência)
772	[Professora] Por exemplo, né, vocês acabaram de discutir um experimento ... o experimento do avião é um experimento real, foi feito, né, e ele mostra valores diferentes marcados por relógios que inicialmente marcavam o mesmo tempo, ou seja, o fato de os relógios terem viajado com velocidades relativas, né. Porque eu tinha lá um relógio de comparação e este relógio ficou parado na Terra e os outros dois saíram em viagem um pra cada direção. Então, as velocidades relativas destes caras que foram viajar em relação ao referencial que estava na Terra fixo, as velocidades relativas foram diferentes. Lembra que a equação que vocês usaram, a equação relativísticas para as velocidades têm um fator no numerador que tem um v_1 mais v_2 e isso vai ser v_1 menos v_2 dependendo destes sentidos, isso é a velocidade relativa relativista.	Não é possível realizar comprovação experimental direta de um postulado (Afirmção). Por exemplo, vocês acabaram de discutir o experimento do avião, que é um experimento real, e mostra valores diferentes marcados por relógios que inicialmente marcavam o mesmo tempo, ou seja, o fato de os relógios terem viajado com velocidades relativas alterou o tempo marcado. Porque tinha um relógio de comparação e este relógio ficou parado na Terra e os outros dois saíram em viagem um pra cada direção. As velocidades relativas destes caras que foram viajar, em relação ao referencial que estava na Terra fixo, foram diferentes. Lembra que a equação que vocês usaram, a equação relativísticas para as velocidades têm um fator no numerador que tem um v_1 mais v_2 e isso vai ser v_1 menos v_2 dependendo destes sentidos, isso é a velocidade relativa relativista. Se os caras andam assim (representado sentido iguais) ou assim (representado sentidos opostos) (Evidência) Então, eu tenho um resultado experimental, foi feito, refeito, feito e refeito e eu encontrei valores diferentes, estes valores eles podem serem obtidos, usando a equação. Eu posso fazer aquela conta porque eu sei as velocidades e posso botar lá para fazer a conta, e eu vou obter aquele valor dos tempos quanto vai ser diferente o tempo marcado nos referenciais aqui e cá. (Raciocínio)
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
774	[Professora] Se os caras andam assim (representado sentido iguais) ou assim (representado sentidos opostos), né. Então, eu tenho um resultado experimental, foi feito, refeito, feito e refeito e eu encontrei valores diferentes, estes valores eles podem serem obtidos, usando a equação, certo? Eu posso fazer aquela conta porque eu sei as velocidades e posso botar lá para fazer a conta, e eu vou obter aquele valor dos tempos quanto vai ser diferente o tempo marcado nos referenciais aqui e cá.	
778	[Estudante 08] A equação foi construída a partir do experimento? : Dos postulados. Então, a teoria foi construída a partir dos postulados e postulado não se prova, mas eu estou usando estes postulados para construir uma teoria, e a teoria eu verifico, certo? [Estudante 13: Então, através desses postulados foi criada a teoria e através da teoria foi criado o experimento que foi comprovado, que isso está certo .	A teoria foi construída a partir dos postulados e postulado não se prova, mas eu estou usando estes postulados para construir uma teoria, e a teoria eu verifico (Raciocínio).

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 48, são apresentados dois argumentos. O primeiro foi realizado pelo estudante 08, de início composto apenas por afirmação e evidência, porém, depois das interações da professora, no turno 772 e 774, resultou no segundo argumento, o estudante acrescentou o raciocínio para o argumento anterior. Além disso, o estudante 13 realizou uma fala que reavalia o argumento defendido anteriormente.

Esses argumentos, quanto aos seus componentes, caracterizam-se como de maior complexidade, pois são compostos por afirmações, evidências, e raciocínio, e ambos, em relação ao conteúdo, apresentam coerência interna com alta complexidade, visto que são apropriados e suficientes.

Os argumentos podem ser considerados como idênticos apenas em relação à complexidade dos produtos argumentativos propostos. Porém, o segundo argumento é mais complexo que o primeiro, uma vez que existe uma linha complexa de separar evidência de raciocínio, pois na construção e exposição do experimento é construída uma cadeia de raciocínio que articula a evidência, a afirmação e o raciocínio. Argumento dessa estrutura era esperado de um indivíduo que pertencesse à comunidade científica.

Ainda no intuito de compreender o processo de construção do conhecimento científico, o estudante 13 (turno 782) questionou o que ocorreria com a teoria se algum corpo apresentar uma velocidade maior que a da luz. As interações decorrentes desse questionamento são apresentadas no Quadro 49, bem como o argumento reconstruído por meio dessas interações.

Quadro 49 – Interações discursivas e o argumento reconstruído do episódio 07(A).

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
782	[Estudante 13] Então alguém tem que comprovar que alguma velocidade é maior que a velocidade da luz? [Professora: Sim].	Se eu conseguir provar que tem alguma coisa com a velocidade maior que a velocidade da luz, eu destruí a teoria (Afirmção). O postulado, ele não vai ser provado (Evidência), o que pode acontecer é ele cair por terra, se acontece de ter um resultado que mostre que essa velocidade não é a máxima possível, este postulado já era, então ele não vai ser provado, mas como é que a gente sabe se ele é valido ou não, porque eu tenho uma teoria que foi construída a partir dele e esta teoria é verificada. Ela é verificada experimental, ela dá resposta, teoria que coincide com o experimento, então isso mostra que a teoria faz sentido. Então não, só este experimento do avião, mas este é o experimento mais corriqueiro que a gente posso ter, é de fato o GPS, o GPS tem correções, relativística, e a precisão do GPS. (raciocínio)
783	[Professora] Se eu conseguir provar que tem alguma coisa com a velocidade maior que a velocidade da luz, eu destruí a teoria.	
785	[Professora] {inaudível}, mas percebe que, assim, o postulado, o postulado ele não vai ser provado, o que pode acontecer e ele cair por terra, se acontece, de eu ter um resultado que mostre que essa velocidade não é a máxima possível, e aí acabou, este postulado já era, então ele não vai ser provado, mas como é que a gente sabe se ele, ele, está, é valido ou não, porque eu tenho uma teoria que foi construída a partir dele e esta teoria é verificada, ela é verificada, experimental, ela dá resposta, teoria que coincidem com o experimento, então isso mostra que a teoria faz sentido, né. Então não, só este experimento do avião, mas este é o experimento mais corriqueiro que a gente posso ter, é de fato o GPS, o GPS tem correções, relativística, e a precisão do GPS, é inquestionável.	

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

O argumento, presente no Quadro 49, foi construído pela professora com o objetivo de responder ao questionamento. Esse argumento é composto por afirmação, evidência e raciocínio, tendo os maiores graus de complexidades nas categorias defendendo afirmação e coerência interna.

Ainda no campo da especulação teórica, o estudante 19, no turno 786, questiona a possibilidade de algum móvel, no futuro, ultrapassar a velocidade da luz. As interações decorrentes desse questionamento e os argumentos reconstruídos são apresentadas no Quadro 50.

Quadro 50 – Interações discursivas e o argumento reconstruído do episódio 07(B).

Turno	Interação Discursiva	Argumento Reconstruído
786	[Estudante 19] Daqui a 1000 anos alguém vai conseguir uma nave e conseguir chegar próxima a velocidade da luz e constatar que não vai ter como passar, deixa de ser, postulado e vira lei?	
787	[Professora] Não tem como você fazer um prova deste tipo, porque a maneira como o postulado é construído é algo que não dá, me fugiu a palavra, é algo que não é testado, não é falseável, não tem como. Entendeu? A única coisa é se você encontrar um resultado maior, porque senão você sempre fica pode ser que tem, pode ser que não tem, só que não é falseável.	Não tem como você fazer um prova deste tipo (Afirmação), porque a maneira como o postulado é construído é algo que não é testado, não é falseável, não tem como. A única coisa é se você encontrar um resultado maior, porque senão você sempre fica pode ser que tem, pode ser que não tem, só que não é falseável.(Defesa)
789	[Estudante 10] Ele é contestável, todo vez que você faz um experimento para verificar se a teoria está correta você está contestando, mas aí você pode contestar e verificar, não está certo. Então, nesse sentido, a Teoria da Relatividade é considerada a teoria mais confiável, porque é a que foi submetida a mais provas possíveis, né. Todo mundo tenta de algum jeito quebrar pra mostrar que tem falhas que não vai dar resultado. [Professor: tanto que a três anos atrás saiu uma notícia que tinha encontrado algumas partículas, que viajam com velocidades maior que a velocidade da luz, é eu vi isso mesmo, e os neutrinos, os caras lá.]	Um postulado é contestado toda vez que você faz um experimento para verificar se a teoria está correta (Afirmação). Mas aí você pode contestar e verificar, não está certo. Então, nesse sentido, a Teoria da Relatividade é considerada a teoria mais confiável, porque é a que foi submetida a mais provas possíveis. Todo mundo tenta de algum jeito quebrar pra mostrar que tem falhas que não vai dar resultado. (Defesa)

Legenda: (complemento do autor) e [Participante].

Fonte: Próprio Autor

No Quadro 49 temos dois argumentos reconstruídos cuja autora principal é a professora e abordaram o processo de construção do conhecimento científico.

Em síntese, nesse episódio, as interações discursivas foram centradas em torno do conceito de postulado e sua importância para a Teoria da Relatividade. Essa situação levanta duas hipóteses: (a) a primeira, epistemológica, por se tratar da estrutura central da TRR, no caso os postulados, os elementos dos argumentos são apresentados pela professora; (b) e outra, pedagógica, na qual os professores encaram a atividade como sistematização de conhecimento, logo estavam apresentados elementos já construídos pelos estudantes.

As ações que sucederam às discussões, entre os turnos 793 e 802, apresentam uma tendência para a hipótese pedagógica, pois a professora retoma um questionamento, realizado pelo estudante 01, no episódio 05, no turno 634, sobre o que aconteceria com o

espaço. As interações foram realizadas com o objetivo de esclarecer que o espaço também sofreria uma alteração, deixando de ser absoluto para ser relativo como o tempo, porém não seria uma dilatação, mas sim uma contração, destacando o experimento realizado com os múons.

Ao longo da seção, apresentamos a descrição do processo argumentativo com o objetivo de identificar e reconstruir os argumentos estabelecidos nas interações discursivas. Nesse processo, reconstruímos 17 argumentos que estavam relacionados à problemática do episódio e/ou à questão sobre a construção da teoria. No primeiro episódio (01), obtivemos três argumentos, sendo que dois eram compostos por afirmações sustentadas apenas por evidência, e um sustentado por evidência e raciocínio. No segundo episódio (02), reconstruímos quatro argumentos, contudo dois não respondiam diretamente ao problema, mas retornavam elementos de argumentos apresentados no episódio anterior. Desses argumentos, apenas um era composto por afirmação sustentado por evidência. No terceiro episódio (03), reconstruímos quatro argumentos, no quarto episódio (04), temos dois argumentos, no quinto (05), um, no sexto (06), um e, no sétimo (07), dois argumentos. Em todos, as afirmações eram sustentadas por evidências e raciocínio.

Ao analisar o processo argumentativo, constatamos que as ações dos professores foram fundamentais para o estabelecimento dos elementos que compõem o argumento durante as interações discursivas, uma vez que, ao fazer uso das funções argumentativas, os professores orientavam no estabelecimento de afirmações e/ou sua sustentação. Acerca dos elementos, podemos destacar que o raciocínio só esteve presente devido às interações dos professores, por meio das funções afirmando e justificando.

Na próxima seção, apresentaremos uma visão panorâmica do processo argumentativo empregado pelos professores e estudantes ao longo dos episódios de ensino.

9.3 O Processo Argumentativo nos Episódios de Ensino

Compreender o processo argumentativo foi essencial para reconstruirmos os argumentos e os analisarmos de acordo com o produto argumentativo, conforme a seção anterior. Com o objetivo de complementar essa análise, apresentaremos uma visão panorâmica das funções argumentativas que foram mobilizadas em cada episódio de ensino, identificando os responsáveis por elas.

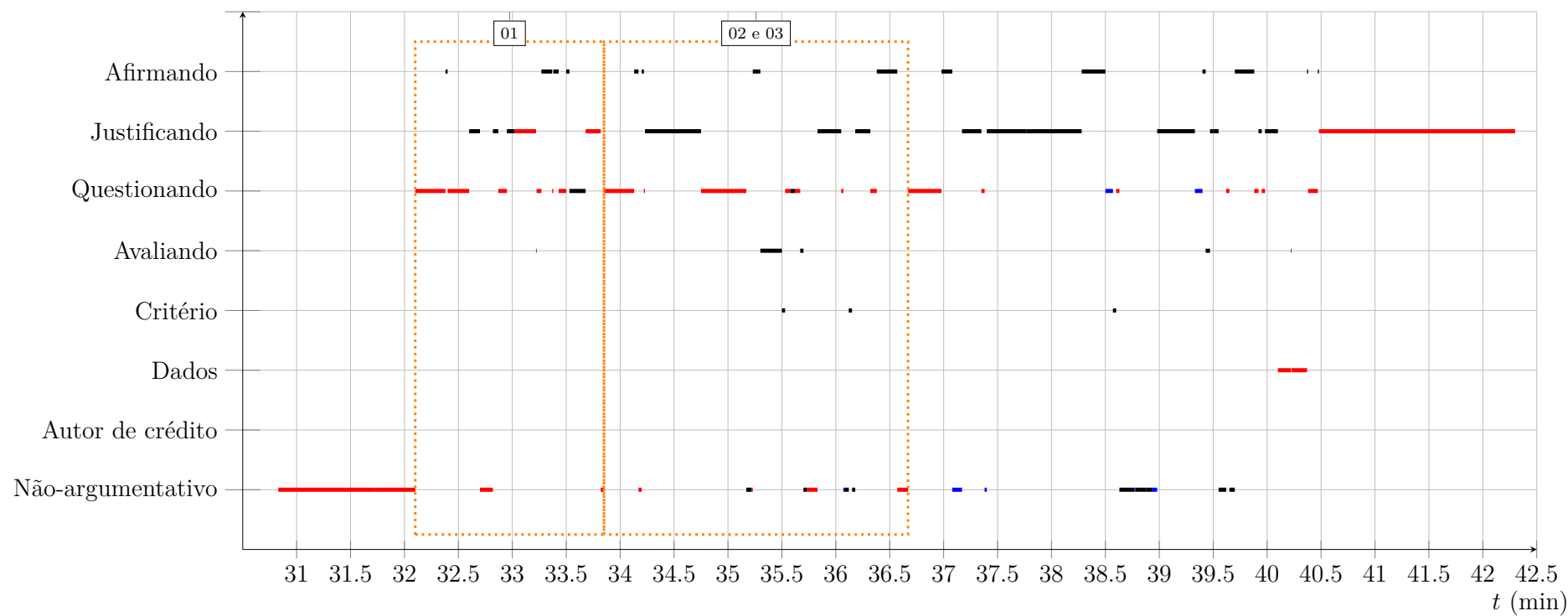
De posse do Quadro de Análise do Processo Argumentativo (Quadro 18), em que identificamos nas falas dos estudantes e professores as funções afirmando, justificando, questionando, avaliando, dados, critério, autor de crédito e não-argumentativo, organizamos uma representação gráfica, que nos possibilita acompanhar com as funções foram mobilizadas ao longo do tempo, e também criamos duas tabelas, em que apresentamos os percentuais globais dos episódios.

Na representação gráfica, o tempo, em minutos, está no eixo x, e as funções argumentativas, no eixo y. Com a análise dos gráficos, pudemos identificar a duração da função, devido ao tamanho das linhas, e quem foi o responsável por ela devido à cor da linha, além de acompanhar a evolução temporal do processo argumentativo.

As duas tabelas foram organizadas para representar a frequência, podendo-se contabilizar o número de vezes em que a função foi utilizada e a duração, totalizando o tempo em que cada função esteve presente. Em ambas, foram separadas as ações realizadas pelo professor, pela professora e pelos estudantes. Na sequência, serão apresentados os gráficos e as tabelas relacionadas a cada episódio. Essas tabelas são complementares, permitindo-nos olhar tanto para a frequência quanto para a duração das funções argumentativas.

O processo argumentativo do episódio 01, intitulado de “*Existe limite para a velocidade dos corpos?*”, foi organizado na Figura 8, que apresenta como as funções argumentativas foram mobilizadas ao longo do episódio, e na forma das Tabela 1 e Tabela 2. Na Figura 8, por meio de dois retângulos tracejados e nomeados de (01) e (02 e 03), destacamos os trechos utilizados para a reconstrução na sua forma final, a partir das interações apresentadas pelos estudantes e professores. Vale ressaltar que interações realizadas anteriormente podem interferir nos argumentos reconstruídos.

Figura 8 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 01



Legenda: As interações em vermelho foram realizadas pelo professor, em azul pela professora e em preto pelos estudantes.

Fonte: Próprio Autor

Conforme a Figura 8, o episódio se inicia com o professor realizando uma fala Não-Argumentativa, em que se apresentaram os objetivos da atividade, e se encerra com uma longa fala, categorizado como Justificando. Além disso, no primeiro trecho, relativo ao argumento 01, observamos a presença das funções Afirmando e Justificando por parte dos estudantes e, por parte do professor, as ações Justificando e Questionado. No trecho, relativo aos argumentos 02 e 03, o professor interage questionando os elementos apresentados pelos estudantes, que foram desde Afirmção a Justificativa. Por fim, as interações acontecem para solucionar o problema colocado entre os minutos 36,5 e 37,0.

Tabela 1 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 01.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	0	0,0	0	0,0	15	16,7	15	16,7
Justificando	3	3,3	0	0,0	14	15,6	17	18,9
Questionando	20	22,2	2	2,2	2	2,2	24	26,7
Avaliando	0	0,0	0	0,0	5	5,6	5	5,6
Dados	0	0,0	0	0,0	3	3,3	3	3,3
Critério	2	2,2	0	0,0	0	0,0	2	2,2
Autor de crédito	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não-argumentativo	8	8,9	6	6,7	10	11,1	24	26,7
Total	33	36,7	8	8,9	49	54,4	90	100,0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 2 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 01.

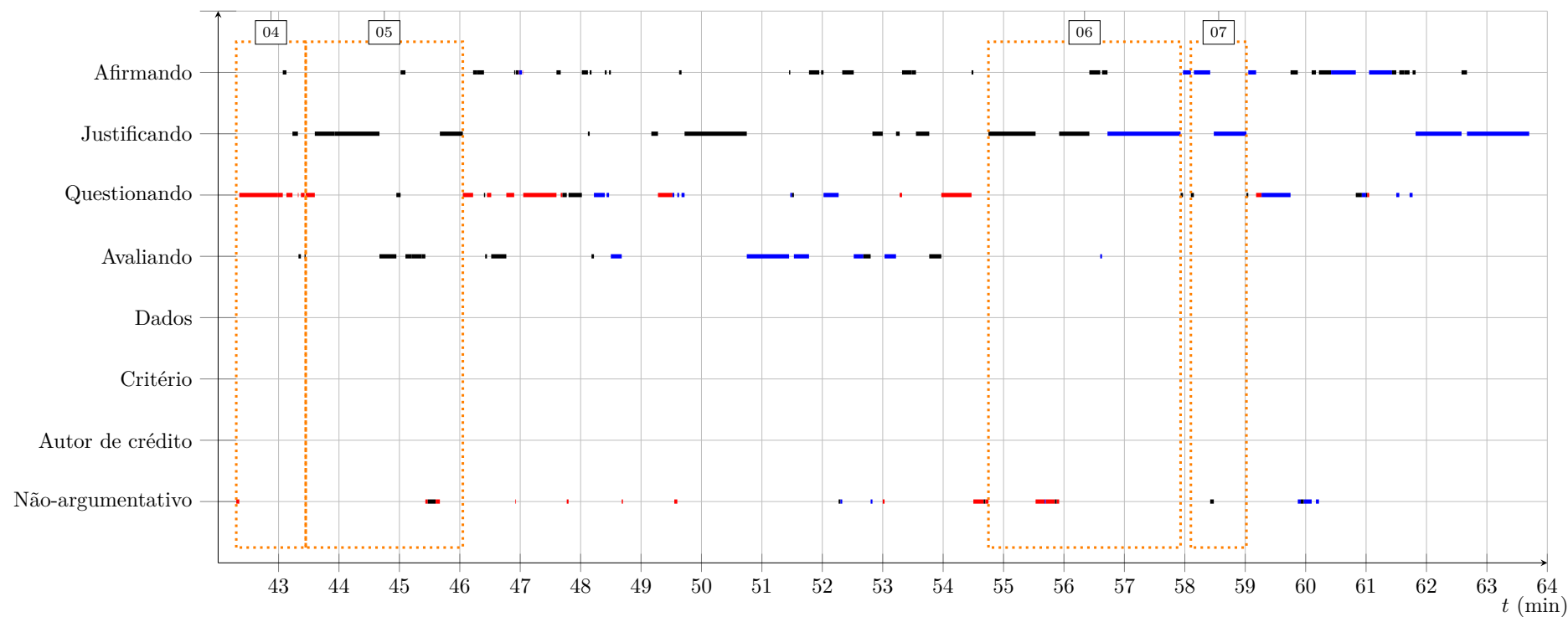
Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	00:00,00	0	00:00,00	0	01:02,96	9,2	01:02,96	9,2
Justificando	02:07,68	18,6	00:00,00	0	02:42,74	23,7	04:50,42	42,2
Questionando	02:13,26	19,4	00:07,28	1,1	00:11,66	1,7	02:32,20	22,1
Avaliando	00:00,00	0	00:00,00	0	00:16,72	2,4	00:16,72	2,4
Dados	00:00,00	0	00:00,00	0	00:05,70	0,8	00:05,70	0,8
Critério	00:15,00	2,2	00:00,00	0	00:00,00	0	00:15,00	2,2
Autor de crédito	00:00,00	0	00:00,00	0	00:00,00	0	00:00,00	0
Não-argumentativo	01:40,94	14,7	00:11,84	1,7	00:31,96	4,6	02:24,74	21
Total	06:16,88	54,8	00:19,12	2,8	04:51,74	42,4	11:27,74	100

Fonte: Próprio Autor

O episódio 01, conforme as Tabelas 1 e 2, foi composto por 90 turnos com duração de 11 minutos e 28 segundos. Desses, os estudantes realizaram 49 interações com duração de 4 minutos e 52 segundos, o professor foi responsável por 33 discursos, que ocorreram em 6 minutos e 17 segundos, e a professora realizou apenas 8 interações, que duraram 20 segundos. Além desses percentuais globais, entre outras informações, vale destacar que: (a) apenas uma interação da professora não foi categorizada como Não-Argumentativa; (b) o professor realizou 3 interações categorizadas como Justificando, que ocorreram durante 2 minutos e 8 segundos, que correspondem a 18,6% do tempo do episódio; (c) a maior parte das interações dos estudantes foram categorizadas como Afirmando e Justificando; (d) mais da metade das interações do professor foi categorizada como Questionando; e, (e) 26,4% do tempo das interações foram categorizados como Não-Argumentativo, ou seja, 74,6 % das interações estavam diretamente associadas à construção e avaliação do conhecimento.

O processo argumentativo do episódio 02, *“Dos postulados a construção da Ciência”*, foi organizado na Figura 9 e nas tabelas 3 e 4. Na Figura 9 vemos quatro retângulos tracejados, nomeados de 04, 05, 06 e 07, que correspondem aos trechos para a reconstrução dos argumentos.

Figura 9 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 02



Legenda: As interações em vermelho foram realizadas pelo professor, em azul pela professora e em preto pelos estudantes.

Fonte: Próprio Autor

Conforme a Figura 9, em torno do minuto 57, a professora modificou a natureza de suas interações, pois até aquele momento estava relacionada a questionar e avaliar as interações dos estudantes, passando a realizar diversas afirmações e justificativas, o que pode estar relacionado a uma mudança epistêmica, que será abordado no próximo capítulo.

Tabela 3 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 02.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	2	1,5	6	4,5	30	22,6	38	28,6
Justificando	0	0,0	4	3,0	12	9	16	12,0
Questionando	16	12,0	11	8,3	10	7,5	37	27,8
Avaliando	0	0,0	6	4,5	11	8,3	17	12,8
Dados	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Critério	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Autor de crédito	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não-argumentativo	13	9,8	6	4,5	6	4,5	25	18,8
Total	31	23,3	33	24,8	69	51,9	133	100,0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 4 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 02.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	00:02,10	0,2	01:16,64	6,1	02:21,24	11,3	03:39,98	17,6
Justificando	00:00,00	0,0	03:32,08	17,0	04:27,92	21,5	08:00,00	38,4
Questionando	02:53,84	13,9	01:13,94	5,9	00:38,87	3,1	04:46,52	22,9
Avaliando	00:00,00	0,0	01:31,04	7,3	01:18,36	6,3	02:49,40	13,6
Dados	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Critério	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Autor de crédito	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Não-argumentativo	00:51,68	4,1	00:19,40	1,6	00:21,48	1,7	01:32,56	7,4
Total	03:47,62	18,23	07:53,10	37,89	09:07,74	43,87	20:48,46	100,0

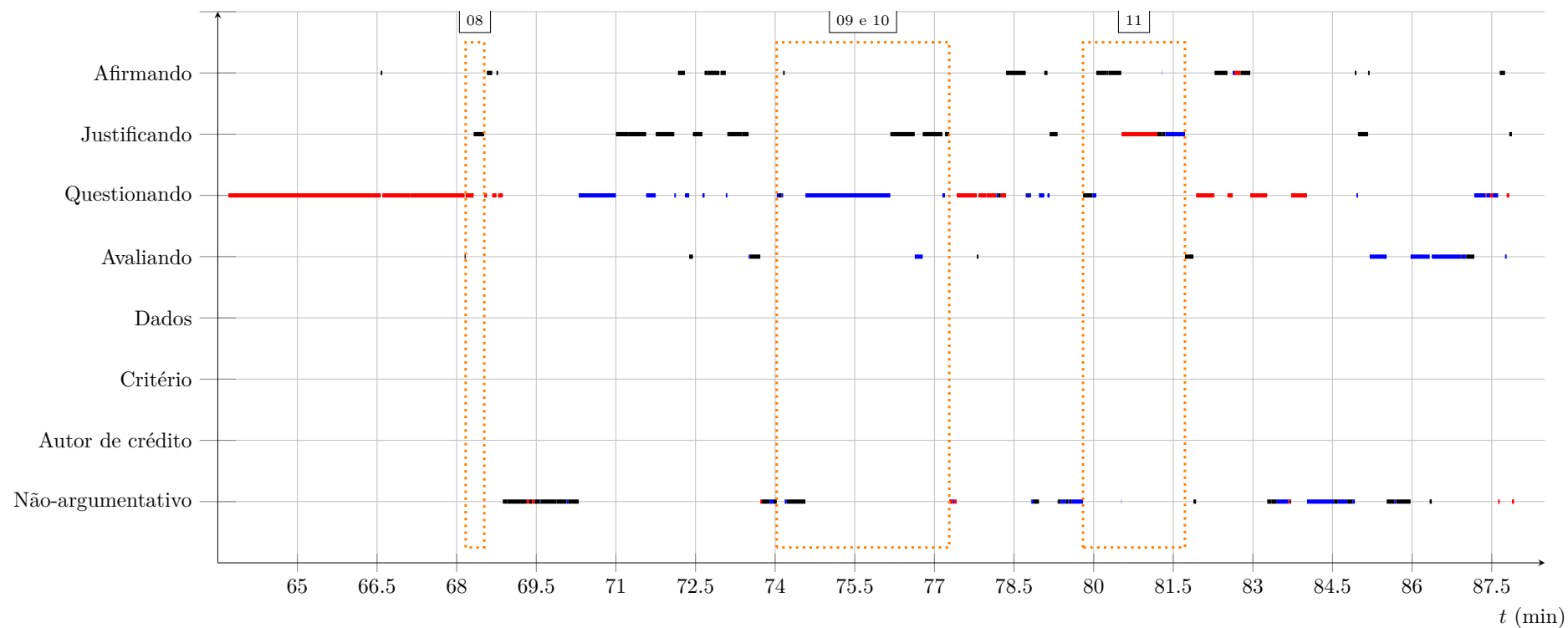
Fonte: Próprio Autor

De acordo com as tabelas 3 e 4, o episódio 02 é composto por 133 turnos com duração de 20 minutos e 48 segundos, em que o professor realizou 31 interações com duração de 3 minutos e 47 segundos. A professora foi responsável por 33 discursos, que ocorreram em 7 minutos e 53 segundos; e os estudantes por 69 interações, que duraram 9 minutos e 7 segundos. Além desses percentuais globais, entre outras informações, vale

destacar que: (a) 25 interações ou 1 minutos e 32 segundos, que correspondem a 7,4% do tempo, foram categorizadas como Não-Argumentativa; (b) a maior parte das interações dos estudantes foi categorizada como Afirmando e Justificando; (c) a professora realizou 4 interações categorizadas como Justificando, que em relação ao tempo correspondem à metade da categoria; e, (d) os discursos do professor foram realizados, em quase sua totalidade, como Questionando, e no início do episódio.

O processo argumentativo do episódio 03, “*Apenas uma Ficção?*”, foi organizado na Figura 10 e nas tabelas 5 e 6. Na Figura 10, por meio dos três retângulos tracejados, nomeados de 08, 09, 10 e 11, destacamos os trechos para a reconstrução na sua forma final, a partir das interações apresentadas pelos estudantes e professores.

Figura 10 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 03.



Legenda As interações em vermelho foram realizadas pelo professor, em azul pela professora e em preto pelos estudantes.

Fonte: Próprio Autor

Conforme a Figura 10, na reconstrução dos argumentos 08, 09 e 10, as ações dos professores se fizeram presentes por meio dos questionamentos que, conforme a seção 9.2, podem conter diversas afirmações, evidências e raciocínio de maneira explícita. O argumento 11, por sua vez, contou com a colaboração direta do professor, ao participar da função Justificando.

O episódio inicia-se com o professor realizando uma fala, na qual era apresentado o problema a ser solucionado. Na sequência, foram realizadas diversas interações Afirmando, Justificando e Questionando até o episódio final, com a professora e os estudantes avaliando elementos que estiveram em disputa.

Tabela 5 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 03.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	1	0,7	2	1,3	21	14,0	24	16,0
Justificando	1	0,7	1	0,7	16	10,7	18	12,0
Questionando	19	12,7	20	13,3	4	2,7	43	28,7
Avaliando	0	0,0	7	4,7	7	4,7	14	9,3
Dados	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Critério	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Autor de crédito	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não-argumentativo	8	5,3	18	12,0	25	16,7	51	34,0
Total	29	19,3	48	32,0	73	48,7	150	100,0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 6 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 03.

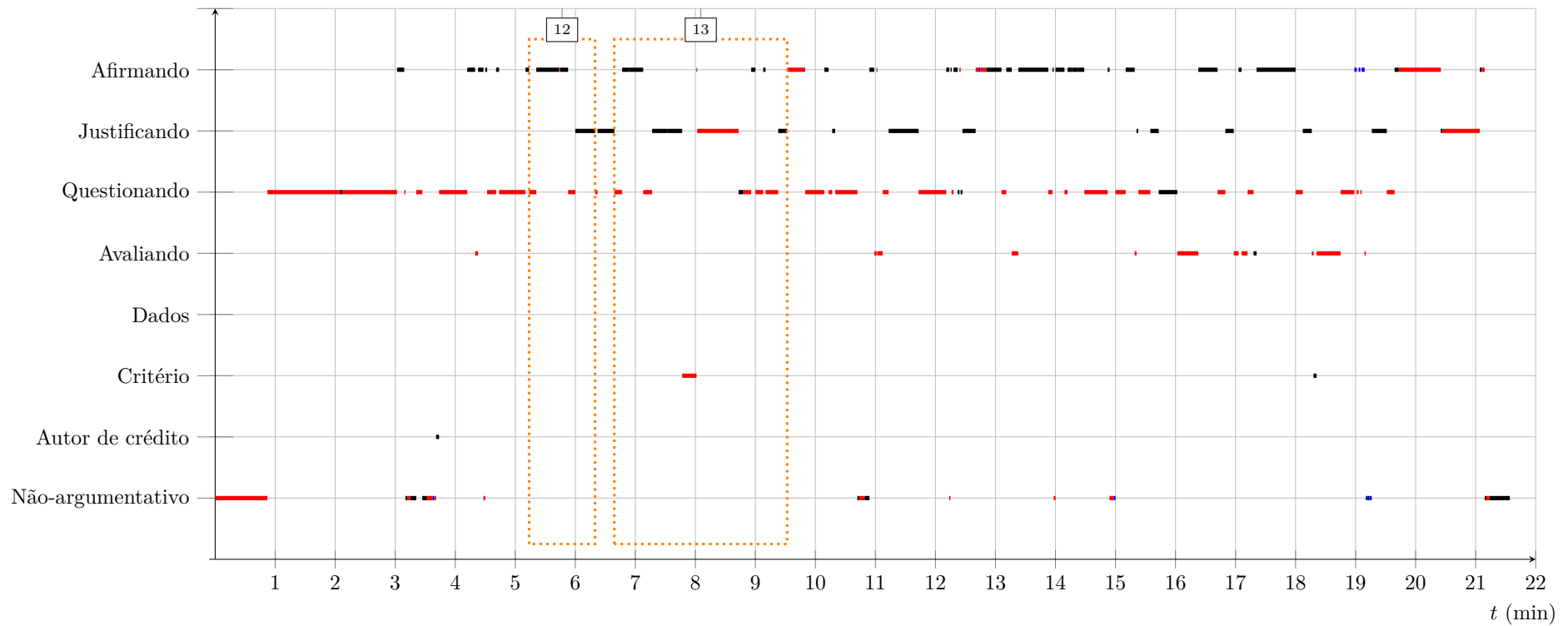
Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	00:06,62	0,5	00:02,52	0,2	02:12,56	9,1	02:21,70	9,8
Justificando	00:40,72	2,8	00:21,86	1,5	03:08,14	13,0	04:10,72	17,3
Questionando	06:47,98	28,1	03:28,78	14,4	00:17,66	1,2	10:34,42	43,7
Avaliando	00:00,00	0,0	01:30,96	6,3	00:38,26	2,6	02:09,22	8,9
Dados	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Critério	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Autor de crédito	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Não-argumentativo	00:20,00	1,4	01:35,66	6,6	02:59,30	12,4	04:54,96	20,3
Total	07:55,32	32,76	06:59,78	28,93	09:15,92	38,31	24:11,02	100,0

Fonte: Próprio Autor

Conforme as tabelas 5 e 6, o episódio 03 é composto por 150 turnos com duração de 24 minutos e 11 segundos, sendo que o professor realizou 29 turnos em 7 minutos e 55 segundos, a professora, 48 turnos em 6 minutos e 59 segundos; e os estudantes, 73 turnos em 9 minutos e 51 segundos. Ao analisar as tabelas, observamos que: (a) 51 turnos foram categorizados como Não-Argumentativo, correspondendo a 20,3% do tempo do episódio; (b) os questionamentos aconteceram em 42 turnos, ou seja, em 43% do tempo do episódio; (c) somando as funções Afirmando e Justificando, obtêm-se 42 turnos, que correspondem a 27,1% do tempo do episódio; e, (d) as interações dos professores, em quase sua totalidade, foram Questionando e Avaliando.

O processo argumentativo do episódio 04, “*Existe ou não dilatação no dia a dia?*”, foi organizado na Figura 11 e nas tabelas 7 e 8.

Figura 11 – Representação do Processo Argumentativo por meio das Funções Argumentativas do Episódio 04.



Legenda: As interações em vermelho foram realizadas pelo professor, em azul pela professora e em preto pelos estudantes.

Fonte: Próprio Autor

Tabela 7 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 04.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	7	5,1	4	2,9	34	24,8	45	32,8
Justificando	2	1,5	0	0,0	14	10,2	16	11,7
Questionando	34	24,8	0	0,0	5	3,6	39	28,5
Avaliando	11	8,0	0	0,0	1	0,7	12	8,8
Dados	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Critério	1	0,7	0	0,0	1	0,7	2	1,5
Autor de crédito	0	0,0	0	0,0	1	0,7	1	0,7
Não-argumentativo	10	7,3	4	2,9	8	5,8	22	16,1
Total	65	47,4	8	5,8	64	46,7	137	100,0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 8 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 04.

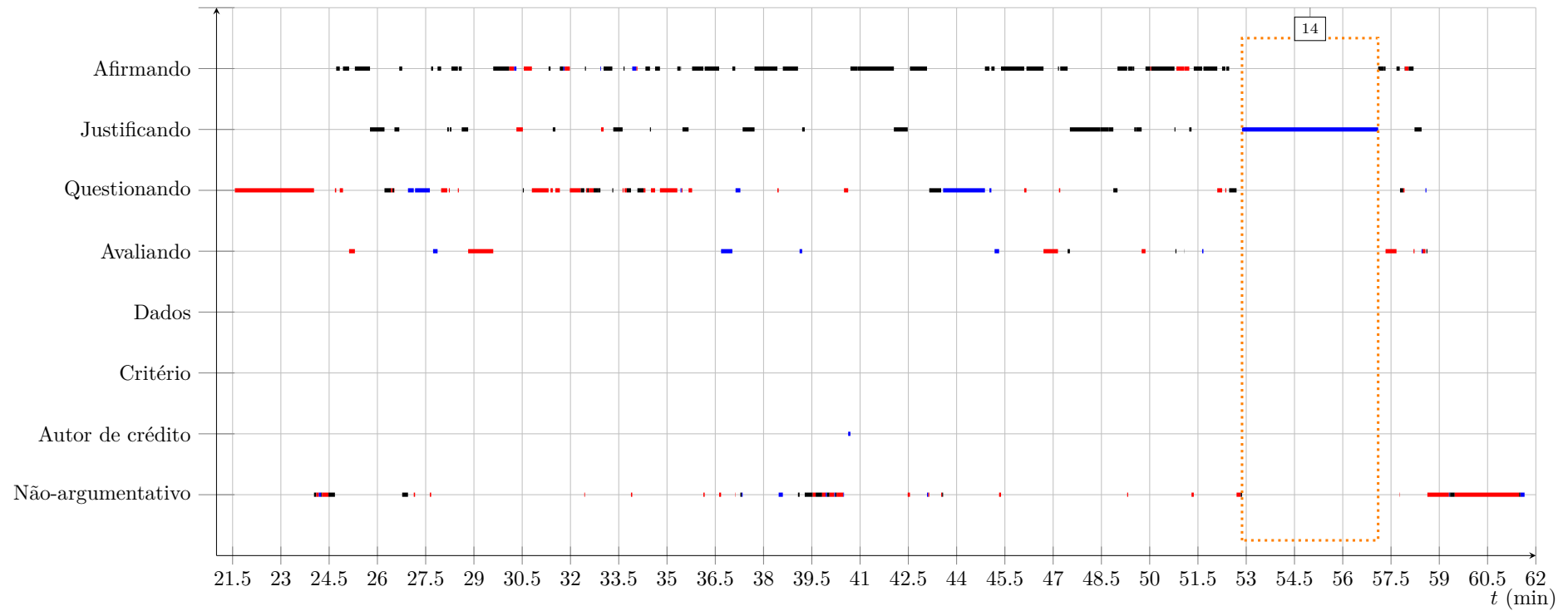
Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	01:13,96	5,7	00:08,20	0,6	04:21,84	20,3	05:44,00	26,6
Justificando	01:18,00	6,0	00:00,00	0,0	02:46,32	12,9	04:04,32	18,9
Questionando	07:23,04	34,2	00:00,00	0,0	00:29,92	2,3	07:52,96	36,6
Avaliando	01:18,40	6,1	00:00,00	0,0	00:03,46	0,3	01:21,86	6,3
Dados	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Critério	00:14,00	1,1	00:00,00	0,0	00:03,00	0,2	00:17,00	1,3
Autor de crédito	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:02,36	0,2	00:02,36	0,2
Não-argumentativo	01:19,64	6,2	00:08,00	0,6	00:43,46	3,4	02:11,10	10,1
Total	12:47,04	59,29	00:16,20	1,2	08:30,36	39,5	21:33,60	100,0

Fonte: Próprio Autor

De acordo com as tabelas 7 e 8, o episódio 04 foi realizado em 137 turnos com duração 21 minutos e 33 segundos, sendo o professor responsável por 65 turnos, que ocorram em 12 minutos e 47 segundos. A professora interagiu em 8 turnos, que duraram 16 segundos, e os estudantes, por 64 turnos, em 8 minutos e 30 segundos. Ao concatenar as tabelas, observamos que: (a) 22 turnos foram categorizados como Não-Argumentativo, correspondendo a 10,2% do tempo do episódio; (b) o professor foi responsável por quase a totalidade das funções Questionando e Avaliando; e, (c) quase 1/3 das interações Justificando e 1/5 das ações Afirmando foram realizadas pelo professor.

O processo argumentativo do episódio 05, “*Uma conversa relativística*”, foi organizado na Figura 12 e nas Tabelas 9 e 10. Na Figura 12, é destacado um retângulo, nomeado de 14, para representar os principais trechos na reconstrução do argumento.

Figura 12 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 05.



Legenda: As interações em vermelho foram realizadas pelo professor, em azul pela professora e em preto pelos estudantes.

Fonte: Próprio Autor

Como vimos na subseção 9.2.5, a situação-problema não estava clara para os estudantes no início do episódio, levando a eles e aos professores a interagirem com o objetivo de estabelecer um novo problema. Esse fato pode justificar as interações curtas dos envolvidos que aconteceram até o minuto 38, quando um questionamento era realizado e logo recebia uma fala identificada como afirmando ou justificando. Depois de estabelecida a nova situação-problema, observamos que as interações foram no sentido de estabelecer uma afirmação, buscando sustentá-la com justificativas em um processo repleto de questionamentos. No decorrer do episódio, vemos que os estudantes estavam engajados em apresentar possíveis respostas para os questionamentos que estavam sendo realizados. A professora apresenta o argumento, entre os minutos 53 e 57,5, ao estabelecer a última palavra e retomar as afirmações e justificativas apresentadas pelos estudantes ao longo do episódio.

Tabela 9 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 05.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	8	4	4	2	50	25	62	31
Justificando	2	1	1	0,5	20	10	23	11,5
Questionando	28	14	7	3,5	14	7	49	24,5
Avaliando	7	3,5	6	3	4	2	17	8,5
Dados	0	0	0	0	0	0	0	0
Critério	0	0	0	0	0	0	0	0
Autor de crédito	0	0	1	0,5	0	0	1	0,5
Não-argumentativo	24	12	9	4,5	15	7,5	48	24
Total	69	34,5	28	14	103	51,5	200	100

Fonte: Próprio Autor

Tabela 10 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 05.

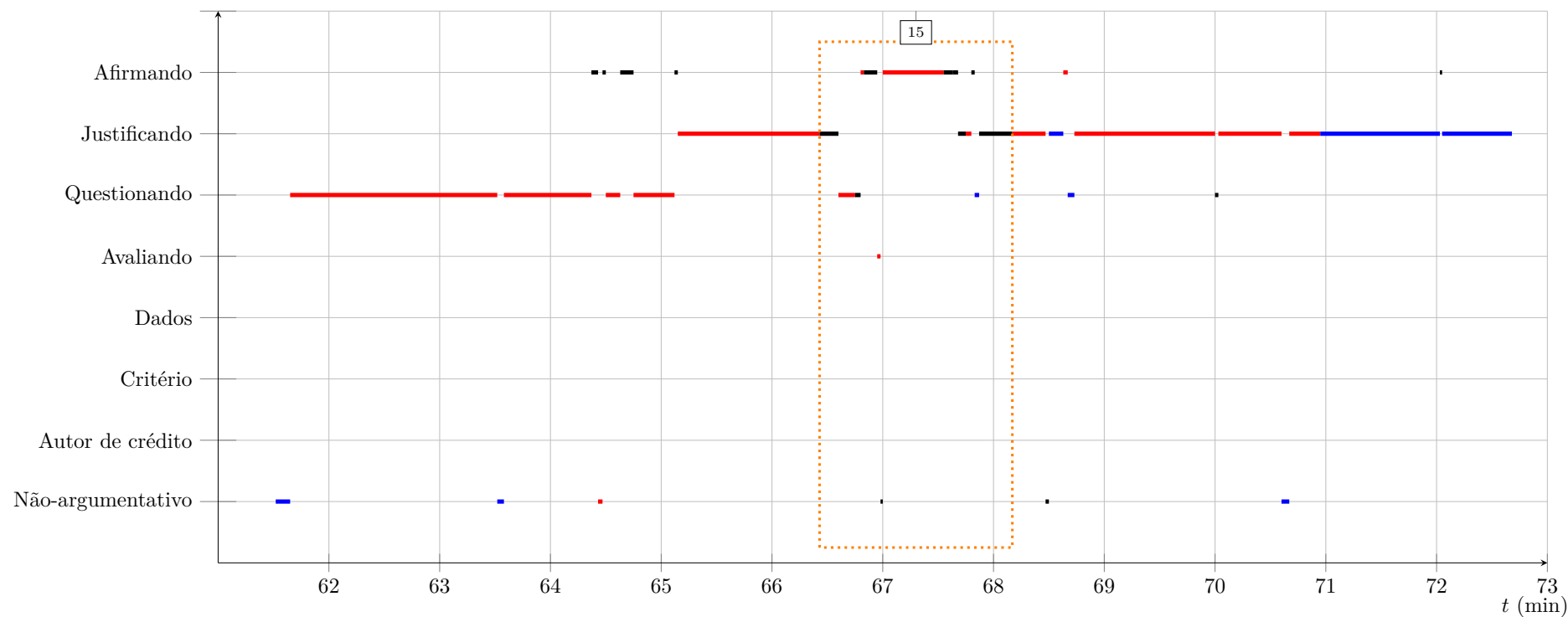
Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	01:08,90	2,9	00:14,50	0,6	11:07,27	27,7	12:30,67	31,2
Justificando	00:17,00	0,7	04:14,30	10,6	04:15,68	10,6	08:46,98	21,9
Questionando	05:37,53	14,0	02:14,28	5,6	01:51,53	4,6	09:43,34	24,3
Avaliando	01:59,27	5,0	00:45,50	1,9	00:08,83	0,4	02:53,60	7,2
Dados	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Critério	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Autor de crédito	00:00,00	0,0	00:04,02	0,2	00:00,00	0,0	00:04,02	0,2
Não-argumentativo	04:12,78	10,5	00:30,54	1,3	01:23,34	3,5	06:06,66	15,2
Total	13:15,48	33,07	08:03,14	20,09	18:46,65	46,84	40:05,27	100,0

Fonte: Próprio Autor

Conforme as Tabelas 9 e 10, observamos que o episódio 05 tem 200 turnos com duração de 40 minutos e 5 segundos. O professor foi responsável por 69 turnos, que ocorreram em 13 minutos e 15 segundos. A professora interagiu em 28 turnos em 8 minutos e 3 segundos; e os estudantes participaram de 103 turnos que totalizaram 18 minutos e 46 segundos. Em relação às tabelas, destacamos que: (a) 48 turnos foram categorizados como Não-Argumentativo, correspondendo a 15,2% do tempo do episódio; (b) a soma das ações categorizadas como Afirmando, Justificando e Questionando resultou em 134 turnos, que corresponderam a 77,5% do tempo do episódio; (c) esse foi o episódio de que os estudantes participaram com o maior número de interações categorizadas como Afirmando e Justificativas, que, somadas, resultam em mais de 15 minutos.

O processo argumentativo do episódio 06, “*Um resultado experimental*”, foi organizado na Figura 13 e nas Tabelas 11 e 12. Na Figura 13, é destacado um retângulo tracejado, nomeado de 15, para representar os principais trechos na reconstrução do argumento.

Figura 13 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 06.



Legenda: As interações em vermelho foram realizadas pelo professor, em azul pela professora e em preto pelos estudantes.

Fonte: Próprio Autor

Na tabela Figura 13, vemos que quase a totalidade das interações identificadas como questionando foi realizada pelos professores, além de serem os responsáveis por boa parte das interações categorizadas como Afirmando e Justificando.

Tabela 11 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 06.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	3	7,5	0	0,0	9	22,5	12	30,0
Justificando	6	15,0	3	7,5	3	7,5	12	30,0
Questionando	5	12,5	2	5,0	2	5,0	9	22,5
Avaliando	1	2,5	0	0,0	0	0,0	1	2,5
Dados	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Critério	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Autor de crédito	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não-argumentativo	1	2,5	3	7,5	2	5,0	6	15,0
Total	16	40,0	8	20,0	16	40,0	40	100,0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 12 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 06.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	00:37,09	5,5	00:00,00	0,0	00:32,85	4,9	01:09,94	10,4
Justificando	03:44,94	33,6	01:51,35	16,6	00:32,52	4,9	06:08,81	55,1
Questionando	03:18,30	29,6	00:05,30	0,8	00:04,50	0,7	03:28,10	31,1
Avaliando	00:02,00	0,3	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:02,00	0,3
Dados	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Critério	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Autor de crédito	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Não-argumentativo	00:02,00	0,3	00:15,45	2,3	00:03,40	0,5	00:20,85	3,1
Total	07:44,33	69,3	02:12,10	19,7	01:13,27	11,0	11:09,70	100,0

Fonte: Próprio Autor

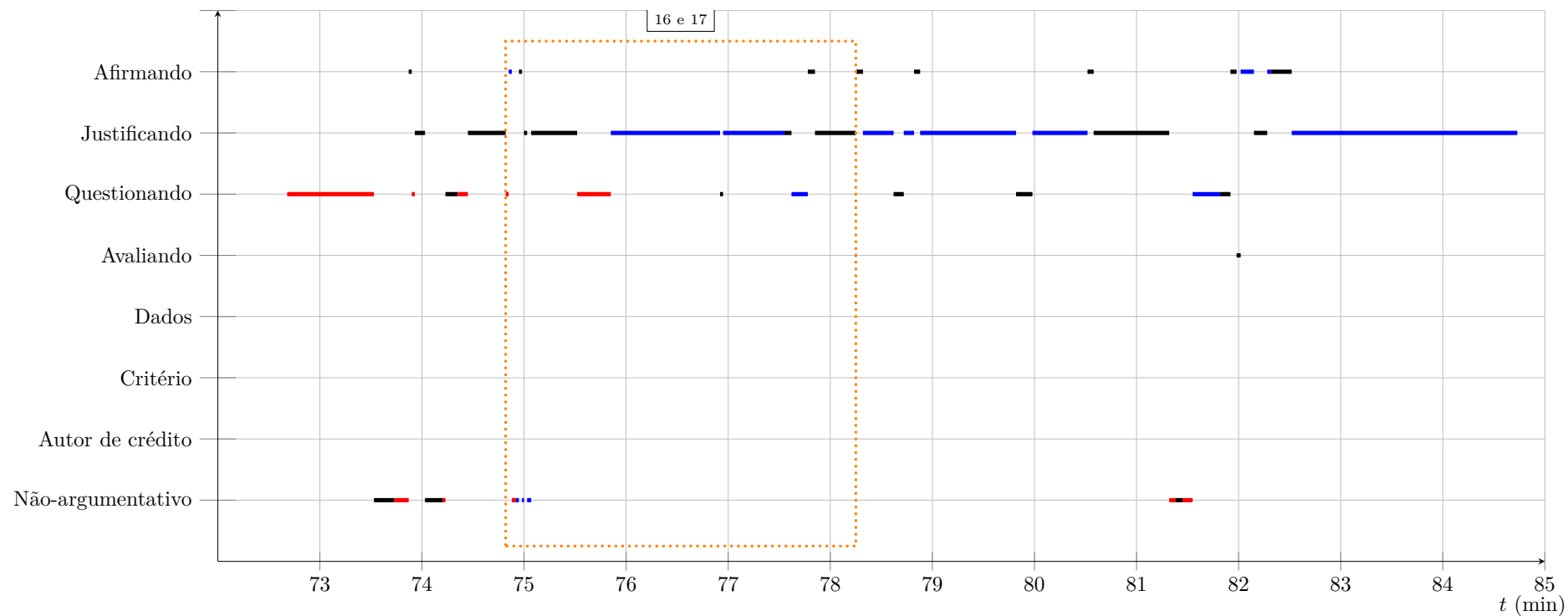
De acordo com as Tabelas 11 e 12, o episódio 06 é composto por 40 turnos com duração de 11 minutos e 9 segundos. O professor realizou 16 turnos em 7 minutos e 44 segundos, a professora realizou 8 interações com duração de 2 minutos e 12 segundos; e os estudantes participaram de 16 turnos, que correspondem a 1 minuto e 13 segundos. Baseados nas tabelas podemos destacar que: (a) 6 interações foram categorizadas como Não-Argumentativas, correspondendo a 3,1% do tempo do episódio, o menor percentual

entre os episódios; (b) os estudantes apresentaram o menor percentual de interação no episódio; (c) os professores foram os maiores responsáveis pelas interações categorizadas como Afirmando, Justificando e Questionando; e, (d) é o episódio com o menor percentual de funções categorizadas como Afirmando, com apenas 10,4% do tempo.

Nesse episódio, não podemos nem identificar as interações como Iniciação-Resposta-Avaliação (MORTIMER; SCOTT, 2002), pois os professores realizaram interações identificadas como questionamento e, na sequência, em boa parte do tempo, eram os responsáveis pelas respostas por meio de ações consideradas como Afirmando e Justificando. Essa situação nos leva a crer que os professores concentraram boa parte do caráter epistêmico no processo de ensino e aprendizagem.

O processo argumentativo do episódio 07, “*Nunca viajamos na velocidade da luz!!!*”, foi organizado na Figura 14 e nas Tabelas 13 e 14. Na Figura 14, por meio de um retângulo tracejado nomeado de 16 e 17, destacamos os trechos para a reconstrução na sua forma final, a partir das interações apresentadas pelos estudantes e professores.

Figura 14 – Funções argumentativas mobilizadas no episódio 07.



Legenda As interações em vermelho foram realizadas pelo professor, em azul pela professora e em preto pelos estudantes.

Fonte: Próprio Autor

De acordo com a Figura 14, temos um predomínio das funções Justificando e Questionando, realizadas em sua maioria pela professora. No trecho utilizado nos argumentos, constatamos que na maior parte do tempo estiveram presentes justificativas realizadas pela professora e pelos estudantes, visto que o questionamento em questão era composto por uma afirmativa que necessitava ser sustentada.

Tabela 13 – Frequência das Funções Argumentativas do Episódio 07.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	0	0,0	3	5,8	9	17,3	12	23,1
Justificando	0	0,0	7	13,5	8	15,4	15	28,8
Questionando	5	9,6	2	3,8	5	9,6	12	23,1
Avaliando	0	0,0	1	1,9	1	1,9	2	3,8
Dados	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Critério	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Autor de crédito	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Não-argumentativo	5	9,6	3	5,8	3	5,8	11	21,2
Total	10	19,2	16	30,8	26	50,0	52	100,0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 14 – Duração das Funções Argumentativas do Episódio 07.

Função	Prof.	%	Profa.	%	Est.	%	Total	%
Afirmando	00:00,00	0,0	00:12,00	1,7	00:36,00	5,0	00:48,00	6,6
Justificando	00:00,00	0,0	05:44,86	47,7	02:16,20	18,8	08:01,06	66,5
Questionando	01:21,25	11,3	00:26,00	3,6	00:31,03	4,3	02:18,28	19,1
Avaliando	00:00,00	0,0	00:00,40	0,1	00:02,00	0,3	00:02,40	0,3
Dados	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Critério	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Autor de crédito	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0	00:00,00	0,0
Não-argumentativo	00:22,00	3,0	00:05,30	0,7	00:26,00	3,6	00:53,30	7,4
Total	01:43,25	14,3%	06:28,56	53,7	03:51,23	32,0	12:03,04	100,0

Fonte: Próprio Autor

Conforme as Tabelas 13 e 14, observamos que o episódio é composto por 52 turnos com duração de 12 minutos e 3 segundos. Desses, o professor realizou 10 turnos em 1 minuto e 43 segundos, a professora, 16, que duraram 6 minutos e 28 segundos, e os estudantes, 26 turnos, com 3 minutos e 51 segundos de duração. Baseados nas tabelas, podemos destacar

que: (a) 12 turnos foram categorizados como Não-Argumentativo, correspondendo a 10,1% do tempo; (b) 66,5% do tempo do episódio consiste em discursos categorizados como Justificando, sendo a professora responsável por 47,7 % deles; e, (c) 6,6% do tempo foram categorizados com Afirmando.

Além das análises individuais apresentadas ao longo da seção, vemos que a participação dos estudantes varia de um episódio para o outro. Nos episódios 01, 02 e 05, as interações discursivas deles correspondem, respectivamente, a 42,4%, 43,87% e 46,84% do tempo de cada episódio. Suas participações nos episódios 03, 04, 07 representam 38,31%, 39,5%, 32% do tempo. E o episódio 06 teve a menor contribuição dos estudantes com apenas 11,0% do tempo das interações discursivas. Na Tabela 15, organizamos os percentuais, em relação à duração do episódio, de cada função dos episódios de ensino.

Tabela 15 – Percentual em relação à duração ao tempo das Funções argumentativas.

Funções	01	02	03	04	05	06	07
Afirmando	9,2%	17,6%	9,8%	26,6%	31,2%	10,4%	6,6%
Justificando	42,2%	38,4%	17,3%	18,9%	21,9%	55,1%	66,5%
Questionando	22,1%	22,9%	43,7%	36,6%	24,3%	31,1%	19,1%
Avaliando	2,4%	13,6%	8,9%	6,3%	7,2%	0,3%	0,3%
Dados	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Critério	2,2%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Autor de crédito	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%
Não-argumentativo	21,0%	7,4%	20,3%	10,1%	15,2%	3,1%	7,4%

Fonte: Próprio Autor.

Quando comparamos as interações argumentativas com as não argumentativas (Tabela 15), observamos que 21% e 20,3% do tempo dos episódios 01 e 03 foram identificadas como não argumentativa. Nos episódios 02, 04 e 05, esse número representa 12,7%, 10,1% e 15,2% do tempo. Vemos os menores percentuais e interações identificados como não argumentativos, nos episódios 06 e 07 com 3,1% e 7,4% do tempo.

Com a análise dos episódios de ensino, observamos que as funções Dados, Critério e Autor de crédito foram identificadas pouquíssimas vezes nas interações discursivas e não totalizaram nem 5% das funções argumentativas presentes nos episódios de ensino.

O fato de se identificar poucas falas como Dados (função argumentativa) não significa que nas interações e nos argumentos reconstruídos os dados (evidência) não

estivessem presentes, porém não foram apresentados isoladamente, mas em conjunto com as funções Afirmando, Justificando e Questionando.

A baixa frequência da função Autor de crédito esteve relacionada à maneira como o processo argumentativo foi conduzido pelos professores, que não nomeavam diretamente os autores das afirmações e apenas partiam delas em suas explicações. Contudo, vimos no decorrer dos episódios, na maior parte do tempo, que os estudantes eram incentivados a participar da solução da situação-problema em questão.

A função Critério esteve presente apenas nos episódios 01 e 04. Observamos ao longo da sequência que os argumentos não foram avaliados diretamente, um motivo foi a construção coletiva. Entretanto, em algumas situações, vimos que os elementos que compuseram os argumentos reconstruídos foram confrontados, não diretamente, mas como uma possibilidade que era acatada ou não nas interações seguintes. Essa situação demonstra a necessidade de o professor perceber a sutileza e questionar os motivos para abandonar uma afirmação ou justificativa para aceitar a outra, fazendo que os estudantes percebam as discussões epistemológicas no processo argumentativo.

Nos episódios 06 e 07, vemos que quase todas as funções argumentativas foram mobilizadas pelos professores, além de haver episódios com as menores interações dos estudantes quando comparados com os demais. Além disso, houve os menores percentuais da função Não-argumentativa. Em tais episódios vemos estabelecimento da questão problema e os professores interagem no sentido de apresentar uma resposta, não abrindo espaço para a construção por parte dos estudantes.

Com a análise dos processos argumentativos, por meio das funções argumentativas, temos alguns indícios que os estudantes estavam envolvidos nas interações discursivas e consequentemente em práticas epistêmicas, pois nas tabelas de duração 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 vemos os estudantes, primordialmente, empenhados nas funções afirmando e justificando. Como vimos anteriormente, afirmar e justificar são elementos centrais para um argumento. Contudo, não observamos os estudantes realizando críticas ou avaliações das afirmações e justificativas, que estão relacionadas a função avaliando. Nos episódios, os principais responsáveis pela função avaliando era a professora e o professor. Vale destacar que o envolvimento em críticas é elemento central para o processo argumentativo e as práticas epistêmicas.

Na próxima seção abordaremos como os processos e produtos argumentativos se relacionam com os conteúdos discutidos.

9.4 Os argumentos e os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita

No decorrer do capítulo detalhamos como os dados compuseram o *corpus* da análise, na seção 9.1. Na sequência, abordamos os argumentos reconstruídos e o contexto em que emergiram nos episódios de ensino. Na seção 9.2 e na seção anterior, apresentamos uma visão panorâmica das funções argumentativas nos episódios. Nesta seção, revisitamos os argumentos reconstruídos na seção 9.2 com o objetivo de compreender como a teoria foi empregada pelos participantes nos elementos que compuseram os argumentos.

Com a análise posterior dos argumentos reconstruídos, vemos que os conceitos e exemplos, segundo a Teoria da Relatividade Restrita, estiveram presentes com três propósitos teóricos distintos, que intitularemos de natureza teórica, sendo: (a) *Sustentar a Teoria* (ST), em que os conceitos e exemplos foram mobilizados com o objetivo de defender elementos teóricos; (b) *Utilizar a Teoria* (UT), em que os conceitos e exemplos eram utilizados para explicar e justificar a situação-problema; e (c) *Articular a Teoria* (AT), na qual os conceitos e exemplos eram articulados com o objetivo de persuasão para o convencimento dos pares.

A primeira orientação que utilizamos para identificar a natureza teórica nos episódios foram as problemáticas centrais, que desencadearam nas interações discursivas. Nos episódios 01, 02 e 07, temos situações-problema em que os conceitos tinham como natureza teórica a sustentação e articulação da teoria. Os episódios 03, 04, 05 e 06, por sua vez, eram voltados para aplicação e articulação. Contudo, essas naturezas teóricas podem ser influenciadas pelas interações discursivas que aconteceram ao longo dos episódios.

Isso posto, com os argumentos reconstruídos durante a seção 9.2, organizamos o Quadro 51. Nele, gostaríamos de destacar dois argumentos: o primeiro, o argumento 02, foi refutado ao longo episódio 01; e o segundo, o argumento 05, porque não estava diretamente relacionado à problemática em disputa no episódio.

Quadro 51 – Argumentos Reconstruídos no decorrer da seção 9.2.

Ep.	Cod.	Argumento
	1	O aluno B é o correto (Afirmação) porque a velocidade vai chegar num ponto . . . máximo que não vai aumentar mais e o limite é a velocidade da luz (Evidência). Não o estudante A (Refutação) porque no gráfico A não tem limite, aumentando a energia cinética com o aumento da velocidade (Evidência).
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
	2	<i>Para convencer o aluno A, poderia construir a equação da atividade VI (Afirmção) em que a velocidade nunca chegaria a velocidade da luz, que no caso da teoria clássica seria $V_A + V_B$ e na relatividade seria $[V_A + V_B / (1 + V_A \cdot V_B / c^2)]$ (Evidência). Acredito que só com experimentação mesmo (Afirmção), porque mostrado a fórmula ele vai querer saber de onde que chegou aquela fórmula (Evidência). Entendeu, é para chegar naquela fórmula foi necessário ... fazer um experimento (Raciocínio).</i>
	3	Para convencer o aluno A, poderia fazer o experimento que a gente viu em exercício da bolinha dentro da caixa, que é um experimento mental (Afirmção), mostrando que a velocidade da luz ela é constante e você não consegue ultrapassá-la (Evidência).
02	4	O aluno B é o correto (Afirmção) porque a velocidade da luz é constante e independente do referencial (Evidência).
	5	<i>O aluno B poderia utilizar o experimento da bolinha, que é um experimento mental (Afirmção). Porque se a bolinha crescentasse a velocidade da caixa você veria a bolinha primeira antes do vidro quebrando (Evidência). Se a luz não fosse a velocidade limite, ela iria se adiantar no tempo. Assim, você veria a bolinha antes do vidro quebra (Evidência). Porque somaria com a velocidade da caixa e ela seria mais rápida do que a velocidade da luz e isso seria errado (Raciocínio).</i>
	6	O postulado não tem uma prova (Afirmção), quando se estabelece o postulado que a velocidade da luz é absoluta, isso é uma afirmativa, é um postulado (Evidência). Quando você faz os experimentos, o experimento mental ou este que a gente está falando da bolinha ... ou mesmo o experimento que vocês fizeram da velocidade limite para a curva de energia. Então tem vários tipos de experimentos, quando você faz esses experimentos eles estão pondo em cheque o postulado. Viola ou não viola o postulado? (Raciocínio)
	7	A velocidade da luz como limite é um postulado (Afirmção) o que tem é não tem violação deste postulado (Evidência). Postulado você não prova, se não ele deixa de ser um postulado. Um postulado é uma afirmativa. O que você faz é mostrar que ele não ... nunca foi violado. Então isso por enquanto é uma afirmativa válida. Esta afirmativa embasa uma teoria. A teoria é construída a partir dessa afirmativa (Raciocínio).
03	8	O correto é o cientista A (Afirmção) porque o tempo não é absoluto em nenhuma hipótese, não só quando é na velocidade da Luz (Evidência) devido ao segundo postulado (raciocínio)
	9	Para convencer o outro cientista que o tempo não é absoluto, depende, se ele já acredita que a velocidade da luz é constante (Afirmção) Aí você coloca naquela fórmula da velocidade, velocidade é igual distância sobre o tempo. Se a velocidade é absoluta, então a distância e o tempo não são mais (Evidência). Porque se variar, sem mudar a velocidade da luz, então os dois têm que ser relativos, para a velocidade da luz ser constante. (Raciocínio).
	10	Para convencer o outro cientista que o tempo não é absoluto (Afirmção) poderia o realizar o experimento que fizeram, colocando um relógio atômico de césio, um na terra e outros dois relógios no avião que andam rapidamente dando diferença entre os relógios (Evidência) porque o tempo não é absoluto, ele é relativo de acordo com a velocidade (Raciocínio).
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
	11	Ao chegar na Terra o tripulante da nave não seria os efeitos de aceleração no tempo (Afirmção), pois todos os átomos vão ficar mais lentos, até o próprio pulsar dos átomos vai ficar mais lento(Evidência). Dentro da nave o tempo passa do mesmo jeito. Então o sujeito que está viajando. Para ele, o tempo é o está marcando no relógio dele, não existe outra contagem de tempo (Raciocínio)
04	12	Não se observa a dilatação do dia a dia (Afirmção) porque ela é tão pequena que não dá para perceberam (Evidência). Ela realmente existe como foi demonstrado no experimento dos caças, que os caças forame tal com relógios diferentes. Existe, mas são nanossegundos é muito pouca coisa (Raciocínio)
	13	Para se observar a dilatação temporal no dia a dia (Afirmção) tem que ter uma diferença de velocidade entre cada observador e não vivemos em uma realidade com altas velocidades (Evidência) Tipo se tiver uma diferença muito grande entre um referencial e outro você consegue, dependendo dessa diferença, observar com mais facilidade ou menos facilidade essa dilatação. Sendo difícil perceber a dilatação do tempo, porque eles precisam de uma velocidade quase a velocidade da luz pra perceber realmente a dilatação do tempo. (Raciocínio)
05	14	Então, na verdade não vai ter distorção da conversa ela será normal porque a conversa é transmitido na velocidade da luz e ela vai ser sempre transmitida na velocidade da luz, independe dos referenciais(Evidência). Então, se eu estou pensando que o sinal que está sendo transmitido é um sinal por onda eletromagnética, independente de eu estar parado ou está em uma nave na velocidade, velocidade muito alta, este sinal está sendo transmitido e a velocidade que eu vou observar é a velocidade da luz, então ele não depende disso. Só que o tempo dessa conversa é que vai depender, se por exemplo, se eu estou na nave e eu estou conversando, sei lá, 5 minutos, pra mim, esses cinco minutos não são as mesmas coisas pro cara que está na Terra. Pro cara que ficou na Terra, estes 5 minutos viram outra coisa (Raciocínio).
06	15	O cientista correto poderia convencê-lo mostrando que se o tempo fosse absoluto não haveria diferença de nanossegundos dos relógios(Afirmção). Porque se um atrasou 53 e o outro atrasou 250 não é isso.Não haveria essa diferença, porque se o tempo fosse absoluto isso seria tudo igual (Evidência). Se o experimento for repetido várias vezes, o tempo não vai bater os mesmos segundos, porque, vai ter variação da velocidade, porém se em todos os ciclos em todos os experimentos que eles fizer der a diferença a gente vai comprovar, que está certo, se ele fizer isso várias vezes (Raciocínio).
07	16	Não é possível realizar comprovação experimental direta de um postulado (Afirmção). Eu posso provar isso porque eu observei esse resultado em outras coisas que tem a velocidade próxima à da luz. . . Não tem como você falar por experiência própria e sim por que você observa outra coisa . . . igual aquele acelerador da atividade(Evidência). A teoria foi construída a partir dos postulados e postulado não se prova, mas eu estou usando estes postulados para construir uma teoria, e a teoria eu verifico (Raciocínio).
continua para próxima página		

continuação da página anterior		
17		Não é possível realizar comprovação experimental direta de um postulado (Afirmção). Por exemplo, vocês acabaram de discutir o experimento do avião, que é um experimento real, e mostra valores diferentes marcados por relógios que inicialmente marcavam o mesmo tempo, ou seja, o fato de os relógios terem viajado com velocidades relativas alterou o tempo marcado. Porque tinha um relógio de comparação e este relógio ficou parado na Terra e os outros dois saíram em viagem um pra cada direção. As velocidades relativas destes caras que foram viajar, em relação ao referencial que estava na Terra fixo, foram diferentes. Lembra que a equação que vocês usaram, a equação relativísticas para as velocidades têm um fator no numerador que tem um v_1 mais v_2 e isso vai ser v_1 menos v_2 dependendo destes sentidos, isso é velocidade relativa relativista. Se os caras andam assim (representado sentido iguais) ou assim (representado sentidos opostos) (Evidência). Então, eu tenho um resultado experimental, foi feito, refeito, feito e refeito e eu encontrei valores diferentes, estes valores eles podem ser obtidos, usando a equação. Eu posso fazer aquela conta porque eu sei as velocidades e posso botar lá para fazer a conta, e eu vou obter aquele valor dos tempos quanto vai ser diferente o tempo marcado nos referenciais aqui e cá. (Raciocínio)

Fonte: Próprio Autor.

Para otimizar a apresentação dos dados a cada nível de complexidade, foi atribuído um peso, sendo o maior peso associado a argumento mais complexo. Os níveis e os pesos para a complexidade do produto argumentativo reproduzimos no Quadro 52.

Quadro 52 – Produto Argumentativo, os níveis de complexidade e seus respectivos pesos.

Componentes do Argumento		Conteúdo do Argumento
Defendendo afirmação	Afirmação Contrária	Coerência Interna
Afirmações são defendidas (1)	Afirmações contrárias não são refutadas (1)	Componente (ou seja, evidência, raciocínio, refutação) é apropriado (1)
Afirmações defendidas com evidência (2)	Afirmações contrárias não são refutadas (2)	O componente (isto é, evidência, raciocínio, refutação) é apropriado e suficiente (2)
Afirmações são defendidas com evidência e raciocínio (3)		

Fonte: Tradução e Adaptação de Berland e McNeill (2010, p. xx, nossa tradução).

Na Tabela 16, organizamos as relações dos argumentos, bem como seus propósitos teóricos, os autores das principais contribuições para os elementos do argumento e sua complexidade.

Tabela 16 – Estrutura de análise dos Produtos Argumentativos.

Propósitos Teóricos	Cod.	Epi.	Contribuintes			Produto Argumentativo		
			Af.	Ev.	Ra.	(a)	(b)	(c)
Sustentar a Teoria	1	01	E	P,E		2	1	1
	4	02	E	P,E		2	0	1
	6	02	P	P	P	3	0	2
	7	02	E	E	P,E	3	0	2
	8	03	E	E	P,E	3	0	2
	16	07	E	E	P	3	0	2
	17	07	P	P	P	3	0	2
Articular a Teoria	2	01	A, E	E		2	2	1
	3	01	A, E	E		2	0	1
	5	02	A, E	E	E	3	1	1
	9	03	A, E	E	E	3	2	2
	10	03	A	E	E	3	0	2
Utilizar a Teoria	11	03	A	E	P	3	0	2
	12	04	A	E	E	3	0	2
	13	04	A	E	E	3	2	2
	14	05	P	P	P	3	0	2
	15	06	A,E	E	P	3	0	2

Legenda: as alíneas (a), (b) e (c) representam as categorias defendendo afirmação, afirmação contrária e coerência interna respectivamente; os elementos Af., Ev. e Ra. representa a afirmação, evidência e o raciocínio. Para os contribuintes empregamos os seguintes códigos: (i) “A” quando a afirmação era explícita no questionamento; (ii) “E” quando foi realizado pelos estudantes; (iii) “P” para os professores; e, (iv) a possibilidade de uma ação conjunto utilizamos os dois códigos e a ordem está relacionada ao primeiro propositos.

Fonte: Próprio Autor

Com a análise das contribuições dos envolvidos para os elementos do argumento, presente na Tabela 16, constatamos que todos os elementos dos argumentos 6, 14 e 17, que correspondem a 17,7% do total, foram realizados pelos professores. Em relação ao propósito teórico, vemos que os argumentos 6 e 17 buscavam sustentar a teoria e o argumento 14, a utilizar a teoria. Os argumentos 5, 9, 10, 12 e 13, que correspondem a 29,5%, foram realizados pelos estudantes e em todos existiam afirmações explícitas nos questionamentos, e três desses argumentos estavam associadas a articular a teoria, e dois a utilizar a teoria. Por sua vez, os argumentos 1, 2, 3 e 4, que correspondem a 23,5%, não estiveram presentes os raciocínios dos argumentos e os estudantes contribuíram com as evidências. Os demais argumentos, que correspondem a 35,2%, foram realizados pelos professores e estudantes.

Acerca das evidências que compõem os argumentos, observamos que doze (70,5%) foram apresentadas pelos estudantes, três (17,7%), pelos professores, e dois (11,8%),

pelos professores e corroboradas pelos estudantes. Dos raciocínios, seis (46,2%) foram apresentados pelos professores, cinco (38,4%), pelos estudantes, e dois (15,4%), pelos professores, e corroboradas explicitamente pelos estudantes.

Todos os argumentos possuem complexidades elevadas, pois, em alguma medida, estabeleceram a última palavra nas interações discursivas. Sobre a categoria defendendo afirmação, representada pela (a) na Tabela 16, vemos dois argumentos com complexidade de nível 2 e três com nível 3, que possuem como propósito teórico articular a teoria; dois argumentos têm nível 2 e cinco com nível 3, com o propósito de sustentar a teoria; e, por fim, com o propósito de utilizar a teoria, todos os argumentos apresentaram nível 3. Em relação à coerência interna (representado pela letra (c) na tabela), três estão no nível 1, e dois, no nível 2, ao articular a teoria; dois no nível 1, e cinco no nível 2, ao sustentar a teoria; e, ao utilizar a teoria, todos estiveram no nível 2.

No decorrer da seção 9.2, vemos que as ações dos professores se diferenciaram durante os episódios, de acordo com o processo argumentativo. Com a análise da Tabela 16, temos indícios que ações dos professores estavam relacionadas ao propósito teórico em cada argumento, pois quando os argumentos estavam relacionados a sustentar a teoria, como, por exemplo, nos casos em que se abordavam os postulados, o professor contribuiu de maneira central nos raciocínios. Em algumas situações foi o responsável por realizar funções como Afirmando e Justificando, como ocorreram nos episódios 06 e 07 [ver Figuras 13 e 14]. Por mais que os estudantes apresentassem a evidência, nesse propósito teórico, eles não apresentaram como a evidência e a afirmação se relacionavam.

Nos argumentos relacionados a articular a teoria, com exceção dos argumentos 2 e 3, vemos que todos os elementos tiveram participação dos estudantes, que demonstraram como a evidência e a afirmação se relacionam por meio do raciocínio. Essa situação nos leva a acreditar que os estudantes articularam elementos da teoria e exemplos ao participar do processo de persuasão, em que foi solicitado que explicassem como iram convencer quem pensava diferente, no convencimento dos pares. Em relação a utilizar a teoria, observamos que apenas nos argumentos 12 e 13 os estudantes conseguiram apresentar todos os elementos do argumento, e nos demais os papéis foram divididas pelos participantes.

Essas análises nos levam às seguintes hipóteses não excludentes: (a) os estudantes não compreenderam os elementos que compõem o argumento, logo não poderiam apresentá-los; e, (b) os estudantes não compreenderam totalmente a teoria, ou seja, eles a utilizam

para responder a problemas e outras situações, mas não conseguem articular a teoria para defendê-la.

Acreditamos que a hipótese que se encontra na alínea (a) pode ter contribuído para não articulação da teoria para defendê-la, visto que aos estudantes não foi apresentada a estrutura do argumento, nem os elementos que o compõem. Contudo, ao longo da sequência de ensino, por meio das atividades, aos estudantes era solicitado que elaborassem situações para persuadir o outro lado, a outra afirmação, e defender suas afirmações. Apesar da importância da alínea (a), há indícios para defender a segunda alínea (b), pois nos argumentos de natureza teórica, de Articular e Utilizar a teoria, existem raciocínios realizados ou corroborados pelos estudantes, conforme aponta a Tabela 16. Assim, os estudantes, ao propor e articular a teoria para explicar situações-problema expõem raciocínio, em alguma medida.

No próximo capítulo, analisaremos os movimentos epistêmicos e as práticas epistêmicas mobilizadas pelos professores e estudantes nos episódios de ensino.

10 Práticas e Movimentos Epistêmicos nos episódios de ensino

Dando continuidade às análises e resultados, neste capítulo apresentaremos as práticas epistêmicas e os movimentos epistêmicos que foram mobilizados pelos estudantes e professores ao longo dos episódios de ensino. O capítulo é composto por três seções, uma para cada instância social. Na seção 10.1, temos como foco detalhar o instrumento utilizado para analisar as práticas epistêmicas, presente na seção 8.2. Na seção 10.2, abordaremos as práticas e movimentos epistêmicos identificados nos episódios de ensino. Por fim, na seção 10.3, realizamos uma síntese dos aspectos epistêmicos, destacando a relação entre os movimentos epistêmicos dos professores e as práticas epistêmicas dos estudantes.

10.1 *As Práticas Epistêmicas: Definições e exemplos*

Na subseção 8.2.1, no Quadro 16, organizamos um conjunto de práticas epistêmicas que compõem o instrumento de análise, que será detalhado ao longo de três subseções. Em cada subseção, apresentaremos as definições das práticas epistêmicas específicas, que orientaram nas análises dos episódios de ensino. Concordamos com Araújo (2008) e Lima-Tavares (2009) que algumas práticas só podem ser compreendidas no contexto em que emergiram. Assim, com o objetivo de minimizar a perda de contexto apresentaremos fragmentos dos episódios para exemplificar as práticas.

10.1.1 Produção de Sentido

As práticas epistêmicas relacionadas a esta instância consistem em situações, no contexto da sala de aula, nas quais os estudantes interagem buscando compreender e se apropriar de conceitos, exemplos e situações problemas a fim de produzir sentidos e significados de acordo com a Física Moderna e Contemporânea, em especial da Teoria da Relatividade Restrita. Essa instância é composta por duas práticas epistêmicas gerais, “Articular os próprios saberes” e “Dar sentido aos padrões de dados”, e por três práticas específicas, sendo elas:

1 – **Utilizar ideias, conceitos para construir novas compreensões:** prática relacionada à interação discursiva em que os estudantes utilizam ideias e conceitos, seja da

Física Clássica ou da Física Moderna e Contemporânea, para compreender a situação em disputa.

2 – **Construir significados**: prática mobilizada quando os estudantes realizam questionamentos ou exemplificações para construir o significado acerca da situação em disputa.

No Quadro 53, apresentamos um pequeno fragmento do Episódio 03 para exemplificar essa e outras práticas epistêmicas.

Quadro 53 – Exemplos de Prática Epistêmicas presente no Episódio 03.

Turno	Participante	Discurso	Prática Epistêmica
315	Estudante 08	Só uma dúvida, tem algum perigo da pessoa que estiver dentro da nave ser afetada fisicamente, ou seja, envelhecer rapidamente?	Construir significados
316	Professora	Envelhecer?	
317	Estudante 10	Quando ela voltar para a Terra colocar o pé ...	Construir significados
318	Estudante 08	Tipo assim, ela sofre os em 66 anos em um dia. Na Terra passou um dia e na nave passou 66 anos.	Construir significados
319	Estudante 10	Eu penso que na saída da nave.	Construir significados
320	Estudante 08	Tipo assim suponha que você está na nave e vai no banheiro, na velocidade da luz você ir no banheiro já passou 20 anos. Entendeu!	Construir significados
322	Professor	Sim, sim. Eu entendi o que você quis dizer. Ele perguntou o seguinte. É uma perspectiva fisiológica. Porque também está associado aquela ideia. A contagem de tempo que nos temos na Terra. A pessoa se for contar tempo, datas, ciclos cronológicos, o cara que está na nave, o cara quando voltar se passaram 66 anos da data que ele nasceu. Só que a contagem do tempo não vai parar. Mas os efeitos fisiológicos que não serão os mesmos.	
323	Estudante 10	Na verdade todos os átomos eles vão ficar mais lentos.	Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico
324	Professora	É.	

continua para próxima página

continuação da página anterior			
325	Estudante 10	Até o próprio pulsar dos átomos vai ficar mais lento.	Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico

Fonte: Próprio Autor

3 – **Dar sentido às situações propostas:** prática que consiste em interações em que o estudante busca compreender e se apropriar de situações estudadas.

No Quadro 54, apresentamos um pequeno fragmento do Episódio 04 para exemplificar essa e outras práticas epistêmicas.

Quadro 54 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 04

Turno	Participante	Discurso	Práticas Epistêmicas
389	Professor	Não é, e agora vou fazer a pergunta para Estudante 13 aqui. Depois de estudar a dilatação temporal, porque que eu ... por que motivo eu não observo a dilatação temporal no dia a dia? Por quê eu não observo? Porque aqui tem quatro respostas, não estou nem falando de que tem uma aqui que seja mais correta do que a outra. Que seja errada nada ou não. Só trouxe as respostas de vocês pra a gente analisar ...	
390	Estudante 13	Primeiro eu acho que ... eu acredito que muita gente não sabe o que é dilatação do tempo. Aí pega a primeira coisa que a pessoa não ia conseguir ...	Dar sentido às situações propostas
391	Professor	... entendi, ela não conhece o que seria a dilatação do tempo.	
392	Estudante 13	Porque eu também não conhecia, aí como que eu vou observar isso no dia a dia, né?	Dar sentido às situações propostas
393	Professor	Pode falar.	
394	Estudante 13	Mas segundo é porque é muito difícil.	Dar sentido às situações propostas

Fonte: Próprio Autor

10.1.2 Comunicação do Conhecimento

As práticas epistêmicas organizadas nesta instância estão relacionadas a interações discursivas que ocorreram como o objetivo de socializar interpretações acerca da Física Moderna e Contemporânea. Contudo, a divisão entre produção e comunicação é problemática, conforme aponta o estudo de Araújo (2008, p. 88), que pautado em Vygostky, destaca que a linguagem é uma forma de pensamento verbal. Logo, “*ao comunicar estamos, de certa forma, trabalhando os significados das palavras e utilizando um gênero determinado para fazê-lo*” (ARAÚJO, 2008, p. 88). Como a autora, manteremos essa divisão devido à coerência com a literatura.

A instância de Comunicação é composta por uma prática epistêmica geral, “Socializar interpretações”, divididas em quatro práticas específicas, sendo elas:

4 – **Explicitar o próprio saber:** prática relacionada às interações discursivas em que os estudantes expõem ou se posicionam frente a uma situação proposta com o objetivo de socializar seu próprio saber.

5 – **Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção:** prática mobilizada quando o estudante expõe de forma explícita suas ideias e o processo de sua produção ou apenas elucida o processo de produção, se possível elencando os elementos fundamentais para a compreensão e apropriação do modelo explicativo, como uso de situações problemas, conceitos e exemplos.

No Quadro 55, apresentamos um pequeno fragmento do Episódio 04 para exemplificar essas e outras práticas epistêmicas.

Quadro 55 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 04.

Turno	Participante	Discurso	Práticas Epistêmicas
399	Professor	Alguém? Por que motivo eu não consigo observar a dilatação temporal no dia a dia?	
400	Estudante 02	O meu grupo usou um exemplo, não um exemplo bom, mas que todo mundo conseguiu compreender porque que a gente não conseguia ver a dilatação. A gente usou o exemplo do sinal ... você está aqui e se vai querer conversar com alguém no Japão que demora o sinal para ir tá ligado? Que é muito pequeno de ir só que tem uma diferença de tempo.	Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção
401	Professor	Um delay.	
continua para próxima página			

continuação da página anterior			
402	Estudante 02	É. Aí nós usamos tipo essa diferença. Tipo que a dilatação ela existe no nosso dia a dia só que é tão pequena, é tão pouca coisa que tipo, não dá para perceber.	Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção
403	Professor	Tá e aí você está falando que então: Existe uma dilatação do tempo quando eu transmito uma informação de um ponto pra outro?	
404	Estudante 02	Não, foi o exemplo que nós usamos, não exatamente pra isso, mas foi pra gente entender que existe a dilatação, ela existe realmente até por causa do negócio do caça lá que nós tínhamos lido também, que os caças foram e tal com relógios diferentes. Existe, mas é tipo, nanossegundo.	Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção
407	Professor	Mas tem alguma, algumas condições pra você observar essa dilatação, não? Ou eu estou aqui agora e o tempo tá dilatando? Simplesmente isso.	
408	Estudante 12	Tem que ter velocidade no meio. Ou uma força gravitacional grande. Na minha opinião. Tem que ter um referencial.	Explicitar o próprio saber
409	Estudante 08	Tem que ter uma diferença de velocidade entre cada observador. Tipo se tiver uma diferença muito grande entre um referencial e outro você consegue, dependendo dessa diferença você consegue observar com mais facilidade ou menos facilidade essa dilatação.	Explicitar o próprio saber

Fonte: Próprio Autor

6 – **Negociar explicações:** prática associada à interação discursiva em que o estudante busca o convencimento, o processo de persuasão para o estabelecer uma explicação e/ou processo de co-construção de sentidos (pensar juntos).

No Quadro 56, apresentamos um pequeno fragmento do Episódio 01 para exemplificar essa e outras práticas epistêmicas.

Quadro 56 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 01.

Turno	Participante	Discuso	Práticas Epistêmicas
031	Estudante 02	Eu acho muito difícil você convencer alguém mostrado uma fórmula.	Negociar explicações.
continua para próxima página			

continuação da página anterior			
032	Estudante 14	Ainda mais que estas fórmulas dão o mesmo resultado.	Negociar explicações.
033	Estudante 10	É ... Eu penso que só com experimentação mesmo, porque mostrado a fórmula ele vai quer saber de onde que chegou aquela fórmula. Entendeu, é para chegar naquela fórmula foi necessário ... fazer um experimento..	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros
034	Estudante 14	Ontem foi provado que as duas fórmulas chegam nos mesmos resultados.	Construir significados
035	Professor	Chega no mesmo resultado? Professora: As duas fórmulas chegam no mesmo resultado? .	
036	Estudante 14	Não dava bem aproximado?	Construir significados
037	Professor	Aproximado é a mesma coisa?	
038	Alguns alunos	Não.	Construir significados

Fonte: Próprio Autor

7 – Utilizar exemplos, analogias e metáforas: prática relacionada a situação em que os estudantes utilizam exemplos, analogias ou metáforas para explicar situações propostas.

No Quadro 57, apresentamos fragmentos do Episódio 07 para exemplificar essa e outras práticas epistêmicas.

Quadro 57 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 07.

Turno	Participante	Discurso	Práticas Epistêmicas
664	Estudante 15	Ali no exemplo está falando que é uma velocidade muito alta, mas fala que é menor do que a luz, então pode ser qualquer velocidade.	Explicitar o próprio saber
665	Professor	Muito alta, menor que a da luz.	
continua para próxima página			

continuação da página anterior			
666	Estudante 15	É, imaginei tipo assim. Um... dois pontos. Um A e um B. O A é uma pessoa a pé com destino de ir a uma lanchonete, por exemplo. E uma pessoa com um carro com destino de ir a essa lanchonete também. A pessoa que está de carro... ela tem 10 minutos no percurso e a pessoa que está de a pé, ela vai demorar 10 minutos só para chegar na lanchonete. A que está de carro vai, demorar 5, vai dar tempo dela chegar na lanchonete comer uma cozinha, e tipo assim, voltar no meio do caminho, por exemplo. Então a pessoa que está de carro ela esticou o tempo dela, o tempo dela dá para mais coisa do que a pessoa que está de a pé. Entendeu?	Utilizar exemplos, analogias e metáforas

Fonte: Próprio Autor

10.1.3 Avaliação do Conhecimento

As práticas epistêmicas organizadas nesta instância estão relacionadas as interações discursivas em que os estudantes avaliam as situações propostas no sentido de corroborá-los ou de contrastá-los. Essa instância é composta por duas práticas epistêmicas gerais, “Coordenar modelo teórico e situações propostas” e “Contrastar as conclusões (próprias ou de outros) com evidências, analisando a plausibilidade do modelo teórico”, divididas em seis práticas específicas, sendo elas:

8 – **Distinguir evidências de previsão teóricas:** prática relacionada a interação discursiva em que os estudantes apresentam a diferença entre evidência e previsão teórica e/ou utilizam previsões teóricas para sustentar avaliação.

9 – **Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico:** prática relacionada à interação discursiva em que o estudante utilizam novas situações com o objetivo de avaliar a compreensão do modelo teórico (ver exemplo no Quadro 53).

10 – **Avaliar novas situações utilizando o modelo teórico:** prática associada às interações discursivas em que os estudantes abordam elementos teóricos para avaliar uma situação colocada.

11 – **Justificar suas próprias conclusões:** prática relacionada às interações em que os estudantes fundamentam ou complementam situações propostas como o objetivo de justificá-las.

No Quadro 58, apresentamos um pequeno fragmento do Episódio 03 para exemplificar essa e outras práticas epistêmicas.

Quadro 58 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 03.

Turno	Participante	Discurso	Prática Epistêmica
279	Professora	Lembra que a gente está discutindo a situação da viagem interestelar. A galera saiu numa nave foi lá na estrela, que está a 33 anos-luz da Terra. Foi e voltou. Pro tempo da Terra, então está supondo que a viagem foi feita com uma velocidade muito próxima à velocidade da luz. Então para quem ficou na Terra. Vamos voltar aqui. Os caras antes de sair sincronizaram lá um relógio. E um relógio fica na Terra e o outro vai fazer a viagem. Quando volta o relógio da Terra marcou 66 anos. 33 anos para ida e 33 para a volta então marcou 66 anos. O relógio que está dentro da nave não marcou 66 anos, marcou um dia. A grande maioria marcou lá falou que sim é plausível. Certo! Com que dados eu justifico que é uma situação plausível?	
280	Estudante 05	No caso se a pessoa já acredita que a velocidade da luz é constante, constante não absoluta. Aí você coloca naquela fórmula da velocidade. Velocidade é igual distância sobre o tempo. Se a velocidade é absoluta, então a distância e o tempo não são mais. Porque se variar mudaria a velocidade da luz então os dois têm que ser relativos, para a velocidade da luz ser constante.	Justificar suas próprias conclusões
281	Professora	Então aí você está partindo do fato do cara saber que a velocidade ... do cara já conhecer o postulado e estar convencido do postulado.	
282	Estudante 10	No caso ali, o nosso grupo chegou a conclusão por questão do experimento que fizeram colocaram um relógio atômico de césio, um na terra e outro no avião, dois relógios na terra e dois no avião que foi andar rapidamente e deu diferença e ...	Justificar suas próprias conclusões
283	Professora	Comprovando que ...	
284	Estudante 10	O tempo não é absoluto. Ele é relativo de acordo com a velocidade.	Justificar suas próprias conclusões

Fonte: Próprio Autor

12 – Criticar de forma fundamentada conclusões de outros: prática relacionada às interações discursivas em que os estudantes contrariam exemplos, analogias, metáforas, argumentos e explicações realizadas pelos colegas.

No Quadro 59, apresentamos um pequeno fragmento do Episódio 07 para exemplificar essa e outras práticas epistêmicas.

Quadro 59 – Exemplo de Prática Epistêmica presente no Episódio 07.

Turno	Participante	Discurso	Prática Epistêmica
762	Professor	Você quer provar um postulado?	
763	Professora	Postulado não se prova, senão não	
766	Estudante 14	Agora do postulado, eu parei. Não tem que provar nada.	Dar sentido às situações propostas
769	Professora	Fala Estudante 08.	
770	Estudante 08	É tipo assim, ao invés pegar é provar por experimentos, puro, tipo assim, eu posso falar isso não porque eu fui, eu posso provar isso porque eu observei esse resultado em outras coisas que tem a velocidade próxima à da luz, eu acho é mais isso. Não tem como você falar por experiência própria e sim por que você observa outra coisa que eu queria. É Professora: Então igual aquele acelerador da atividade.	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros

Fonte: Próprio Autor

13 – Utilizar o modelo para identificar situações plausíveis ou não: prática relacionada às interações discursivas em que os estudantes utilizam modelos teóricos para avaliar novas situações.

Nosso instrumento de análise é composto por 13 práticas epistêmicas específicas, porém nem todas estiveram presentes nos episódios analisados. Na próxima seção apresentaremos visão panorâmica das práticas epistêmicas e dos movimentos epistêmicos mobilizadas pelos estudantes e professores ao longo de cada episódio de ensino.

10.2 Práticas e Movimentos Epistêmicos nos Episódios de Ensino

Diversas práticas e movimentos epistêmicos foram mobilizados pelos estudantes e professores ao solucionar as situações-problema dos episódios. Com o objetivo de identificá-los, cada interação discursiva foi analisada de acordo com os movimentos epistêmicos dos

professores, presente na seção 8.2, e as práticas epistêmicas dos estudantes, definidas e exemplificadas na seção anterior.

Com as interações discursivas transcritas, construímos o Quadro de Análise dos Aspectos Epistêmicos, exemplificado no Quadro 60, em que destacamos o turno da fala, o início e o término, o participante, a sua fala e os aspectos epistêmicos (práticas epistêmicas e movimentos epistêmicos) que foram identificados depois de diversas leituras e releituras dos dados.

No Quadro 60 apresentamos um fragmento do Episódio 01, composto pelo turno 022 ao 051, no qual os estudantes avaliam como o aluno que está correto poderia convencer o outro, que corresponde a alínea (c) da situação-problema, apresentada na seção 9.2.1.

Quadro 60 – Fragmento do Quadro de Análise dos Aspectos Epistêmicos do Episódio 01.

Turno	Início	Fim	Participante	Fala	Prática Epistêmica	Movimento Epistêmico
22	33:51,41	34:07,71	Professor	... O que o aluno que está correto poderia fazer para convencer o outro aluno? (Todos os estudantes ouvem atentamente a explanação do Professor e alguns riem visto que essa dinâmica esteve presente nas atividades em grupo)		Elaboração
23	34:07,71	34:09,71	Estudante 10	Experimentação.	Explicitar o próprio saber	
24	34:09,71	34:11,71	Professor	Experimentação?		Compreensão
25	34:11,71	34:13,09	Estudante 06	Construir aquela equação, daquela atividade ...	Explicitar o próprio saber	
26	34:13,09	34:14,43	Professor	... Por quê?		Compreensão
27	34:14,43	34:44,61	Estudante 06	Construí aquela equação da atividade, que no caso a velocidade nunca chegaria, que no caso da teoria clássica seria $VA+VB$ e na relatividade seria $(VA+VB)/(1 + VA.VB/c^2)$. No caso, apresentando esta equação ele entenderia que seria daquele jeito (O aluno faz alguns gestos com as mãos escrevendo a equação no ar).	Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção	
28	34:44,61	35:10,23	Professor	Então se eu apresentar a equação [que teria um limite da velocidade] ... Oh, que o Estudante 06 falou é o seguinte, eu vou pegar a equação e mostrar esta equação para o aluno A. Visto esta equação, o aluno automaticamente vai começar a perceber que a velocidade ela tem ... atinge velocidade limite como o B falou. Alguém concorda com ele? Alguém discorda da percepção dele?		Compreensão
29	35:10,23	35:13,33	Estudante 02	Eu acho muito difícil {inaudível} (Diversos alunos começam a falar ao mesmo tempo)	Negociar explicações.	
30	35:13,33	35:14,47	Professor	Um de cada vez [...]		
31	35:14,47	35:16,81	Estudante 02	Eu acho muito difícil você convencer alguém mostrado uma fórmula.	Negociar explicações.	

continua para próxima página

continuação da página anterior						
32	35:16,81	35:18,35	Estudante 14	Ainda mais que estas fórmulas dão o mesmo resultado.	Negociar explicações.	
33	35:18,35	35:29,93	Estudante 10	É . . . Eu penso que só com experimentação mesmo, porquê mostrado a fórmula ele vai quer saber de onde que chegou aquela fórmula. Entendeu, é para chegar naquela fórmula foi necessário . . . fazer um experimento. .	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros	
34	35:29,93	35:32,19	Estudante 14	Ontem foi provado que as duas fórmulas chegam nos mesmos resultados.	Construir significados	
35	35:32,19	35:35,21	Professor	Chega no mesmo resultado? Professora: As duas fórmulas chegam no mesmo resultado? .		Compreensão
36	35:35,21	35:37,21	Estudante 14	Não dava bem aproximado?.	Construir significados	
37	35:37,21	35:40,19	Professor	Aproximado é a mesma coisa?		Compreensão
38	35:40,19	35:42,19	Alguns alunos	Não.	Construir significados	
39	35:42,19	35:44,19	Estudante 14	Ah. . . Realmente.	Construir significados	
40	35:44,19	35:50,39	Professor	Ele propõem que se deve utiliza um experimento. Vamos guardando estas ideias, tá. (Estudante 05 pedindo a fala.).		
41	35:50,39	36:02,97	Estudante 05	É Exatamente isso, fazer um experimento que a gente viu em exercício da bolinha dentro da caixa (Se referindo a situação abordada na discussão realizada na atividade V, que abordava os postulados). Mostrando que a velocidade da luz ela é, ela é constante, você não consegue ultrapassar ela.	Justificar suas próprias conclusões	
42	36:02,97	36:04,45	Professor	Da bolinha dentro da caixa?		Compreensão
43	36:04,45	36:05,35	Professora	A que quebra ...		
44	36:05,35	36:07,35	Vários	Com espelho.		
continua para próxima página						

continuação da página anterior						
45	36:07,35	36:08,79	Estudante 10	É um experimento mental..	Justificar suas próprias conclusões	
46	36:08,79	36:09,49	Professora	Mental.		
47	36:09,49	36:10,99	Estudante 10	Você nem precisa ter o experimento..	Justificar suas próprias conclusões	
48	36:10,99	36:19,31	Estudante 05	Ai você mostra que a velocidade tem um limite. Que é a velocidade da luz. Mas ela não é linear, um gráfico linear. É de um gráfico exponencial. (Fazendo movimento dos gráficos com o dedo).	Justificar suas próprias conclusões	
49	36:19,31	36:23,21	Professor	Num gráfico linear e outro é um gráfico de exponencial.		Síntese
50	36:23,21	36:33,87	Estudante 18	Não mostrar o fim dele, ele vai crescendo, crescendo, crescendo, crescendo até chegar a um limite. O outro tem um limite que é a velocidade da luz.	Justificar suas próprias conclusões	
51	36:33,87	36:40,13	Professor	Tá..		

Fonte: Próprio Autor.

No Quadro 60, vemos que o professor, no turno 022, apresenta o problema que será discutido pelos estudantes, realizando o movimento de *Elaboração*. Na sequência, temos os estudantes 10 e 06, nos turnos 023 e 025, apresentando os seus saberes, caracterizando a prática epistêmica de *Explicitar o próprio saber*. Entre essas interações temos duas falas do professor, no turno 024 e 026, em que realiza o movimento de *Compreensão*, ao tentar compreender elementos presentes nas falas dos estudantes. O estudante 06, no turno 027, mobiliza a prática epistêmica de *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção* e, no turno 028, o professor realiza o movimento de *Compreensão* ao problematizar a fala do estudante. Nos turnos de 029 a 032, vemos interações em que os estudantes mobilizam a prática epistêmica de *Negociar explicações*, quando expõem elementos para se contrapor à fala do estudante 06. O estudante 10 (turno 033), ao questionar a fala do estudante 06 (turno 027), mobiliza a prática de *Criticar de forma fundamentada conclusões de outros*, apresentando outra possibilidade para solucionar o problema.

Entre os turnos 034 a 039, temos a prática epistêmica de *Construir significado* intercalada com o movimento de *Compreensão*. Na sequência, no turno 041, o estudante 10 mobiliza a prática de *Justificar suas próprias conclusões* ao retornar à interação realizada no turno 023. Essa prática se repete até o final do fragmento em destaque, com o professor realizando movimento de *Compreensão*. Por fim, o professor, no turno 049, mobiliza o movimento de *Síntese*, ao retomar elementos apresentados pelos estudantes.

Nos 30 turnos (Quadro 60), constatamos a presença da prática epistêmica de *Construir significados* associada à Instância de Produção de Sentido, as práticas de *Explicitar o próprio saber*, *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção*, e *Negociar explicações* relacionadas à Instância de Comunicação do conhecimento e as práticas de *Criticar de forma fundamentada as conclusões de outros*, e *Justificar suas próprias conclusões* referentes à Instância de Avaliação do conhecimento. Dessas, a prática de *Justificar suas próprias conclusões* teve a maior duração no fragmento analisado. Em relação aos movimentos epistêmicos dos professores temos os movimentos de *Elaboração*, *Compreensão* e *Síntese*.

Com a análise desse trecho, observamos que, com a problemática, as interações dos professores, especialmente com os pequenos movimentos de *Compreensão*, e as falas dos estudantes foi possível construir um ambiente no qual os estudantes comunicam e avaliam o conhecimento, fazendo uso de diversas práticas epistêmicas, especialmente a prática de *Justificar suas próprias conclusões*, que teve maior duração.

O Quadro de Análise dos Aspectos Epistêmicos, exemplificado no Quadro 60, permite-nos acompanhar as interações discursivas dos estudantes e dos professores, bem como as práticas e os movimentos epistêmicos mobilizados no decorrer dos episódios de ensino. De posse dos Quadros de Análise dos Aspectos Epistêmicos, organizamos duas representações gráficas e duas tabelas para termos uma visão panorâmica das práticas e dos movimentos epistêmicos dos episódios, sendo que um gráfico e uma tabela estão relacionados aos movimentos epistêmicos dos professores, e os demais, às práticas epistêmicas dos estudantes.

A representação gráfica nos permite acompanhar a evolução das práticas e dos movimentos epistêmicos ao longo do tempo nos episódios de ensino. Nele, o tempo, em minutos, está no eixo x, e as práticas ou movimentos epistêmicos está no eixo y. Com a análise dos gráficos, é possível identificar a duração dos aspectos epistêmicos, através do tamanho das linhas, e quem foi o responsável por ela devido à cor da linha.

Outros elementos presentes nos gráficos são linhas tracejadas, no formato de um retângulo, que representam os momentos em que elementos que compuseram os argumentos reconstruídos estiveram presentes nas interações discursivas. Apesar de as linhas tracejadas marcarem um momento específico no episódio, vale destacar que as interações discursivas estão conectadas e situadas em um contexto de sentido. Logo, uma fala apresentada no início do episódio pode ser retomada ao final do episódio, demonstrando que as interações não estão desconexas.

A tabela apresenta a frequência das práticas epistêmicas ou dos movimentos epistêmicos, que contabiliza o número de vezes em que um determinado aspecto epistêmico esteve presente nas interações, sua duração, que totaliza a soma do tempo de cada aspecto epistêmico, e o percentual do aspecto epistêmico, que foi estimado em relação à duração do movimento.

Tanto nos gráficos como nas tabelas separamos os movimentos realizados por cada um dos professores, pois, em alguma medida, os professores poderiam desempenhar papéis epistêmicos distintos durante o episódio de ensino, podendo contribuir de maneiras diferentes para as práticas epistêmicas mobilizadas.

Isso posto, ao longo de sete subseções, apresentaremos uma visão panorâmica das práticas e dos movimentos epistêmicos mobilizados pelos estudantes e pelos professores nos episódios, por meio das representações gráficas e das tabelas que foram organizados a partir dos Quadros de Análise dos Aspectos Epistêmicos. Em tais elementos buscamos

expor as relações entre as ações dos professores e das práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes. Na primeira seção, realizaremos uma análise mais detalhada, com o objetivo de apresentar como as representações foram utilizadas no processo de análise dos dados.

10.2.1 Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 01

Na realização da situação-problema, abordada no episódio 01, *Existe limite para a velocidade dos corpos?*, os professores empenharam diversos movimentos epistêmicos com o intuito de mobilizar os estudantes e fomentar práticas epistêmicas. Os movimentos epistêmicos dos professores são apresentados na Tabela 17 e na Figura 15.

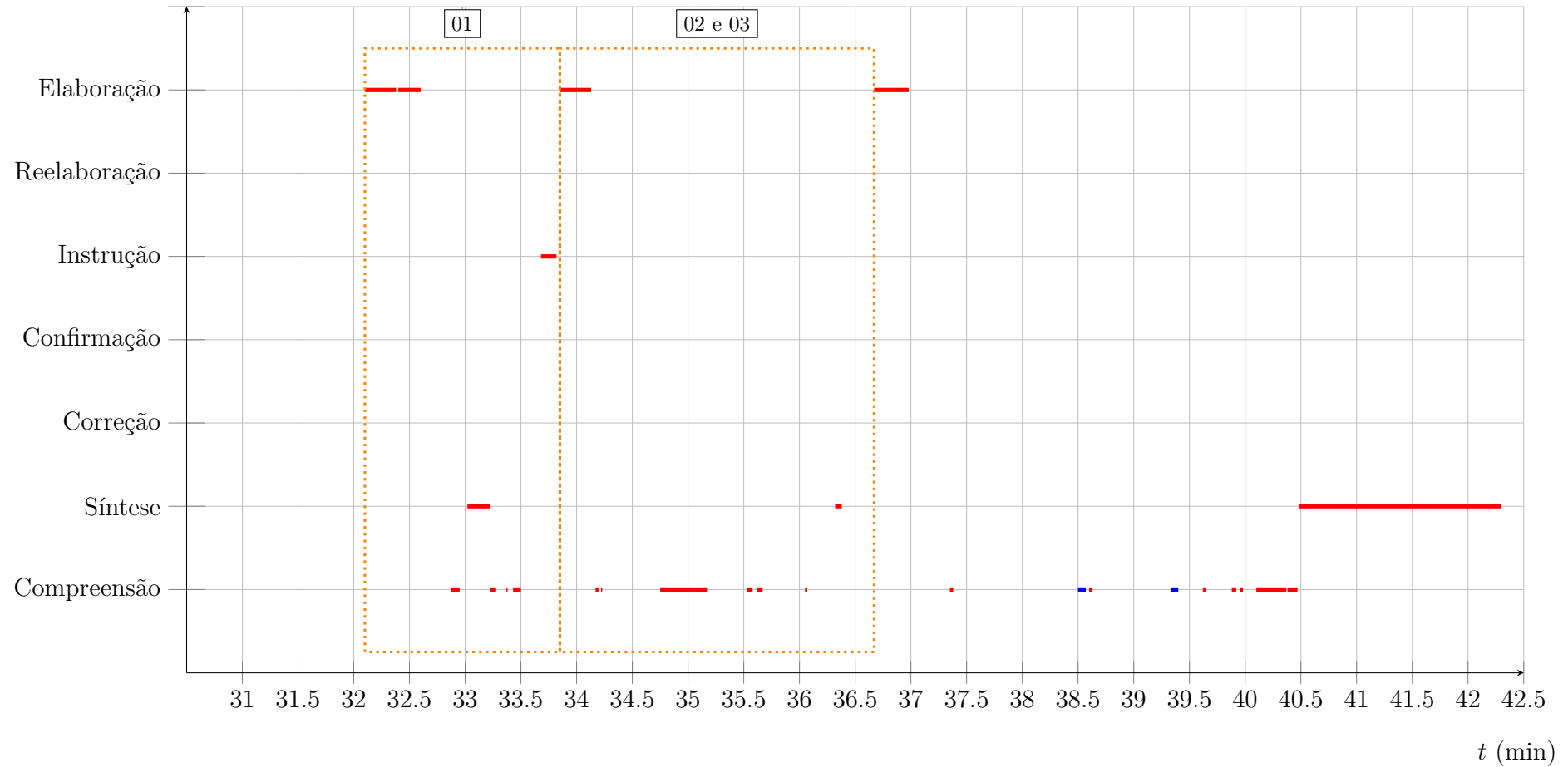
Tabela 17 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 01.

Movimentos Epistêmicos	Professor			Professora			Total		
	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%
Elaboração	4	01:04,02	22,4	0	00:00,00	0,0	4	01:04,02	22,4
Reelaboração	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0
Instrução	1	00:07,36	2,6	0	00:00,00	0,0	1	00:07,36	2,6
Confirmação	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0
Correção	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0
Síntese	3	02:04,22	43,6	0	00:00,00	0,0	3	02:04,22	43,6
Compreensão	18	01:22,34	28,9	2	00:07,28	2,5	20	01:29,62	31,4
Total	26	04:37,94	97,5	2	00:07,28	2,5	28	04:45,22	100,0

Fonte: Próprio Autor

Conforme a Tabela 17, a professora participou de 2,5% dos movimentos epistêmicos, ao realizar 2 movimentos de *Compreensão*, em que buscava compreender ou aprofundar elementos apresentados pelos estudantes. Os demais movimentos epistêmicos foram realizados pelo professor, sendo que 43,6% do tempo correspondeu ao movimento de *Síntese*. O movimento do *Elaboração* esteve presente em 22,4% do tempo em quatro momentos distintos. Na Figura 15, podemos acompanhar a evolução temporal dos movimentos epistêmicos dos professores ao longo do episódio.

Figura 15 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 01.



Legenda: Vermelho representa o professor, a cor azul a professora. Os números 01, 02 e 03 os argumentos reconstruídos e o retângulo tracejado o intervalo em que aconteceu.

Fonte: Próprio Autor

Com a análise da Figura 15, vemos que o professor, ao longo do episódio, estabeleceu quatro movimentos de *Elaboração*, apresentando novas situações-problema para que fossem discutidas pelos estudantes. Os três primeiros movimentos estavam diretamente associados à situação-problema ao apresentar as alíneas (a) e (b) do problema (Quadro 22); e o quarto buscava problematizar os elementos necessários no processo de persuasão. Assim, a Figura 15 pode ser separada em três fragmentos que se iniciam com os movimentos de *Elaboração*.

No primeiro, demarcado pelo argumento 01, o professor realizou o movimento *Elaboração* com o intuito de estabelecer um olhar para a situação-problema do episódio 01. Na sequência, concatenou os movimentos de *Compreensão* e *Síntese*, ao questionar as afirmações e justificativas dos estudantes e explicitar as principais ideias apresentadas por eles, terminando o fragmento com um movimento de *Instrução*, em que apresenta novas informações ou conceitos até então não abordados pelos estudantes.

No segundo fragmento, demarcado pelos argumentos 02 e 03, temos o estabelecimento do problema com o movimento de *Elaboração* e diversos movimentos de *Compreensão*, com término em um movimento de *Síntese*. Por fim, no terceiro, depois dos argumentos 02 e 03, existem os movimentos de *Elaboração*, *Compreensão* e *Síntese*, nessa ordem.

Ao longo do episódio os estudantes mobilizaram diversas práticas epistêmicas, que organizamos na forma da Tabela 18 e na Figura 16.

Tabela 18 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 01.

Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	Freq.	Duração	%
Produção de Sentido	Utilizar ideias, conceitos para construir novas compreensões – (13)	1	00:06,54	2,50
	Construir significados – (12)	5	00:17,92	6,80
	Dar sentido às situações propostas – (11)	10	02:01,80	46,40
Comunicação	Explicitar o próprio saber – (10)	15	00:36,38	13,80
	Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção – (9)	1	00:30,18	11,50
	Negociar explicações – (8)	2	00:03,88	1,50
Avaliação	Justificar suas próprias conclusões – (3)	5	00:34,50	13,10
	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros – (2)	1	00:11,58	4,40
Total		40	04:22,78	100,0

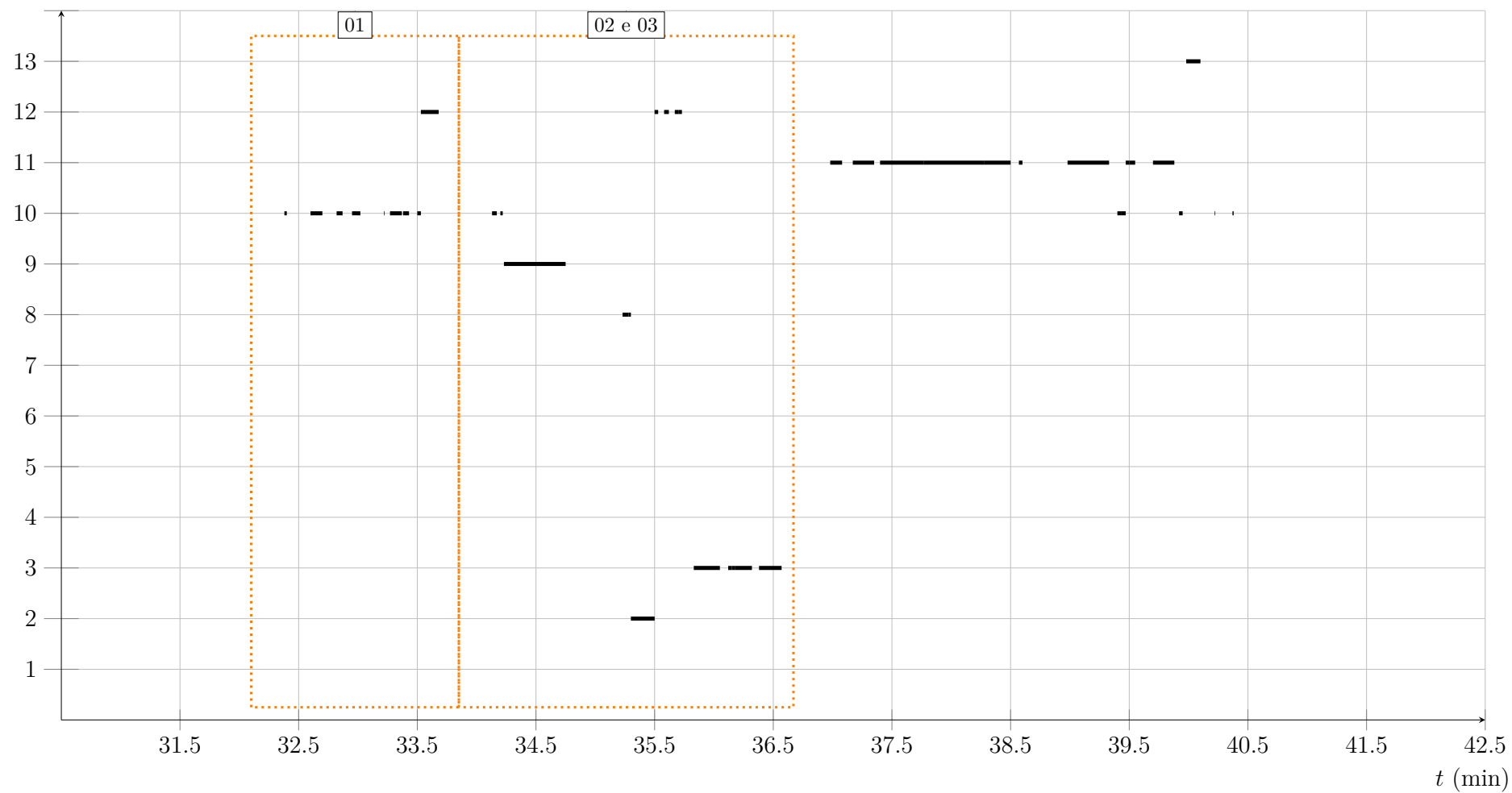
Legenda: (n^o) código do gráfico

Fonte: Próprio Autor

No episódio, de acordo com a Tabela 18, os estudantes mobilizaram 7 práticas epistêmicas em 40 situações distintas que ocorreram ao longo de 4 minutos e 22 segundos, sendo que 55,7% do tempo estava relacionado à Instância de Produção de Sentido; 26,8%, à Comunicação, e 17,5%, à Avaliação. Dessas práticas, destacamos que a prática de *Dar sentido às situações propostas* esteve presente em 46,4% do tempo; e a prática de *Explicitar o próprio saber* foi a que ocorreu com maior frequência.

Na Figura 16, podemos acompanhar a evolução temporal das práticas epistêmicas ao longo do episódio de ensino.

Figura 16 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 01.



Fonte: Próprio Autor

Para analisarmos a Figura 16, utilizamos os mesmos fragmentos apresentados anteriormente. Assim, observamos que no primeiro fragmento, demarcado pelo argumento 01, estiveram presentes as práticas epistêmicas *Explicitar o próprio saber* e *Construir significados*, sendo que a primeira teve maior duração que a segunda. No segundo fragmento, demarcado pelos argumentos 02 e 03, temos as práticas epistêmicas *Explicitar o próprio saber*, *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção*, *Negociar explicações*, *Criticar de forma fundamentada conclusões de outros*, *Construir significados* e *Justificar suas próprias conclusões*. Por fim, no terceiro fragmento, depois dos argumentos 02 e 03, temos a presença das práticas epistêmicas de *Dar sentido às situações propostas*, *Explicitar o próprio saber* e *Utilizar ideias, conceitos para construir novas compreensões*.

Com a análise dos aspectos epistêmicos, observamos que no primeiro fragmento, com o estabelecimento da problemática e com os movimentos epistêmicos do professor, os estudantes na maior do tempo estavam envolvidos com a Instância Social de Comunicação, ao mobilizar a prática epistêmica de *Explicitar o próprio saber*. No segundo fragmento, temos situações em que os estudantes se envolvem em práticas relacionadas à instância de Comunicação ou de Avaliação.

Por fim, no terceiro fragmento, na maior parte do tempo, os estudantes mobilizaram práticas epistêmicas associadas à Instância Social de Produção de Sentido. Essa situação pode nos indicar dois caminhos: no primeiro, os estudantes estavam procurando compreender o que estava sendo questionado. No segundo, os estudantes compreenderam o questionamento e estavam tentando produzir sentido com base na problemática. Ao revisarmos o Quadro de Análise dos Aspectos Epistêmicos, vemos que os estudantes estavam envolvidos na produção de sentido relacionado à solução do problema que era conhecido pelos estudantes.

10.2.2 Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 02

No episódio 02, *Dos postulados a construção da Ciência*, diversos aspectos epistêmicos foram identificados. Na Tabela 19 e na Figura 17, apresentamos os movimentos epistêmicos e as práticas epistêmicas na Tabela 20 e na Figura 18.

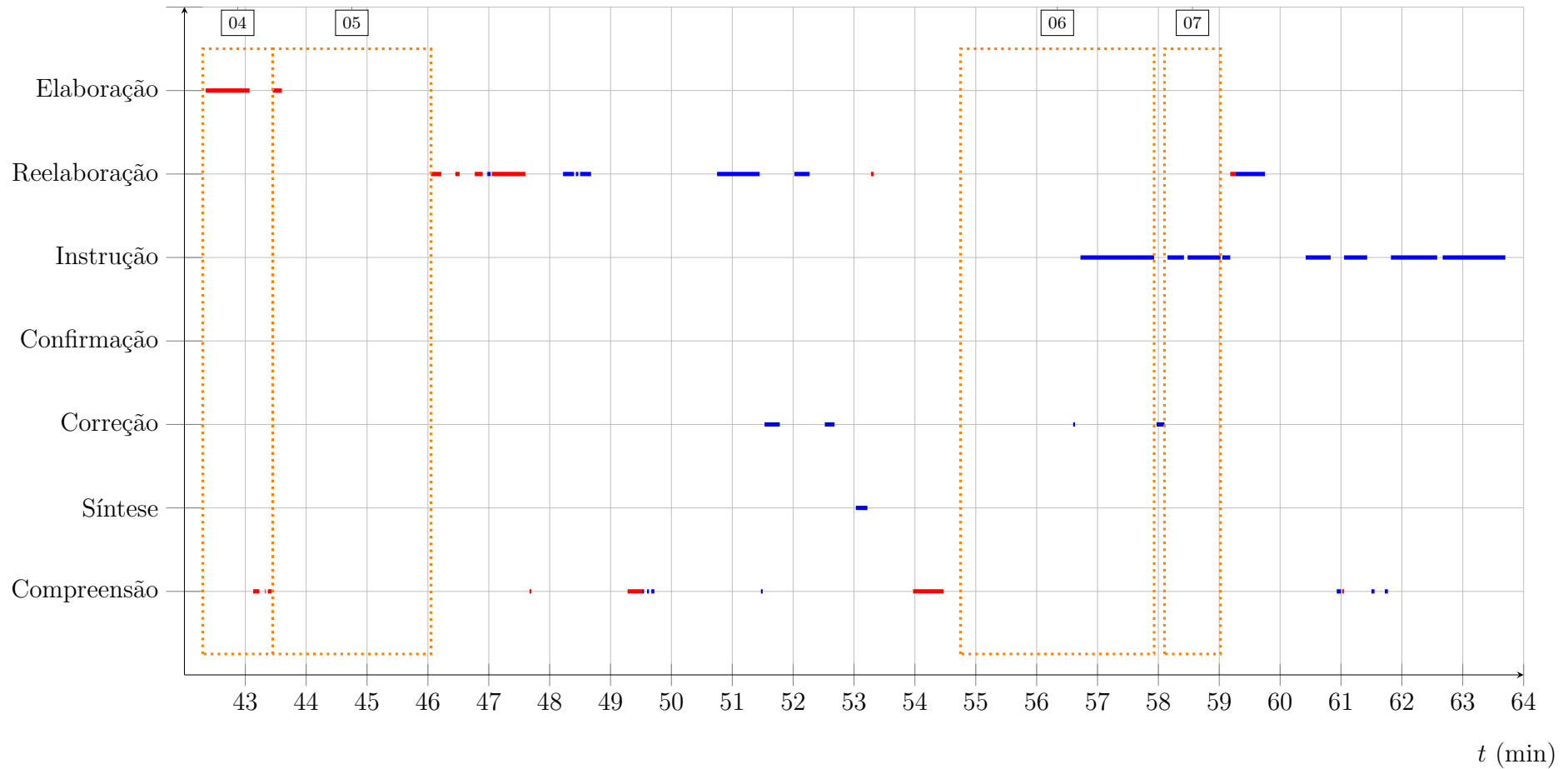
Tabela 19 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 02.

Movimentos Epistêmicos	Professor			Professora			Total		
	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%
Elaboração	3	00:52,46	8,3	0	00:00,00	0,0	3	00:52,46	8,3
Reelaboração	8	01:03,14	10,0	7	01:53,64	18,1	15	02:56,78	28,1
Instrução	0	00:00,00	0,0	8	04:37,62	44,1	8	04:37,62	44,1
Confirmação	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0
Correção	0	00:00,00	0,0	4	00:34,76	5,5	4	00:34,76	5,5
Síntese	0	00:00,00	0,0	1	00:10,84	1,7	1	00:10,84	1,7
Compreensão	7	01:00,34	9,6	7	00:16,84	2,7	14	01:17,18	12,3
Total	18	02:55,94	27,9	27	07:33,70	72,1	45	10:29,64	100,0

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 19, observamos que 72,1% dos movimentos epistêmicos foram realizados pela professora, sendo que o movimento de *Instrução* ocorreu em 44,1% do tempo. O professor, por sua vez, participou de 27,9% dos movimentos e 10% deles estavam relacionados ao movimento de *Reelaboração*.

Figura 17 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 02.



Legenda: Vermelho representa o professor, a cor azul a professora. Os números 01, 02 e 03 os argumentos reconstruídos e o retângulo tracejado o intervalo em que aconteceu.

Fonte: Próprio Autor

Para analisarmos os movimentos epistêmicos, presentes na Figura 17, podemos separá-los em três fragmentos, de acordo com os movimentos de *Elaboração* ou *Reelaboração*. No primeiro fragmento, entre os minutos 42 e 46, temos a presença dos movimentos de *Elaboração* e *Compreensão*, sendo que o primeiro teve maior duração que o segundo. No segundo fragmento, entre os minutos 46 e 59, vemos os movimentos de *Reelaboração*, *Instrução*, *Compreensão* e *Correção* ordenados de acordo com sua duração. Por fim, no terceiro fragmento, entre os minutos 59 e 64, temos os movimentos de *Reelaboração*, *Instrução*, que teve a maior duração, e *Compreensão*.

Tabela 20 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 02.

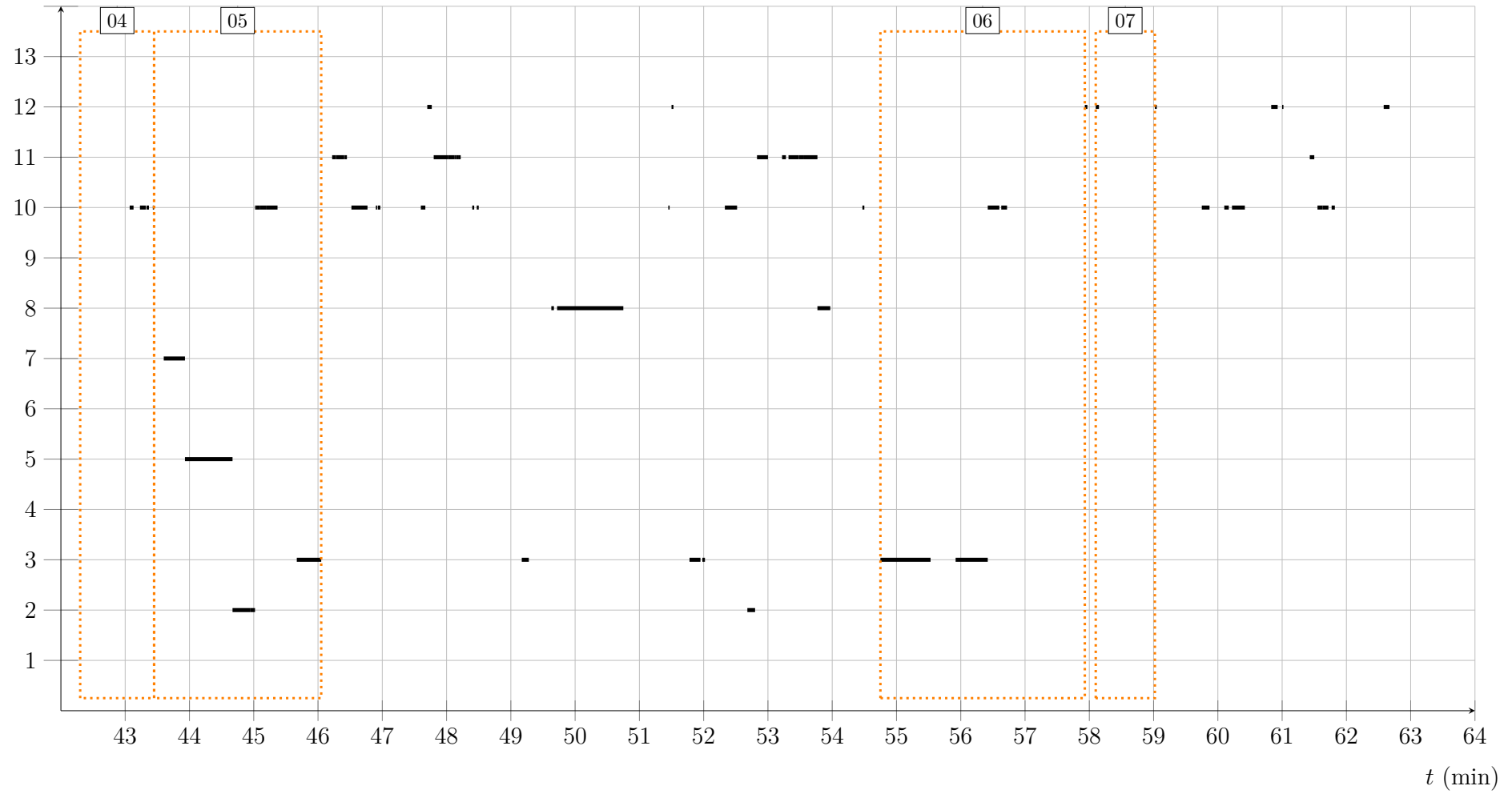
Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	Freq.	Duração	%
Produção de Sentido	Construir significados (12)	8	00:26,28	5,0 %
	Dar sentido às situações propostas (11)	15	01:22,62	15,8 %
Comunicação	Explicitar o próprio saber (10)	25	02:05,24	24,0 %
	Negociar explicações (8)	3	01:16,20	14,6 %
	Utilizar exemplos, analogias e metáforas (7)	1	00:19,66	3,8 %
Avaliação	Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico (5)	1	00:44,48	8,5 %
	Justificar suas próprias conclusões (3)	6	02:00,50	23,1 %
	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros (2)	3	00:27,72	5,3 %
Total		62	08:42,70	100,00%

Legenda: (nº) código do gráfico

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 20, temos a presença de 8 práticas epistêmicas que aconteceram em 62 situações distintas e duraram aproximadamente 8 minutos e 42 segundos. As práticas epistêmicas relacionadas à instância social de Produção de Sentido (Compreensão e Apropriação) estiveram presente 23 vezes e ocuparam 20,8% do tempo do episódio, a instância de Comunicação aconteceu 29 vezes, o que corresponde a 42,4% do tempo, e a instância de Avaliação esteve presente 10 vezes, que duraram 36,9% do tempo.

Figura 18 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 02.



Fonte: Próprio Autor

A Figura 18 apresenta-se separada em três fragmentos. No primeiro, entre os minutos 42 e 46, destacamos que os estudantes mobilizam as práticas epistêmicas *Explicitar o próprio saber, Utilizar exemplos, analogias e metáforas, Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico, Justificar suas próprias conclusões e Criticar de forma fundamentada conclusões de outros*, sendo que a prática de *Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico* teve a maior duração. Todas essas práticas estão relacionadas às Instâncias de Comunicação e Avaliação do conhecimento, tendo a segunda instância maior duração que a primeira. Outro ponto que merece destaque é que ao analisar as interações foi possível reconstruir os argumentos 04 e 05, porém eles não respondiam diretamente ao problema.

No segundo fragmento, entre os minutos 46 e 59, observamos que os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas *Construir significados, Dar sentido às situações propostas, Explicitar o próprio saber, Utilizar exemplos, analogias e metáforas e Justificar suas próprias conclusões*, que perpassam as três instâncias sociais. Com essas interações, reconstruímos os argumentos 06 e 07. Por fim, no último, entre os minutos 59 e 64, os estudantes mobilizam as práticas epistêmicas de *Construir significados, Dar sentido às situações propostas e Explicitar o próprio saber* que estão associadas às instâncias sociais de Produção de Sentido e Comunicação.

Com a análise dos aspectos epistêmicos, observamos um deslocamento das práticas epistêmicas relacionadas às instâncias de Avaliação e Comunicação para as práticas relacionadas à instância de Comunicação e Produção de Sentido. Essa ação está relacionada ao movimento de Reelaboração, quando os professores apresentam elementos desconsiderados na problemática ou novas informações como movimento de Instrução. O movimento de instrução esteve delimitado entre os minutos 57 e 64, tendo duração de 4 minutos e 37 segundos, podendo ser caracterizado como o estabelecimento da última palavra.

10.2.3 Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 03

Os movimentos epistêmicos e as práticas epistêmicas identificadas no episódio são apresentados nas Figuras 19 e 20 e nas Tabelas 21 e 22.

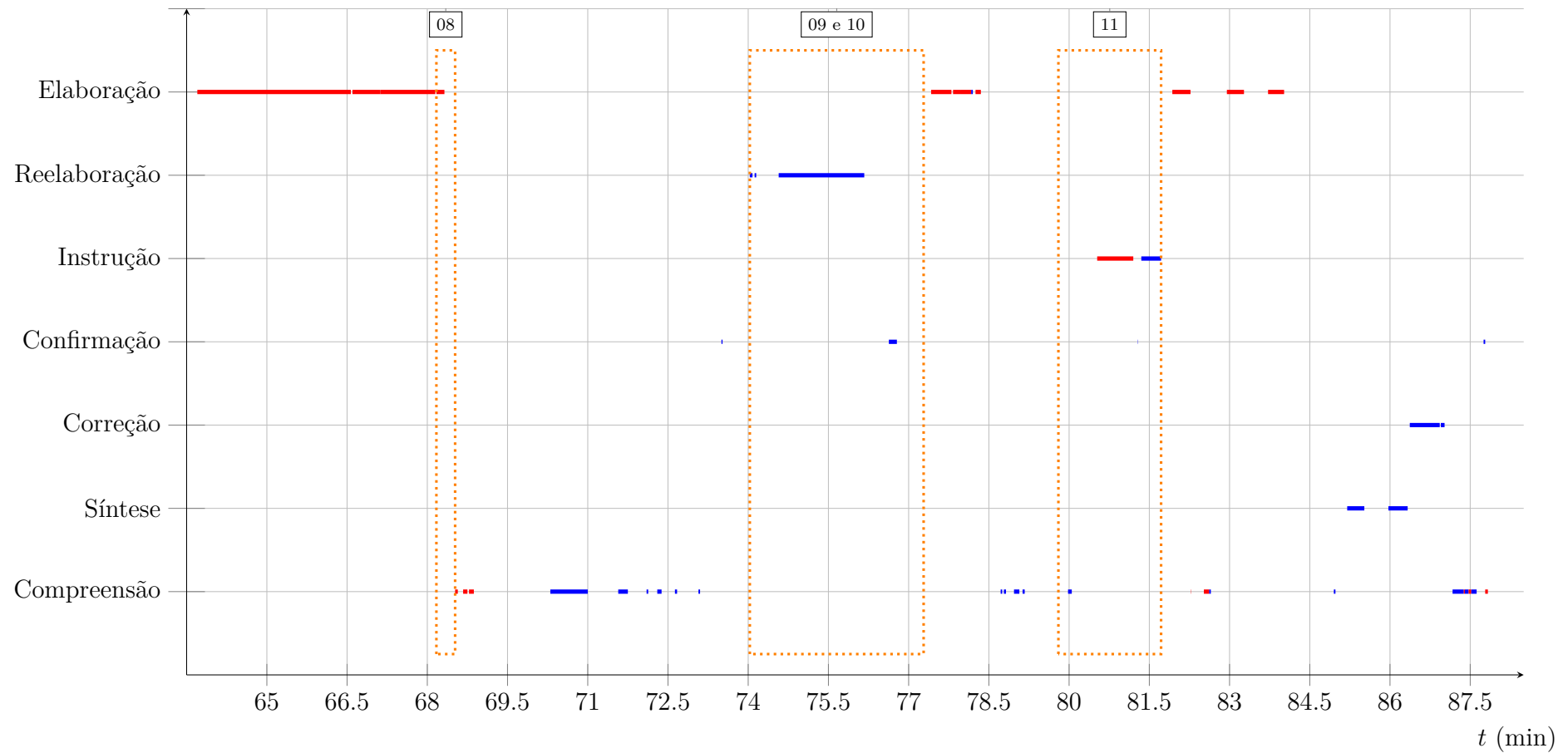
Tabela 21 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 03.

Movimentos Epistêmicos	Professor			Professora			Total		
	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%
Elaboração	11	06:19,54	49,3	1	00:02,00	0,3	12	06:21,54	49,6
Reelaboração	0	00:00,00	0,0	3	01:40,76	13,1	3	01:40,76	13,1
Instrução	1	00:40,72	5,3	1	00:21,86	2,8	2	01:02,58	8,1
Confirmação	0	00:00,00	0,0	4	00:13,32	1,7	4	00:13,32	1,7
Correção	0	00:00,00	0,0	2	00:37,94	4,9	2	00:37,94	4,9
Síntese	0	00:00,00	0,0	2	00:40,22	5,2	2	00:40,22	5,2
Compreensão	8	00:28,44	3,7	16	01:45,12	13,7	24	02:13,56	17,4
Total	20	07:28,70	58,3	29	05:21,22	41,7	49	12:49,92	100,0

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 21, vemos que o professor realizou 3 movimentos epistêmicos em 20 interações que corresponderam a 58,3% do tempo, e a professora participou de todos os movimentos epistêmicos com 29 interações com duração de 41,7% do tempo. Nesse e nos episódios seguintes, o professor foi o responsável por apresentar as respostas dos estudantes, caracterizadas como movimento de *Elaboração* que correspondeu a 11 interações que ocuparam 49,3% do tempo. Na Figura 19, vemos como os movimentos epistêmicos foram mobilizados ao longo do episódio.

Figura 19 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 03.



Legenda: Vermelho representa o professor, a cor azul a professora. Os números 08, 09, 10 e 11 os argumentos reconstruídos e o retângulo tracejado o intervalo em que aconteceu.

Fonte: Próprio Autor

Para analisarmos os movimentos epistêmicos, presentes na Figura 19, podemos separá-los em três fragmentos de acordo com grandes movimentos de *Elaboração*. No primeiro, entre os minutos 64 e 77, temos os movimentos de *Elaboração*, *Compreensão*, *Reelaboração* e *Confirmação*, além dos argumentos 08, 09 e 10 terem sido reconstruídos. No segundo, entre os minutos 77 e 81,5, observamos os movimento de *Elaboração*, *Instrução* e *Compreensão*, tendo a presença do argumento 11. Por fim, entre os minutos 81,5 e 88, constatamos os movimentos de *Elaboração*, *Confirmação*, *Correção*, *Síntese* e *Compreensão*.

Diferente dos episódios anteriores, nos quais os professores terminaram o episódio realizando um movimento de *Síntese*, no episódio 01, e *Instrução*, no episódio 02, nesse, depois do argumento, ocorreram ações no sentido de continuar a discussão, mas com outro olhar para a situação abordada, por meio de movimento epistêmico de *Elaboração*, buscando compreender elementos apresentados pelos estudantes, por meio do movimento de *Compreensão*, não realizando um movimento de fechamento na atividade, quando o professor estabelece a última palavra. Uma hipótese para explicar essa situação está relacionada à estrutura da atividade, que solicitava aos estudantes avaliarem suas respostas e, em função dessa característica e da forma como a atividade se desenvolveu, os professores não sentiram necessidade de retomar elementos apresentados por meio de *Síntese*, ou de estabelecer novas informações por meio de *Instrução*.

Tabela 22 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 03.

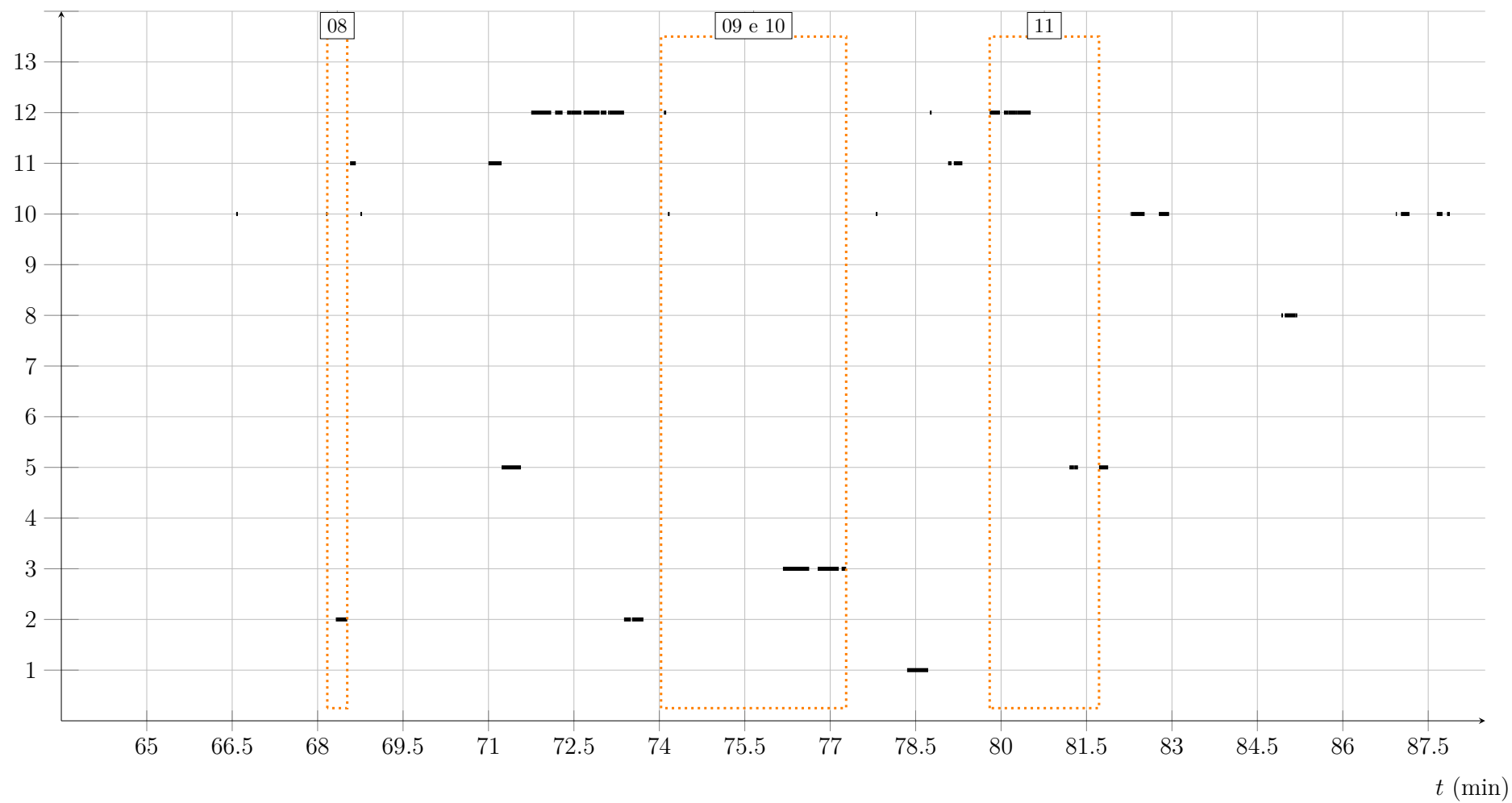
Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	Freq.	Duração	%
Produção de Sentido	Construir significados (12)	17	02:07,76	34,2
	Dar sentido às situações propostas (11)	4	00:31,36	8,4
Comunicação	Explicitar o próprio saber (10)	12	00:54,44	14,6
	Negociar explicações (8)	3	00:15,10	4,0
Avaliação	Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico (5)	4	00:38,46	10,3
	Justificar suas próprias conclusões (3)	3	00:54,94	14,7
	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros (2)	3	00:30,22	8,1
	Utilizar o modelo para identificar situações plausíveis ou não (1)	1	00:21,60	5,8
Total		47	06:13,88	100,0

Legenda: (n^o) código do gráfico

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 22, observamos a presença de 8 práticas epistêmicas que foram mobilizadas em 47 vezes e ocorreram em 6 minutos e 13 segundos. Essas práticas epistêmicas estavam relacionadas às Instâncias Sociais de Produção de Sentido, Comunicação e Avaliação, sendo que a primeira preencheu 42,6% do tempo, a segunda, 18,6%; e a terceira, 38,9%. Na Figura 20, podemos acompanhar como as práticas epistêmicas foram mobilizadas ao longo do episódio.

Figura 20 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 03.



Fonte: Próprio Autor

No primeiro fragmento, entre os minutos 64 e 77, destacamos que os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas de *Construir significados*, *Dar sentido às situações propostas*, *Explicitar o próprio saber*, *Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico*, *Justificar suas próprias conclusões* e *Criticar de forma fundamentada conclusões de outros*, as quais perpassam as três instâncias sócias, contudo as instâncias de Produção de Sentido e Avaliação do conhecimento estiveram presentes em quase totalidade do fragmento.

No segundo fragmento, entre os minutos 77 e 81,5, os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas de *Construir significados*, *Dar sentido às situações propostas*, *Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico* e *Utilizar o modelo para identificar situações plausíveis ou não*. Dessas, as práticas epistêmicas relacionadas à instância de Produção de Sentido tiveram predomínio no episódio. No terceiro fragmento, entre os minutos 81,5 e 88, as práticas epistêmicas de *Explicitar o próprio saber* e *Negociar explicações* foram mobilizadas pelos estudantes e estão relacionadas na instância social de Comunicação.

Com a análise, constatamos que no primeiro fragmento os movimentos de *Elaboração* estavam relacionados às práticas da instância de Produção de Sentido; os movimentos de *Compreensão* estavam, predominantemente, associados às práticas de Produção de Sentido e Avaliação; com os movimentos de *Reelaboração*, observamos práticas da instância de Avaliação. No segundo fragmento, verificamos que os movimentos de *Elaboração* estão relacionados à instância de Produção de Sentido, especialmente a prática de *Construir significados*. No terceiro fragmento vimos que os movimentos de *Correção*, *Síntese* e *Compreensão* estavam relacionados, predominantemente, à prática de *Explicitar o próprio saber*, associada à instância de Comunicação.

10.2.4 Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 04

Os movimentos epistêmicos identificados foram organizados na Tabela 23 e na Figura 21; e as práticas epistêmicas na Tabela 24 e na Figura 22.

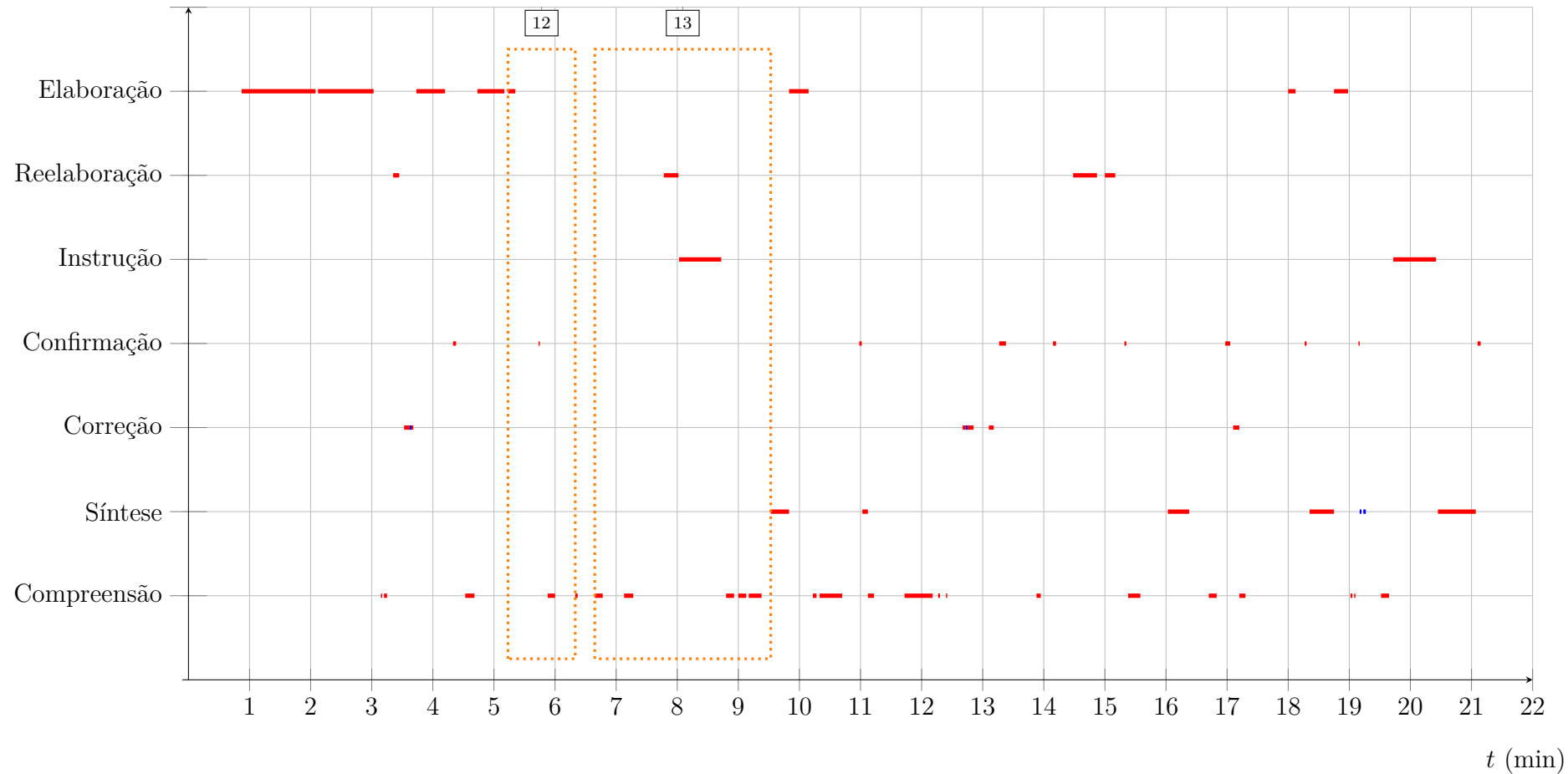
Tabela 23 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 04.

Movimentos Epistêmicos	Professor			Professora			Total		
	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%
Elaboração	8	03:49,32	32,5	0	00:00,00	0,0	8	03:49,32	32,5
Reelaboração	4	00:52,46	7,4	0	00:00,00	0,0	4	00:52,46	7,4
Instrução	2	01:23,00	11,8	0	00:00,00	0,0	2	01:23,00	11,8
Confirmação	10	00:28,88	4,1	0	00:00,00	0,0	10	00:28,88	4,1
Correção	6	00:27,00	3,8	2	00:04,02	0,6	8	00:31,02	4,4
Síntese	5	01:45,00	14,9	2	00:04,00	0,6	7	01:49,00	15,5
Compreensão	23	02:52,04	24,4	0	00:00,00	0,0	23	02:52,04	24,4
Total	58	11:37,70	98,9	4	00:08,02	1,1	62	11:45,72	100,0

Fonte: Próprio Autor

De acordo com a Tabela 23, constatamos que professor participou de 98,9% do tempo em que os movimentos epistêmicos estiveram presentes. Desses, podemos destacar o movimento de *Elaboração*, que esteve em 27,5% do tempo, buscando estabelecer a situação que seria estudada. O movimento de *Compreensão*, por sua vez, aconteceu em 20,3% do tempo, sendo que o professor, por meio de questionamentos e afirmações, busca compreender elementos apresentados pelos estudantes. E o movimento de *Síntese* aconteceu em 15,5% do tempo.

Figura 21 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 04.



Legenda: Vermelho representa o professor, a cor azul a professora. Os números 12 e 13 os argumentos reconstruídos e o retângulo tracejado o intervalo em que aconteceu.

Fonte: Próprio Autor

Para analisar os movimentos epistêmicos dos professores, podemos separar a Figura 21 em três fragmentos, de acordo com a presença do movimento de *Elaboração*. No primeiro fragmento, entre os minutos 1 e 10, temos os movimentos de *Elaboração*, *Reelaboração*, *Instrução*, *Confirmação*, *Correção*, *Síntese* e *Compreensão*, sendo que o movimento de *Elaboração* teve a maior duração. Nesse fragmento, foi possível reconstruir os argumentos 12 e 13. No segundo, entre os minutos 10 e 18, temos os movimentos de *Elaboração*, *Reelaboração*, *Confirmação*, *Correção*, *Síntese* e *Compreensão*. Por fim, no terceiro fragmento, entre os minutos 18 e 22, observamos os movimentos de *Elaboração*, *Instrução*, *Confirmação*, *Correção*, *Síntese* e *Compreensão*. Diversos movimentos epistêmicos dos professores foram mobilizados em pequenos intervalos de tempo, especialmente os movimentos de *Confirmação*, *Correção* e *Compreensão*.

Tabela 24 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 04.

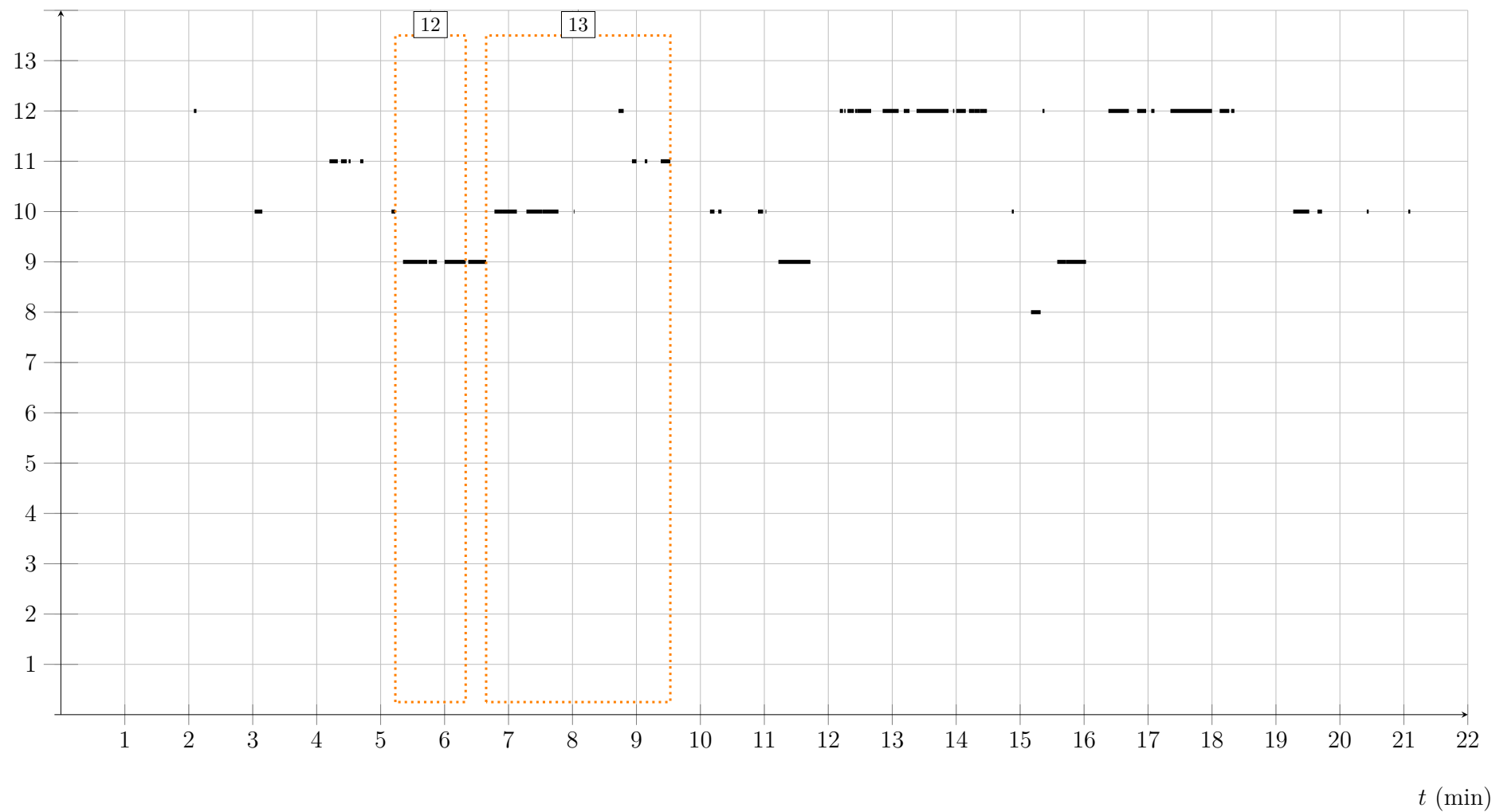
Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	Freq.	Duração	%
Produção de Sentido	Construir significados – (12)	23	03:12,84	41,8
	Dar sentido às situações propostas – (11)	7	00:32,48	7,0
Comunicação	Explicitar o próprio saber – (10)	16	01:41,84	22,1
	Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção – (9)	7	02:05,62	27,2
	Negociar explicações – (8)	1	00:08,30	1,8
Total		54	00:07:41,08	100,0

Legenda: (n^o) código do gráfico

Fonte: Próprio Autor

Segundo a Tabela 24, temos a presença de 5 práticas epistêmicas que ocorreram em 7 minutos e 41 segundos, em 54 momentos distintos. Essas práticas epistêmicas estavam relacionadas às Instâncias Sociais de Produção de Sentido e Comunicação, estando a primeira instância presente em 48,8% do tempo e a segunda em 51,2%.

Figura 22 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 04.



Fonte: Próprio Autor.

No primeiro fragmento, entre os minutos 1 e 10, os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas *Construir significados*, *Dar sentido às situações propostas*, *Explicitar o próprio saber* e *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção*, tendo um predomínio da instância social de Comunicação de Construção. No segundo fragmento, entre os minutos 10 e 18, temos as práticas de *Construir significados*, *Explicitar o próprio saber* e *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção*, tendo um predomínio da instância social de Produção de Sentido. Por fim, terceiro fragmento, entre os minutos 18 e 22, temos a prática de *Explicitar o próprio saber*, que está relacionada ao movimento de Comunicação.

Com a análise dos aspectos epistêmicos, constatamos, no primeiro fragmento, que os professores se empenharam em estabelecer a situação-problema, por meio dos movimentos epistêmicos de *Elaboração*, que tiveram longa duração devido às diversas interações que abordavam elementos das respostas dos estudantes, e pequenos momentos de *Reelaboração*, *Compreensão* e *Instrução*. Nesse fragmento, vemos uma concentração de práticas epistêmicas relacionadas às Instâncias Sociais de Produção de Sentido e de Comunicação, com maior duração para as práticas relacionadas à segunda instância.

No segundo fragmento, vemos que os professores realizaram os movimentos epistêmicos de *Elaboração*, ao estabelecer outra problemática, e diversas interações curtas que vão desde os movimentos de *Confirmação*, *Correção* e *Compreensão*, nos quais buscam confirmar, corrigir ou compreender elementos apresentados pelos estudantes. Nesse fragmento, observamos as práticas de *Construir significados* e *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção* associadas às instâncias sociais de Produção de Sentido.

Por fim, no terceiro fragmento, o professor continua com a relação estabelecida anteriormente, porém inserindo os movimentos de *Instrução* com elementos até então desconsiderados. Nesse fragmento, vemos uma redução nas práticas epistêmicas, com predomínio das práticas relacionadas à instância de comunicação.

10.2.5 Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 05

Nesse episódio os professores realizaram diversos movimentos epistêmicos, que apresentamos na Tabela 25 e na Figura 23, para mobilizar os estudantes e fomentar as práticas epistêmicas, que organizamos na Tabela 26 e na Figura 24.

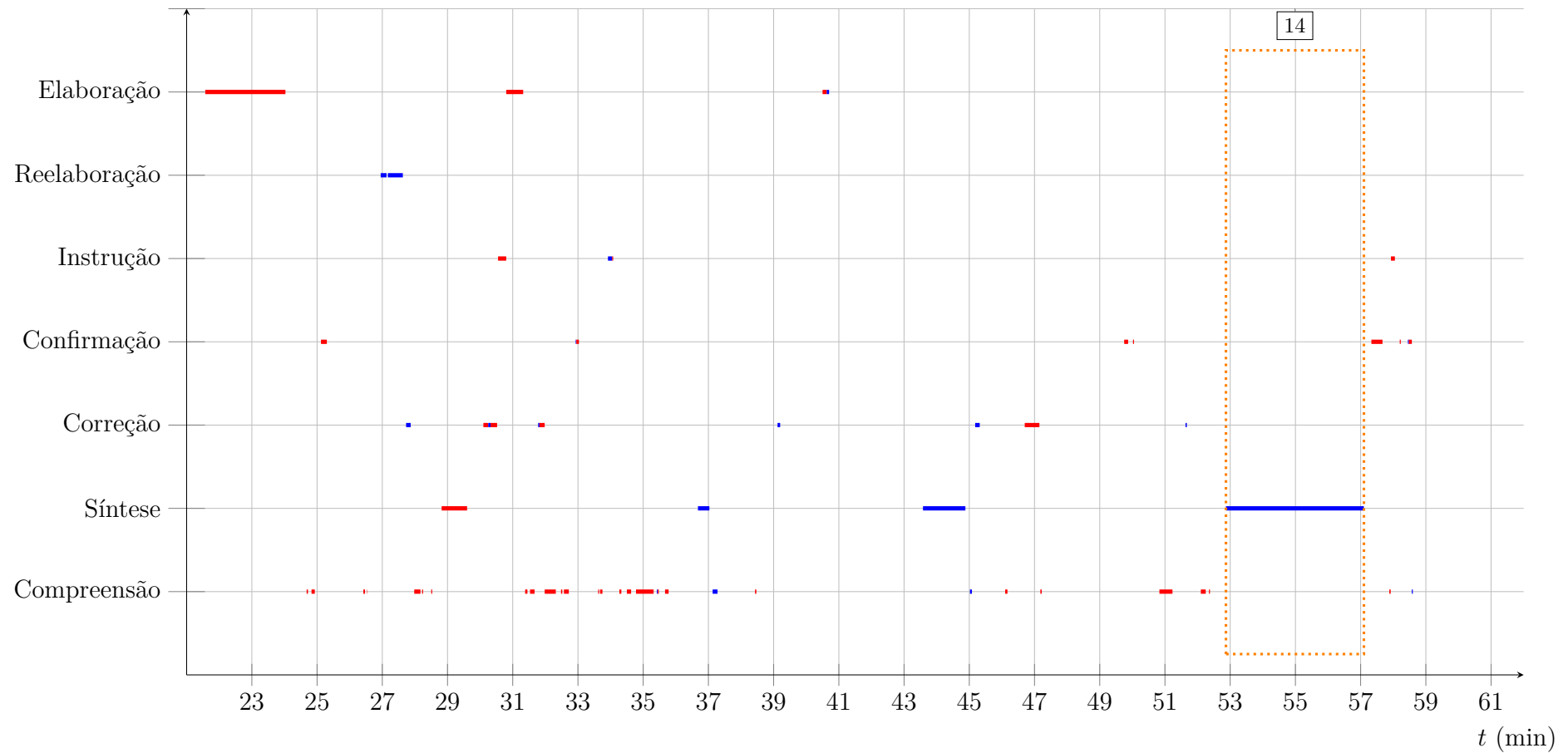
Tabela 25 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 05.

Movimentos Epistêmicos	Professor			Professora			Total		
	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%
Elaboração	3	03:07,40	18,8	1	00:04,02	0,4	4	03:11,42	19,2
Reelaboração	0	00:00,00	0,0	2	00:39,00	3,9	2	00:39,00	3,9
Instrução	3	00:23,90	2,4	1	00:08,00	0,8	4	00:31,90	3,2
Confirmação	7	00:52,27	5,3	2	00:02,50	0,2	9	00:54,77	5,5
Correção	4	00:58,00	5,8	6	00:28,50	2,9	10	01:26,50	8,7
Síntese	1	00:47,00	4,7	3	05:53,74	35,5	4	06:40,74	40,3
Compreensão	27	02:54,13	17,5	4	00:16,84	1,7	31	03:10,97	19,2
Total	45	09:02,70	54,5	19	07:32,60	45,5	64	16:35,30	100,0

Fonte: Próprio Autor

Observamos na Tabela 25 que o professor foi responsável por realizar 54,5% dos movimentos epistêmicos; e a professora, por 45,5%. Contudo, 18,8% dos movimentos do professor eram de *Elaboração*, quando o problema a ser solucionado era apresentado para o grande grupo. A professora, em três movimentos de *Síntese*, correspondeu a 35,5% do tempo. Em relação à frequência, destacamos que o movimento de *Compreensão* esteve presente 25 vezes, o que corresponde a 13,3% do tempo dos movimentos, e o professor participou 21 vezes.

Figura 23 – Representação dos Movimentos epistêmicos realizado pelos professores no Episódio 05.



Legenda: Vermelho representa o professor, a cor azul a professora. O número 14 é o argumento reconstruído e o retângulo tracejado o intervalo em que aconteceu.

Fonte: Próprio Autor

Para analisarmos os movimentos epistêmicos dos professores, separamos a Figura 23 em três fragmentos, de acordo com os movimentos de *Elaboração*. No primeiro fragmento, entre os minutos 21,5 e 30,5, temos os movimentos de *Elaboração*, com maior duração, *Reelaboração* e pequenos movimentos de *Confirmação*, *Correção*, *Síntese* e *Compreensão*. No segundo fragmento, entre os minutos 31,5 e 41, temos pequenos movimentos de *Elaboração*, *Instrução*, *Confirmação*, *Correção*, *Síntese* e *Compreensão*, este com maior duração. Por fim, no terceiro fragmento, entre os minutos 41 e 59, temos os movimentos de *Síntese*, com maior duração, e em pequenos movimentos de *Elaboração*, *Confirmação*, *Correção* e *Compreensão*. Neste fragmento temos a presença do argumento 14.

Tabela 26 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 05.

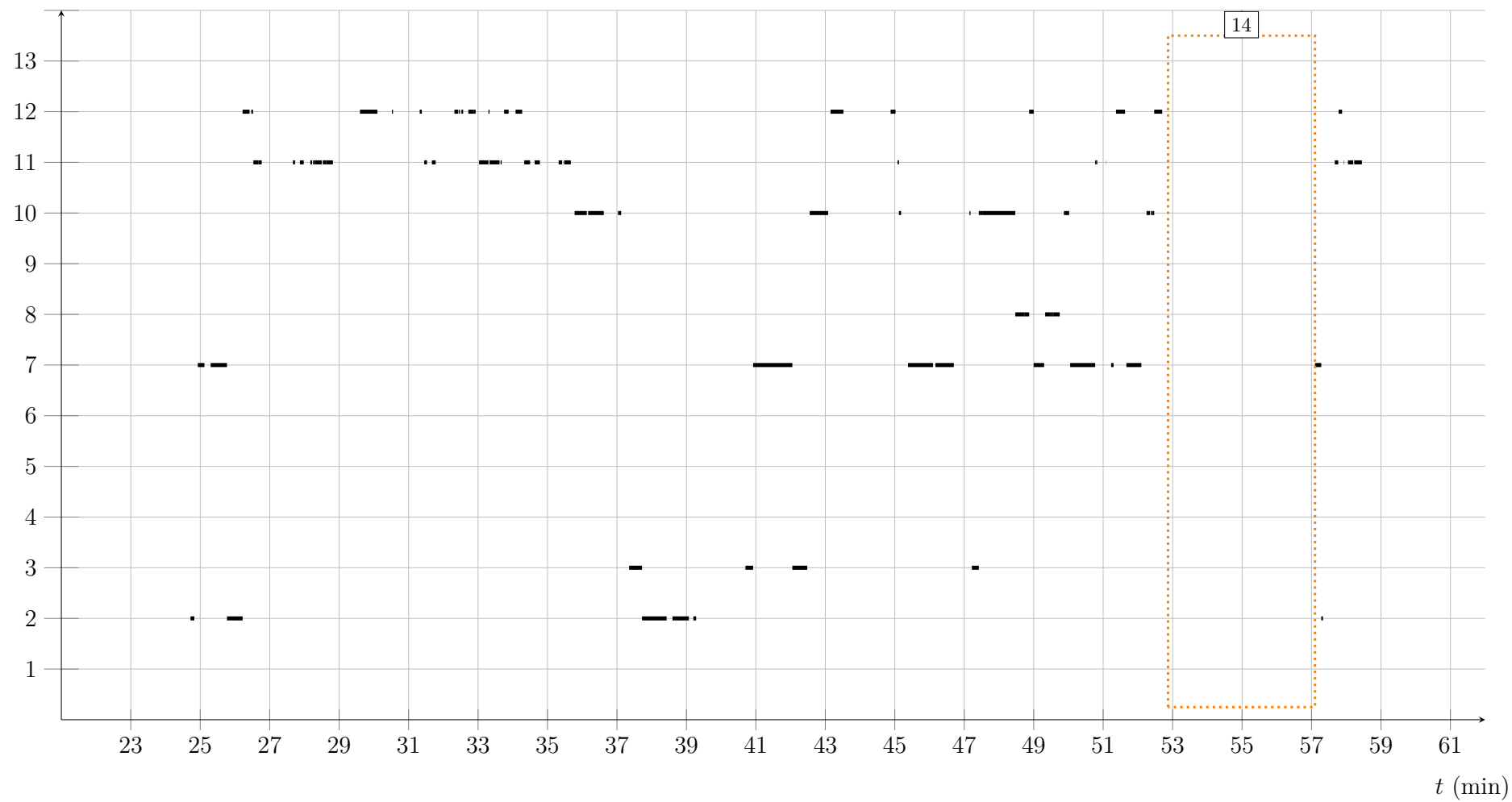
Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	Freq.	Duração	%
Produção de Sentido	Construir significados – (12)	19	02:50,97	16,4
	Dar sentido às situações propostas – (11)	28	02:57,79	17,1
Comunicação	Explicitar o próprio saber – (10)	14	02:53,46	16,7
	Negociar explicações – (8)	6	00:49,12	4,7
	Utilizar exemplos, analogias e metáforas – (7)	10	04:44,15	27,3
Avaliação	Justificar suas próprias conclusões – (3)	4	01:12,43	7,0
	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros – (2)	6	01:53,39	10,9
Total		87	00:17:21,31	100,0

Legenda: (n^o) código do gráfico

Fonte: Próprio Autor

Segundo a Tabela 26, observamos que 7 práticas epistêmicas foram mobilizadas 87 vezes com duração de 17 minutos e 31 segundos, sendo três práticas relacionadas à instância social de Produção de Sentido que, juntas, correspondem a 33,5% do tempo, três práticas associadas à Comunicação que duraram 48,7% do tempo, e duas práticas relacionadas à instância de Avaliação que correspondem a 17,9% do tempo.

Figura 24 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 05.



Fonte: Próprio Autor

No primeiro fragmento, entre os minutos 21,5 e 30,5, observamos que os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas de *Construir significados*, *Dar sentido às situações propostas*, *Utilizar exemplos, analogias e metáforas* e *Justificar suas próprias conclusões*, que estão divididas entre as instâncias sociais de Produção de Sentido, Comunicação e Avaliação, tendo domínio da instância de Produção de Sentido.

No segundo fragmento, entre os minutos 31,5 e 41, os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas de *Construir significados*, *Dar sentido às situações propostas*, *Explicitar o próprio saber*, *Justificar suas próprias conclusões* e *Criticar de forma fundamentada conclusões de outros*, que estão divididas entre as três instâncias, porém há um domínio das práticas relacionadas à instância de Produção de Sentido.

Por fim, no terceiro fragmento, entre os minutos 41 e 59, os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas de *Construir significados*, *Dar sentido às situações propostas*, *Explicitar o próprio saber*, *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção*, *Negociar explicações*, *Utilizar exemplos, analogias e metáforas* e *Justificar suas próprias conclusões*, que também perpassam as três instâncias sociais. Contudo, existe um domínio das práticas epistêmicas relacionada à instância de Comunicação do Conhecimento, mas não podemos desconsiderar as práticas epistêmicas relacionada à Produção de Sentido.

Como apresentado na subseção 9.2.5, a situação-problema foi estabelecida ao longo das interações discursivas e por esse motivo vemos os movimentos *Compreensão*, *Síntese* e *Correção* acontecendo espalhados ao longo do episódio com alta frequência e pequenas durações. Em relação às práticas epistêmicas, vemos no primeiro fragmento que estão relacionadas à instância social de Produção de Sentido; e, no segundo, estão associadas às instâncias de Produção de Sentido e Avaliação. Já no terceiro fragmento, os estudantes estavam interagindo no sentido de solucionar o problema que foi estabelecido durante as interações anteriores, que resultou em práticas epistêmicas relacionadas às três instâncias sociais.

10.2.6 Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 06

Neste episódio diversos aspectos epistêmicos foram identificados. Na Tabela 27 e na Figura 25 apresentamos os movimentos epistêmicos. E as práticas epistêmicas são evidenciadas na Tabela 28 e na Figura 26.

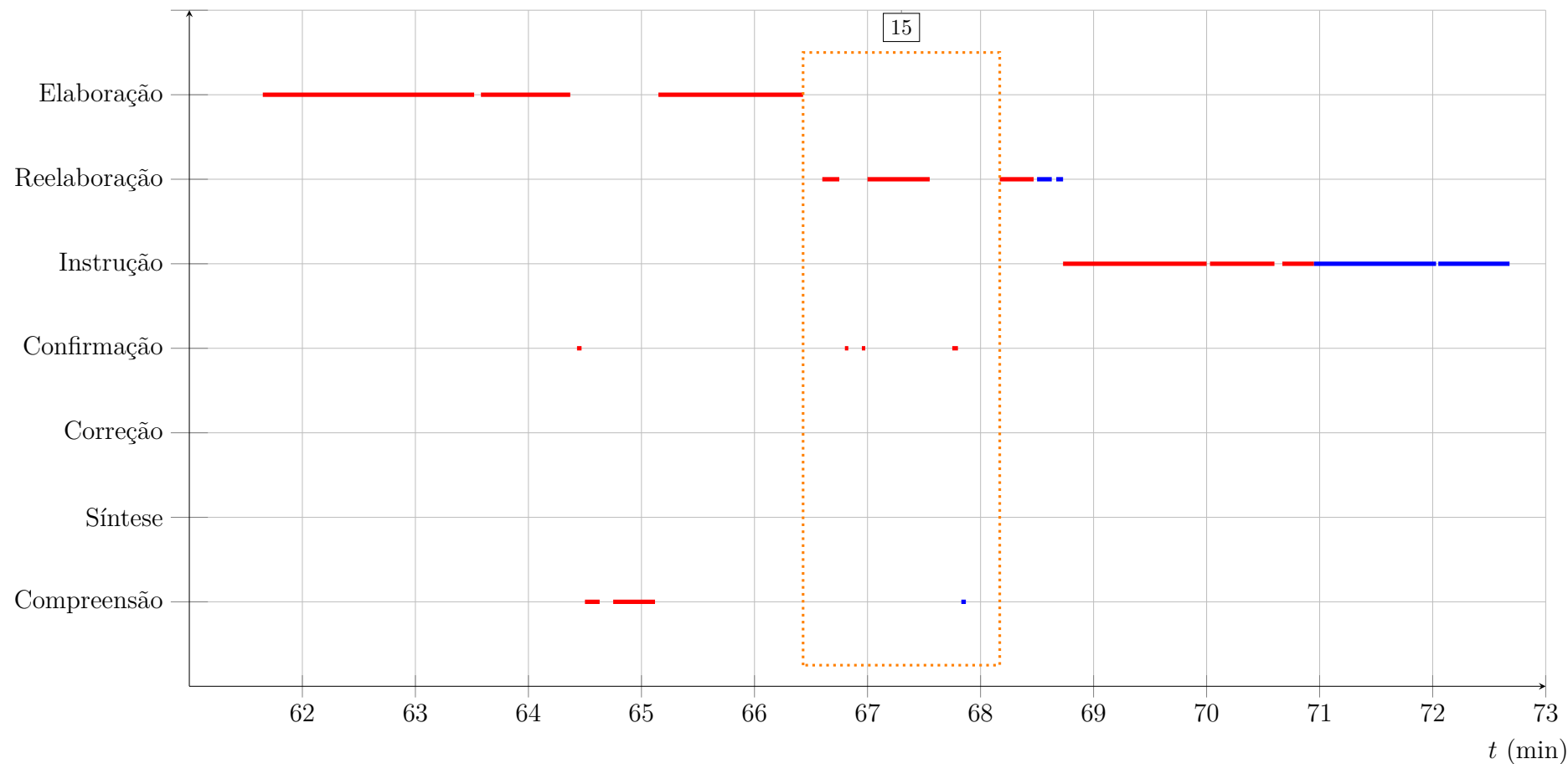
Tabela 27 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 06.

Movimentos Epistêmicos	Professor			Professora			Total		
	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%
Elaboração	3	03:55,95	40,8	0	00:00,00	0,0	3	03:55,95	40,8
Reelaboração	3	01:00,73	10,5	2	00:12,00	2,1	5	01:12,73	12,6
Instrução	3	02:06,99	21,9	2	01:43,35	17,9	5	03:50,34	39,8
Confirmação	4	00:08,88	1,5	0	00:00,00	0,0	4	00:08,88	1,5
Correção	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0
Síntese	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0	0	00:00,00	0,0
Compreensão	2	00:29,78	5,1	1	00:01,30	0,2	3	00:31,08	5,4
Total	15	07:42,33	79,8	5	01:56,65	20,2	20	09:38,98	100,0

Fonte: Próprio Autor

De acordo com a Tabela 27, o professor foi responsável por 79,8% dos movimentos, e a professora por 20,2%. Os movimentos de *Instrução* correspondem a 39,8% do tempo e foram realizados em cinco interações e os movimentos de *Elaboração* foram realizados em três interações, correspondendo a 40,8% do tempo.

Figura 25 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 06.



Legenda: Vermelho representa o professor, a cor azul a professora. O número 15 é o argumento reconstruído e o retângulo tracejado o intervalo em que aconteceu.

Fonte: Próprio Autor

A Figura 25 apresenta indícios de que quase todas as ações epistêmicas foram mobilizadas pelos professores, visto que ocorre um movimento de *Elaboração*, depois uma tentativa de explorar as percepções do estudante com os movimentos de *Confirmação* e *Compreensão*. Na sequência, observamos uma tentativa de trazer novos elementos com a *Reelaboração*, que resultam em diversos movimento de *Instrução*. No fragmento relativo ao argumento 15, observamos a presença de movimentos epistêmicos de *Compreensão*, *Confirmação* e *Instrução*.

Tabela 28 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 06.

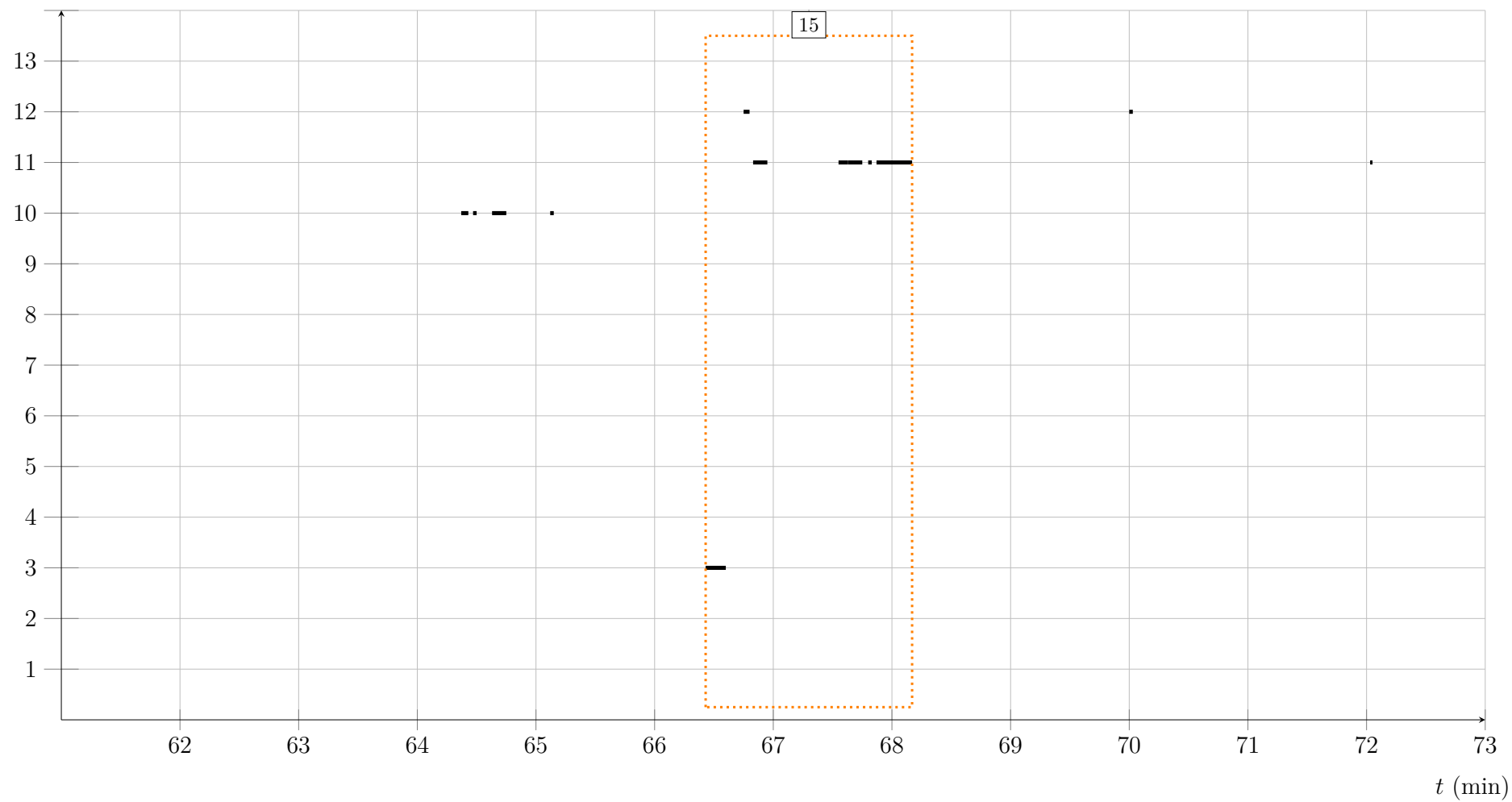
Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	Freq.	Duração	%
Produção de Sentido	Construir significados – (12)	2	00:04,50	6,4
	Dar sentido às situações propostas – (11)	7	00:40,43	57,9
Comunicação	Explicitar o próprio saber – (10)	4	00:15,24	21,8
Avaliação	Justificar suas próprias conclusões – (3)	1	00:09,70	13,9
Total		14	00:01:09,87	100,00

Legenda: (nº) código do gráfico

Fonte: Próprio Autor

Segundo a Tabela 28, observamos que quatro práticas epistêmicas foram mobilizadas 14 vezes, com duração de 1 minuto e 9 segundos, sendo que duas práticas estavam relacionadas à instância social de Produção de Sentido, que ocorreu em 64,3% do tempo. Uma prática associada à Comunicação, e outra, à Avaliação, que representa respectivamente 21,8% e 13,9% do tempo.

Figura 26 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 06.



Fonte: Próprio Autor

Ao analisar a Figura 26, podemos destacar que os estudantes realizaram diversas práticas epistêmicas em interações discursivas com pequenas durações. Os estudantes iniciaram mobilizando a prática epistêmica de *Explicitar o próprio saber*, relacionada à instância de Comunicação. Na sequência, temos a prática de *Justificar suas próprias conclusões*, associada à instância de Avaliação; e também as práticas *Construir significados* e *Dar sentido às situações propostas* relacionadas à Produção de Sentido.

10.2.7 Práticas e Movimentos Epistêmicos no Episódio 07

Neste episódio os movimentos epistêmicos foram organizados na Tabela 29 e na Figura 27. E as práticas epistêmicas evidenciadas na Tabela 30 e Figura 28.

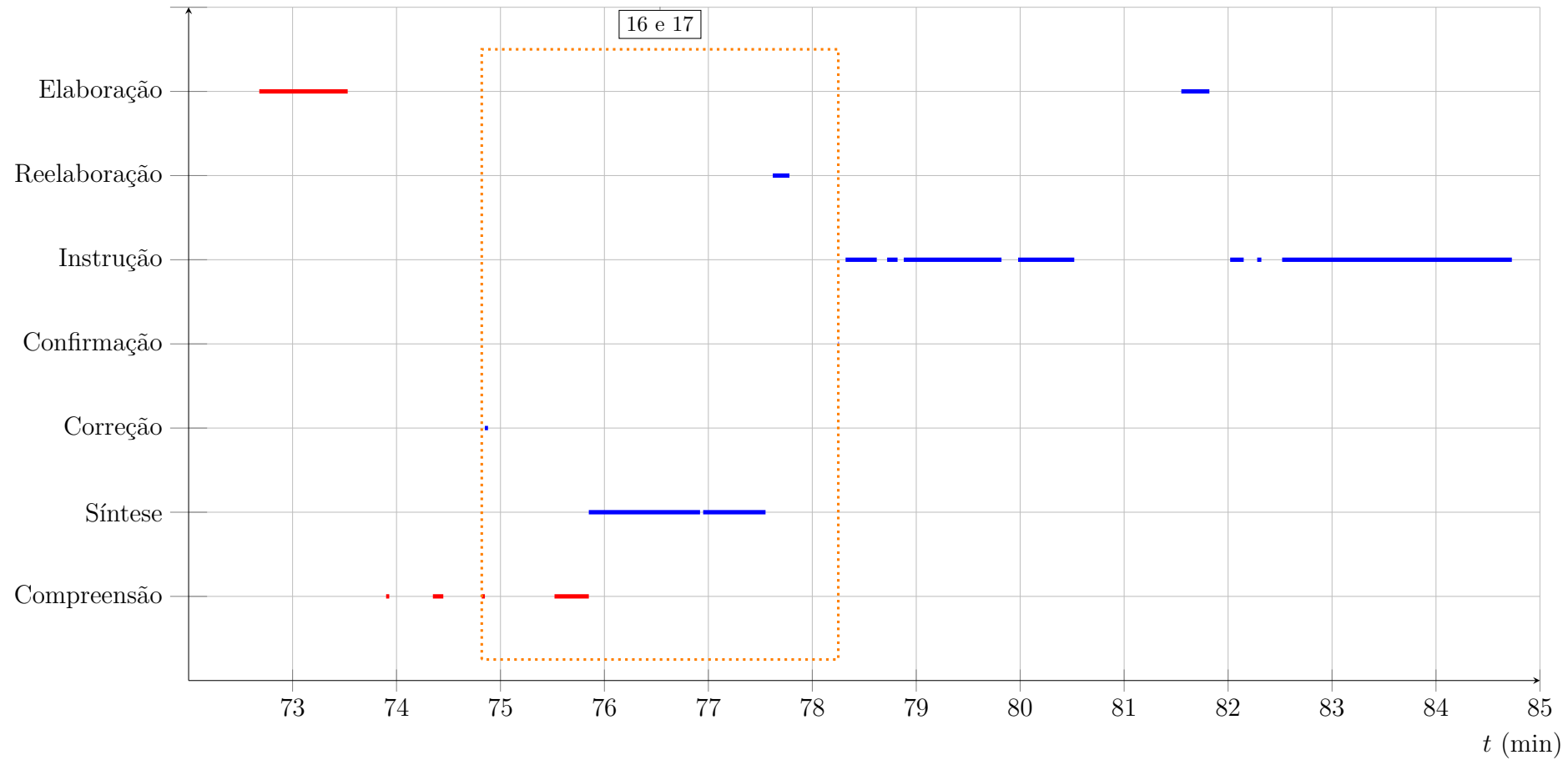
Tabela 29 – Movimentos Epistêmicos dos professores em relação à frequência e a duração no episódio 07.

Movimentos Epistêmicos	Professor			Professora			Total		
	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%	Freq.	Duração	%
Elaboração	1	00:51,25	11,0	1	00:16,00	3,5	2	01:07,25	14,5
Reelaboração	0	00:00,00	0,0	1	00:10,00	2,2	1	00:10,00	2,2
Instrução	0	00:00,00	0,0	7	04:14,86	54,9	7	04:14,86	54,9
Confirmação	0	00:00,00	0,0	1	00:00,40	0,1	1	00:00,40	0,1
Correção	0	00:00,00	0,0	1	00:02,00	0,4	1	00:02,00	0,4
Síntese	0	00:00,00	0,0	2	01:40,00	21,5	2	01:40,00	21,5
Compreensão	4	00:30,00	6,5	0	00:00,00	0,0	4	00:30,00	6,5
Total	5	01:21,25	17,5	13	06:23,26	82,5	18	07:44,51	100,0

Fonte: Próprio Autor

De acordo com a Tabela 29, o professor foi responsável por 17,5% dos movimentos; e a professora, por 82,5%. Porém, o movimento de *Instrução* corresponde a 54,8% do tempo, realizados em sete interações. O movimento de *Elaboração* foi realizado em duas interações, que corresponderam a 14,5% do tempo.

Figura 27 – Movimentos Epistêmicos dos professores no Episódio 07.



Legenda: Vermelho representa o professor, a cor azul a professora. Os números 16 e 17 os argumentos reconstruídos e o retângulo tracejado o intervalo em que aconteceu.

Fonte: Próprio Autor

Para analisarmos os movimentos epistêmicos dos professores, presente na Figura 27, podemos separá-los em dois fragmentos, de acordo com os movimentos de *Elaboração*. No primeiro, entre os minutos 72 e 81,5, vemos os movimentos de *Elaboração*, *Compreensão*, *Reelaboração* e *Instrução*. No segundo, entre os minutos 81,5 e 85, temos os movimentos de *Elaboração* e *Instrução*.

Tabela 30 – Práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes no episódio 07.

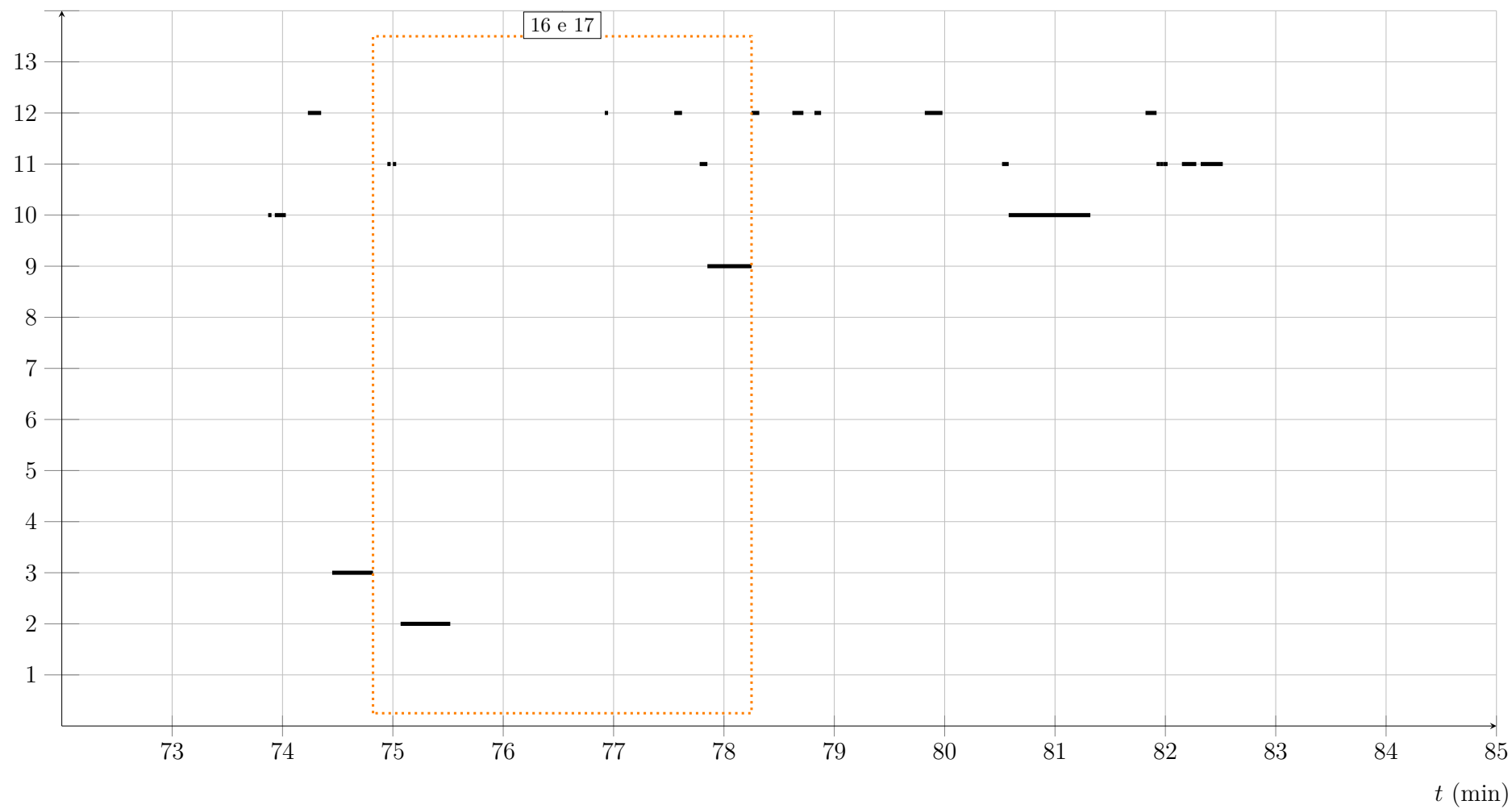
Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	Freq.	Duração	%
Produção de Sentido	Construir significados – (12)	8	00:43,03	21,0
	Dar sentido às situações propostas – (11)	9	00:38,00	18,5
Comunicação	Explicitar o próprio saber – (10)	3	00:51,29	25,0
	Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção – (9)	1	00:24,00	11,7
Avaliação	Justificar suas próprias conclusões – (3)	1	00:22,00	10,7
	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros – (2)	1	00:26,91	13,1
Total		23	03:25,23	100,0

Legenda: (n^o) código do gráfico

Fonte: Próprio Autor

Segundo a Tabela 30, observamos que seis práticas epistêmicas foram mobilizadas 23 vezes com duração de 3 minutos e 25 segundos. Duas delas estão relacionadas à instância social de Produção de Sentido, que ocorreu em 39,5% do tempo. Duas outras práticas estão associadas à instância de Comunicação, durando 36,7% do tempo. Também verificou-se que duas práticas estão relacionadas à instância de Avaliação, e duraram 23,8% do tempo.

Figura 28 – Práticas Epistêmicas dos estudantes no Episódio 07.



Fonte: Próprio Autor

No primeiro fragmento, entre os minutos 72 e 81,5, os estudantes mobilizaram as práticas epistêmicas de *Construir significados*, *Dar sentido às situações propostas*, *Explicitar o próprio saber*, *Apresentar suas próprias ideias e/ou seu processo de produção*, *Justificar suas próprias conclusões* e *Criticar de forma fundamentada conclusões de outros*, que perpassam as três instâncias sócias. No segundo fragmento, entre os minutos 81,5 e 85, temos as práticas de Construir significados e Dar sentido às situações propostas relacionadas à instância de Produção de Sentido.

Na próxima seção, realizaremos uma análise geral dos movimentos epistêmicos realizados pelos professores e as práticas epistêmicas em que os estudantes se engajaram ao longo dos episódios analisados.

10.3 *Análise das Práticas Epistêmicas e dos Movimentos Epistêmicos*

Com a análise dos aspectos epistêmicos mobilizados nos episódios de ensino, identificamos que, em maior ou menor grau, diversas práticas epistêmicas estiveram presentes nos episódios (Tabela 31) e nos movimentos epistêmicos dos professores (Tabela 32).

Tabela 31 – Relação das Práticas Epistêmicas mobilizadas pelos estudantes ao longo de todos os episódios de ensino.

Instâncias Sociais	Práticas Epistêmicas	01	02	03	04	05	06	07	Total	%
Produção de Sentido (37,0%)	Utilizar ideias, conceitos para construir novas compreensões	00:06,5	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:06,5	0,2
	Construir significados	00:17,9	00:26,3	02:07,8	03:12,8	02:50,9	00:04,5	00:43,0	09:43,3	19,4
	Dar sentido às situações propostas	02:01,8	01:22,6	00:31,4	00:32,5	02:57,8	00:40,4	00:38,0	08:44,5	17,4
Comunicação (42,2%)	Explicitar o próprio saber	00:06,5	02:05,2	00:54,4	01:41,8	02:53,5	00:15,2	00:51,3	08:48,0	17,5
	Apresentar suas próprias ideias e / ou seu processo de produção	00:17,9	00:00,0	00:00,0	02:05,6	00:00,0	00:00,0	00:24,0	02:47,5	5,6
	Negociar explicações	02:01,8	01:16,2	00:15,1	00:08,3	00:49,1	00:00,0	00:00,0	04:30,5	9,0
	Utilizar exemplos, analogias e metáforas	00:00,0	00:19,7	00:00,0	00:00,0	04:44,1	00:00,0	00:00,0	05:03,8	10,1
Avaliação (20,8%)	Distinguir evidências de previsão teóricas	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	0,0
	Utilizar novas situações para avaliar compreensão do modelo teórico	00:00,0	00:44,5	00:38,5	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	01:22,9	2,8
	Avaliar novas situações utilizando o modelo teórico	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	0,0
	Justificar suas próprias conclusões	00:34,5	02:00,5	00:54,9	00:00,0	01:12,4	00:09,7	00:22,0	05:14,1	10,4
	Criticar de forma fundamentada conclusões de outros	00:11,6	00:27,7	00:30,2	00:00,0	01:53,4	00:00,0	00:26,9	03:29,8	7,0
	Utilizar o modelo para identificar situações plausíveis ou não	00:00,0	00:00,0	00:21,6	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:00,0	00:21,6	0,6
Total		05:38,6	08:42,7	06:13,9	07:41,1	17:21,3	01:09,9	03:25,2	50:12,7	100

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 31, vemos que as práticas epistêmicas de *Construir significados* e *Dar sentido às situações propostas*, relacionadas à instância de Produção de Sentido e à prática de *Explicitar o próprio saber*, associada à instância de Comunicação de Conhecimento, estiveram presentes em todos os episódios. A prática epistêmica de *Justificar suas próprias conclusões* só não esteve presente no episódio 04, no qual não observamos nenhuma prática relacionada à instância social de Avaliação.

As práticas epistêmicas de *Distinguir evidências de previsão teóricas* e *Avaliar novas situações utilizando o modelo teórico* não estiveram presentes em nenhum episódio. E as práticas de *Utilizar o modelo para identificar situações plausíveis ou não* e *Utilizar ideias, conceitos para construir novas compreensões* estiveram apenas em um episódio. Em relação às instâncias sociais, constatamos que 37,0% estavam relacionadas à Produção de Sentido, 42,2% relacionadas à Comunicação, e 20,8%, à Avaliação.

Tabela 32 – Relação dos Movimentos Epistêmicos realizados pelos professores ao longo dos episódios.

Movimentos Epistêmicos	01	02	03	04	05	06	07	Total	%
Elaboração	01:04,0	00:52,5	06:21,5	03:49,3	03:11,4	03:55,9	01:07,3	20:22,0	27,6
Reelaboração	00:00,0	02:56,8	01:40,8	00:52,5	00:39,0	01:12,7	00:10,0	07:31,7	10,2
Instrução	00:07,4	04:37,6	01:02,6	01:23,0	00:31,9	03:50,3	04:14,9	15:47,7	21,4
Confirmação	00:00,0	00:00,0	00:13,3	00:28,9	00:54,8	00:08,9	00:00,4	01:46,3	2,4
Correção	00:00,0	00:34,8	00:37,9	00:31,0	01:26,5	00:00,0	00:02,0	03:12,2	4,3
Síntese	02:04,2	00:10,8	00:40,2	01:49,0	06:40,7	00:00,0	01:40,0	13:05,0	17,7
Compreensão	01:29,6	01:17,2	02:13,6	02:52,0	03:10,9	00:31,1	00:30,0	12:04,5	16,4
Total	04:45,2	10:29,6	12:49,9	11:45,7	16:35,3	09:38,9	07:44,5	1:13:49,3	100

Fonte: Próprio Autor

Com a análise da Tabela 32, constatamos que os movimentos epistêmicos de *Elaboração*, *Instrução*, *Síntese* e *Compreensão* correspondem aos maiores percentuais de tempo ao longo dos sete episódios, e os movimentos de *Confirmação* e *Correção* correspondem aos menores. Os movimentos de *Elaboração* e *Compreensão* estiveram presentes em todos os episódios. Outro destaque foi o movimento de *Instrução*, que se concentrou nos episódios 02, 06 e 07. Contudo, diferente do Episódio 02, os movimentos de *Instrução* dos episódios 06 e 07 foram mobilizados ao longo do episódio.

Ao longo dos episódios, observamos que os movimentos de *Elaboração*, *Reelaboração*, *Instrução* e *Síntese* foram realizados com baixa frequência e com duração maior que

os demais movimentos. Já os movimentos de *Compreensão*, *Confirmação* e *Correção* aconteceram com alta frequência e com baixa duração.

Com a análise dos episódios de ensino, vemos que as ações epistêmicas dos professores se modificaram no episódio 06 e 07, pois em mais de 77% do tempo desses episódios foram realizados os movimentos *Elaboração* e *Instrução*. Isso nos possibilita levar as seguintes hipóteses: (a) no episódio 06, repete-se um problema cuja estrutura já havia sido abordada no episódio 03, assim, o professor não julgou necessário promover um espaço para que os estudantes pudessem participar e mobilizar práticas epistêmicas; (b) o episódio 07 foi realizado no final da aula, e existia a necessidade de terminar a sequência, logo, era necessário solucionar a situação-problema para finalizá-la. Dessa forma, os professores concentraram quase todo o papel epistêmico no processo de ensino e aprendizagem.

Por mais que não possamos quantificar a complexidade dos movimentos epistêmicos, é possível identificar situações que estão diretamente relacionadas aos caminhos a serem seguidos ao longo das interações discursivas. Assim, ao realizar movimentos de *Reelaboração* ou *Instrução*, os professores estão inserindo elementos até então desconsiderados por parte dos estudantes, ou seja, um novo olhar para o problema ou uma nova informação ou conceito. Os demais movimentos foram realizados no sentido de seguir o caminho em vigor nas interações, com o objetivo de compreendê-los por meio do movimento de *Compreensão*, ou por avaliá-los com os movimentos de *Correção* e *Confirmação*, ou por reestabelecer elementos apresentados com a *Síntese*.

Com a análise das práticas epistêmicas e dos movimentos epistêmicos, observamos que um dos fatores que influenciaram nas ações epistêmicas dos estudantes e dos professores estava relacionado à compreensão da situação-problema ou das problemáticas estabelecidas. Assim, quando o problema é compreendido pelos estudantes, o movimento dos professores, na maioria das vezes, estava relacionado à *Compreensão*, *Síntese*, *Confirmação* e *Correção*, e os estudantes se engajaram nas práticas epistêmicas, na maioria das vezes, associadas à instância social de comunicação e avaliação. Quando observamos uma concentração dos movimentos de *Reelaboração* e *Instrução*, constatamos que, na maioria das vezes, as práticas epistêmicas estavam relacionadas à instância social de produção de sentido.

11 Considerações Finais

Em nosso estudo, buscamos analisar e compreender as interações discursivas que emergem em sala de aula durante a realização de uma sequência de ensino sobre os conceitos de espaço e tempo de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita, e identificar as práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes e o papel do professor nesse processo. Para cumprir nossos objetivos, tentamos responder aos seguintes problemas de pesquisa: *Aulas de introdução a Teoria da Relatividade Restrita planejadas para fomentar interações discursivas favorecem o desenvolvimento de quais práticas epistêmicas? Quais ações discursivas e epistêmicas do professor favorecem ou não o desenvolvimento de tais práticas?* Nossa pesquisa teve como pressupostos teórico-metodológicos estudos do campo da Educação Científica relacionadas às práticas epistêmicas e à argumentação em sala de aula.

Ao apresentarmos as considerações finais, iremos, na seção 11.1, destacar algumas reflexões sobre as ações realizadas em sala de aula, destacando os princípios de design e realização das atividades na promoção do ambiente argumentativo em sala de aula. Nas seções 11.2 e 11.3, abordaremos as respostas para os problemas de pesquisa e seus possíveis desdobramentos. Por fim, na seção 11.4, elencamos pontos necessários, mas não suficientes, para repensarmos a Educação no Brasil, especialmente o ensino de Física.

11.1 Reflexões sobre os Episódios de Ensino

Ao realizarmos a sequência em sala de aula, buscamos estabelecer um ambiente em que os estudantes e os professores pudessem interagir no sentido de produzir, comunicar e avaliar o conhecimento (KELLY, 2008; KELLY, 2010), possibilitando o desenvolvimento de práticas epistêmicas e argumentação.

A sequência de ensino, apresentada no Capítulo 6, foi desenvolvida pautada em três princípios de design, presentes na seção 6.2, que reproduziremos a seguir: (a) o *princípio epistemológico* que aborda o contexto histórico e epistemológico no qual a Física Moderna foi construída, dando ênfase à sua ruptura com a Física Clássica, pautado pelos estudos de Kuhn (2007) e Paty (2009); (b) o *princípio didático* que constituiu uma comunidade epistêmica na sala de aula para reinterpretar os conceitos de espaço e tempo, fazendo uso de interações discursivas e práticas epistêmicas, pautado pelos estudos de Jiménez-Aleixandre

(2007), Duschl (2008), Berland e Reiser (2008), Christodoulou e Osborne (2014), Kelly e Licona (2018); e, (c) o *princípio sociocultural* que representa o processo de construção do conhecimento que ocorre por meio da argumentação com o estabelecimento da comunidade epistêmica, onde seus membros constroem, negociam, legitimam e avaliam o conhecimento, pautado pelos estudos de Kelly (2008), Kelly (2010), Kelly e Licona (2018).

Desses princípios, focamos nos (b) e (c), pois estão diretamente relacionados às ações realizadas em sala de aula para o estabelecimento do ambiente de avaliação do conhecimento, pautado pelo estudo de Jiménez-Aleixandre (2007). No entanto, não podemos nos esquecer da importância do princípio (a) que esteve presente ao planejarmos as situações-problema que compõem a sequência de ensino. Dos seis elementos (papel dos estudantes, papel do professor, currículo, avaliação, metacognição e abordagem de comunicação) propostos por Jiménez-Aleixandre (2007), alguns puderam, em maior ou em menor grau, ser observados ao longo dos episódios de ensino.

Ao revisitá-los, buscamos identificar como os papéis dos professores, dos estudantes e a comunicação estabelecida entre eles aconteceram ao longo dos episódios. Contudo, vale ressaltar que apenas esses elementos não são suficientes para garantir um ambiente de avaliação do conhecimento, mas constituem elementos centrais no processo de ensino e aprendizagem.

No decorrer dos episódios foi possível identificar que os estudantes: (a) se envolveram ao solucionarem os problemas; (b) sustentaram as afirmações com evidências, muitas vezes pautadas em conhecimentos ou por situações estudadas ao longo da atividade; (c) avaliaram o conhecimento ao identificar o processo de convencimento; e, (d) tomaram consciência sobre suas ideias, identificando as diferenças entre os seus posicionamentos iniciais e finais, reconhecendo os elementos que influenciaram nas mudanças. Em relação aos professores, constatou-se: (a) que dependendo do contexto conceitual, incentivaram os estudantes a apresentar afirmações, evidências e raciocínio; e, (b) incentivaram os estudantes a refletirem sobre os seus posicionamentos. Por fim, a comunicação, em boa parte dos episódios, era colaborativa, quando os questionamentos e avaliações estiveram presentes ao negociar significados, explicações e evidências, e, por vezes, ao buscar o convencimento e a cooperação na construção de argumentos coletivos.

Outro elemento importante foi a estratégia didática por detrás das situações-problema. As “Teorias Concorrentes” (ERDURAN, 2006) foram utilizadas com o objetivo de promover situações para fomentar a argumentação, porém, diferente da proposta do

autor, em que aos estudantes eram apresentadas explicações e um conjunto de evidências para sustentá-las, em nossos episódios buscamos promover situações-problema em que os estudantes eram confrontados com explicações e instigados a articularem com evidências propostas por eles para sustentá-las.

Nos episódios, as “Teorias Concorrentes” foram abordadas com dois aspectos diferentes. No primeiro, as explicações em disputa eram realizadas por terceiros, como nos episódios 01, 02 e 03, em que os estudantes se empenharam para sustentar ou refutar as explicações apresentadas nos problemas. No segundo, os objetos de disputa eram as explicações apresentadas pelos estudantes, como nos episódios 04, 05, 06 e 07, que, além dos elementos anteriores, tinham a possibilidade de correção das explicações. Nos dois aspectos, há possibilidades de os estudantes participarem da argumentação, pois a todo momento estão propondo afirmações, defendendo-as e/ou as refutando. Nesse contexto, há espaço para os estudantes se envolverem na produção de sentido, comunicação e avaliação do conhecimento (KELLY, 2008; KELLY; LICONA, 2018).

Acreditamos que a estrutura das “Teorias Concorrentes” ou “Explicações Concorrentes” emerge, além das outras potencialidades já apresentadas na literatura, como uma possibilidade para fomentar a argumentação no ensino de Física Moderna e Contemporânea, visto que, em conjunto com as ações do professor, podem proporcionar o engajamento dos estudantes em situações que envolvem a sustentação de explicações.

Com a análise do processo e do produto argumentativo, das práticas epistêmicas e dos movimentos epistêmicos, vimos que, em diversos momentos, os estudantes foram os sujeitos centrais no processo de ensino e aprendizagem, realizando interações discursivas que apresentavam afirmações e as sustentavam utilizando evidências ou evidências e raciocínio, mobilizando práticas epistêmicas ao propor, justificar e avaliar o conhecimento (KELLY, 2008).

Durante a análise do processo argumentativo, identificamos ações consideradas como argumentativas, quando diretamente relacionadas à problemática central, e outras como não argumentativas. Contudo, as ações não argumentativas foram fundamentais para estabelecer o ambiente argumentativo e de práticas epistêmicas, com interações discursivas que foram desde incentivar os estudantes a apresentarem suas respostas a elucidar conceitos. Responder as ações e indagações dos estudantes também foi fundamental, pois mostrava respeito e interesse em sua participação nas interações discursivas.

Por meio dos processos e produtos argumentativos foi possível identificar e reconstruir um conjunto de argumentos que estavam relacionados com solucionar as situações-problema dos episódios ou aos problemas estabelecidos ao longo das interações discursivas. Nos episódios vimos os estudantes e professores se envolverem, na maioria das vezes, de maneira colaborativa, nas interações discursivas, resultando em argumentos que foram construídos de maneira coletiva.

Por mais que não tivéssemos como objetivo analisar o processo argumentativo em toda sua complexidade, vimos que em diversas situações as interações discursivas se aproximaram de discursos argumentativos, pois, conforme Berland (2008), os estudantes e professores: (a) participaram das interações discursivas; (b) apresentaram afirmações; (c) defenderam suas afirmações; (d) atenderam e responderam às afirmações contrárias; e (e) revisaram afirmações.

Como nos estudos de Freire (2014) e Valle (2014), as ações dos professores foram essenciais no estabelecimento do processo e produto argumentativo, assim como no aumento da complexidade do argumento. Tendo como referência os discursos argumentativos, vemos que suas ações possibilitaram aos estudantes participar de interações discursivas nas quais defendiam e revisavam afirmações, e respondiam a afirmações contrárias. Assim, não podemos desconsiderar o professor e suas ações ao planejar as atividades que fomentam as práticas epistêmicas e a argumentação em sala de aula.

Os resultados relacionados aos processos e produtos argumentativos corroboram com o estudo de Silva (2015), pois os estudantes, no primeiro momento e em diversas situações, realizaram afirmações sem sustentá-las com defesas, evidências e/ou raciocínio, ou seja, não as defendiam. Silva (2015) destaca que essa baixa produção de argumentos pode estar relacionada com a natureza do trabalho científico e do uso das evidências nos argumentos.

Com a análise da estrutura do argumento, vimos que os estudantes fizeram uso de exemplos estudados, resultados experimentais e conceitos das teorias como evidências para os argumentos, seja para defender posicionamento, seja no processo de persuasão.

Depois de desenvolver e realizar a sequência de ensino com os estudantes, houve necessidade de replanejamento, tanto na perspectiva pedagógica quanto na própria pesquisa, pois: (a) sentiu-se a necessidade de estabelecer outros momentos de sistematização coletiva que abordassem os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita, de maneira que os grupos pudessem expor os conceitos, pois, nessa primeira realização, boa parte dessas

ações eram centradas nos grupos com o auxílio da professora. Assim, inseriu-se ao final de cada atividade um momento de sistematização da atividade; (b) julgou-se necessário abordar a contração espacial com os estudantes, pois permitiria, além de se apropriar de outro conceito fundamental na TRR, criar mais um momento para fomentar interações discursivas, práticas epistêmicas e movimentos epistêmicos. Essas considerações fizeram parte do *redesign*, em que adicionamos duas atividades à sequência de ensino, presente no Apêndice A.

11.2 Respondendo aos problemas de pesquisas

Neste estudo, defendemos que as práticas epistêmicas podem ser desenvolvidas no espaço da Física Moderna e Contemporânea, em um ambiente argumentativo, no qual os estudantes se engajem em sustentar explicações. Nesta seção apresentaremos uma possibilidade de resposta para nosso problema de pesquisa.

Aulas de introdução a Teoria da Relatividade Restrita planejadas para fomentar interações discursivas favorecem o desenvolvimento de quais práticas epistêmicas?

As práticas epistêmicas estão relacionadas às áreas do conhecimento e aos objetivos pedagógicos, e com a Física Moderna não é diferente. A maioria das pesquisas nas quais as práticas epistêmicas foram investigadas, em sala de aula, eram realizadas por meio de atividades experimentais (ARAÚJO, 2008; NASCIMENTO, 2015), ações dos professores (SILVA, 2008) e no ensino por investigação (SILVA, 2011; SILVA, 2015; RATZ, 2015). A ferramenta de análise utilizada nesses estudos e, em certa medida, as práticas epistêmicas, estava relacionada ao trabalho no laboratório. Reconhecendo a diferença epistemológica entre a Teoria da Relatividade Restrita e a Mecânica Clássica (KUHN, 2007), as práticas epistêmicas foram adaptadas para se investigá-las em uma sala de aula de Física Moderna e Contemporânea.

Das 13 práticas epistêmicas que investigamos, na forma do instrumento de análise, nem todas estiveram presentes nos episódios analisados. Efetivamente os estudantes se envolveram em nove práticas epistêmicas na pesquisa, pois duas delas estiveram presentes em apenas duas situações. Contudo, mantivemos a Ferramenta de Análise com as 13 práticas por acreditarmos que em outro contexto educacional elas possam estar presentes,

uma vez que a estrutura da atividade e das ações dos professores em sala de aula influencia nas práticas epistêmicas.

As práticas epistêmicas de *Distinguir evidências de previsão teóricas* e *Avaliar novas situações utilizando o modelo teórico* não estiveram presentes em nenhum episódio e as práticas de *Utilizar o modelo para identificar situações plausíveis ou não* e *Utilizar ideias, conceitos para construir novas compreensões* estiveram apenas em um episódio. Em todos os episódios observamos que em 37,0% do tempo as práticas epistêmicas estavam relacionadas à instância social de Produção de Sentido, 42,2%, à Comunicação, e 20,8%, à Avaliação. Este pequeno domínio das práticas epistêmicas relacionadas à instância de avaliação se justifica devido à estrutura com que foram planejadas as situações-problema envolvendo as teorias concorrentes. As práticas epistêmicas relacionadas à Produção de Sentido apareceram em situações nas quais os estudantes eram convidados a pensar maneiras de persuadir, especialmente nos episódios 01, 02 e 03, e no episódio 05, devido à situação-problema que foi sendo estabelecida ao longo do episódio.

Com a análise das práticas epistêmicas, constatamos o alto grau de inferência nas categorizações, como já relatado por Araújo (2008), Lima-Tavares (2009) entre outros autores. Em relação à sobreposição, concordamos com Silva e Mortimer (2011) ao relacionar as práticas epistêmicas às operações epistêmicas, pois “(...) uma ação de produção do conhecimento, como a realização de um ensaio experimental, pode suscitar a avaliação de um procedimento ou considerações sobre as limitações da investigação, que são operações epistêmicas de natureza avaliativa” (SILVA, 2011, p. 269), sendo fundamental compreender o contexto no qual emergem as práticas epistêmicas.

Quais ações discursivas e epistêmicas do professor favorecem ou não o desenvolvimento de tais práticas?

Ao analisarmos as ações dos professores, por meio das funções argumentativas e dos movimentos epistêmicos, constatamos que elas se modificaram de acordo com a situação-problema, de como ela estava sendo percebida pelos estudantes, ou os objetivos pedagógicos, nesse caso envolvendo outros encargos didáticos.

Nos argumentos reconstruídos observamos que os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita estiveram presentes com propósitos teóricos distintos: (a) *Sustentar a Teoria* (ST), os conceitos e exemplos foram mobilizados com o objetivo de defender elementos teóricos; (b) *Utilizar a Teoria* (UT), os conceitos e exemplos eram utilizados para explicar e justificar a situação-problema; e (c) *Articular a Teoria* (AT), os conceitos e

as situações-problema eram articulados com o objetivo de persuasão para o convencimento dos pares.

Com a análise desses argumentos percebemos que os professores influenciaram em maior ou em menor grau nos seus elementos e complexidades. Quando os argumentos estavam relacionados a *sustentar a teoria*, que abordavam os postulados, os professores contribuíram de forma explícita nos raciocínios dos argumentos, apresentando como as afirmações e evidências se relacionavam. Por mais que os estudantes apresentassem evidências, eles não demonstravam como elas se relacionavam com a afirmação. Nos argumentos que envolveram articular a teoria e utilizá-la, percebemos que em algumas situações os estudantes apresentavam a relação entre evidência e afirmação.

Ao planejar futuros materiais instrucionais para fomentar as práticas epistêmicas e argumentação no estudo da Física Moderna e Contemporânea, como o exposto no decorrer da pesquisa, não devemos nos esquecer do papel importantíssimo do professor, buscando envolver os estudantes em situações-problema que lhes são apresentadas com o objetivo de compreender a natureza do trabalho científico. É necessário que compreendamos a ciência como um empreendimento humano em que construímos e utilizamos modelos explicativos.

Ao analisar as interações discursivas, percebemos que os caminhos a serem seguidos pelos estudantes estavam relacionados à compreensão ou não da situação-problema. Quando os estudantes a compreendiam, as interações iam no sentido de solucioná-la e os movimentos, em sua maioria, depois do movimento de *Elaboração*, foram de *Compreensão*, *Síntese*, *Confirmação* e *Correção*. Em relação às práticas epistêmicas, os estudantes mobilizaram, na maioria das vezes, práticas associadas às instâncias de Comunicação e Avaliação do Conhecimento. Quando o problema não estava estabelecido, vimos, em sua maioria, depois do movimento de *Elaboração*, os movimentos de *Reelaboração*, *Compreensão* e *Instrução*, e os estudantes mobilizam, na maior parte das vezes, práticas associadas às instâncias de Produção de Sentido e Comunicação.

Para exemplificar como as ações dos professores se modificaram ao longo dos episódios, no episódio 05 vemos que a problemática inicial não foi compreendida inicialmente por parte dos estudantes, e ao longo das interações discursivas os estudantes e os professores foram interagindo para o estabelecer um novo problema, que deveria ser solucionado. Até o novo problema ser estabelecido, os professores realizaram falas curtas com o objetivo de especular como os estudantes compreendiam a situação-problema, por meio de interações discursivas identificadas como *Compreensão*. Depois de estabelecido a problemática,

vemos que a frequência das interações reduziram e os movimentos epistêmicos foram de *Confirmação, Correção e Síntese* para o estabelecimento da última palavras.

Os episódios 06 e 07, por sua vez, demonstram situações em que os encargos didáticos modificaram as ações dos professores, sendo episódios com os maiores percentuais de instrução encontrados em nossa pesquisa. Além disso, vimos que os estudantes realizavam questionamentos e os professores eram os responsáveis pelas funções argumentativas Afirmando e Justificando. Tanto em relação aos processos argumentativos quanto aos movimentos epistêmicos, percebemos mudanças nas ações dos professores.

11.3 *Desdobramento da Pesquisa*

Reconhecendo a necessidade de estudos que investiguem situações de ensino voltadas para a argumentação e práticas epistêmicas no ensino de Física, especialmente relacionados à temática de Física Moderna e Contemporânea, acreditamos que a pesquisa contribuiu para o campo, além das considerações apresentadas anteriormente, ao:

- abordar um conjunto de práticas epistêmicas que envolvem conceitos introdutórios da Teoria da Relatividade Restrita, que podem ser utilizados para investigar outras temáticas relacionadas à Física Moderna e Contemporânea;
- exemplificar uma possibilidade para o uso das “Teorias Concorrentes” (ERDURAN, 2006), em uma sequência de ensino que envolve os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita;
- abordar uma proposta metodológica para analisar as interações discursivas em sala de aula.

Ainda no escopo dos dados coletados e dos materiais instrucionais adaptados ou produzidos, destacamos a possibilidade de realizar outras pesquisas, tais como:

- reorganizar a sequência de ensino para ser desenvolvida dentro do escopo da Pesquisa Baseada em Design, com o objetivo de avaliar, entre outros problemas de pesquisa, o material instrucional;
- investigar as funções argumentativas do professor, especialmente os questionamentos, com o objetivo de mapear as ações discursivas e epistêmicas aí presentes.

Com a pesquisa alguns questionamentos e pontos foram levantados e que, a nosso ver, merecem ser investigados em outras pesquisas, dos quais podemos destacar:

- no estudo constatamos que a natureza teórica esteve presente em três situações distintas, tendo o professor papel central nos argumentos que buscavam sustentar a teoria, ou seja, suas ações contribuíram diretamente nos raciocínios que relacionam as evidências às afirmações. Essa situação levanta diversos questionamentos, que não podemos responder com os nossos dados: (a) essa diferença de abordagem conceitual se repete em outras áreas da Física Moderna Contemporânea? Caso afirmativo, que ações podemos realizar, seja no desenho da pesquisa seja nos materiais instrucionais para que os estudantes consigam argumentar em sala de aula em situações que envolvem a sustentação da teoria?
- nos documentos oficiais, que orientam o ensino de ciência no Brasil, defendem-se a necessidade das interações discursivas em sala de aula, no qual os estudantes interagem para compreenderem os conceitos, leis e teorias científicas e a própria natureza da ciência. Contudo, quase não existem pesquisas que investigam as práticas epistêmicas da ciências e de ensinar ciências na formação docente.

Além das ações que estão diretamente relacionadas à sala de aula, não podemos deixar de pensar nos cursos de formação de professores, pois, conforme destaca (STROUPE, 2015), as experiências nos cursos de formação influenciam nas ações dos professores em sala de aula. Portanto, não podemos deixar de fora dos cursos de formação de professores ações que possibilitem pensar a Física como práticas realizada e por meio da argumentação.

Em nosso estudo, tivemos como ambiente de coleta de dados uma turma do primeiro período do curso de licenciatura em Física. Baseado na tese, acreditamos que ela tem potencial para orientar futuras ações no processo de formação inicial e continuada ao apresentar elementos que relacionam as interações discursivas, práticas epistêmicas e Teoria da Relatividade Restrita. Defendemos que no processo de formação docente é fundamental que os futuros professores se engajem em práticas epistêmicas relacionadas a ciência e a ensinar ciências. Contudo, reconhecemos que estar imerso em um ambiente de interações e de práticas epistêmicas não garante que suas ações como docente considerem tais elementos, sendo uma condição necessária mas não suficiente ao planejar aulas em um ambiente de interações e de práticas.

11.4 Reflexões Presentes

Neste período em que finalizamos a tese, estamos vivendo a maior pandemia do século XXI (até o presente momento). Essa pandemia, diferente dos outros problemas contemporâneos, como aquecimento global e o ausência de um desenvolvimento sustentável, entre outros, apresenta consequências a curto prazo. As ações de hoje apresentam reações nas semanas seguintes. A COVID-19, além das diversas mortes que trouxe para o nosso dia a dia, fez aflorar todas as desigualdades e mazelas que vivemos há muitos anos e que, por muitas vezes, passaram ao largo das políticas públicas e da sociedade, como a falta de tratamento de água e esgoto, moradias precárias e a existência de subempregos, entre outras (desigualdades e mazelas), que deveríamos ter solucionado há muito tempo.

Além de conviver com a pandemia, com problemas sociais, ambientais e econômicos, há muito tempo estamos vivendo um período no qual o conhecimento científico está sendo negado e a academia vem sofrendo diversos ataques, especialmente as ciências humanas. Cada dia, vemos crescer o número de teorias da conspiração que envolvem a negação do conhecimento científico, como o aumento do número de pessoas que duvidam do formato da Terra e que não vacinam seus filhos, por exemplo. Esse último fato é muito grave, pois resulta no crescente número de doenças que têm vacina e que já haviam sido erradicadas. Esse movimento de negação do conhecimento científico se afluorou de maneira muito mais forte nesse período da pandemia.

Cada avanço na direção da descoberta da vacina é noticiado, cada estudo de estimativa do número de contágio e de morte faz parte do debate público, cada tratamento novo surge como uma nova esperança para salvar milhares de vidas. Nunca a grande mídia apresentou tantos resultados de pesquisas científicas. Contudo, vemos muitas pesquisas sendo abordadas de maneira simplória e suas premissas básicas sendo omitidas ou até mesmos deturpadas. Muitas vezes as hipóteses estão sendo apontadas como afirmações, evidências são desconsideradas e os processos argumentativos envolvidos em inúmeros *argumentum ad hominem* (argumento contra a pessoa). Vemos os debates no campo da ciência dando lugar ao “achismo”. Todavia, passamos a ver diversos apresentadores de telejornais tentarem, e muitas vezes com sucesso, abordar elementos importantes para compreender como é realizado o trabalho da comunidade científica.

Nesse contexto, não podemos deixar de discutir o papel da escola durante e depois da pandemia, e os caminhos que queremos para nosso futuro e de nossos jovens. Não apenas sobre como será o ensino, seja presencial, seja de maneira remota, como muitos deixam transparecer em debates, mas sobre o que queremos que os jovens aprendam e sua importância para a vida em sociedade.

No pós-pandemia, para além dos problemas socioeconômicos e ambientais, que devemos solucionar de maneira efetiva, devemos repensar e reconstruir nossa educação pública. O repensar e o reconstruir devem envolver todas as instâncias da escola pública, da infraestrutura ao currículo, sem esquecer os atuais e futuros professores.

Acredito que seja consenso entre professores e pesquisadores a necessidade de o estudante estar ativo no processo de ensino e aprendizagem, voltado para a formação de um cidadão cientificamente letrado e que domine ou reconheça práticas científicas e epistêmicas do conhecimento científico. Tal ponto era um desafio antes da pandemia, agora passou a ser uma emergência na formação de nossos jovens.

No árduo e desafiador processo de tentar responder ao “Para que ensinar ciências?”, Sasseron (2018a, p. 564) apresenta “(...) para mim, ensinar ciências pode significar, nos dias atuais, a conferência de oportunidades para que os estudantes sejam apresentados a modos de realizar buscas sobre questões que os aflijam e, a partir das informações a sua disposição, construir seu posicionamento frente a dúvida (...)” algo que corroboramos.

Nesse processo reflexivo, não pretendemos apresentar respostas para os complexos problemas destacados anteriormente, pois uma única pessoa não poderá solucioná-los, sendo necessária a união dos mais diversos espectros da sociedade. Isso posto, buscamos elencar alguns itens para investigação no campo da educação científica, mais precisamente ao ensino de Física, que acreditamos contribuirão na formação dos jovens, dos professores e futuros professores, tendo a sala de aula como principal espaço de pesquisa.

- Investigar e compreender o processo argumentativo relacionado ao ensino de Física Moderna e Contemporânea na educação básica;
- Investigar e produzir materiais instrucionais relacionados à Física Clássica e à Física Moderna e Contemporânea, pautada na modelagem, investigação e argumentação;
- Repensar e planejar o currículo de Física para fomentar e desenvolver práticas epistêmicas e científicas, das quais a argumentação científica faça parte;

- Investigar as práticas científicas e as práticas epistêmicas relacionadas à Física Moderna e Contemporânea, objetivando compreender estratégias didáticas na promoção de tais práticas e compreender o processo argumentativo.

Em todos os pontos, não podemos deixar de fora os professores, atuais ou futuros. É fundamental que o professor entenda que o currículo é realizado por ele no seu espaço de trabalho, embora a Base Nacional Comum Curricular deva ser acessível a todos e conhecida por todos os docentes. Nesse cenário, defendemos a necessidade de um ensino de Física que fomente e desenvolva práticas embasadas na argumentação científica, estando sempre presente na educação pública.

Referências^a

- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma metodologia para análise da dinâmica entre zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. In: **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2006. p. 239–296.
- ARAÚJO, A. O. de. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química**. 1-144 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- ARAÚJO, A. O. de; MORTIMER, E. F. As práticas epistêmicas e suas relações com os tipos de texto que circulam em aulas práticas de química. **VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009.
- BASTOS, A. P. S. **Potenciais Problemas Significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva histórico-cultural**. 220 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2017.
- BERLAND, L. K. **Understanding the composite practice that forms when classrooms take up the practice of scientific argumentation**. Tese (Doutorado) — Northwestern University, 2008.
- BERLAND, L. K.; MCNEILL, K. L. A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. **Science Education**, Wiley Online Library, v. 94, n. 5, p. 765–793, 2010.
- BERLAND, L. K.; MCNEILL, K. L. For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. **Science Education**, v. 96, n. 5, p. 808–813, 2012. ISSN 00368326. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/sce.21000>>.
- BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Making sense of argumentation and explanation. **Science Education**, v. 93, n. 1, p. 26–55, 2008. ISSN 00368326.
- BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. **Science Education**, v. 95, n. 2, p. 191–216, 2011. ISSN 0036-8326.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto editora, 1994. 336 p. ISBN 9789720341129.
- BORGES, D. R.; SILVA, A. D. C. T. e.; NASCIMENTO, E. D. O. D. Movimentos epistêmicos de uma professora em atividades investigativas de ciências. **Scientia Plena**, v. 10, n. 4, p. 1–12, 2014.
- BORGES, D. R. et al. Movimentos epistêmicos em uma atividade investigativa de Química. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2013.
- BRAATEN, M.; WINDSCHITL, M. Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 639–669, 2011. ISSN 0036-8326.

^a De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

- BRENNAN, R. P. **Gigantes da Física: Uma história da física moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998. 292 p. ISBN 8571104484.
- CAMARGO, G. H. D.; MOTOKANE, M. T.; CASTRO, R. G. D. A relação entre os movimentos epistêmicos de professores em formação inicial e os elementos dos argumentos construídos pelos alunos em uma sequência didática investigativa sobre biodiversidade. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2017.
- CARVALHO, A. M. P. d. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T. d.; GRECA, I. M. (Ed.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2015. v. 2 Edição Revisada, cap. 1, p. 13–47.
- CARVALHO, A. M. P. d.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por Investigação: Referencial Teórico e as Pesquisas sobre Sequência de Ensino. **Ensino em Re-vista**, v. 22, n. 2, p. 249–266, 2015.
- CHRISTODOULOU, A. **The Science Classroom as a site of Epistemic Talk: Two Case Studies of Teachers and their Students**. 1–403 p. Tese (Doutorado) — King's College London, 2012.
- CHRISTODOULOU, A.; OSBORNE, J. The science classroom as a site of epistemic talk: A case study of a teacher's attempts to teach science based on argument. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 10, p. 1275–1300, 2014. ISSN 1098-2736.
- Design-Based Research Collective. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287, 2000. ISSN 0036-8326.
- DUSCHL, R. A. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. In: **Review of Research in Education**. Los Angeles, CA: Sage Publications Sage CA, 2008. v. 32, n. 1, p. 268–291. ISBN 0091-732X.
- DUSCHL, R. A.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Epistemic foundations for conceptual change. **The journey from child to scientist: Integrating cognitive development and the education sciences.**, n. 4, p. 245–262, 2012.
- ERDURAN, S. Promoting ideas, evidence and argument in initial science teacher training. **School Science Review**, v. 87, n. June, p. 45–50, 2006.
- ERDURAN, S. Introduction to the Focus on ... Scientific Practices. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1023–1025, 2015.
- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping 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. ISSN 0036-8326.
- FREIRE, C. d. C. **Argumentação e explicação no ensino de ecologia**. 1-97 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2014.

- FREIRE, C. d. C. **Aspectos epistêmicos no ensino de ecologia**. 1-287 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2018.
- FREIRE, F. A. et al. Atividades Investigativas: um olhar sobre as práticas epistêmicas. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2013.
- GAMOW, G. **O incrível mundo da Física Moderna**. [S.l.]: Ibrasa, 1980. 202 p. ISBN 8534802033.
- GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v. 7, p. 125–53, 2001. ISSN 1516-7313.
- GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica, 3ª Edição**. São Paulo: Editora Pearson Education, 2011.
- HEWITT, P. **Física Conceitual**. São Paulo: Bookman Editora, 2015.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; BUSTAMANTE, J. Construction et justification des saviors scientifiques: rapports entre argumentation et pratiques épistémiques. **Texto didático**, 2007.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Designing argumentation learning environments. In: **Argumentation in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 91–115. ISBN 9781402066702.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BROCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. Especial, p. 139–159, 2015. ISSN 1983-2117.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUSTAMANTE, J. Diaz de. Discurso De Aula Y Argumentación En La Clase De Ciencias: Cuestiones Teóricas Y Metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 3, p. 359–370, 2003. ISSN 0212-4521.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic practices and scientific practices in science education. In: S., A. B. T. K. (Ed.). **New Directions in Mathematics and Science Education**. Rotterdam: Sense Publishers, 2017. p. 69–80.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: An overview. In: **Argumentation in science education**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 3–27.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. et al. Epistemic practices: an analytical framework for science classrooms. **AERA, New York City**, 2008.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. J.; AGRASO, M. F. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento em sala de aula. **Educação em Revista**, v. 43, p. 13–33, 2006.
- KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**, v. 41, n. January, p. 99–117, 2008.

- KELLY, G. J. Scientific Literacy, Discourse, and Epistemic Practices. In: C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P. Wickman, G. Erikson, A. M. (Ed.). **Exploring the landscape of scientific literacy, Chapter: Scientific Literacy, discourse, and epistemic practices**. New York: Routledge, 2010. p. 61–73.
- KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. **Annual meeting of the NARST in Science Teaching New Orleans LA, April 7-10, 2002**, p. 1–51, 2002.
- KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In: MATTHEWS, M. (Ed.). **History, Philosophy and Science Teaching, Science: Philosophy, History and Education**. Chan: Springer International Publishing, 2018. cap. Chapter 5, p. 139–164. ISBN 978-3-319-62614-7.
- KNEUBIL, F. B. **O percurso epistemológico dos saberes e a equivalência Massa-Energia**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2014.
- KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em design: Visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22 (2), p. 1–16, 2017.
- KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2007. ISBN 9788527301114.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory life: the construction of scientific facts**. Princeton: Princeton University Press, 1986.
- LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. In: LEITÃO, S.; DAMIANOVIC, M. C. (Ed.). **Argumentação na escola: o conhecimento em construção**. [S.l.]: Pontes Editores, 2011. p. 13–46. ISBN 9788571133716.
- LIDAR, M.; LUNDQVIST, E.; OSTMAN, L. Teaching and learning in the science classroom the interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. **Science Education**, v. 90, n. 1, p. 148–163, 2006. ISSN 0036-8326.
- LIMA-TAVARES, M. **Argumentação em salas de aula de biologia sobre a teoria sintética da evolução**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
- LONGINO, H. E. **The fate of knowledge**. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- MACENO, N. G.; GIORDAN, M. Os movimentos epistêmicos de um professor de Química numa aula sobre o tema “Obesidade Infantil”: an álise dos processos avaliativos. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–10, 2017.
- MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 473–485, 2006.
- MACHADO, L. C. F. **Eu só queria saber por que o óvulo tem que ser da ovelha? Situando o processo de construção de significados na sala de aula de Biologia**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal Fluminense, 2007.

MARTINS, I. Dados como diálogo: construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aula de ciências. In: SANTOS, F. M. T. d.; GRECA, I. M. (Ed.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2015. v. 2 Edição Revisada, p. 297–321.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515–535, 2004. ISSN 0950-0693.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. d. S. Ensino-aprendizagem de ciências e argumentação: Discussões e questões atuais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 30, 2013. ISSN 1984-2486.

MORTIMER, E.; SCOTT, P. **Meaning Making In Secondary Science Classrooms**. Hill Education (UK): McGraw, 2003.

MORTIMER, E. F.; LIMA-TAVARES, M. de; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. O diálogo dos estudantes com a evolução por meio de suas questões. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, p. 1–12, 2007.

MORTIMER, E. F. et al. Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In: NARDI, R. (Ed.). **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007. p. 53 – 94.

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.

NASCIMENTO, E. D. O. d. **Práticas Epistêmicas em Atividades Investigativas de Ciências**. 88 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Sergipe, 2015.

NASCIMENTO, S. S. d.; VILLANI, C. E. P. A argumentação e o Ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de Física no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 187–209, 2003.

NASCIMENTO, S. S. do; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, p. 1–20, 2008.

NEVES, J. A.; PIERSON, A. H. C. Os aspectos epistêmicos nas pesquisas no ensino de ciências: Um olhar sobre os trabalhos apresentados nos anais dos enpec. **XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Campos do Jordão – SP, 2018.

NEWTON, I. **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural, Principia**. São Paulo: Edusp, 2012. 328 p. ISBN 8531406730.

NICOLAU, J.; GURGEL, I.; PIETROCOLA, M. Estrutura baseada em Fluxo: sequência de ensino- aprendizagem sobre Relatividade do Tempo. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013.

NUNES, T. d. S.; MOTOKANE, M. T. Práticas Epistêmicas presentes em Sequência Didática de Ecologia. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–7, 2013.

OLIVEIRA, C. L. de. Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características. **Revista Travessias**, v. 2, n. 3, p. 1–16, 2008.

OLIVEIRA, D. K. B. d. S. **O uso de Representações em Explicações e na Argumentação**. 171 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2013.

OSBORNE, J.; PATTERSON, A. Scientific argument and explanation: A necessary distinction? **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 627–638, 2011. ISSN 0036-8326.

OSBORNE, J.; PATTERSON, A. Authors' Response to "For Whom Is Argument and Explanation a Necessary Distinction? A Response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. **Science Education**, v. 96, p. 815–817, 2012. ISSN 00203408.

PATY, M. **A física do século XX**. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2009. ISBN 857698024X.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M. O ensino de estrutura da matéria e aceleradores de partículas: uma pesquisa baseada em design. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1806-5104, p. 361–388, 2016.

PESSANHA, M. C. R. **Estrutura da matéria na educação secundária: obstáculos de aprendizagem e o uso de simulações computacionais**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2014.

RATZ, S. V. S. **Os aspectos epistêmicos da construção de argumentos em uma Sequência Didática em Ecologia**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2015.

RATZ, S. V. S.; MOTOKANE, M. T. Aspectos epistêmicos da construção do dado de um argumento em uma Sequência Didática Investigativa in a Didact Sequence Investigative in Ecology . **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2015.

RICCI, F. P. **As operações epistêmicas na aula de campo de ciências: caminhos entre o mundo material, os modelos e as teorias**. 1-154 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2014.

RICCI, F. P.; TRIVELATO, S. L. F. Operações epistêmicas e elementos empíricos empregados para trabalhar a adaptação dos organismos na aula de campo. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2013.

RODRIGUES, R. F.; PEREIRA, A. P. de. Explicações no ensino de ciências: revisando o conceito a partir de três distinções básicas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, n. 1, p. 43–56, 2018. ISSN 1980-850X.

SACA, L. Y. **Discurso e aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação**. 158 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2017.

SANDOVAL, W. A. Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. **Science Education**, v. 89, n. 4, p. 634–656, 2005. ISSN 0036-8326.

- SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. **Cognition and instruction**, Taylor & Francis, v. 23, n. 1, p. 23–55, 2005.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 49–67, 2015. ISSN 1983-2117.
- SASSERON, L. H. Editorial – Apresentando o Número Temático sobre Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 761–764, 2018. ISSN 1984-2686.
- SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. August, p. 1061–1085, 2018. ISSN 1984-2686.
- SASSERON, L. H. **Práticas em aula de ciências: o estabelecimento de interações discursivas no ensino por investigação**. 187 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2018.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. d. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. d. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de toulmin. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 1, p. 97–114, 2011. ISSN 1516-7313.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. d. Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento para estudos de argumentação no ensino de ciências. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 13, n. 03, p. 243–262, 2011. ISSN 1983-2117.
- SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52–67, 2016. ISSN 1518-8795.
- SESSA, P. d. S. **As ferramentas culturais e a construção de significados em atividades de campo: demandas para o ensino de Biologia**. 214 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2013.
- SILVA, A. d. C. T. Práticas e movimentos epistêmicos em atividades investigativas de química. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, 2011.
- SILVA, A. D. C. T. e. **Estratégias Enunciativas Em Salas de aula de Química: Contrastando professores de estilos diferentes**. 1-477 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- SILVA, A. D. C. T. e. Interações Discursivas E Práticas Epistêmicas Em Salas De Aula De Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 69–96, 2015. ISSN 1983-2117.

- SILVA, A. d. C. T. e. et al. Práticas epistêmicas – discussões em uma atividade investigativa de química . **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–9, 2015.
- SILVA, F. A. R. E. O Ensino Por Investigação E As Práticas Epistêmicas: Referencias Para a Análise Da Dinamica Discursiva Da Disciplina “ Projetos Em Bioquímica ”. **VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, n. 21766940, 2009.
- SILVA, F. A. R. e. **O Ensino De Ciencias Por Investigação Na Educação Superior: Um Ambiente Para o estudo da aprendizagem científica**. 326 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- SILVA, F. A. R. E.; MORTIMER, E. F. As práticas epistêmicas e justificativas presentes nos processos de tomada de decisão em uma atividade investigativa escolar. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, p. 1–13, 2011.
- SILVA, J. C. **Movimentos de contextualização e descontextualização entre as dimensões empírica e abstrata no ensino de propriedades coligativas e suas relações com as representações semióticas de Peirce**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Sergipe, 2014.
- SILVA, M. B. E. **A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia**. 1–263 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2015.
- SILVA, M. B. e.; GEROLIN, E. C.; TRIVELATO, S. L. F. Ensino de biologia por investigação: caracterização das práticas epistêmicas no contexto de uma atividade investigativa de ecologia. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2017.
- SILVA, M. B. e.; TRIVELATO, S. L. F. Práticas de inscrição literária promovidas por uma atividade de ensino baseada em investigação sobre crescimento populacional. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1–8, 2015.
- SILVA, M. B. e.; TRIVELATO, S. L. F. A Mobilização do Conhecimento Teórico e Empírico na Produção de Explicações e Argumentos numa Atividade Investigativa de Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 139–153, 2017. ISSN 1518-8795.
- 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. 2-3, p. 235–260, 2006. ISSN 1464-5289.
- STROUPE, D. Describing “science practice” in learning settings. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1033–1040, 2015.
- TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2006.
- VALLE, M. G. d. **Movimentos e práticas epistêmicos e suas relações com a construção de argumentos nas aulas de ciências**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2014.

VIEIRA, R. D. **Discurso em salas de aula de ciências: Uma estrutura de análise baseada na teoria da atividade, sociolinguística e linguística textual.** 139 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. do. **Argumentação no Ensino de Ciências: Tendências, práticas e metodologia de análise.** Curitiba: Appris, 2013. 113 p. ISBN 9788581922843.

Apêndice A – Relatividade Restrita

Material do Professor

A sequência de ensino foi desenhada para ser realizada na disciplina de Introdução à Licenciatura em Física A (GEX189), do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Lavras. Tal disciplina, de acordo com sua ementa^a, busca

desenvolver o gosto pelo estudo da Física, . . . , utilizar as discussões conceituais sobre a relatividade de Einstein como motivador para o desenvolvimento dos hábitos, posturas e conceitos fundamentais para o futuro professor de física, . . . , e discutir sobre o processo de desenvolvimento da ciência.

A sequência aborda os conceitos de espaço, tempo e velocidade relativística dentro da Teoria da Relatividade Restrita. Assumimos que a maioria dos estudantes compreendem tais conceitos de acordo com a Física Clássica, isto é, a velocidade relativa sendo dada por meio da adição de Galileu e os conceitos de espaço e tempo como sendo absolutos.

As atividades que compõem a sequência buscam criar um ambiente de interação entre estudante-professor e estudante-estudante para que possam argumentar e/ou explicar as diversas situações apresentadas.

A sequência é composta por 10 atividades, planejada para ser realizada em 16 horas-aulas de 45 minutos. No Quadro A.1 apresentamos as atividades com uma pequena descrição, bem como tempo para a realização de cada uma delas.

Quadro A.1 – Breve descrição das atividades que compõem a Sequência de Ensino, bem como o tempo previsto para sua realização.

Atividade	Tempo	Breve Descrição
I	90 min	Aborda o conceito de evento utilizando duas tarefas. Na primeira, os grupos devem buscar compreender o que ocorreu durante um acidente por meio de relatos de oito testemunhas. Na segunda eles devem solucionar questões que buscam consolidar o conceito de evento.
II	45 min	Discute o conceito de referencial por meio uma abordagem expositiva dialogada, centrada no professor e, em um segundo momento, trabalhar um conjunto de questões que envolvem a temática.
III	45 min	Aborda questões que envolvem o conceito de velocidade relativa (adição Galileana) em uma atividade em grupos.
continua para próxima página		

^a Disponível em <https://sig.ufla.br/modulos/publico/matrizes_curriculares/gerar_ementa.php?cod_disciplina=4401>

continuação da página anterior		
IV	45 min	Discute o conceito de velocidade de limite dentro da Física Clássica, por meio da apresentação de exemplos do cotidiano. Estudar as velocidades do elétron ao ser acelerado por um acelerador de partícula através de um conjunto de dados experimentais.
V	45 min	Apresenta os postulados da Teoria da Relatividade Restrita numa perspectiva expositiva dialogada.
VI	90 min	Abordar algumas questões que serão resolvidos pelos grupos, envolvendo o conceito de velocidade relativística contrastando com a adição Galileana.
VII	90 min	Discute a dilatação temporal através da exploração de um problema que deverá ser discutido, inicialmente, nos grupos e depois no grande grupo.
VIII (Redesign)	90 minutos	Discutir a contração espacial através da exploração de um problema que deverá ser discutido, inicialmente, nos grupos e depois no grande grupo.
IX (Redesign)	90 minutos	Nesta atividade os estudantes são convidados a construir uma história de ficção científica, tendo como premissa que o mundo é como é, porém a velocidade da luz tem seu valor reduzido.
X	90 min	Retoma os questionamentos que emergiram com a realização das atividades anteriores, especialmente as IV, V, VI e VII. Assim, buscase sistematizar a sequência de ensino.

Fonte: Próprio Autor.

A sequência, presente no Quadro A.1, foi inspirada no material produzido pelo Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular^b (NUPIC) da Universidade de São Paulo para o curso de formação de professores, que teve como objetivo apresentar uma possibilidade para inserir Relatividade Restrita e Geral no Ensino Médio. Das dez atividades planejadas, as atividades I e IV são resultados direto de uma adaptação para o nosso contexto. As atividades II e III têm algumas questões retiradas do material do NUPIC. As demais atividades (VI, VII, VIII, IX e X) foram desenvolvidas para abordar os conceitos de espaço e tempo na Física Relativística. As adequações que ocorreram buscavam desenvolver uma dinâmica que seria utilizada nas demais atividades.

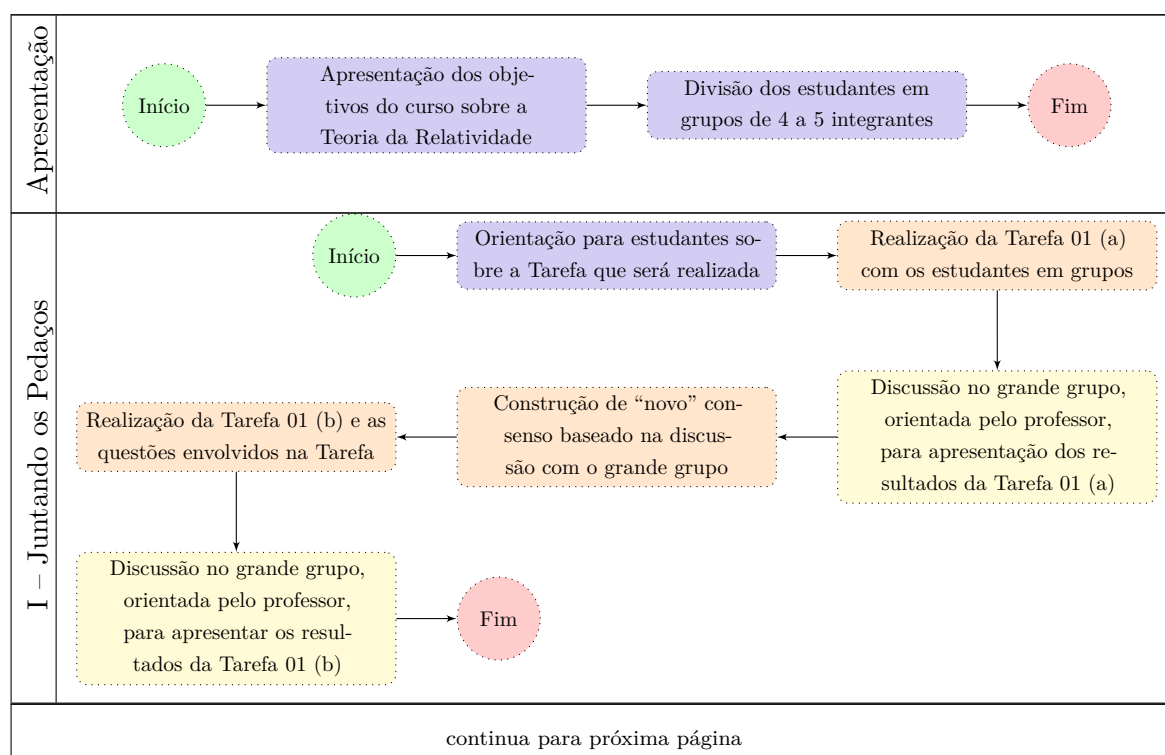
As atividades I, II, III abordam os conceitos de evento, referencial e velocidade relativa, todos tratados sob a óptica da Física Clássica. A atividade IV visa problematizar o limite de velocidades, por meio dos dados de um experimento realizado em um acelerador de partículas, com o objetivo de discutir um limite superior para a velocidade. Tal atividade foi pensada como sendo um momento de ruptura, pois aborda uma situação não prevista

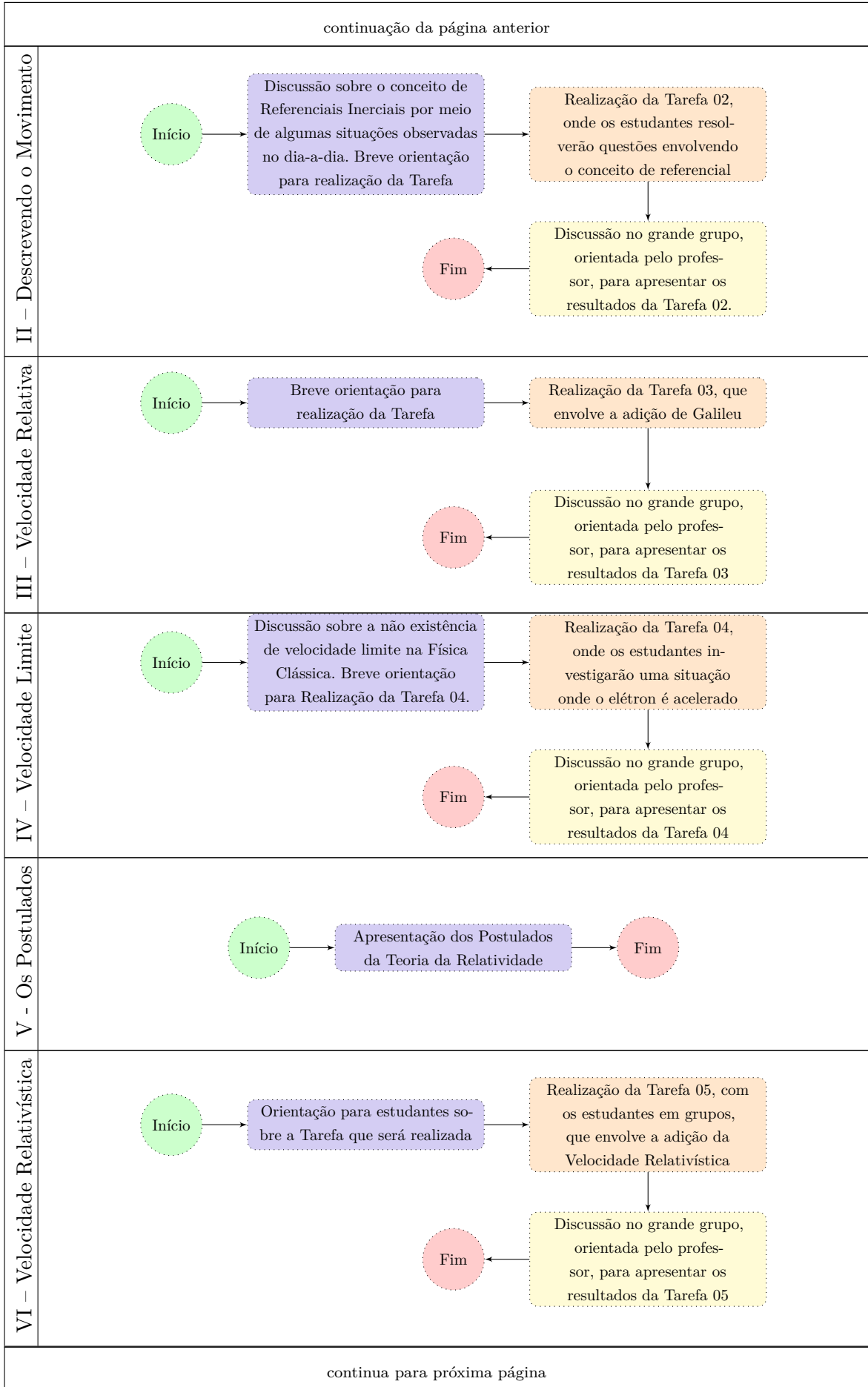
^b <<http://nupic.fe.usp.br/>>

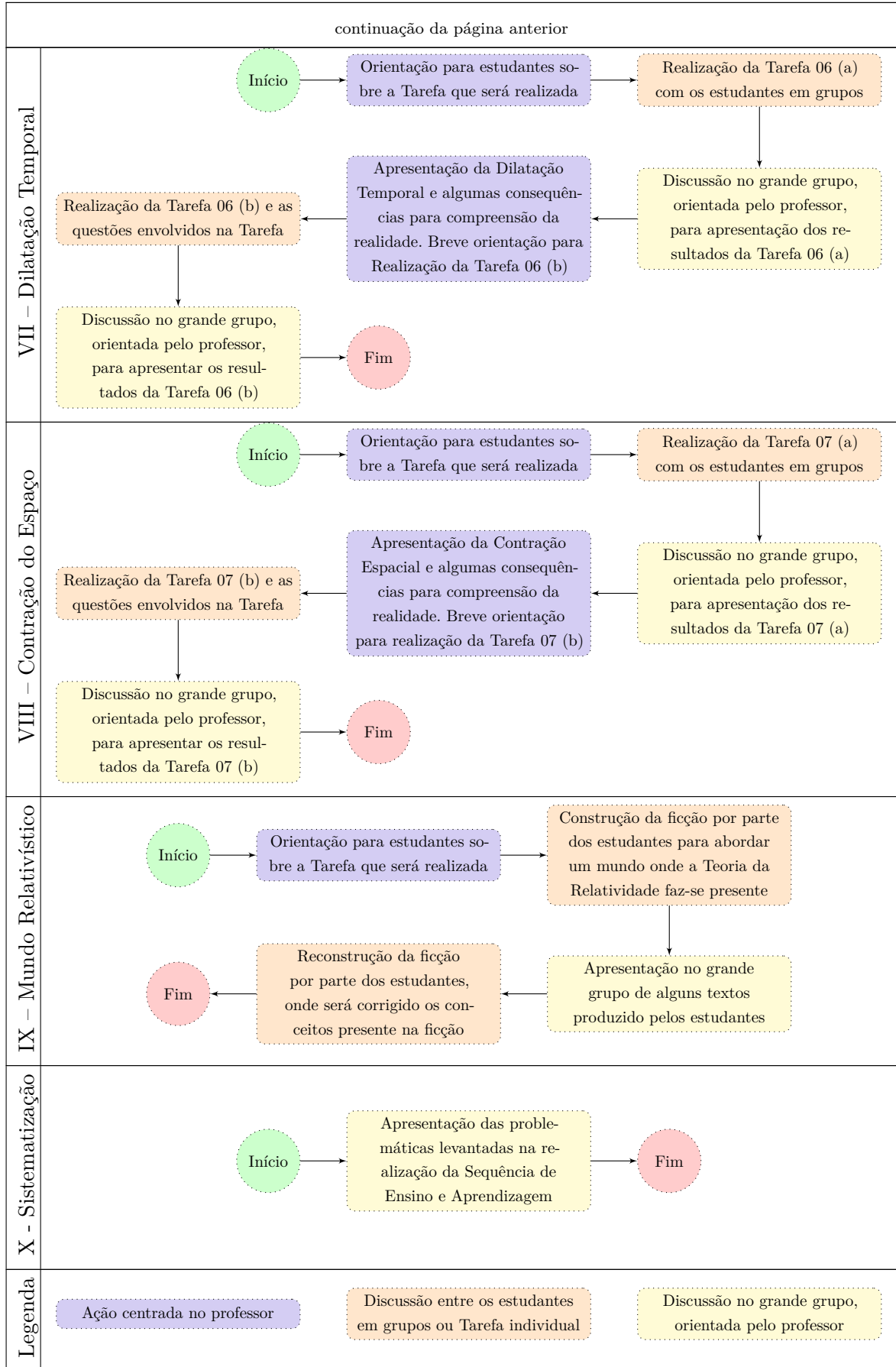
pela Física Clássica e que possibilita questionar os conceitos absolutos. A atividade V apresenta os postulados da Teoria da Relatividade e as atividades VI, VII e VIII abordam os conceitos de espaço, tempo e o movimento relativo de acordo com a premissa da Teoria da Relatividade Restrita. As atividades IX e X consistem em etapas de avaliação dos conceitos construídos pelos estudantes. Na atividade IX convidamos os estudantes a construir uma estória que abordava um mundo onde a velocidade da luz reduziu para 30m/s.

O fluxograma apresentado na Figura A.1 a seguir detalha os diferentes momentos previstos dentro das atividades tais como a indicação das exposições do professor, da interação nos grupos e das ações nos grupos.

Figura A.1 – Fluxograma da Sequência de Ensino organizado de acordo com as ações do professor, dos estudantes e do coletivo







A seguir são descritas cada uma das dez atividades que compõem a sequência.

ATIVIDADE I - JUNTANDO OS PEDAÇOS

OBJETIVO:

Nesta atividade serão apresentados brevemente os principais objetivos da sequência de ensino-aprendizagem. Pretende-se ainda mobilizar o estudante para o estudo do conceito de evento por meio de uma situação-problema, que consiste na descrição, através de diferentes pontos de vista, de um acidente.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Conceito de Evento

RECURSOS:

- Tarefa 01 - Juntando os pedaços, parte (a) e (b), e questões relacionados com o texto.

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (5 min)	Apresentação do Curso - No início da atividade serão apresentados os objetivos da Sequência de Ensino-Aprendizagem e os estudantes serão divididos em grupos de 3 ou 4 integrantes, os grupos permanecerão os mesmos ao longo da sequência. Posteriormente, será entregue aos grupos a Tarefa 01 (a) com as devidas orientações sobre a sua realização.
Momento 2 (15 min)	Realização da Tarefa 01 (a) - Neste momento os estudantes realizarão a “Tarefa 01 (a): Juntando os Pedaços”, que apresenta um acidente sob a ótica de oito depoimentos diferentes. Cada grupo receberá três fragmentos com os quais buscarão descrever o evento ocorrido.
Momento 3 (10 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso - Posterior a construção nos grupos, os resultados serão apresentados no grande grupo (todos os estudantes). Enquanto um grupo apresenta os demais buscarão novas informações para a reconstrução de seu evento a partir do relato dos colegas.
Momento 4 (5 min)	Construindo um “novo” consenso - Agora, de posse das “novas” informações coletadas com a leitura coletiva, novamente em grupo, os estudantes irão reconstruir seu evento.
continua para próxima página	

continuação da página anterior	
Momento 5 (10 min)	Visão dos envolvidos e o conceitos de evento - De posse da nova versão, os estudantes realizarão a parte (b) da atividade, que contém a visão dos envolvidos e algumas questões relacionadas ao conceito de evento, além de uma discussão sobre os acordos e os desacordos apresentados pelos grupos para a descrição do evento.
Momento 6 (15 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso II - Por fim, os grupos apresentarão suas respostas às questões, buscando construir um consenso dentro do grupo.

Tarefa 01 - Juntando os pedaços

(a) Ouvindo os relatos para construir conclusões

Você é um investigador de polícia e precisa descobrir qual foi a causa de um acidente entre dois carros, ocorrido durante a madrugada, em um cruzamento da cidade^c.

Para isso você ouve o depoimento de oito pessoas que estavam próximas ao local do acidente, tentando saber como ele de fato ocorreu e o que os motoristas estavam fazendo para causá-lo. Leia atentamente os depoimentos e tente explicar qual foi a causa real do acidente.

Depoimento das testemunhas

- **Alberto** - Estava em um ponto de ônibus que fica a alguns metros do local do acidente, na estrada saindo da cidade.

"Eu vi aquele Corolla cinza passando meio que torto na pista, eu não entendi. Parecia desnorreado, bêbado, sei lá... Não estava correndo... Só sei que ele passou e deu uma virada brusca que até cantou pneu, voltando para a pista porque tava embocando na pista de sentido contrário"

- **Joaquina** - Atendente na Padaria Estrada da Parada, que fica na saída da cidade.

"Ele parecia apressado sabe? Porque ele veio no balcão de uma vez, olhou e pediu um sanduíche para levar... Aí, quando eu fui fazer, ele atendeu o celular e disse pra ter paciência e que já estava levando a encomenda... E ele levou uma garrafa de 51..."

Nunca tinha visto isso, uma pessoa levar um sanduíche e uma garrafa de 51..."

^c Atividade adaptada pelo discente Bruno Fernandes Garcia, do curso de Licenciatura em Física da UFLA, a partir da atividade "Qual a causa do acidente?", proposto pelo NUPIC.

- **Oswaldo** - Operador da DENAT (operador das câmeras da estrada)

"Na verdade, nas câmeras não dá pra perceber nada. A única anomalia é que no trecho anterior, no qual houve o acidente, ele parou o carro no acostamento pois estava saindo fumaça do carro. Aí, ele saiu do carro, levantou o capó e saiu aquele grande volume de fumaça. Não deu pra ver o que era e o que ele fez, pois a câmera estava filmando por trás. Mas, após essa fumaça dispersar, ele fechou o capó e foi embora."
- **Neusa** - Trabalhadora rural

"Eu estava voltando da fazenda do patrão, isso era umas 20 horas né? Eu sei que tinha um pouquinho de neblina viu? E pelo jeito, porque ontem chueu, o negócio ia aumentar... Ah, não sei não, viu policial, acho que isso poderia atrapalhar a visão deles viu? Porque esses loucos passam correndo aí sempre, viu?"
- **Jeferson** - Motoboy (viu o motorista na avenida que saí da cidade)

"Rapaz, quando eu parei no semáforo na perimetral, quase ao lado do motorista desse Corolla, vi que ele estava no celular... Bom, nem dei bola, afinal, já vi de tudo nesse trânsito! (risos) Aí, saindo, continuei e vi que ele permaneceu no celular"
- **Josefina** - Secretária no Departamento onde a Prof. Suzane trabalhava

"Olha... Ela sempre foi lembrada por ser uma pessoa de bom humor, cheia de vida e tudo mais... Praticava esportes e nunca faltava com suas obrigações. E nesse dia não foi diferente, exceto pelo fato dela sair correndo sem explicação. Ninguém entendeu!"
- **Chico** - Esposo da Suzane

"Ela estava bem toda a manhã... O que estava lhe agitando era o congresso que teria na cidade vizinha. Estava bem eufórica! E hoje, ao acordar, com aquele tempo, ela estava bem sonolenta... Neblina, frio..."
- **Moreira** - Atendente no Posto X

"Ela chegou e pediu pra encher o tanque e tava apressada, viu? Porque chegou, nem desligou o carro e já foi mandando tacar 50 reais de gasolina no carro... Foi até mal educada. Eu vi que os vidros dela tava bem sujo de terra... Até me ofereci para limpá-los, mas disse que não precisava. E saiu apressada. Pagou e nem agradeceu!"

(b) Visão dos envolvidos

- **Kratos** - Representante da Empresa Edson

"Quando recebi a notícia eu não acreditei!!! A bolsa da Irene tinha estourado, seria

meu primeiro filho! Estava em Volta Redonda e como fica longe de Cambuquira, iria demorar pra chegar. Entrei no carro, justifiquei para meu chefe no celular quando parei no semáforo, e fui embora. Saindo da cidade, parei em uma padaria para levar um lanche pra viagem e comprar minha 51! Afinal, é meu ritual! Sempre que chego bem em casa, eu bebo uma dose e vou descansar. E fui correndo. Aí, saindo da cidade a garrafa, que deixei em cima do banco do passageiro, rolou e foi parar em cima do câmbio da marcha... Puts, aí fui eu, há 80km/h tirar aquilo... Sorte que não tinha ninguém na mão contrária e voltei rápido para minha direção.

Além disso, o carro da empresa sempre passa de mão em mão e o pessoal esquece de dar uma verificada nas condições do carro... E adivinha? A água do radiador secou! Sorte que tinha uma garrafa da água no carro... Aí desci do carro e tava saindo muito vapor, no que levantei o capô, bufff... Saiu aquele tanto de vapor! Esperei esfriar um pouco, coloquei a água e continuei a viagem.

Como choveu no dia anterior, havia uma leve neblina na pista. Fui tranquilo e estava tudo certo. Viagem vem, viagem vai, meu celular toca e era meu irmão que estava no hospital com ela... Coração foi na boca! No que peguei o celular nervoso, ele caiu no meu pé e tentei ir pegar... Nisso, perdi o controle do carro e, como era mão dupla, vinha um carro na outra direção."

- **Suzane** - Professora

"Era uma semana cheia na faculdade... Seminários, eventos, dissertações, defesas de tese... Uma loucura total! E eu tinha me lembrado da palestra que fui convidada a dar em Itajubá, então teria de fazer tudo bem rápido, pegar o carro e viajar! E me deu uma preguiça, pois cedo estava uma neblina.

Cheguei na faculdade, peguei tudo que tinha pra pegar, foi tão corrido que nem falei com ninguém e saí no carro. Olho pro medidor de combustível e vejo que a gasolina não daria conta da viagem... Fui no posto correndo, abasteci e fui embora. Com tudo fluindo tranquilo na viagem, com um trecho de neblina no início que não me afetou em nada, resolvi colocar 100km/h no meu carro... Mas não fui muito feliz, pois no que faço a curva dou de cara com um carro que estava na direção contrária..."

Questões

1. Quais são as informações necessárias para descrevermos um evento?
2. Dê dois exemplos de eventos.

3. Na opinião de vocês, é possível descrever um evento indicando apenas o momento (horário ou data)? Justifiquem.
4. Comparando os eventos descritos:
 - a) Apresente os elementos em acordo quando se compara o evento descrito pelos envolvidos com o evento construído pelo grupo.
 - b) Apresente os elementos em desacordo quando se compara o evento descrito pelos envolvidos com o evento construído pelo grupo.

ATIVIDADE II – DESCRREVENDO O MOVIMENTO

OBJETIVO:

Nesta atividade busca-se trabalhar com os estudantes o conceito de referencial e sua importância para descrever o movimento, tendo como ponto inicial um conjunto de situações rotineiras e vivenciadas por eles cotidianamente. A atividade visa enfatizar que não existe um referencial privilegiado e que as leis físicas são as mesmas, não importa o referencial adotado.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Conceito de referencial

RECURSOS:

- Atividade expositiva dialogada com o grande grupo utilizando exemplos do cotidiano.
- Tarefa 02 - Movimento é relativo

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (15 min)	Discussão sobre referenciais - Neste momento o(a) professor(a) conduzirá uma discussão com o grande grupo partindo de situações do cotidiano que envolvem diversos pontos de vista, com objetivo de construir o conceito de referencial. Em seguida, será abordado o conceito de referencial inercial e não inercial, enfatizando que não existe um referencial privilegiado.
Momento 2 (15 min)	Realização da Tarefa 02 - Após a discussão inicial, os estudantes em grupos realizarão a Tarefa 02: “O Movimento é relativo”, na qual se discutirá algumas situações que envolvem o conceito abordado no momento anterior.
Momento 3 (15 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso - Ao término da Tarefa, os grupos apresentarão suas respostas ao grande grupo com o objetivo da construção de um consenso coletivo.

Tarefa 02 - Movimento é relativo

Definição de sistema de referência inercial

I - O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração.

II – O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece sempre similar e imóvel. Espaço relativo é alguma dimensão ou medida móvel dos espaços absolutos, a qual nossos sentidos determinam por sua posição com relação aos corpos, e é comumente tomado por espaço imóvel; assim é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinado pela sua posição com relação a Terra (NEWTON, 2012, p. 45) ^d.

Definição de sistema de referência inercial

Um sistema de referência inercial é um sistema de referência não acelerado, isto é, que sempre possui uma velocidade constante em relação a qualquer outro sistema de referência inercial. Em um sistema de referência inercial, as leis de Newton se aplicam exatamente.

Pense e responda^e:

Discuta com seus colegas e responda às seguintes questões:

1. Quais as características em uma determinada cena que permitem a você afirmar que um objeto está em movimento?
2. É possível estar parado e em movimento ao mesmo tempo? Justifique sua ideia com um exemplo.
3. Você está viajando à noite em uma rodovia deserta. O tempo está bom e o carro trafega a 100 km/h, próximo ao limite permitido. Ao olhar pela janela, você percebe que as árvores e as placas de sinalização à beira da estrada correm para trás do carro com uma velocidade grande. Você também repara a bela lua cheia lá no alto do céu.
 - a) Imagine que um astronauta está na Lua no mesmo momento que você viaja naquela estrada. Usando um telescópio muito potente, ele lhe observa. Como ele descreverá o fenômeno?
 - b) A descrição que ele faz é semelhante à sua? Em que elas se assemelham? Em que se diferem? Justifique suas ideias.

^d NEWTON, I. **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural, Principia**. São Paulo: Edusp, 2012. 328 p. ISBN 8531406730.

^e Questões extraído do material do NUPIC

4. Se você estivesse em um trem sem janelas que se desloca suavemente, poderia sentir a diferença entre o movimento uniforme e o repouso? Entre o movimento acelerado e o repouso? Explique como você poderia fazer isso usando uma tigela cheia d'água.

ATIVIDADE III – VELOCIDADE RELATIVA

OBJETIVO:

Esta atividade busca sensibilizar o olhar dos estudantes para os fenômenos relativísticos e utilizar as transformações de galileu para descrever algumas situações envolvendo o movimento, bem como utilizar adição de galileu para estimar a velocidade relativa.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Movimento Relativo
- Adição de Galileu

RECURSOS:

- Atividade expositiva dialogada com o grande grupo utilizando exemplos do cotidiano.
- Tarefa 03 - Velocidade Relativa

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (5 min)	Orientação para Tarefa - Apresentação e orientação da Tarefa 03, destacando as questões que serão realizadas pelos grupos.
Momento 2 (25 min)	Realização da Tarefa 03 - Com os estudantes em grupo será realizada a “Tarefa 03 – Velocidade Relativa”, que envolve questões associadas com a velocidade relativa. Neste momento o professor auxiliará os grupos para que eles compreendam as questões envolvidas, fomentando as discussões dentro do grupo.
Momento 3 (15 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso - Posteriormente à discussão em grupo, os estudantes apresentarão suas respostas para o grande grupo, objetivando construir um consenso sobre a ideia de velocidade relativa.

Tarefa 03 - Velocidade Relativa

1. (NUPIC) Jorge está numa bicicleta a 3m/s . Com pressa e sem parar, ele lança seu molho de chaves para Michele que está parada na calçada. Para não machucar Michele, Jorge lança as chaves para frente e devagar com velocidade $v = 0.5\text{m/s}$.

Com qual velocidade Michele vê as chaves irem na sua direção? Você acredita que a precaução de Jorge foi suficiente para evitar um ferimento em Michele?

2. (NUPIC) É natural que uma flecha disparada por um índio sobre seu cavalo tenha sua velocidade dada pela velocidade da flecha em relação ao arco somada à velocidade do cavalo para aqueles que os observam do chão. Para a presa desprevenida e imóvel no chão, a flecha tem maior velocidade se o índio estiver se aproximando e menor velocidade se o índio estiver se afastando da presa. Com base no trecho acima com qual velocidade Jorge deve lançar o molho de chaves para que ele caia com velocidade nula nas mãos de Michele?
3. (NUPIC) Um trem se desloca com velocidade constante de 60km/h em trilhos retilíneos. Dentro um vagão, uma pessoa anda com uma velocidade de 10km/h em sentido a frente do trem, medida em um referencial inercial fixo no trem.
 - a) Qual é a velocidade da pessoa em relação a um ponto fixo nos trilhos atrás do trem?
 - b) Qual é a distância que a pessoa se desloca em 11 segundos em relação a um referencial fixo no trem?
 - c) Qual é a distância que a pessoa se desloca em 11 segundos em relação a um ponto fixo nos trilhos?
4. (Física Conceitual^f) Uma pessoa viajando no telhado de um vagão ferroviário dispara uma bala em direção à frente do trem.
 - a) Desprezando o arraste do ar e em relação ao solo, a bala está se movendo mais rápida ou mais lenta quando o trem está em movimento do que quando está ainda parado?
 - b) Em relação ao vagão, a bala está se movendo mais rápida ou mais lenta do que quando o trem está parado?
5. Suponha, em vez disso, que a pessoa que viaja no telhado do vagão ferroviário acenda uma lanterna com o fecho de luz apontando para a frente do trem. Compare os valores da velocidade do feixe luminoso em relação ao solo quando o trem está em repouso e quando está em movimento. O comportamento do feixe luminoso difere do comportamento da bala do problema anterior?

^f Extraído de HEWITT, P. **Física Conceitual**. São Paulo: Bookman Editora, 2015.

ATIVIDADE IV – VELOCIDADE LIMITE

OBJETIVO:

Esta atividade busca sensibilizar o olhar dos estudantes para a existência de uma velocidade limite, posto pela velocidade da luz. Além disso, eles deverão compreender que este fato apresenta algumas consequências para alguns conceitos tidos como absolutos.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Velocidade Limite

RECURSOS:

- Atividade expositiva dialogada com o grande grupo
- Tarefa 04 – Velocidade Limite

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (15 min)	Discussão sobre Velocidade Limite - Discussão com o grande grupo de situações-problema explicadas pela Física Clássica, onde não existe limite para a velocidade que os corpos podem alcançar, por meio da Tarefa 4 (a). Ao término desta discussão ocorrerá uma orientação para a realização da Tarefa 04 (b).
Momento 2 (25 min)	Realização da Tarefa 04 - Em grupo será realizada a Tarefa 04 - Velocidade Limite, que aborda o resultado de um experimento obtido ao acelerar um elétron em um acelerador de partículas. Neste momento, o professor auxiliará os grupos para que eles compreendam as questões envolvidas, fomentando a discussão dentro do grupo.
Momento 3 (15 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso - Posteriormente a discussão em grupo, os estudantes apresentarão suas respostas para o grande grupo, objetivando construir um consenso sobre a ideia da existência de uma velocidade limite.

Tarefa 04(a) – Discutindo Velocidades: Queda livre

De acordo com a revista *Physics World*, a queda dos corpos está entre os mais belos experimentos da Física. Tal experimento teria sido realizado por Galileu na torre de

Pisa embora, segundo alguns historiadores da ciência (Alexandre Koyré), esse experimento possa de fato nunca ter sido realizado.

Galileu rompeu com a visão Aristotélica, ao afirmar que a velocidade de queda do corpo não era proporcional ao seu peso, e também ao afirmar que sem a resistência do ar todos os corpos atingem o solo no mesmo instante.

Questões

Sabendo da importância da queda livre para a Física, realize o que se pede:

1. Calcule a velocidade de um corpo em queda livre, partindo do repouso, após um ano de queda sob a ação do campo gravitacional terrestre.
2. Se dobramos o tempo de queda o que acontece com a velocidade?
3. Apresente o esboço do gráfico de Energia Cinética em função da velocidade ao quadrado.
4. Existe algum limite para essa velocidade na perspectiva da mecânica newtoniana?

Em caso afirmativo, justifique.

Tarefa 04(b) – Velocidade Limite

Em função da sua pequena massa, podemos facilmente acelerar um elétron a velocidades próximas à velocidade da luz no vácuo, que é $c = 3 \times 10^8 m/s$. Dados empíricos típicos mostram que para uma ddp (diferença de potencial elétrica) de $100V$ entre cátodo e ânodo (partindo do repouso), um elétron pode atingir uma velocidade da ordem de $6000 km/s$ e a sua aceleração, para uma separação de uns poucos milímetros entre cátodo e ânodo, pode chegar a $10^{15}g$, onde g é a aceleração da gravidade da Terra.

Mesmo nestas condições, a Mecânica de Newton ainda se aplica bem. O problema é quando se submete o elétron a uma ddp de milhares de volts, como num acelerador linear. Você sabe o que é um acelerador linear? Pesquise sobre isso. É bastante interessante!

O experimento consiste em fazer medidas diretas do tempo de vôo ⁸ dos elétrons que viajam dentro do acelerador. No caso do experimento de W. Bertozzi, foram utilizadas energias da ordem de até $15 MeV$ (MeV é uma unidade de medida que quantifica a energia de um sistema).

$1 MeV = 1,6 \times 10^{-13} J$, bem pouca energia se tentarmos movimentar alguma coisa do nosso dia a dia, mas se trata de muita energia para movimentar um elétron, pois sua

⁸ Tempo que um elétron leva para viajar da fonte até o detector

Dados empíricos do tempo de vôo e velocidade de um elétron acelerado em um acelerador linear.

Energia Cinética K (MeV)	Tempo de voo $\times 10^{-8}s$	Velocidade dos elétrons $\times 10^8 m/s$	$v^2 \times 10^{16} m^2/s^2$
0,5	3,23	2,6	6,8
1	3,08	2,73	7,5
1,5	2,92	2,88	8,3
4,5	2,84	2,96	8,8
15	2,8	3	9

massa é muito pequena, da ordem de $9,1 \times 10^{-31} kg$. A distância percorrida pelos elétrons é $L = 8,4m$. Aplicando-se a definição clássica de velocidade ($v = L/t$), obtemos os dados apresentados na tabela (??).

Uma rápida análise da tabela (??) nos permite dizer que de maneira alguma estes são os resultados previstos pela Mecânica Clássica. Note que quando a energia cinética aumenta de um fator 30 ($0,5 MeV \rightarrow 15 MeV$), a velocidade deveria ser aumentada por um fator 5,5.

Mostre esse resultado a partir da Mecânica Clássica,

No entanto, o aumento foi somente de 15%, pois a velocidade passou de $2,6 \times 10^8 m/s$ para $3 \times 10^8 m/s$.

Questões

1. Por que a velocidade dos elétrons não aumenta da maneira prevista pelas equações clássicas?
2. Os elétrons estão, efetivamente, recebendo a energia fornecida pelo aparelho?^h
3. Então, como podemos explicar que se pode aumentar a energia recebida pelos elétrons sendo que esta não se traduz em um aumento de suas velocidadesⁱ
4. Usando papel milimetrado, construa o gráfico de $v^2 \times 10^{16} (m^2/s^2)$ por $K (MeV)$.
5. Compare o resultado com as previsões da Física Clássica. Como podemos explicar esses dados?

^h A resposta é positiva. Através de uma medida calorimétrica, demonstra-se que os elétrons, efetivamente, recebem a energia relativa à diferença de potencial produzida no aparelho.

ⁱ Adaptado de: W. Bertozzi, American Journal of Physics, 32, 551-555, 1964.

ATIVIDADE V – POSTULADOS

OBJETIVO:

Nesta atividade pretende-se apresentar os postulados da Teoria da Relatividade Restrita e discutir algumas de suas influências para os conceitos tidos como absolutos.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Postulados da Teoria da Relatividade Restrita

RECURSOS:

- Atividade expositiva dialogada com o grande grupo.

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (35 min)	Discussão sobre os Postulados da Teoria da Relatividade - Apresentar para o grande grupo os postulados da Teoria da Relatividade Restrita, destacando algumas consequências para os conceitos da Física Clássica.
-----------------------	--

ATIVIDADE VI – VELOCIDADE RELATIVÍSTICA

OBJETIVO:

Com a realização desta atividade busca-se discutir as consequências dos postulados da relatividade restrita, através da utilização da adição galileana de velocidades utilizada para velocidades próximas a da luz, Além disso, pretende-se discutir como proceder em situações em que a velocidade do objeto seja próxima a velocidade da luz.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Velocidade Relativística

RECURSOS:

- Tarefa 05 – Velocidade Relativística

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (5 min)	Orientação para Tarefa - Apresentação e orientação da Tarefa 05, destacando as questões que serão realizadas pelos grupos.
Momento 2 (45 min)	Realização da Tarefa 05 - Em grupo será realizada a Tarefa 05 - Velocidade Relativística, que aborda situações onde a adição de velocidades de Galileu confronta com o segundo postulado da Relatividade Restrita, sendo necessário que se estabeleça uma adição Relativística. Neste momento, o professor auxiliará os grupos para que eles compreendam as questões envolvidas, fomentando a discussão dentro do grupo.
Momento 3 (40 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso - Posteriormente a discussão em grupo, os estudantes apresentarão suas respostas para o grande grupo, objetivando construir um consenso sobre os efeitos da Teoria da Relatividade Restrita para a adição de velocidades.

Tarefa 05 – Velocidade Relativística

A maioria das pessoas sabe que se você caminha a 1 km/h ao longo do corredor de um trem que se move a 60 km/h, sua rapidez em relação ao solo é de 61 km/h se você estiver caminhando no mesmo sentido do movimento do trem, e de 59 km/h se você

caminhar em sentido contrário. O que a maioria das pessoas sabe está quase correto. Levando em conta a relatividade especial, os valores de sua rapidez são aproximadamente iguais a 61 km/h e 59 km/h, respectivamente.

Vimos que, na Mecânica Clássica, a velocidade relativa é normalmente combinamos velocidades de acordo com a fórmula simples

$$V_{rel} = v_1 + v_2 \quad (1)$$

Mas esta regra não se aplica à luz, que sempre se propaga com a mesma rapidez c , nem corpos próximos a sua velocidade. Estritamente falando, a fórmula acima é uma aproximação da fórmula relativística para combinar velocidades. Não abordaremos aqui a longa derivação para este caso, somente apresentaremos a fórmula relativística:

$$V_{rel} = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}} \quad (2)$$

O numerador desta fórmula faz parte do senso comum. Mas esta soma simples de duas velocidades é alterada pelo segundo termo do denominador.

Questões:

1. Retomando aos problemas na atividade 4.

a) (Física Conceitual) Considere uma espaçonave que está se afastando de você a uma rapidez igual a $0,8c$. Ela dispara um foguete que é impulsionado no mesmo sentido do movimento da nave, afastando-se de você, com uma rapidez de $0,5c$ em relação à própria nave. Qual é a rapidez deste foguete em relação a você?

b) Suponha que a espaçonave, em vez de um foguete, dispara um pulso de luz de um laser no mesmo sentido em que está viajando. Quão rápido este pulso se moverá em relação ao sistema de referência usado por você? Qual será a velocidade da luz no referencial do piloto?

c) Equação relativística soluciona os problemas encontrados anteriormente?

d) Equação relativística é consistente com o fato de que a luz pode ter uma só rapidez em todos os sistemas de referência em movimento uniforme? Justifique.

2. Enquanto os bandidos fogem em um carro que está a $\frac{3}{4}c$, o policial dispara um bala da viatura, cuja velocidade é apenas $\frac{1}{2}c$. A velocidade da bala no cano (com relação à arma) é $\frac{1}{3}c$. A bala atingirá seu alvo (a) segundo Galileu, (b) segundo Einstein?

(c) apresente uma maneira na qual Einstein convence Galileu de seu resultado ^j.

^j Questão adaptada da apresentada de GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**, 3ª Edição. São Paulo: Editora Pearson Education, 2011.

ATIVIDADE VII – DILATAÇÃO TEMPORAL

OBJETIVO:

Nesta atividade pretende-se apresentar a dilatação temporal como uma das consequências dos postulados da teoria da relatividade restrita e abordar algumas situações-problema sobre a questão da dilatação do tempo para avaliar o entendimento dos estudantes sobre o tema.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Dilatação temporal

RECURSOS:

- Atividade expositiva dialogada com o grande grupo
- Tarefa 06(a) - Noção do Tempo e (b) Dilatação do tempo.

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1	(5 min)	Orientação para Tarefa - Apresentação e orientação da Tarefa 06 (a), destacando as questões que serão realizadas pelos grupos.
Momento 2	(10 min)	Realização da Tarefa 06 (a) - Neste momento os estudantes, em grupo, realizarão a “Tarefa 06 (a) – Noção do Tempo” sobre situações que envolvem a dilatação temporal. E o professor auxiliará os grupos para compreenderem as questões envolvidas.
Momento 3	(10 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso - Discussão com o grande grupo sobre a dilatação temporal, destacando algumas consequências para a Física Clássica e apresentando uma breve explicação sobre a atividade seguinte.
Momento 4	(20 min)	Discussão sobre Dilatação Temporal - Discussão com o grande grupo sobre o conceito de dilatação temporal, destacando a observação do tempo a partir de dois referenciais. Ao término desta discussão ocorrerá uma orientação para a realização da Tarefa 06 (b).
continua para próxima página		

continuação da página anterior	
Momento 5 (20 min)	Realização da Tarefa 06 (b) - Neste momento os estudantes, em grupo, realizarão a “Tarefa 06 (b) – Dilatação Temporal” sobre situações que envolvem a dilatação temporal. E o professor auxiliará os grupos para compreenderem as questões envolvidas.
Momento 6 (25 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso II - Posteriormente a discussão em grupo, os estudantes apresentarão suas respostas para o grande grupo, objetivando construir um consenso sobre os efeitos da dilatação temporal.

Tarefa 06

(a): Noção de Tempo: Situação-problema

“Imagina-se que uma espaçonave tripulada está fazendo uma viagem interestelar para Arcturo, uma estrela de primeira grandeza a 33 anos-luz da Terra. Caso se desloque numa velocidade próxima à da luz (coisa só possível em ficção científica), a nave chegará às vizinhanças de Arcturo pouco mais de 33 anos após ter sido lançada, pelo tempo da Terra. Se voltar imediatamente, terão se passado cerca de 66 anos, pelo tempo da Terra. Como a nave se deslocou em alta velocidade relativamente à Terra, todos os processos a bordo tornaram-se mais lentos. Para a tripulação, a viagem de ida e volta a Arcturo não pareceria ter levado 66 anos. Para eles, essa jornada teria durado somente um dia. Quando a tripulação saísse da nave, de volta à Terra, descobriria que suas esposas, que eram jovens quando da partida, estavam agora 66 anos mais velhas ou haviam morrido. Alguns membros da tripulação veriam seus filhos e filhas cerca de 66 anos mais velhos, com mais idade que eles”.

Extraído da obra “Gigantes da Física” de Brennan (1998, p. 80)^k

Pautada na situação descrita anteriormente, dois cientistas apresentaram as seguintes afirmações:

Cientista A: a situação é plausível, pois a relatividade permite que eventos ocorram mais lentamente para um observador que para outro, até mesmo os eventos da vida, como o envelhecimento.

^k BRENNAN, R. P. **Gigantes da Física: Uma história da física moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998. 292 p. ISBN 8571104484.

Cientista B: a situação é absurda, pois o tempo é algo absoluto, verdadeiro e flui uniformemente, sem relação com nenhuma coisa externa, o mesmo em todas as situações, logo a conclusão do experimento é inapropriado”.

Baseado no exposto acima, responda:

1. Quem está correta?
2. Que dados vocês têm para afirmar isto?
3. O que o cientista que está correta poderia fazer para convencer o outro?

(b): Dilatação do Tempo

Vamos pensar em um exemplo:

Se a velocidade relativa entre João e Maria for $v = \sqrt{\frac{3c}{2}}$, teremos $\gamma = 2$ e, portanto, $\Delta\tau_M = 2 \cdot \Delta\tau_J$. Maria ouviria a cada TIC e TAC de seu relógio apenas um TIC ou um TAC no relógio de João.

Isso indica que o relógio de João, quando observado por Maria, anda duas vezes mais devagar que o relógio dela mesma. Como todos os ritmos da vida de João são regidos pelo seu relógio (as batidas do seu coração, a jornada de trabalho, a quantidade de sono, a duração de uma música), quando Maria observa o relógio de João andar duas vezes mais devagar que o seu, ela também observa o mesmo acontecer com todos os ritmos de João. Em outras palavras, Maria observa tudo acontecer mais devagar no referencial de João do que no seu próprio referencial. É isso que queremos dizer quando falamos que o tempo de João manifesta-se dilatado no referencial de Maria.

Situação-Problema:

1. (NUPIC) Por qual motivo não conseguimos observar o fenômeno da dilatação do tempo no dia-a-dia?¹
2. (NUPIC) Supondo que dois observadores em referenciais inerciais diferentes, com velocidade relativa muito alta (mas menor do que c), possam se comunicar por meio telefone, fax, ondas de rádio, e-mail, televisão, cartas enviadas pelo correio, etc. Tente imaginar um experimento que permita comprovar a dilatação do tempo prevista pela relatividade.
3. “No ano de 1971 foi realizado o seguinte experimento. Relógios de césio foram embarcados em dois aviões a jato que dariam a volta à Terra, um rumando para leste

¹ Extraído do material do NUPIC

e o outro para oeste. No início e no fim das viagens, os relógios foram comparados com um relógio de referência do Observatório Naval dos EUA em Washington. No término do experimento, os relógios não coincidiam mais quanto à hora do dia. O relógio enviado para o leste perdera uma média de 59 nanossegundos (bilionésimos de segundos) em relação ao relógio de referência, e o enviado para oeste ganhará 273 nanossegundos”.

Extraído da obra “Gigantes da Física” de Brennan (1998, p. 79)^m

Pautada na situação descrita anteriormente, dois cientistas apresentaram as seguintes afirmações:

Cientista A: a relatividade permite que eventos ocorram mais lentamente para um observador que para outro, até mesmo os eventos da vida, como o envelhecimento.

Cientista B: essa situação seria impossível uma vez que o tempo é absoluto, ou seja, o mesmo e todas as situações, logo a conclusão do experimento é inapropriado.

Baseado no exposto acima, responda:

- a) Quem está correta?
 - b) Que dados vocês têm para afirmar isto?
 - c) O que o cientista que está correta poderia fazer para convencer o outro?
4. No trecho abaixo, Sr. Tompkins na estação de trem, se depara com algumas situações que não lhe são corriqueiras.

Sr. Tompkins na saída da estação de trem. (...) Um cavalheiro, evidentemente duns quarenta anos, saiu do trem e começou a dirigir-se para a porta da estação. Veio-lhe ao encontro uma senhora bastante idosa, que mui surpreendentemente para o sr. Tompkins, a ele se dirigiu como "caro avô". (...) “Desculpem-me se estou intrometendo-me em assuntos de família,” disse, “mas o sr. é realmente avô desta gentil senhora? Compreende, sou estranho aqui e nunca...” “Oh, estou vendo,” disse o cavalheiro sorrindo com o bigode. (...) A profissão exige que viaje muito e como passo a maior parte da vida nos trens, naturalmente fico velho muito mais devagar do que os parentes que moram na cidade (...).

^m BRENNAN, R. P. **Gigantes da Física: Uma história da física moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998. 292 p. ISBN 8571104484.

Extraído da obra “O Incrível Mundo da Física Moderna” de Gamow (1980)ⁿ

Fundamentado na Teoria da Relatividade, construa uma explicação que ajude o Sr. Tompkins a compreender a situação descrita no trecho acima.

5. Posteriormente as leituras e discussões no grupo, compare as respostas apresentadas no início da atividade como a atividade realizada anteriormente (item 3). Vocês mudariam as respostas anteriores.

ⁿ GAMOW, G. **O incrível mundo da Física Moderna**. [S.l.]: Ibrasa, 1980. 202 p. ISBN 8534802033.

ATIVIDADE VIII – CONTRAÇÃO DO ESPAÇO (REDESIGN)

OBJETIVO:

Esta atividade tem como objetivo apresentar a contração do espaço como consequência dos postulados da teoria da relatividade restrita e abordar algumas situações problema que envolvem a contração do espaço para avaliar o entendimento dos estudantes sobre o tema.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Contração do Espaço

RECURSOS:

- Atividade expositiva dialogada com o grande grupo
- Tarefa 07(a) – Conceito de Espaço e (b) Contração do Espaço.

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1	(5 min)	Orientação para Tarefa - Apresentação e orientação da Tarefa 07 (a), destacando as questões que serão realizadas pelos grupos.
Momento 2	(10 min)	Realização da Tarefa 07 (a) - Neste momento os estudantes, em grupo, realizarão a “Tarefa 07 (a) – Conceito de Espaço” sobre situações que envolvem a contração temporal. E o professor auxiliará os grupos para compreenderem as questões envolvidas.
Momento 3	(10 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso - Discussão com o grande grupo sobre a contração do espaço, destacando algumas consequências para a Física Clássica.
Momento 4	(20 min)	Discussão sobre Contração do Espaço - Discussão com o grande grupo sobre o conceito de contração espacial, destacando a observação do espaço a partir de dois referenciais. Ao término desta discussão ocorrerá a orientação para a realização da Tarefa 07 (b).
continua para próxima página		

continuação da página anterior	
Momento 5 (20 min)	Realização da Tarefa 07 (b) - Neste momento os estudantes, em grupo, realizarão a “Tarefa 07 (b) – Contração do Espaço” sobre situações que envolvem a Contração do Espaço. E o professor auxiliará os grupos para compreenderem as questões envolvidas.
Momento 6 (25 min)	Discussão Coletiva – Buscando consenso II - Posteriormente a discussão em grupo, os estudantes apresentarão suas respostas para o grande grupo, objetivando construir um consenso sobre as consequências da contração espacial.

Tarefa 07

(a) Conceito de Espaço

Antônio, parado no semáforo, observou que uma Ferrari ao ultrapassar um Fiat Mobi aparenta ter o mesmo comprimento do Fiat Mobi. Desconfiado desta situação, realizou um pesquisa na internet e constatou que o comprimento da Ferrari era maior do que o comprimento do Fiat Mobi. Espantado com o ocorrido, relatou a experiência vivida para dois professores. Depois de ouvi-lo, cada professor apresentou seu posicionamento:

Professor A: A depender da velocidade dos moveis está situação faz sentido, pois o comprimento do objeto e do espaço depende de um movimento relativo entre os observadores.

Professor B: Talvez seja apenas ilusão de óptica, pois assim como o espaço a medida do comprimento dos corpos são absolutos, ou seja não mudam independente de qualquer movimento ou coisa exterior.

Baseado no exposto acima, responda:

1. Quem está correta?
2. Que dados vocês têm para afirmar isto?
3. O que o professor que está correta poderia fazer para convencer o outro?

(b) Contração do Espaço

1. (Física Conceitual) a) Quantos eixos de coordenadas são normalmente empregados para descrever o espaço tridimensional? b) O que mede a quarta dimensão?
2. (Física Conceitual) a) Sob quais condições você e um amigo compartilharão a mesma região do espaço-tempo? b) Quando você não compartilhará a mesma região?

3. (Física Conceitual) Devido à contração do comprimento, você vê as pessoas de uma espaçonave que passa por você como sendo ligeiramente mais magras que normalmente elas parecem. Como essas pessoas o veem? Justifique sua resposta.
4. (Física Conceitual) Um painel de propaganda retangular tem dimensões espaciais de 10 m x 20 m. Em qual direção, em relação ao painel, um viajante espacial deveria passar para o painel parecer quadrado?
5. (Física Conceitual) Para um observador na Terra, as régua de cada uma das três espaçonaves parecem ter os comprimentos indicados. Ordene as régua considerando o módulo da velocidade da espaçonave com relação à Terra em sequência decrescente. Justifique sua resposta.^o



6. (Física Conceitual) Múons são partículas elementares formadas na alta atmosfera pelas interações dos raios cósmicos com os núcleos encontrados no ar. Os múons são radioativos e possuem vidas médias de cerca de dois milionésimos de segundo. Mesmo que eles se desloquem aproximadamente à velocidade da luz, eles têm tanto a viajar através da atmosfera que poucos deles deveriam ser detectados ao nível do mar – pelo menos de acordo com a física clássica. As medidas realizadas em laboratório, porém, mostram que um grande número deles consegue chegar à superfície terrestre. Construa uma explicação para o fenômeno apresentado anteriormente.
7. No trecho abaixo, Sr. Tompkins conversa com o Ciclista e se depara com algumas situações que não lhe são corriqueiras.

Sr. Tompkins conversa com o Ciclista

(...) Somente um ciclista descia a rua vagorosamente, e, ao aproximar-se, o sr. Tompkins arregalou os olhos de admiração. A bicicleta e o jovem que a montava estavam incrivelmente reduzidos na direção do movimento, como se os visse através de uma lente cilíndrica. (...) O sr. Tompkins resolveu alcançar o ciclista, (...), para perguntar-lhe tudo a respeito (...) Esperava ficar imediatamente reduzido em tamanho, e ficou muito satisfeito por quanto ultimamente lhe tinha causado certa ansiedade o próprio aspecto aumentado. Com grande surpresa, contudo, nada lhe

^o Extraído de HEWITT, P. **Física Conceitual**. São Paulo: Bookman Editora, 2015.

aconteceu ou a sua bicicleta. Por outro lado, mudou inteiramente o aspecto em torno. As ruas ficaram mais curtas, as vitrines das lojas começaram a parecer fendas estreitas, e o policial da esquina tornou-se o individuo mais magro que algum dia havia visto. (...) Na segunda volta alcançou-o, e quando os dois estiveram lado a lado por alguns momentos, surpreendeu-se por ver que o outro era um jovem inteiramente normal, brincalhão.

Extraído da obra “O Incrível Mundo da Física Moderna” de Gamow (1980)^P

Fundamentado na Teoria da Relatividade Restrita, construa uma explicação que ajude o Sr. Tompkins a compreender a situação descrita no trecho acima.

8. Posteriormente as leituras e discussões no grupo, compare as respostas apresentadas na Tarefa 07 (b) no início da atividade com a atividade realizada anteriormente. Vocês mudariam as respostas anteriores?

^P GAMOW, G. **O incrível mundo da Física Moderna**. [S.l.]: Ibrasa, 1980. 202 p. ISBN 8534802033.

ATIVIDADE IX – MEU MUNDO RELATIVÍSTICO (REDESING)

OBJETIVO:

Nesta atividade objetiva-se explicar algumas situações envolvendo os conceitos de espaço e tempo na Teoria da Relatividade Restrita ao se defrontar com algumas situações fictícias.

CONTEÚDO FÍSICO:

- Dilatação temporal
- Contração do Comprimento
- Postulados da Teoria da Relatividade

RECURSOS:

- Tarefa 08 – Meu Mundo Relativístico.

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (5 min)	Orientação para Tarefa - Apresentação e orientação da Tarefa 08 destacando o que se espera desta Tarefa.
Momento 2 (40 min)	Realização da Tarefa 08 - Neste momento os estudantes, individualmente, realizarão a “Tarefa 08 – Meu mundo Relativístico. O professor auxiliará os grupos para que eles compreendam a Tarefa solicitada.
Momento 3 (25 min)	Primeira Leitura - Apresentação para o grande grupo de alguns textos de ficção.
Momento 4 (20 min)	Visitando e Reescrevendo o texto - Posteriormente a apresentação de alguns textos, cada estudante receberá um texto de algum colega para tomar conhecimento e fazer algumas correções de situações que fogem do ambiente da Teoria da Relatividade Restrita.

Tarefa 08 – Meu Mundo Relativístico

1. Construa uma história de ficção científica que aborde um mundo onde os efeitos da Teoria da Relatividade Restrita se fazem presente, isto é, fazem parte do seu dia a dia. Para tal, nossa ficção tem como ponto de partida que o mundo é como

percebemos, ou seja, o mundo não mudou apenas o valor da velocidade da luz que sofreu uma redução, deixando de ser $3 \times 10^8 m/s$ passando a ser $30m/s$ ($108km/h$).

ATIVIDADE X – SISTEMATIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

OBJETIVO:

Nesta atividade objetiva-se sistematizar os conceitos abordados e algumas problemáticas que emergiram durante a realização da sequência e que não foram sanadas nas atividades anteriores

CONTEÚDO FÍSICO:

- Dilatação temporal
- Contração do Comprimento
- Postulados da Teoria da Relatividade

RECURSOS:

- Tarefa 09 – Atividade de Sistematização.

MOMENTOS SUGERIDOS:

Momento 1 (5 min)	Orientação para Tarefa - Apresentação e orientação da Tarefa 09 destacando o que se espera desta Tarefa.
Momento 2 (40 min)	Realização da Tarefa 09 -Neste momento os estudantes, individualmente, realizarão a “Tarefa 09 – Atividade de Sistematização”. O professor auxiliará os grupos para que eles compreendam a Tarefa solicitada.
Momento 3 (45 min)	Construindo Consenso - Posteriormente aos estudantes realizarem as problemáticas, o professor interage com o grande grupo buscando a construção consenso que aproxime os conceitos discutidos como o abordado na comunidade científica.

Tarefa 09 – Atividade de Sistematização

Para construção da atividade, os seguintes itens estiveram presentes:

1. Identificar problemáticas levantadas pelos grupos que não foram discutidas ou não ficaram de acordo com o planejado;
2. Retornar conceitos que necessitam de aprofundamento e no estabelecimento da última palavra;

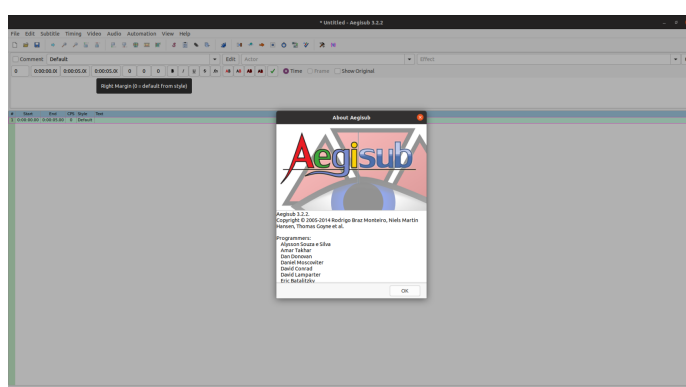
Apêndice B – Software para Construção e Organização dos Dados

No decorrer da pesquisa utilizamos quatro software de código aberto ou livre. Com o objetivo compartilhar o procedimento utilizado na construção e análise dos dados, organizamos este apêndice.

De posse dos dados, os arquivos de áudios, obtidos por meio dos gravadores, e os arquivos de áudio e vídeo, captados pela câmera, foram sincronizados utilizando o software *Kdenlive*^a com intuito de obter único arquivo de vídeo com várias faixas de áudio, que pudesse ser selecionado no momento de análise.

Construído os episódios de ensino, utilizamos o software *Aegisub*^b, presente na Figura abaixo, para transcrever os áudios e compreender os elementos multimodais (MARTINS, 2015) presentes nas falas. O software *Aegisub* nos permitia pausar, voltar e adiantar o vídeo, o áudio ou ambos. Essa ferramenta se mostrou muito valioso para visualizar toda a sala de aula. O material transcrito foi revisado diversas vezes para minimizar perdas de contexto e dos elementos multimodais (gestual, visual e elementos das falas como a intensidade da fala, entre outras). Ao término da revisão, exportamos a transcrição em um arquivo de texto que continha o tempo inicial e final de cada interação, o responsável pela interação e a fala.

Tela inicial do software Aegisub



Fonte: Próprio Autor.

Com o arquivo de texto, organizamos uma planilha no *Calc* para que identificarmos em cada interação as Funções Argumentativas, as Práticas Epistêmicas e os Movimentos

^a <<https://kdenlive.org/en/>>

^b <<http://www.aegisub.org/>>

Epistêmicos. Optamos por realizar esse processo no *Calc* para obtemos os percentuais de cada elemento analisado e o *script* para construir os gráfico no L^AT_EX. Antes de passarmos para análise dos gráficos e das tabelas, revisamos cada interação identificada em conjunto com o vídeo com objetivo de minimizar a perda de sentido e de contexto.

Ao longo da pesquisas construímos 27 gráficos utilizando a função *Tikz*^c, cujo *script* exemplificaremos no Quadro abaixo.

Exemplo de *script* utilizado para construir as representações gráficas.

```

\documentclass[border=0mm]{standalone}
\usepackage[T1]{fontenc}           % Selecao de codigos de fonte.
\usepackage[utf8]{inputenc}       % Codificacao do documento (conversão automática dos
acentos)
\usepackage{lmodern}              % Usa a fonte Latin Modern
\usepackage{color}                % Controle das cores
\usepackage{graphicx}             % Inclusão de gráficos
\usepackage{microtype}            % para melhorias de justificação
\usepackage{tikz}
\usepackage{pgfplots}
\pgfplotsset{compat=1.16}
\usetikzlibrary{shapes,arrows,positioning,calc,pgfplots.external}
\usepackage{lipsum}               % para geração de dummy text
\newcommand{\at}{\makeatletter \@makeatother}

\begin{document}
  \tikzstyle{every pin}=[fill=white,
    draw=black,
    font=\normalsize]

  \begin{tikzpicture}
    \begin{axis}[scale=0.8, font=\large, samples=450, grid, axis x line=center, xscale=4.0, axis y line=middle,
      yscale=2.4, x label style={at={{(axis description cs:0.238,-0.04)},anchor=west}, xlabel=$\textit{min}$,
      y label style={at={{(axis description cs:-0.1,.5)},rotate=90,anchor=south},
      ylabel=,
      xmin = 72,
      xmax = 85,
      ymin = 0,
      ymax = 8,
      xtick= {72,73,74,...,85},
      ytick = {1,2,3,4,5,6,7,8},
      yticklabels = {Compreensão,Síntese,Correção,Confirmação,Instrução,Reelaboração,Elaboração}
    ]
      \addplot[red, line width=2pt, samples=10, domain=73.90:73.93] {1};
      \addplot[red, line width=2pt, samples=10, domain=74.35:74.45] {1};
      \addplot[red, line width=2pt, samples=10, domain=74.82:74.85] {1};
      \addplot[red, line width=2pt, samples=10, domain=75.52:75.85] {1};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=75.85:76.92] {2};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=76.95:77.55] {2};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=74.85:74.88] {3};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=78.25:78.255] {4};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=78.32:78.62] {5};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=78.72:78.82] {5};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=78.88:79.82] {5};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=79.98:80.52] {5};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=82.02:82.15] {5};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=82.28:82.32] {5};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=82.52:84.73] {5};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=77.62:77.78] {6};
      \addplot[red, line width=2pt, samples=10, domain=72.68:73.53] {7};
      \addplot[blue, line width=2pt, samples=10, domain=81.55:81.82] {7};

      \draw[orange,dotted,very thick] (axis cs:74.82,0.25) rectangle (axis cs:78.25,7.5);

      \node[coordinate,pin=below:{16 e 17}] at (axis cs:76.535,8.3) {};
    \end{axis}
  \end{tikzpicture}
\end{document}

```

Fonte: Próprio Autor.

^c <<https://ctan.org/pkg/pgf>>

Anexo A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-COEP

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Prezado(a) Senhor(a), você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa de forma totalmente voluntária da Universidade Federal de Lavras. Antes de concordar, é importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Será garantida, durante todas as fases da pesquisa: sigilo; privacidade; e acesso aos resultados.

I - Título do trabalho experimental: INTERAÇÕES DISCURSIVAS, PRÁTICAS EPISTÊMICAS E A CONSTRUÇÃO DE MODELOS EXPLICATIVOS NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA.

Pesquisador(es) responsável(is): Jefferson Adriano Neves e Alice Helena Campos Pierson

Cargo/Função: Professor

Instituição/Departamento: Departamento de Ciências Exatas

Telefone para contato: (35) 99218-3532

Local da coleta de dados: Disciplina – Introdução à Licenciatura em Física

II - OBJETIVOS

(a) investigar as práticas epistêmicas que os alunos desenvolverão ao estudarem um tema sobre Física Moderna e Contemporânea por meio de uma atividade investigativa e sua relação com os movimentos epistêmicos empregados pelo professor; (b) analisar as interações discursivas (argumento e explicação) construídas pelos alunos nesta perspectiva sociocultural; (c) investigar os modelos explicativos construídos pelos alunos neste espaço; e, (d) compreender em que medida as práticas epistêmicas favorecem as interações discursivas em sala de aula e sua relação com os modelos explicativos construídos.

III – JUSTIFICATIVA

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Os trechos da sua produção serão selecionados e recortados – quando necessário – de modo a garantir que essa identificação não seja possível. Os dados serão arquivados pelo pesquisador no período de 5 anos.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

Sua participação nesta pesquisa consistirá em autorizar que sua produção na forma escrita e discursiva e interações com os colegas sejam gravadas e/ou áudio-gravada e analisados à luz dos objetivos mencionados para a pesquisa, bem como que trechos dessa produção sejam reproduzidos, se necessário para exemplificação dos resultados encontrados, na Tese de Doutorado no âmbito da qual se desenvolve a pesquisa e em outros materiais de divulgação de seus resultados (artigos, participação em eventos etc.), sem identificação de sua autoria.

V - RISCOS ESPERADOS

- Devido ao procedimento de coletas de dados (gravação), há a possibilidade delas suscitarem desconforto ou constrangimento. Mas buscar-se-á contornar isso da melhor forma possível, pensando sempre no respeito para com o participante.
- Saliento que o sigilo será garantido, assegurando assim seu anonimato.
- Você poderá optar pela gravação de áudio e vídeo ou apenas de áudio.

VI – BENEFÍCIOS

Participando dessa pesquisa, terá a oportunidade de, junto com o pesquisador, refletir sobre a IMPORTÂNCIA da Física Moderna e Contemporânea na formação de um cidadão contemporâneo, sobre o contexto escolar, sua formação inicial e prática pedagógica via interação com o pesquisador. Além disso, a pesquisa deverá trazer benefícios para o ensino de física na Educação Básica e Superior.

VII – CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA

- A qualquer momento você poderá desistir de participar da pesquisa e retirar seu consentimento na participação da pesquisa e seus dados não serão excluídos da análise.
- Tanto que a sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador, com o professor ou com a instituição.

VIII - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Campus Universitário da UFLA, Caixa Postal 3037
37200-000 Lavras-MG – Brasil
E-mail coep@nintec.ufla.br

Fone 35 3829 5182
CNPJ: 22.078.679/0001-74
Site: http://www.prp.ufla.br/site/?page_id=440



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-COEP

Após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa. Lavras, ____ de _____ de 20__.

 Nome (legível) / RG

 Assinatura

ATENÇÃO! Por sua participação, você: não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira; será ressarcido de despesas que ocorrerem (tais como gastos com transporte, que serão pagos pelos pesquisadores aos participantes ao início dos procedimentos); será indenizado em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa; e terá o direito de desistir a qualquer momento, retirando o consentimento, sem nenhuma penalidade e sem perder qualquer benefícios. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da UFLA. Endereço – Campus Universitário da UFLA, Pró-reitoria de pesquisa, COEP, caixa postal 3037. Telefone: 3829-5182.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada com o pesquisador responsável e a outra será fornecida a você.

No caso de qualquer emergência entrar em contato com o pesquisador responsável no Departamento de Ciências Exatas. Telefones de contato: 035 99218-3532